



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA

Estimación de la edad y modelación del crecimiento de *Lutjanus inermis* (Curvina roja)
en Puerto Ángel, Oaxaca, México.

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRA EN CIENCIAS

PRESENTA:
BIOL. IZTZEL PÉREZ OLIVARES

DIRECTOR DE TESIS:
Dr. Isaías Hazarmabeth Salgado Ugarte
Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR:
Dra. Ana Laura Ibáñez Aguirre
Universidad Autónoma Metropolitana, Campus Iztapalapa.
Dr. Felipe Amezcua Martínez
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Unidad académica Mazatlán.
Dr. Francisco José Gutiérrez Mendieta
Universidad Autónoma Metropolitana, Campus Iztapalapa.
Dr. Xavier Chiappa Carrara
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Unidad académica Sisal, Yucatán.

CIUDAD DE MÉXICO,
NOVIEMBRE, 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.



Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología



Estimación de la edad y modelación del crecimiento de *Lutjanus inermis* (Curvina roja) en Puerto Ángel, Oaxaca, México.

T E S I S

para obtener el grado de Maestra en Ciencias
(BIOLOGÍA MARINA)

PRESENTA:

Biól. Iztzel Pérez Olivares

Tutor principal: Dr. Isaías Hazarmabeth Salgado Ugarte.

Comité tutorial: Dra. Ana Laura Ibáñez Aguirre

Dr. Felipe Amezcua Martínez

Dr. Francisco José Gutiérrez Mendieta

Dr. Xavier Chiappa Carrara

El futuro tiene muchos nombres. Para los débiles es lo inalcanzable. Para los temerosos, lo desconocido. Para los valientes es la oportunidad.

Víctor Hugo.

DEDICATORIA

A mis padres Gregoria y Pascual, por haberme forjado como la persona que soy, por sus consejos y sobre todo por motivarme constantemente para alcanzar mis anhelos.

A mi hermana Vero, por apoyarme en cada decisión tomada y por jamás dejar que me rindiera.

A mi tía Flavia, mi tío Elías y mi prima Karina, que son mi segunda familia y que en cada logro y/o fracaso están ahí para apoyarme.

Por ultimo a mis amados sobrinos Ian, Carlitos y Lupita, que con sus risas, abrazos y ocurrencias hacen que cualquier día mejore.

AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES.

Quiero agradecer a la Universidad Nacional Autónoma de México, así como al Posgrado de Ciencias del Mar y Limnología por brindarme la mejor formación durante mi desarrollo académico. También al apoyo brindado por los proyectos PAPIME PE206213 Y PAPPIT IG201215, sin los cuales este proyecto no se hubiera realizado.

De la misma forma expreso mi gratitud al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico otorgado durante los dos años de mi maestría además del otorgamiento de una beca mixta durante el periodo 2016 – Marzo 2017, los cuales, junto con el recibido a través del Programa de Apoyos Económicos del Posgrado de la UNAM (PAEP), me permitieron realizar la estancia en el Laboratorio de Esclero-cronología de la Escuela de Ciencias del Mar de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, que aportó significativamente valiosas experiencias para mi desarrollo estudiantil y personal. Asimismo agradezco al personal administrativo del Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología por todas las atenciones recibidas.

Agradezco al Dr. Isaías H. Salgado Ugarte, tutor principal de esta tesis. Por su paciencia, apoyo y por trasmitirme un poco de sus conocimientos.

A los miembros de mi comité tutor:

- Dra. Ana Laura Ibáñez Aguirre y Dr. Felipe Amezcua Martínez; por el apoyo recibido durante este tiempo y por sus valiosos comentarios y/o sugerencias para mejorar el presente trabajo.
- Dr. Francisco José Gutiérrez Mendieta y Dr. Xavier Chiappa Carrara, por aceptar ser parte de mi jurado y por sus anotaciones para la mejora de esta tesis.

Al Dr. Vicente Anislado Tolentino, por el préstamo de muestras de otolitos y por los consejos e ideas para llevar a cabo un mejor manejo de las muestras.

Finalmente al Dr. Guido Plaza Pasten y a su equipo de trabajo, por recibirme en el Laboratorio de Esclerocronología, compartir conmigo sus conocimientos y por brindarme la oportunidad de estar en el Instituto de Fomento Pesquero.

También al Dr. José Francisco Cerna Troncoso y su equipo de Trabajo, por recibir en el laboratorio de Evaluación de Recursos (Eda y Crecimiento). En especial al Ing. Guillermo Moyano, por enseñar las técnicas de quemado y corte de otolitos y por su tiempo y paciencia y Leopoldo Vidal, por explicarme tan pacientemente y enseñarme diferentes técnicas de corte.

AGRADECIMIENTOS A TITULO PERSONAL.

A la M.C. Verónica Mitsui Saïto Quezada, por sus consejos y apoyo brindado durante la elaboración de este trabajo.

A la Dra. Alicia Cruz Martínez, que durante el tiempo que la conozco no me ha dejado de apoyar y porque más que una profesora ya se ha convertido en una gran amiga.

Al Dr. Luis Fernando del Moral Flores, por su ayuda en la elaboración de la descripción de otolitos, también por su apoyo y por su atención al desarrollo de este trabajo; además a su equipo de trabajo, en el cual encontré buenos amigos.

A mis compañeros de laboratorio, en especial a Eduardo Barrón Palma por su ayuda en la preparación de otolitos y Jessica Lucas por ayudarme con la segunda lectura de los otolitos.

A Mario que es y ha sido mi compañero de laboratorio, de maestría y que se ha convertido en un gran amigo y Cande que aunque al principio me caía mal, ahora es un buen amigo.

A mis compañeros del Laboratorio de Esclero-cronología, Alejandra Del Pilar Hernández Saso, Ana María Galeano, Camilo Rodríguez y Gissela Castillo Hidalgo; que hicieron de mi estancia en Chile algo inolvidable.

A tres personas que hicieron que mi vista en Chile se convirtiera en una experiencia que jamás olvidare, por llevarme a conocer tan bellos lugares Diana Madariaga Salas; Camilo Inostroza Urrutia por ti nunca olvidare el Pisco y Fabián Vega y su familia; Gracias por hacerme sentir como en casa.

A mis amigos y compañeros de vida, Beto, Tabita, Cynthia, Bere, Enrique y Fabi, que siempre están ahí para apoyarme y animarme y de vez en cuando jalarme las orejas para no desviarme de mis objetivos.

A Samuel, que en estos casi dos años de conocernos me has apoyado, ayudado mucho y te has convertido en parte importante de mi vida.

Finalmente agradecer de manera general a mi FAMILIA, tíos, primos, sobrinos, por estar al pendiente de mí.

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	iv
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE CUADROS	viii
LISTA DE GRÁFICAS	ix
RESUMEN	10
ABSTRACT	12
INTRODUCCIÓN	15
Métodos directos.....	16
Otolitos.....	17
Validación de anillos de crecimiento.....	19
Crecimiento.....	20
Modelos de crecimiento.....	21
von Bertalanffy.....	22
Logístico.....	23
DIAGNOSIS DE LA ESPECIE	25
ANTECEDENTES	26
JUSTIFICACIÓN.....	31
PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	32
OBJETIVO GENERAL.....	33
OBJETIVOS PARTICULARES.....	33
ZONA DE ESTUDIO.....	34
MÉTODO.....	36
ACTIVIDADES DE CAMPO.....	36
ACTIVIDADES DE LABORATORIO	37
Biometría	37
Extracción de otolitos.....	37
Almacenamiento de otolitos.....	38
Medidas de los otolitos	39
Aclarado y pulido de otolitos.....	39
Lectura de otolitos	41
ACTIVIDADES DE GABINETE.....	42
Proporción de sexos.....	42

Composición de tallas.....	42
Prueba de Kolmogorov-Smirnov.....	43
Relación peso eviscerado-longitud patrón.....	44
Talla media de la primera madurez.....	45
Estimación de edad y modelación del crecimiento.....	46
MODELOS DE CRECIMIENTO.....	46
SELECCIÓN DE MODELO.....	47
MÉTODOS DE VALIDACIÓN DE LA PERIODICIDAD DE LAS MARCAS.....	48
RESULTADOS.....	50
Distribución de tallas.....	51
Prueba de Kolmogorov.....	54
Proporción sexual.....	54
Relación peso eviscerado-longitud patrón.....	54
Talla de la primera madurez.....	59
Relación longitud patrón-radio del otolito.....	63
Descripción del otolito.....	63
Razón del incremento marginal (RIM).....	66
Modelos de crecimiento.....	68
Gompertz.....	70
Logístico.....	71
von Bertalanffy.....	72
Composición de edades.....	80
DISCUSIÓN.....	82
Distribución de tallas.....	82
Proporción sexual.....	83
Relación peso eviscerado-longitud patrón.....	83
Talla de la primera madurez.....	86
Relación longitud patrón- radio del otolito.....	87
Razón del incremento marginal.....	87
Modelos de crecimiento.....	89
CONCLUSIONES.....	93
BIBLIOGRAFÍA.....	95
ANEXO 1.....	104

ANEXO 2.....	105
ANEXO 3.....	105
ANEXO 4.....	107

LISTA DE FIGURAS

Figura 2. Esquema de las diferentes estructuras duras que se pueden obtener en un pez.	17
Figura 3. Localización del otolito <i>Sagitta</i> , modificado de Tuset <i>et al.</i> 2008	18
Figura 1. A) Distribución de <i>Lutjanus inermis</i> B) Fotografía de <i>Lutjanus inermis</i>	25
Figura 4. Zona de estudio (Mapas modificados de INEGI y google earth)	34
Figura 5. Corrientes superficiales que afectan el Golfo de Tehuantepec (CNE: Corriente Nor-Ecuatorial; CCR: Corriente de Costa Rica; CCNE: Contracorriente Nor-Ecuatorial; CSE: Corriente Sur-Ecuatorial)	35
Figura 6. Organismos de diferentes tallas	36
Figura 7. Medidas tomadas a los organismos.	37
Figura 8. Proceso de extracción de otolitos.	38
Figura 9. Otolitos expuestos para ser extraídos.	38
Figura 10. Etiquetado de los otolitos y forma de almacenamiento.	39
Figura 11. Medidas tomadas a los otolitos.	39
Figura 12. Pulido de los otolitos con rectificador Dremel 3000.....	40
Figura 13. Medición de los radios en el Otolito con dos anillos de crecimiento y borde opaco.	41
Figura 14. Otolito izquierdo de <i>Lutjanus inermis</i>	63

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Fechas de muestreo y número de organismos por sexos.....	50
Cuadro 2. Total de organismos por sexos con intervalos de tallas	50
Cuadro 3. Proporción sexual por fecha de muestreo y total.....	54
Cuadro 4. Parámetros de las regresiones para logaritmo natural de peso eviscerado– longitud patrón y regresión no lineal por sexo y sus valores estadísticos	55
Cuadro 5. Valores de b de la relación peso eviscerado-longitud patrón por mes y sexo	58
Cuadro 6. Escala de madurez gonadal para <i>Lutjanus inermis</i>	59
Cuadro 7. Parámetros de las regresiones para longitud patrón-radio del otolito por sexo y sus valores estadísticos (valores ajustados de R^2)	64
Cuadro 8. Valores de R obtenidos por sexos para cada modelos	68
Cuadro 9. Valores de p calculados en la prueba de SHAPIRO-WILK por sexos para los residuales de cada modelo.	69
Cuadro 10. Parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy estimados por métodos tradicionales.	73
Cuadro 11. Parámetros de la función de crecimiento para cada modelo.....	76
Cuadro 12. Prueba de T^2 de Hotelling para comparación de parámetros del modelo von Bertalanffy.	77
Cuadro 13. Pruebas de razón de verosimilitud para la FCVB para machos (1) y hembras (2).....	78
Cuadro 14. Probabilidad de la razón F para dos funciones para la FCVB para machos (1) y hembras (2).....	78
Cuadro 15. Parámetros de crecimiento de dos poblaciones de <i>Lutjanus inermis</i>	79
Cuadro 16. Composición de edades por sexo para individuos de <i>Lutjanus inermis</i>	80
Cuadro 17. Relación talla-edad por sexos para <i>Lutjanus inermis</i>	81
Cuadro 18. Parámetros de la regresión no lineal por sexo y sus valores estadísticos (valores ajustados de R^2) para los datos de Salgado-Cruz, 2015.	105

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. EDK general de <i>Lutjanus inermis</i>	51
Gráfica 2. EDKs generales por sexo.	52
Gráfica 3. EDKs mensuales por sexos.	53
Gráfica 4. Regresión lineal para longitud patrón- peso total A) machos B) hembras con valores de <i>a</i> y <i>b</i>	56
Gráfica 5. Regresión no lineal para longitud patrón-peso eviscerado A) machos B) hembras con valores de <i>a</i> y <i>b</i>	57
Gráfica 6. Talla de primera madurez por sexos de <i>L. inermis</i>	62
Gráfica 7. Regresión lineal para relación longitud patrón-radio otolito A) machos B) hembras.	65
Gráfica 8. Relación A) <i>RIM</i> con <i>IGS</i> B) <i>RIM</i> con porcentaje de individuos maduros C) <i>RIM</i> con <i>Kr</i>	66
Gráfica 9. Relación A) <i>RIM</i> con Temperatura superficial del mar B) <i>RIM</i> con concentración de Clorofila <i>a</i>	67
Gráfica 10. Porcentaje de otolitos con bordes hialinos y opacos por fecha de muestreo.	68
Gráfica 11. Función de crecimiento del modelo Gompertz A) Machos B) Hembras. ...	70
Gráfica 12. Funcion de crecimiento para el modelo Logístico A) Machos B) Hembras. 71	
Gráfica 13. Función de crecimiento para el modelo von Bertalanffy A) machos B) hembras	72
Gráfica 14. A) Gráfico de Ford-Walford B) Gráfico de Gulland C) Beverton-Holt a partir de las modas para machos de <i>L. inermis</i>	73
Gráfica 15. A) Gráfico de Ford-Walford B) Gráfico de Beverton-Holt C) Gráfico de Gulland D) Función de crecimiento de von Bertalanffy estimada por métodos tradicionales a partir de las modas para hembras de <i>L. inermis</i>	74
Gráfica 16. Comparación de las funciones de crecimiento de los tres modelos por sexos.	75
Gráfica 17. Edk de valores \emptyset de diferentes especies de la familia Lutjanidae.	79
Gráfica 18. A) Composición de edades por sexo y población. B) Porcentaje de individuos de cada sexo por edad.	80
Gráfica 19. Distribución de tallas de <i>L. inermis</i> del estudio de Salgado-Cruz, 2015. ...	104
Gráfica 20. Distribución de tallas por sexos de <i>L. inermis</i> del estudio de Salgado-Cruz, 2015.	104
Gráfica 21. Relación no lineal peso eviscerado-longitud patrón A) machos B) hembras.	105
Gráfica 22. EDK de los valores del parámetro <i>K</i> del modelo von Bertalanffy, para diferentes especies de la familia Lutjanidae.	107

RESUMEN

La determinación de la edad y la modelación del crecimiento en los peces, se consideran prerrequisitos para lograr una adecuada explotación de poblaciones, ya que estos permiten la comprensión de la ecología de estas, además que proporciona datos necesarios para determinar otros aspectos de la población como: edad en la que ocurre la maduración, longevidad, mortalidad y producción; y de esta forma poder lograr describir y/ o cuantificar los cambios que se pueden estar dando en dicha población. Una forma de estimarla edad es a través de la lectura de otolitos y para la modelación es necesario el uso de modelos matemáticos que permitan evaluar cuantitativamente el crecimiento individual.

Dentro de la Biología Pesquera se han usado diferentes modelos tales como: von Bertalanffy, Gompertz, Logístico, entre otros; pero ante tantas posibilidades surge la duda ¿Cuál es el que mejor modelo para describir el crecimiento de *Lutjanus inermis*.

Por lo cual el presente trabajo tiene como objetivo estimar la edad por medio de la lectura de otolitos y modelar el crecimiento de *Lutjanus inermis* (curvina roja) en relación con factores fisiológicos y ambientales, en Puerto Ángel, Oaxaca, México.

Para esto se realizaron visitas mensuales (en lo posible) de marzo 2014 a noviembre 2015 a Puerto Ángel, Oaxaca; los organismos se compraron a los pescadores locales; los ejemplares se conservaron en una hielera con una mezcla frigorífica (agua-sal) para su transporte al laboratorio de Biometría y Biología Pesquera en La FES Zaragoza, donde se almacenaron en un frigorífico hasta ser procesados (en los días siguientes).

Para extraer los otolitos a cada organismo se le hizo un corte en la cabeza retirando la parte superior del cráneo para después remover la masa encefálica para así poder extraer los otolitos con ayuda de unas pinzas. Los otolitos se limpiaron y guardaron en bolsas tipo ziploc de 3.7 cm. por 5 cm, se etiquetaron con el número de organismo y fecha de muestreo y se midieron en largo y alto con un ocular micrométrico. Para lograr la observación de los anillos de crecimiento, fue necesario la combinación de dos técnicas: aclarado y pulido.

Para realizar la lectura se sumergieron los otolitos en una caja Petri con agua con el lado cóncavo hacia arriba y fueron observados con luz reflejada sobre un fondo oscuro; una vez preparados los otolitos, se midió el radio total (R) y los radios a cada uno de los anillos (r_i) los cuales se midieron a partir del foco (núcleo) en dirección al extremo anterior del otolito.

El total de organismos obtenidos fue de 209; al separarlos por sexo se obtuvieron: 102 machos, 104 hembras y tres indiferenciados.

La distribución de tallas fue multimodal para ambos sexos; en los machos se distinguieron tres modas a los 15.6, 20.8 y 27.7 cm y para las hembras a los 14.6, 20.4 y 27.1 cm de longitud patrón; los EDKs mensuales de ambos sexos muestran que las tallas de los organismos se concentran en el intervalo entre los 20 y 25 cm. La prueba de Kolmogorov indicó que no existen diferencias en la distribución de tamaños entre machos y hembras. La proporción sexual entre macho:hembra no se aparta significativamente de la relación 1:1.

El tipo de crecimiento para *L. inermis* fue de tipo hipoalométrico, ya que el valor de b en ambos sexos y en ambos análisis (lineal y no lineal) fueron menores a 3.

La talla de primera madurez se realizó para ambos sexos, en hembras se registró a los 21.3 cm y en machos a los 21.4 cm de longitud patrón, con base esto se puede decir que los organismos son maduros a los 3 años.

Para la relación otolito-longitud el valor de R^2 para hembras fue de 0.64 y para machos 0.68 y el valor de correlación fue de 0.80 y significativa, lo que indica una correlación positiva alta.

Los valores más bajos de la razón del incremento marginal (RIM), se registraron en octubre 2014 y 2015 esto indica que la formación de las marcas es anual; al comparar RIM con el Índice Gonadosomático (IGS) se observó una relación negativa y positiva con el Factor de Condición Relativo (Kr). Además se relacionó RIM con dos variables ambientales; la temperatura superficial del mar y la concentración de clorofila a ; en ambos casos se observó una relación positiva.

El modelo que mejor describe el crecimiento de *L. inermis* fue el de von Bertalanffy; lo cual quedó respaldado con los valores de R^2 que para machos fue de 0.9937 y hembras 0.9924; ambos fueron los valores más altos entre los tres modelos comparados; además en el análisis de residuales para este modelo la distribución observada fue gaussiana y sin ningún patrón.

Las expresiones para la función de crecimiento longitudinal de von Bertalanffy por métodos lineales tradicionales machos y hembras respectivamente son:

$$L_t = 29.9 [1 - \exp\{-0.17(t - 3.77)\}] \text{ y } L_t = 23.63 [1 - \exp\{-0.96(t - 0.42)\}].$$

Por regresión no lineal para hembras y machos respectivamente:

$$L_t = 26.72 [1 - \exp\{-0.23t - 3.82\}] \text{ y } L_t = 22.60 [1 - \exp\{-0.82(t - 0.35)\}].$$

Las edades que predominaron en este estudio fueron las de tres años que corresponden a las tallas de 21.7 cm machos y 20.53 hembras y de cuatro años que corresponden a las tallas de 23.38 cm machos y 22.89 cm hembras longitud patrón.

ABSTRACT.

Age determination and growth modeling of fish, are fundamental steps in the study and comprehension of ichthyo populations' ecology. Besides of being prerequisites to accomplish a proper regulation of the population's exploitation. The methods used to estimate the age of fish can be divided in indirect and direct. In this work, the otolith's marks reading were employed as a direct method, whose base lays on the addition in time of concentric structured layers of biogenic material.

Once the age has been estimated through the otoliths reading, the use of mathematical models that allow to quantitatively evaluate the individual growth are necessary. For this species besides of the usage of the von Bertalanffy model, two other additional equations were used: Gompertz's and Logistic, with the goal to determine which model describes better the *Lutjanus inermis's* growth.

The fish of the family Lutjanidae, also known as snappers, are a very important resource of tropical seas. This is shown in the national fishing chart (DOF2010) where it is reported that in the central southern Mexican Pacific, the Lutjanidae family has a great specific richness of 10 exploited species; in the case of Oaxaca it is one of the states with a greater proportion in the catch of snappers (Castillo et al., 2005) which makes it a place that requires attention to carry out studies that allow to know the snappers population dynamics exploited.

This research work aims to estimate the age by otolith reading and to mathematically model growth of *Lutjanus inermis* (red snapper) in relation with physiological and environmental factors at Puerto Ángel, Oaxaca, Mexico.

In view of the foregoing this work has as a goal to estimate the age for direct methods and to model the growth in the *Lutjanus inermis* (red croaker) and the relation with the environment and physiological factors, at Port Angel, Oaxaca, and Mexico. Monthly visits were conducted (when possible) from march 2014 through november 2015 to Port Angel, Oaxaca; the *Lutjanus inermis* organisms were bought from the catch made by the local fishermen; the specimens were kept in a cooler with a refrigerating mix (water-salt) during transportation to the biometrics and fishery biology laboratory at FES Zaragoza, where they are stored in a refrigerator until they are processed (in the following days).

In order for the organisms to be processed, they are thawed during 24 hours inside a refrigerator; once they are thawed the following measurements were taken: total length, fork length, standard length and height, besides the digestive tract, liver, gonads and guts were weighed. The head of each organism was dissected to remove the otoliths, after that the encephalic mass was removed so the otoliths could be extracted with the help of a pair of pliers, then they were cleaned and kept inside ziploc type bags of 3.7cm x 5cm and they were labeled under each organism's number and the sampling date for subsequent analysis.

Each otolith was weighed with an analytical balance; besides, its length and height were measured with a micrometric ocular. In order to achieve the observation of growth rings, the combination of two techniques of rinsing and polishing were required.

To carry out the readings, the otoliths were immersed inside of a Petri dish with water and the concave side facing upwards and they were observed with reflected light on a dark background; once the otoliths were prepared, the total radius was measured (R) and the radius of each one of the rings (r_i), which were measured from the focus (nucleus) to anterior otolith end.

The total amount of organisms obtained was 209: 102 males, 104 females and three undifferentiated.

The size distribution was multimodal: for males, 3 modes stick out at 15.6, 20.8 and 27.7 cm; females presented modes at 14.6, 20.4 and 27.1 cm; the monthly kernel density estimators (KDE's) in both male and female showed a size concentration range from 20 cm to the 25 cm; this relates directly to the art of fishing, because the gill nets are very selective, what makes the size of fish caught to depend on the light of the net, causing a low proportion of big or small sized fish (Holden and Raitt 1975; Grimes, 2001; Kevern and Cochrame, 2005). The Kolmogorov's test indicated that there are no differences between the distribution of sizes among male and female.

The sexual proportion between male:female is not different from the 1:1 relation; this type of proportion is present in the majority of species of separate genders, like *Lutjanus inermis*.

The type of growth for the *L. inermis* was hipoalometric, since the the value of the slope (exponent) b for both female and male in both analysis (linear and non-linear) of length-weight relationship were less than 3, that means that the fish is lighter than the weight predicted by the length it grows.

The first maturity size of *L. inermis* estimated for females was 21.3 cm and for males 21.4 cm of standard length.

For the otolith-body relationship the value of R^2 for females was 0.64 and for males 0.68 and the correlation value was 0.80 indicating a high positive correlation; therefore, the otoliths are a valid method to determine the age of *L. inermis*.

As for the ratio of the marginal increase values (RMI), the lowest values were registered on October 2014 and 2015 which indicates that the formation of marks is annual; when comparing the RMI with the Gonadosomatic Index (GSI) and Condition factor (Kr), negative and positive (respectively) correlations were witnessed; this indicates that the formation of the growth rings are related with the variations of metabolism, caused by the gonadal development and the energy consumed by the spawning (Morales and Gonzalez, 2009). Other factors that influence on the fish growth are the environmental factors like temperature and the availability of food. RMI was related with two environmental variables; surface temperature and the chlorophyll concentration and in both cases a positive relation was witnessed.

Lastly, the model that better describes *L. inermis*' growth was the von Bertalanffy and this was supported by the R values that for male was 0.9937 and for female 0.9924 and both were the highest values among the 3 models compared; besides for the residual

analyzes for this method the observed distribution was normal and without any pattern.

The von Bertalanffy expressions for length growth by traditional linear methods for male and female respectively are:

$$L_t = 29.9[1-\exp\{-0.17(t-3.77)\}] \text{ y } L_t = 23.63[1-\exp\{-0.96(t-0.42)\}].$$

Those from weighted nonlinear regression for female and male respectively

$$\text{are: } L_t = 26.72[1-\exp\{-0.23(t-3.82)\}] \text{ y } L_t = 22.60[1-\exp\{-0.82(t-0.35)\}].$$

The most frequent ages in this study were 3 and 4 years for males and females.

INTRODUCCIÓN.

La determinación de la edad y la modelación del crecimiento, son pasos fundamentales en el estudio y comprensión de la ecología de las poblaciones ícticas.

Además el conocer la composición de edades en una población de peces es esencial, ya que la información sobre las edades es necesaria para la predicción de otros parámetros poblacionales como: la longevidad, edad de la madurez y de reclutamiento, edad a la cual se realizan migraciones y el conocimiento de periodos críticos de una población (Gómez-Márquez, 1994; Morales, 2006). Una forma para determinar la edad de un pez u otro organismo marino, es la asignación del tiempo de vida, en función de su talla (o peso) determinado.

Para la estimación de la edad en peces existen dos métodos: los indirectos y los directos.

Los indirectos suelen ser los más utilizados, ya que estos pueden resultar ser menos laboriosos y costosos en comparación a los directos. Este tipo de métodos se basa principalmente en la distribución de tallas de una población de peces. Este método asume que múltiples modas se hacen evidentes en las distribuciones de longitud de muestras de peces, las cuales representan varios grupos de edad (Petersen, 1891 En: Morales-Nin, 1991).

De manera general este tipo de métodos son útiles cuando los grupos de edad están bien definidos y separados en la distribución de la frecuencia de tallas. Esto ocurre cuando la diferencia entre las medias de cada componente es suficientemente grande y corresponde generalmente a especies cuyo período de desove es relativamente corto (Basson *et al.*, 1988; Gulland y Rosenberg, 1992).

Para la aplicación de este método es necesario contar organismos desde tallas muy pequeñas hasta las tallas más grandes; con el fin de poder confiar que se cuentan con todas las edades de la población.

Métodos directos.

Existen diversos tipos como:

-La liberación y recuperación de peces marcados de edad conocida. Este resulta costoso y requiere de bastante tiempo; además de que se puedan dar algunos errores como que los peces marcados puedan crecer más lentamente de los que no lo están.

-Colocación de peces de edad conocida y tamaño en cuerpos de agua experimentales.

-Interpretación y conteo de capas depositadas en estructuras duras.

Este método es el más usado para la determinación de la edad y se basa en la observación de discontinuidades del crecimiento en estructuras dura. Estas discontinuidades son producto de cambios en el metabolismo de los individuos y los que tienen mayor efecto son aquellos debidos a la reproducción y/o desove y su correlación con el tiempo en el que ocurrieron (Everhart, 1981, en Gómez-Márquez, 1994). Un buen indicador de la época reproductiva es el Índice Gonadosomático (*IGS*) ya que este índice permite evaluar indirectamente el desarrollo y el esfuerzo reproductivo (Pacheco y Chirino, 2004; Inturias-Canedo, 2007; Pérez-Olivares, 2015); utilizarlo nos permite distinguir si las variaciones del metabolismo causadas por la madurez gonádica y los gastos de energía producto del desarrollo gonádico afectan el crecimiento de los organismos.

Por otro lado, el factor de condición relativo (*Kr*) da una buena idea de la condición corporal en términos de peso del pez a lo largo del año; es decir que los peces en buen estado crecen en longitud y en consecuencia el tamaño corporal y la condición refleja un buen crecimiento; pero la condición se ve afectada por la reproducción y por la disponibilidad de alimento (Lozys, 2004; Bilici *et al.*, 2016).

No sólo la fisiología de los organismos determina la formación de marcas de crecimiento, también las condiciones ambientales temporales juegan un papel importante como: la disponibilidad de alimento, la temperatura, las lluvias, la intensidad de la competencia por los alimentos, entre otras (Baboli y Sayahi, 2004; Ilkyaz *et al.* 2017). De manera general, el ambiente por si solo incluye una gran variedad de elementos, brindándoles a los organismos lo necesario para su existencia y desarrollo, pero el mismo medio también puede actuar como factor limitante afectando así el

crecimiento. Por esto, la inestabilidad y/o variabilidad del ambiente pueden obligar a la generación de ritmos discontinuos o diferentes en el crecimiento (Granado-Lorencio, 1996).

La temperatura y el suministro de alimento son los factores con mayor influencia en el crecimiento de los peces, de tal forma que la tasa de crecimiento puede aumentar o disminuir dependiendo de la relación entre alimento-metabolismo-temperatura (Anguas-Vélez *et al.*, 2003)

En las estructuras esqueléticas utilizadas para la determinación de la edad es posible observar dichas discontinuidades, algunas de las estructuras utilizadas son: escamas, otolitos, opérculos, espinas, radios, vértebras, entre otros (**Fig. 2**).

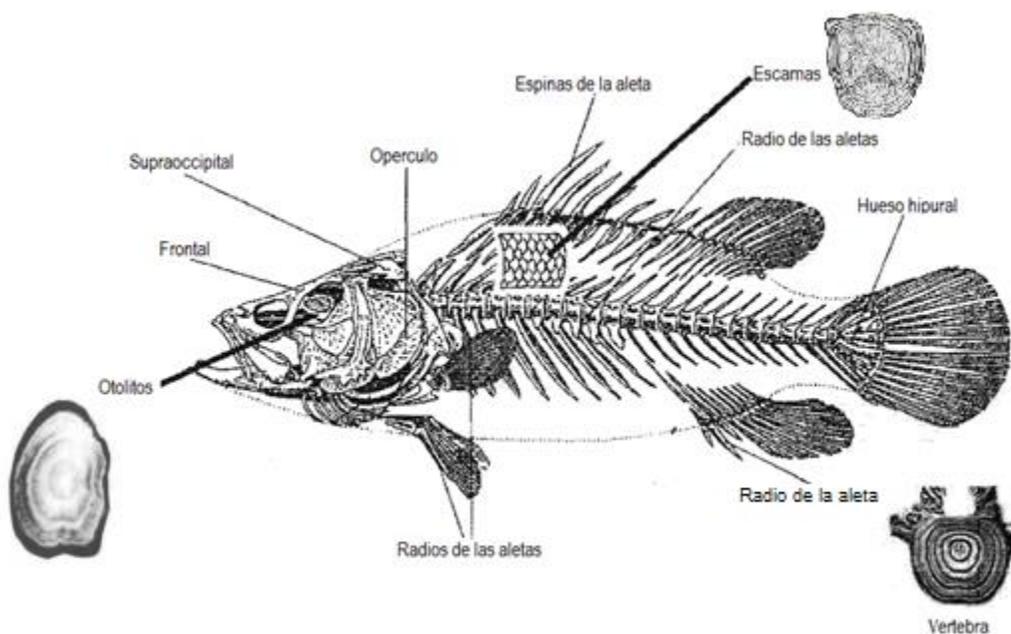


Figura 1. Esquema de las diferentes estructuras duras que se pueden obtener en un pez.
(Modificado de Panfili, 2002)

En el presente trabajo se utilizaron los otolitos, por lo cual sólo se explicará esta estructura dura.

Otolitos.

Los otolitos son concreciones de carbonato de calcio (principalmente en forma de aragonita) y otras sales inorgánicas, que se disponen sobre una matriz formada por una proteína fibrosa llamada otolina; estas estructuras se encuentran contenidas dentro del laberinto membranoso (García-Godos, 2001) (**Fig. 3**).

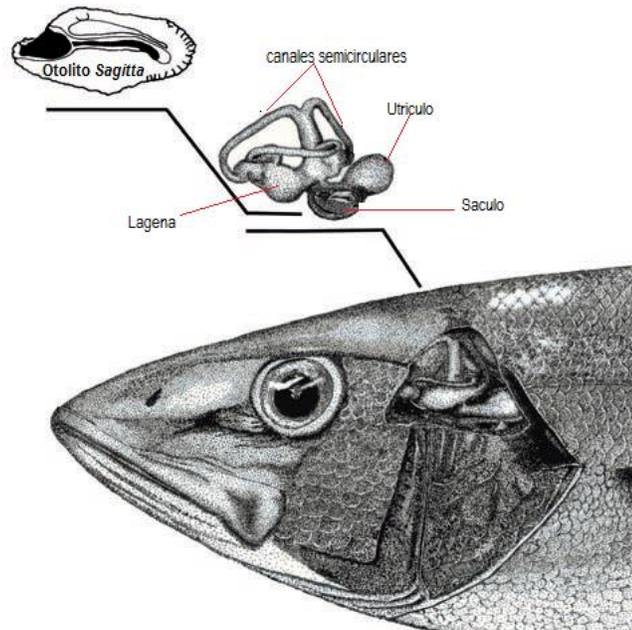


Figura 2. Localización del otolito *Sagitta*, modificado de Tuset *et al.* 2008

Los otolitos son tres pares de estructuras calcáreas, *saggita*, *lapillus* y *asteriscus*; cada uno se ubica en diferentes regiones del laberinto membranoso. En la parte superior que se denomina utrículo se ubica el otolito más pequeño *lapillus*; debajo del utrículo se ubica el sáculo en el cual está contenido el *sagitta* y en la bolsa más pequeña la lagena que se conecta con el sáculo contiene el último par de otolitos el *asteriscus* (García-Godos, 2001).

Estas estructuras están asociadas con varios órganos sensoriales (**Fig. 3**); por lo que están relacionadas con funciones vestibulares (equilibrio) y acústicas (Popper y Fa, 1993); la forma de los otolitos varía de acuerdo al género y especie.

De los tres pares de otolitos, el más utilizado para determinar la edad son los *Saggita*. Esto se debe a que en la mayoría de las especies de peces es el de mayor tamaño, además de poseer una gran variabilidad morfológica (Tuset *et al.*, 2008); lo anterior genera que sea el par de otolitos más estudiado.

Se ha observado que los otolitos a menudo presentan una proporcionalidad directa (relación lineal) con respecto a la edad del organismo; lo cual sugiere que es una estructura constante a lo largo del crecimiento y por lo tanto permite estimar la edad de los organismos al contar las marcas en los otolitos.

Esta técnica puede resultar compleja debido a que su éxito de la técnica depende de la obtención de los otolitos completamente libres de daños y en algunos casos los otolitos son tan delicados que la extracción y manipulación resulta difícil y consume mucho tiempo. A pesar de esto, los otolitos son estructuras ampliamente usadas y además se ha observado que resultan más precisos que las escamas (Green *et al.*, 2009).

La lectura de los otolitos se puede realizar de diferentes maneras. Para este trabajo se combinaron dos técnicas: pulido y aclarado, las cuales se explican a detalle en el método y la lectura se realizó con luz reflejada. Esto permitió distinguir dos tipos de bandas en el otolito; las hialinas y las opacas; la diferencia entre las bandas se debe a la cantidad de calcio y proteína depositados, siendo las zonas hialinas las que contienen una gran cantidad de cristales de carbonato de calcio, mientras que las opacas no; al haber poca cantidad de carbonatos existen espacios entre los cristales los cuales son llenados por proteínas aumentando así la opacidad. Los otolitos aumentan de tamaño conforme se van añadiendo zonas alternas de diferente opacidad. De manera general se han relacionado las bandas opacas con periodos de crecimiento rápido y las hialinas con periodos de crecimiento lento (Leta y Keim, 1982).

Validación de anillos de crecimiento.

Para el caso de los peces tropicales, se ha observado que los anillos de crecimiento se depositan de manera irregular, por lo que se presentan anillos menos definidos que en los peces de aguas más frías (Holden y Rait, 1975); por tal razón es necesario el empleo de técnicas o procedimientos que permitan validar los anillos de crecimiento observados en los otolitos.

Antes de poder determinar si los anillos son marcas anuales es necesario saber diferenciar entre anillos falsos y verdaderos; para lo cual se tomaron en cuenta las siguientes recomendaciones:

Un anillo falso, puede ser una zona hialina en el medio de una zona opaca, y generalmente no es continuo alrededor del otolito.

Un anillo doble, es una zona hialina compuesta que consiste en dos o más zonas hialinas que siguen un mismo patrón de distribución, las cuales se hallan muy juntas entre sí y que en su conjunto comprenden un año.

Para poder determinar los anillos como marcas anuales existen diferentes métodos. Uno de los métodos que se puede utilizar, es a través del registro del tipo de borde de los otolitos; es decir se debe de registrar si el borde es opaco o hialino para posteriormente poder realizar un gráfico del porcentaje mensual de otolitos con cada uno de los tipos de bordes; se espera que cuando la formación es anual se encontrará un máximo por año para cada tipo de anillo.

Además existe un procedimiento cuantitativo de validación: la Razón del incremento marginal el cual consiste en medir el incremento relativo de la amplitud del margen o el incremento marginal de la estructura dura.

Crecimiento.

La edad y el crecimiento están estrechamente relacionados (Rounsefell y Everhart, 1953; Everhart y Youngs, 1975; Guerra y Sánchez, 1998), al grado que pueden llegar a ser confundidos con el mismo tema. Por tal razón deben quedar claros ambos conceptos; una manera sencilla de definir la edad es como la descripción cuantitativa del tiempo de vida de un organismo, mientras que el crecimiento se define como la variación del tamaño corporal en función del tiempo.

El crecimiento es un proceso de incremento gradual o el desarrollo progresivo con el tiempo en tamaño o en peso. Este proceso puede medirse por el cambio en longitud o peso de un pez individual en dos tiempos (Gómez-Márquez, 1994).

El proceso de crecimiento individual de un pez depende de los procesos fisiológicos y del resultado neto de dos procesos opuestos el catabolismo y anabolismo. El crecimiento de casi todos los recursos acuáticos es de tipo asintótico, lo cual indica que para las fases tempranas del desarrollo el crecimiento es rápido y se va haciendo progresivamente más lento al aumentar la edad (Gómez-Márquez, 1994); además el crecimiento individual es una de las características ecológicas más importantes que se deben conocer de una población sujeta al aprovechamiento comercial (MerCier *et al.*, 2011; Cruz-Vázquez *et al.* 2012; Arzola-Sotelo, 2014).

Modelos de crecimiento.

Una vez estimada la edad a través de la lectura de las partes duras y conociendo la talla de los organismos, se puede hacer uso de modelos matemáticos que permitan evaluar cuantitativamente el crecimiento individual. También conviene expresar el crecimiento en forma de funciones matemáticas para el análisis de las poblaciones (Salgado-Ugarte *et al.*, 2005), los modelos pueden describir el crecimiento a partir de relaciones puramente empíricas o incorporando bases teóricas obtenidas por diferentes algoritmos matemáticos dependiendo de dichos procesos (Katsanevakis 2006; Guzmán-Castellanos, *et al.*, 2013).

El crecimiento de los peces varía en las diferentes etapas de su vida, debido a la discontinuidad en el desarrollo, la madurez, los cambios en el comportamiento o cambios en el hábitat (Ricker, 1975). Ante esto resulta necesario poner a prueba más de un modelo de crecimiento para encontrar el modelo que mejor logre describir los datos que se han obtenido (Burnham y Anderson 2002); más aún si se quiere expresar las características del crecimiento de dicha especie en términos cuantitativos, por tal razón podría resultar erróneo y/o contraproducente basar la descripción del crecimiento en un sólo modelo (Cailliet *et al.* 2006).

A lo largo de la historia se han desarrollado diferentes modelos de crecimiento, por lo que es posible su comparación con el fin de proveer evidencia de las diferencias entre modelos o sus componentes (parámetros), y para la subsecuente selección de aquel que mejor justifique los datos (Beninger *et al.*, 2012). De manera general, el modelo apropiado se debe de seleccionar basándose en ciertos criterios como son: tener en cuenta la realidad biológica, una base estadística de ajuste (Moreau, 1987), entre otros.

En el presente trabajo se decidió realizar la comparación entre tres modelos de crecimiento, con el fin de determinar cuál es que refleja mejor el crecimiento de *Lutjanus inermis*, los modelos de von Bertalanffy, Logístico y Gompertz permiten la comparación entre sus componentes ya que los tres modelos, son modelos de crecimiento del tipo asintótico y de complejidad semejante por el número de

parámetros. Con esto se pretende hacer un estimado de crecimiento más robusto para la especie.

A continuación se describe cada modelo y se dan algunas características de los mismos.

von Bertalanffy.

Es el más utilizado para describir el crecimiento de un gran número de organismos acuáticos. A pesar del uso extendido de este modelo, presenta ciertas desventajas o bien se debe tener en cuenta ciertas consideraciones.

Este modelo puede ser inadecuado cuando se aplica en especies que no llegan a una asíntota con el incremento de la edad; el funcionamiento de este modelo y de cualquiera depende en gran medida de la calidad de datos y el tamaño de la muestra (Cailliet *et al.*, 2006); es decir que para que este modelo obtenga datos correctos es necesario tener representados a la mayor parte de los organismos de la población, desde jóvenes hasta muy viejos.

Un gran inconveniente que se encuentra al usar este modelo es asumir que los organismos de las pesquerías comerciales representan a toda la población (Barreto *et al.*, 2011); pero los estimados del modelo se ven seriamente afectados por la ausencia de individuos muy jóvenes o muy viejos (Cailliet y Goldman, 2004), por tal motivo es común que debido a la selectividad de los artes pesca y sitios donde se opera se carezca de dichos datos; por último asume que las condiciones ambientales son constantes (Araya y Cubillos, 2006).

Este modelo, al esbozarlo de manera gráfica en función de la edad, se obtiene una curva cuya pendiente disminuye continuamente después de cierta edad, aproximándose a una asíntota superior paralela al eje horizontal (edad) (Chiappa-Carrara *et al.*, 2009).

La ecuación de este modelo es la siguiente:

$$L_t = L_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)})$$

Donde (L_t) son la longitud en la edad (t); L_∞ se interpreta biológicamente como "la talla media de un pez muy viejo (en sentido estricto: Infinitamente viejo)", parámetro que también es denominado como la longitud asintótica; k es el "parámetro de curvatura" que determina la rapidez con la que el pez alcanza L_∞ y es una constante relacionada con la tasa metabólica. La constante (t_0) a veces llamado "parámetro de condición inicial", es el tiempo teórico en el cual el organismo inicia su crecimiento (es decir, la edad cuando tiene longitud igual a cero) y carece de significado biológico, ya que el crecimiento comienza a nivel larval (Gulland, 1971, Everhart y Youngs, 1981, Sparre y Venema, 1997; Salgado-Ugarte, *et al.*, 2005; Ogle, 2016).

Gompertz.

El modelo de Gompertz, ha demostrado describir mejor el crecimiento absoluto de muchas especies acuáticas (Katsanevakis, 2006) y es usado a menudo (Ricker, 1975).

Presenta una forma sigmoidea en su curva y asume un incremento lento temprano de la tasa de crecimiento seguido de un aumento acelerado para finalizar con la disminución hasta una talla asintótica con la edad (Katsanevakis y Maravelias, 2008); además de la variación estacional, la tasa de incremento en biomasa de un pez típicamente disminuye a través de su vida o a cualquier tasa en su último estadio (stanza) de crecimiento, por tal razón se observa el tipo de curva antes mencionado (Salgado-Ugarte *et al.*, 2005).

Este modelo es de tipo asintótico y presenta tres parámetros en su ecuación:

$$L_t = L_\infty e^{-e^{-k(t-t_0)}}$$

Logístico.

El Logístico (Ricker 1975) es un modelo que al igual que el de Gompertz, tiende a caracterizar bien el crecimiento cuando éste es relativamente lento en estadios tempranos de vida (Griffiths *et al.*, 2010).

Presenta una curva sigmoidea, es de tipo asintótico y presenta también tres parámetros en su ecuación:

$$L_t = L_\infty / (1 + e^{-k(t-t_0)})$$

En estos dos modelos, la L_t es longitud a la edad t . Se presenta la variable tiempo en años (t) y los mismos parámetros de crecimiento por estimar en sus ecuaciones, que son: L_∞ , que es la longitud asintótica en cm; k es el coeficiente instantáneo de crecimiento (anual) y t_0 es la edad teórica (años) a la que el organismo tiene una longitud igual a cero.

DIAGNOSIS DE LA ESPECIE

Lutjanus inermis

Distribución: es una especie endémica del Pacífico Oriental; se distribuye desde la boca del Golfo de California hasta Ecuador, incluyendo las islas de Cocos, Malpelo y las Islas Galápagos (**Fig.1A**).

Características distintivas: posee un cuerpo esbelto, no fuertemente comprimido, hocico puntiagudo, boca relativamente pequeña, ojo grande, dientes de las mandíbulas pequeños y cónicos, los anteriores levemente más grandes. 14 a 15 branquiespinas en la rama inferior del primer arco branquial; aleta dorsal con X espinas débiles y 13 radios blandos, aleta anal con III espinas y II radios blandos, aleta caudal semilunar o ahorquillada.

Color: tono de fondo grisáceo o parduzco, a menudo pasando a rojo o rosado en la región ventral, estrías horizontales grisáceas o parduzcas, base de la aleta caudal amarilla a menudo está en tonalidades amarillas que se extiende anteriormente hasta la mitad del cuerpo.

Hábitat y biología: vive en arrecifes rocosos y coralinos costeros hasta por lo menos 40 m de profundidad. Se alimentan de peces e invertebrados, también parecen ingerir plancton

Pesca y utilización: se captura con redes de arrastre, varios tipos de redes artesanales y líneas de mano principalmente en áreas costeras hasta unos 40 m de profundidad. En el caso de Puerto Ángel, Oaxaca, es capturada por medio de redes agalleras y se comercializa en fresco (**Fig. 1B**).

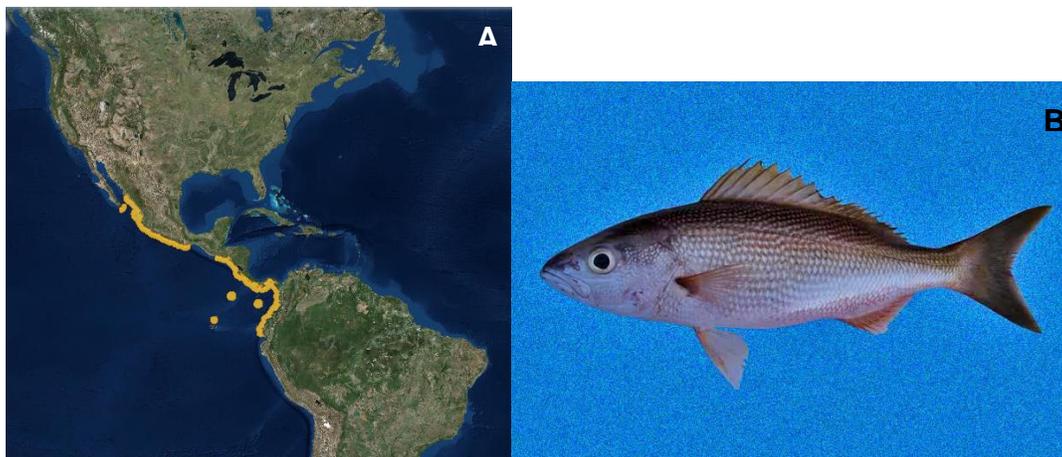


Figura 3. A) Distribución de *Lutjanus inermis* B) Fotografía de *Lutjanus inermis*

ANTECEDENTES

A continuación se muestran trabajos que se han realizado sobre edad y crecimiento y otros aspectos en especies de la familia Lutjanidae y sobre *Lutjanus inermis*; es importante resaltar que un gran número de trabajos no están relacionados directamente con edad y crecimiento. Esto permite resaltar la importancia del presente trabajo.

Autores y año	Especie y zona de estudio	Método	Resultados
Rocha-Olivares y Gómez-Muñoz (1993)	<i>Lutjanus peru</i>	Analizaron 717 otolitos de peces recolectados entre marzo de 1989 y marzo de 1991.	<p>Los otolitos guardaron una estrecha relación con el crecimiento del pez.</p> <p>Determinaron que la marcación es anual y ocurre principalmente entre mayo y septiembre; lo cual coincide con la mayor actividad reproductora reflejada por el índice gonadosomático.</p>
Espino-Barr <i>et al.</i> (1998)	<i>Lutjanus peru</i> en Colima	Estimaron la edad y el crecimiento del huachinango, mediante la lectura de escamas en la costa del estado de Colima	Los datos obtenidos indican que el crecimiento de la especie es isométrico. Los valores que obtuvieron para el modelo de von Bertalanffy fueron: $L_{\infty} = 63.0$ cm de longitud estándar; $k = 0.1$ año ⁻¹ y $t_0 = -0.1$. La validación de los anillos de crecimiento fue a través del análisis del incremento marginal y muestra al mes de febrero como el período en que anualmente se forman las marcas en la escama, coincidente con el periodo de desove en los meses menos cálidos.
Apolinar-Santamaría y Chávez (1999)	<i>Lutjanus peru</i> en Guerrero	Realizaron muestreos mensuales de la frecuencia de longitudes utilizando las descargas comerciales durante 11 meses entre octubre de 1992 y diciembre de 1993. Para la identificación de los grupos de edad se aplicaron los métodos de Hasselblad (1966) y de Bhattacharya (1967), ambos contenidos en el paquete de programas Fisat.	<p>Obtuvieron una $K = 0.1442$ $t_0 = -0.2$ y $L_{\infty} = 87$ cm.</p> <p>La longevidad estimada, a nivel del 95 % de 21 años.</p> <p>Identificaron dos períodos de reclutamiento a la pesquería, el primero más intenso y con mayor variancia, tiene su valor máximo en febrero, durante el cual se incorpora más del 75% de los reclutas; el segundo ocurre entre agosto y septiembre y a esta porción corresponde solo una fracción aproximada al 20% del reclutamiento anual.</p>

Ramos-Cruz (2001)	<i>L. peru</i> en las costas de Oaxaca	La información analizada se obtuvo en el interior del muelle pesquero de Salina Cruz. Los datos registrados de <i>L. peru</i> fueron la longitud total (mm) y el peso eviscerado (g) en abril y mayo y de septiembre a diciembre de 1995.	Estimó el crecimiento del huachinango, mediante el análisis de frecuencias de tallas. Los resultados muestran que el modelo de von Bertalanffy es el que más se ajusta para esta especie. Los parámetros de crecimiento fueron: L_{∞} = 618 mm de LT, $k=0.153$ año ⁻¹ y $t_0= -0.303$.
Espino- Barr <i>et al.</i> (2001)	<i>L. peru</i>	Analizaron la longitud estándar promedio mensual de 16 años de datos con la finalidad de conocer una tendencia indicadora de una fuerte presión de pesca que pudiese afectar negativamente a dicha especie. Aplicaron el análisis de regresión lineal a dos grupos de datos diferentes: 1) a los datos originales y 2) a los residuos de la serie original con respecto a la calculada por análisis de componentes armónicos.	En ambos resultados se observa una pendiente negativa a lo largo del tiempo, pero tan pequeña que estadísticamente no es diferente de 0 y, por tanto, concluyen que la población de huachinango <i>L. peru</i> , a pesar de pescarse continuamente, no se ha visto afectada negativamente.
Rojas-Herrera (2001)	<i>L. peru</i> en litoral de Guerrero.	Se realizaron muestreos mensuales de junio de 1992 a enero de 1995 en Punta Maldonado, en la Costa Chica de Guerrero, el puerto de Acapulco y el puerto Vicente Guerrero, en la Costa Grande. Los organismos se obtuvieron de las capturas comerciales	Concluyó que el modelo de von Bertalanffy se ajusta bien para esta especie. Determinó una periodicidad semestral, coincidente con eventos reproductivos (mayo y diciembre). Las constantes de la función de von Bertalanffy son: L_{∞} =85.8 cm de longitud patrón; $k=0.17$ año ⁻¹ y $t_0= -0.66$. Sus resultados indicaron que la marca se forma en el periodo de desove que ocurre en los meses menos cálidos

Sarabia-Méndez (2007)	<i>Lutjanus guttatus</i> y <i>L. peru</i> en la Bahía Bufadero en Michoacán	Agosto 2005 a junio 2006.	Para el modelo de von Bertalanffy, obtuvo una L_{∞} = 96.6 cm de longitud total K = 0.22 y t_0 = -0.09; para <i>L. guttatus</i> y L_{∞} = 81.12 cm de longitud total K = 0.12 y t_0 = -0.78 para <i>L. peru</i> . Ambas especies presentaron dos anillos de crecimiento por año que corresponden a los meses de mayor incremento marginal de las escamas. Siendo el periodo máximo de formación de anillos de crecimiento en abril.
Piñon <i>et al.</i> (2009),	<i>Lutjanus argentiventris</i> en el suroeste del Golfo de California.	Usaron 440 organismos para determinar estados gonadales, temporada de desove y la longitud de la primera madurez en las hembras.	La talla de la primera madurez se estimó de 32.6 cm de longitud total.
Sarabia-Méndez <i>et al.</i> (2010)	<i>Lutjanus guttatus</i> en la Bahía Bufadero en Michoacán	Durante 5 días de cada mes a partir de agosto de 2005 a junio de 2006, se tomaron muestras de 1,579 individuos de la captura comercial en la Bahía Bufadero, Michoacán	<p>La relación entre el peso total (W) y longitud total mostró una pendiente de $b = 2,96$; que indica un crecimiento isométrico es decir que el organismo mantiene un peso proporcional a su longitud a medida que aumenta su edad.</p> <p>Los valores de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy calculados por el método no lineal simple son: L_{∞} = 96.60 cm, W_{∞} = 7,508 g, $K = 0.22$ años⁻¹ y $t_0 = -0.10$ años. Los máximos valores del factor de condición ocurren durante febrero y junio y son precedidos en un lapso de dos meses por los mayores valores de los índices de repleción gástrica. Los periodos de máxima reproducción se presentaron durante abril y agosto.</p> <p>La primera longitud de madurez sexual de <i>L. guttatus</i> fue 30,63 cm Lt.</p> <p>La longevidad de <i>L. guttatus</i> determinado en este documento es de 13,5 años</p>

<p>Isoteco- Palemón (2011)</p>	<p><i>Lutjanus peru</i> en las costas de Guerrero.</p>	<p>A partir de datos obtenidos de capturas comerciales, de 2009-2010, de los diferentes varaderos del litoral de Guerrero. Se realizó la morfometría a 742 organismos y se extrajeron las escamas a 87 individuos de diferentes tallas.</p>	<p>La ecuación de la relación talla-peso para <i>L. peru</i> $Pt=0.0145Lt^{2.974}$, mostró un crecimiento alométrico negativo, es decir, el huachinango crece más en longitud que en peso. La regresión obtenida entre el radio de las escamas con respecto a la longitud del pez reveló una relación proporcional entre la escama con el crecimiento somático del pez, lo que indicó que las escamas son estructuras muy útiles para llevar a cabo estudios de edad y crecimiento.</p> <p>Se identificaron 10 anillos de crecimiento y el análisis del incremento marginal (IM) mostró la formación anual de la marca de crecimiento en escamas en el mes de abril.</p> <p>Por el método de CAST (STAMATOPOULUS and CADDY, 1989) se obtuvieron los valores para parámetros de la ecuación de von Bertalanffy $L_{\infty} = 90.69$ cm LT, $k = 0.170$ año⁻¹ y $t_0 = -0.234$ años, mientras que por el método no lineal simple, los parámetros aportados fueron: $L_{\infty} = 91.36$ cm LT, $k = 0.166$ año⁻¹ y $t_0 = -0.256$ años, en ambos casos, las L_{∞} se ajustaron a los datos observados para <i>Lutjanus peru</i>.</p>
<p>Lucano-Ramirez et al. (2012)</p>	<p><i>Lutjanus inermis</i>, en las costas de Jalisco, México</p>	<p>Durante 1999-2008, se llevaron a cabo muestreos mensuales de los ejemplares capturados por la pesca artesanal en las bahías de Navidad, Tenacatita y Chamela (Jalisco, México). Se recolectaron 311 (53.1%) hembras y 275 (46.9%) machos.</p>	<p>La proporción de sexos (1:0.88) no presentó diferencia significativa. El intervalo de longitud total fue 14.4 a 37.0cm y el peso total de 48 a 575g. <i>L. inermis</i> presentó los máximos valores del IGS en dos periodos, febrero-abril y septiembre-noviembre, también en estos periodos se presentaron los mayores porcentajes de organismos en estadio de maduración. El ovario presentó el tipo de desarrollo asincrónico y se reconocieron siete fases del desarrollo de los ovocitos. En los testículos se observó el tipo de desarrollo lobular, se observaron espermatozoides en el centro de los cistos y en el conducto recolector. La talla de madurez (L_{50}) fue de 23.9cm Lt para hembras y 23.6cm Lt para machos.</p>

<p>Salgado-Cruz (2015)</p>	<p><i>Lutjanus argentiventris</i> y <i>L. inermis</i>, en la costa de Oaxaca.</p>	<p>Durante 2011 se muestreó mensualmente la captura de la pesca artesanal en los cuatro principales puertos de descarga pesquera de la costa oaxaqueña (Puerto Escondido, Puerto Ángel, Huatulco y Bahía Chipehua). Se recolectó información de 1,194 ejemplares (53% pargo amarillo y 47% rabirrubia). Para determinar la edad se utilizaron las escamas (292 de pargo amarillo y 180 de rabirrubia).</p>	<p>El intervalo de talla (LT) para el pargo amarillo fue de 7.3-64 cm y el peso (PT) de 6-3,400 g. Presentó un crecimiento isométrico ($P=0.013*LT^{3.05}$) y estructura de edad conformada por organismos de 0 a 20 años. Los parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy fueron: $L_{\infty}=72.57$ cm; $k=0.103$ años⁻¹ g. La longevidad estimada fue de $A_{95\%}= 27.5$ años. Se observó actividad reproductiva durante todo el año, con máximos en primavera. La talla de primera madurez poblacional ($L_{50\%}$) fue de 25 cm Lt, que en promedio se alcanza a los 2.5 años de edad.</p> <p>Para la rabirrubia la talla varió de 13.5-38 cm Lt y el peso de 64-700 g PT. Presentó un crecimiento isométrico $P=0.015*LT^{2.94}$ y una estructura de edad conformada por organismos de 1 a 7 años, con parámetros de crecimiento: $L_{\infty}=39.14$ cm; $k=0.26$ años⁻¹ y $t_0= -1.51$ años y $P_{\infty}= 696$ g. La longevidad estimada fue de hasta 10 años. Se observó actividad reproductiva a lo largo de todo el año con máximos en otoño-invierno y una $L_{50\%}=20.5$ cm Lt que en promedio se alcanza a los 1.5 años de edad. En ambos casos la $L_{50\%}$ se encuentra por debajo de la talla de primera captura (37 cm Lt para el pargo amarillo y 22.6 cm Lt la rabirrubia).; $t_0= -1.53$ años y $P_{\infty}= 5,948.93$</p>
----------------------------	---	--	--

JUSTIFICACIÓN.

La determinación de la edad y la estimación del crecimiento en peces es particularmente importante en el contexto de la dinámica de poblacional en general, ya que estos aspectos a su vez permiten entender algunas características de historia de vida de las especies, la longevidad, la identificación de clases anuales, la determinación de la edad de la primera madurez y de reclutamiento, entre otros (Gulland, 1971).

A pesar de que estos datos biológico-pesqueros son importantes, sólo se tienen datos para algunas especies de la familia Lutjanidae, la cual ha sido reportada en el Pacífico Mexicano Centro y Sur como una de las familias con mayor riqueza específica con 10 especies explotadas en la región, y como ya se mostró en los antecedentes, son pocas las especies que cuentan con estudios de este tipo. Para el caso específico de *Lutjanus inermis* sólo se cuenta con un trabajo sobre edad y crecimiento (Salgado-Cruz, 2015) por tal razón es de suma importancia realizar más trabajos de esta especie.

Adicionalmente es importante decir que en todos los estudios con los se cuenta sobre edad y crecimiento se usa el modelo de von Bertalanffy, lo cual es comprensible debido a que este es uno de los modelos más populares y/o usados en Biología Pesquera. Sin embargo, es importante considerar el uso de otros modelos, ya que al no hacerlo se pueden introducir fuentes adicionales de errores en el modelado, es decir, errores relacionados con la selección de un modelo inadecuado (Lin y Tzeng, 2009; Schnute y Richards, 2001); además, el no considerar modelos alternativos podría resultar en estimaciones inexactas y/o subestimaciones de los coeficientes.

Por tales razones es necesario probar más de un modelo de crecimiento para evidenciar el que mejor describa los datos de las poblaciones de peces o cualquier especie marina. El comparar modelos y sus componentes (parámetros) provee evidencia para poder elegir aquél que mejor permita justificar los datos que se tienen; es por eso que en el presente trabajo además del uso del modelo de

von Bertalanffy se usaron dos modelos adicionales: el de Gompertz y el Logístico. El primero ha demostrado que describe mejor el crecimiento absoluto de muchas especies marinas y es usado frecuentemente (Ricker, 1975; Katsanevakis, 2006). El segundo modelo resulta ser adecuado para caracterizar el crecimiento cuando este es relativamente lento en estadios tempranos de vida (Griffiths *et al.*, 2010); por lo tanto, el analizar el comportamiento de estas tres funciones permitirá dar a conocer el modelo que mejor describa el crecimiento de *Lutjanus inermis* en Puerto Ángel, Oaxaca, México.

Además de la correcta selección de modelo es importante detectar las variables y/o eventos ambientales y fisiológicos que pueden estar afectando el crecimiento de los organismos de una población.

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.

¿Son los otolitos estructuras que permiten estimar la edad de los individuos de *Lutjanus inermis*?

¿Qué tipo de crecimiento tiene *Lutjanus inermis*?

¿Qué modelo resulta ser adecuado para caracterizar el crecimiento de *Lutjanus inermis*?

¿Existirá una diferencia en el crecimiento entre sexos?

Factores ambientales tales como: temperatura media del mar y concentración de clorofila a; además de factores fisiológicos como la reproducción ¿pueden afectar el crecimiento de *Lutjanus inermis*?

OBJETIVO GENERAL.

Estimar la edad por métodos directos (lectura de otolitos) y modelar el crecimiento de *Lutjanus inermis* (curvina roja) en relación con factores fisiológicos y ambientales, en Puerto Ángel, Oaxaca, México

OBJETIVOS PARTICULARES.

- Determinar la estructura por tallas (estimadores de densidad por kernel) y sexos (Chi-cuadrada).
- Determinar la relación longitud-peso, para conocer el tipo de crecimiento que presenta el organismo.
- Examinar el estado gonádico (observación macroscópica y uso de índices morfofisiológicos) durante el periodo de estudio para determinar la relación entre la época reproductiva y el crecimiento.
- Determinar la talla y edad de la primera madurez de la curvina *Lutjanus inermis*.
- Determinar la relación longitud del otolito - longitud del organismo.
- Validación de la periodicidad de formación de marcas (tipo de margen y análisis de incremento marginal).
- Comparación de la razón incremento marginal con el *IGS*, *Kr* y con variables ambientales (temperatura y clorofila a).
- Establecer la relación talla-edad.
- Ajustar los modelos matemáticos de von Bertalanffy, Gompertz y Logístico para expresar el crecimiento de la curvina *Lutjanus inermis* por medio de regresión lineal y no lineal simple.
- Determinar las expresiones que mejor se ajusten al crecimiento de *Lutjanus inermis*, por medio del valor de R^2 y el análisis de residuales.
- Comparar la función de crecimiento por sexos y las diferentes funciones de crecimiento a través de la prueba de T^2 de Hotelling y máxima verosimilitud.

ZONA DE ESTUDIO.

Puerto Ángel, pertenece al municipio de Pochutla del estado de Oaxaca. Se localiza a $96^{\circ}29'27.1''$ de longitud oeste, $15^{\circ}39'56.1''$ de la latitud norte.

Posee un clima tipo $Aw_0(w)igw''$ que corresponde a un clima cálido subhúmedo, el más seco de los subhúmedos, con régimen de lluvias en verano con canícula (temporada seca corta a la mitad de la estación de lluvias), isotermal y con una marcha anual de temperatura tipo Ganges (media mensual más alta antes del solsticio de verano).

Dentro de la localidad se observan 2 épocas bien marcadas, época de secas que abarca los meses de noviembre a abril-mayo y época de lluvias que abarca de mayo-junio a octubre. (Tapia- García y Gutiérrez 1998). La canícula ocurre de julio-agosto (**Fig. 4**)

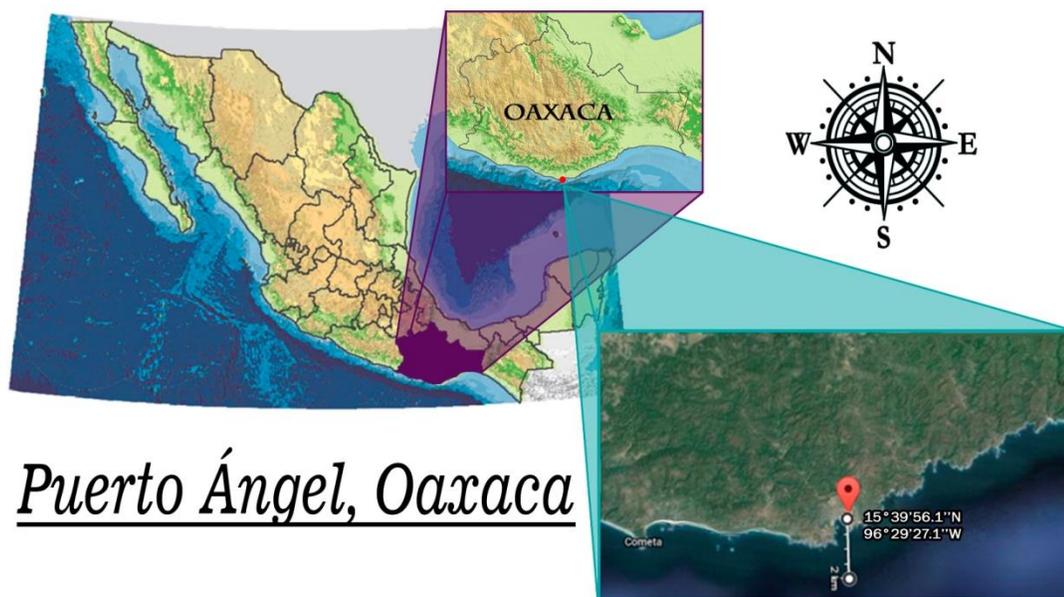


Figura 4. Zona de estudio (Mapas modificados de INEGI y google earth)

La circulación en la región del Golfo de Tehuantepec está influenciada por la Contracorriente Norecuatorial Ecuatorial (CCNE) y la Corriente Costera de Costa Rica (CCCR) (Wirtky, 1967). La Corriente de Costa Rica se desvía hacia el oeste debido a que los vientos Alisios soplan del noroeste; este cambio es sustentado por un flujo hacia el sur, producto de los “tehuanos” (Molina-Cruz y Martínez-López, 1994).

La CCNE durante verano está relacionada con el desplazamiento de la Zona Intertropical de Convergencia (ZITC) hasta 10° al norte del ecuador, esto ocasiona que la CCNE fluya con dirección a la costa y fortalezca a la CCCR que extiende su influencia a latitudes de los 20° N definiendo además el domo de Costa Rica; durante el otoño la ZITC empieza su repliegue hacia el ecuador lo que ocasiona el debilitamiento de la CCNE. Durante el invierno la CCNE solo llega hasta los 120° W, lo que ocasiona un debilitamiento de CCCR y flujos costeros toman dirección al sur (Wirtky, 1967) (**Fig. 5**).

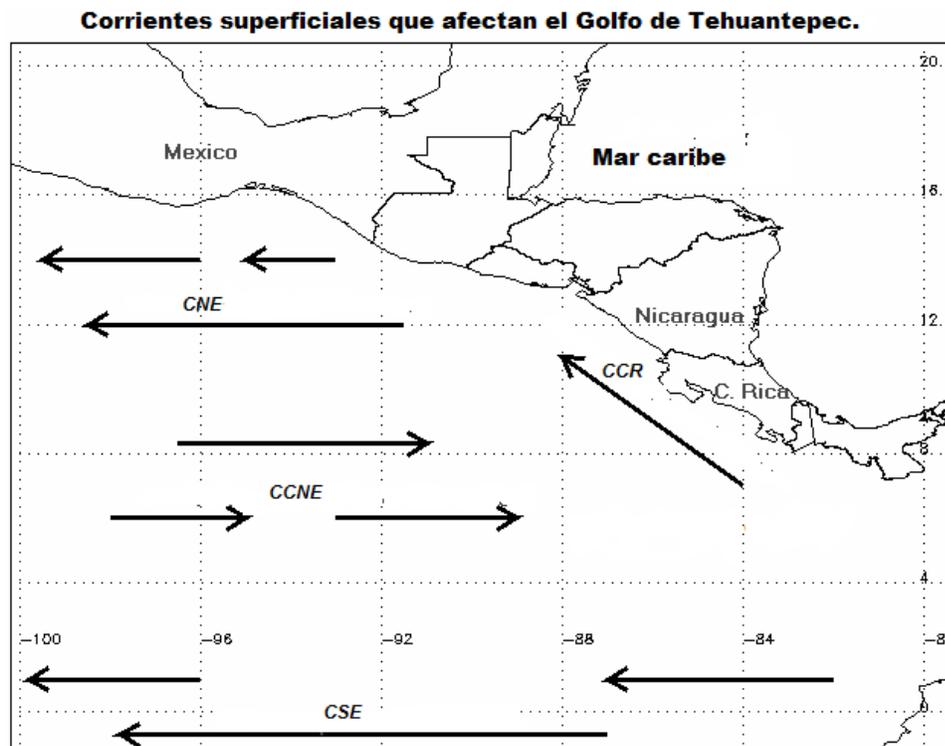


Figura 5. Corrientes superficiales que afectan el Golfo de Tehuantepec (CNE: Corriente Nor-Ecuatorial; CCR: Corriente de Costa Rica; CCNE: Contracorriente Nor-Ecuatorial; CSE: Corriente Sur-Ecuatorial)

MÉTODO.

ACTIVIDADES DE CAMPO.

Se realizaron visitas (en lo posible) mensuales a la zona de desembarque de Puerto Ángel, Oaxaca; los organismos de *Lutjanus inermis* se obtuvieron de los pescadores locales; se procuró elegir organismos de diferentes tamaños con el fin que la muestra contenga un intervalo de tallas lo más amplio posible esperando tener, con esto, un amplio intervalo de edades (**Fig. 6**).



Figura 6. Organismos de diferentes tallas

Los ejemplares se guardaban en una hielera con una mezcla frigorífica (agua-sal) para mantenerlos congelados y preservarlos durante su transporte al laboratorio de Biometría y Biología Pesquera en La FES Zaragoza, donde se almacenaron en un frigorífico hasta ser procesados (en los días siguientes).

ACTIVIDADES DE LABORATORIO

Biometría

Para ser procesados los organismos, se descongelaban durante 24 horas en un refrigerador; una vez descongelados se tomaban las siguientes medidas: longitud total (solo si la aleta caudal no presentaba ningún daño), longitud furcal, longitud patrón y altura (**Fig. 7**); todo medido en centímetros y se pesaba el tracto digestivo, hígado, gónadas y el pescado eviscerado.

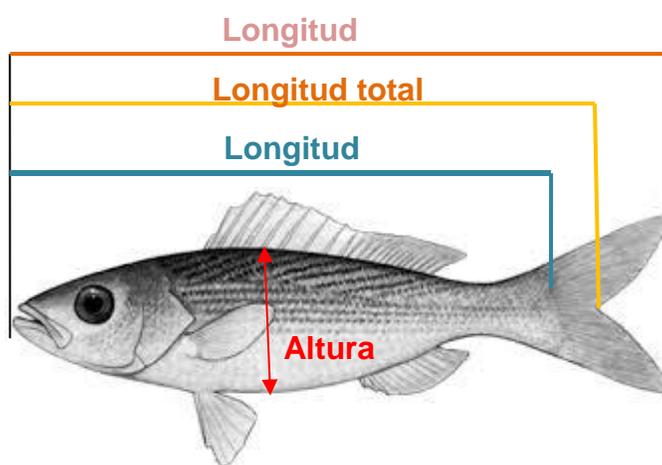


Figura 7. Medidas tomadas a los organismos.

Para el caso de las gónadas se les asignó una estadio de madurez; esto se hizo con base en la escala de madurez de cinco puntos para los reproductores parciales de Holden y Raitt (1975) y la de González *et al.* (2001) para *Lutjanus campechanus*; esto debido a que para la especie no hay una escala gonádica.

Extracción de otolitos.

Para extraer los otolitos a cada organismo; se le diseccionaba la cabeza, para lo cual se realizaban dos cortes; el primero en dirección dorso-ventral a la altura del borde posterior de los opérculos y hasta la altura de los ojos y otro en dirección antero-posterior desde arriba de los ojos hasta el corte anterior, el corte de la parte superior del cráneo deja expuesto el cerebro (Escoto, 1988) (**Fig.8**).



Figura 8. Proceso de extracción de otolitos.

Después se proseguía a retirar la masa encefálica para acceder a las cámaras óticas, exponiendo el sáculo y así poder extraer los otolitos con ayuda de unas pinzas, tomándolos con precaución de no romperlos. Una vez extraídos los otolitos se enjuagaban y frotaban suavemente entre los dedos para desprender la membrana transparente (sáculo) que los envuelve, así como la materia orgánica y por último se secan con papel absorbente (Morales-Nin, 1997; Saito-Quezada, 2004) (**Fig. 9**).

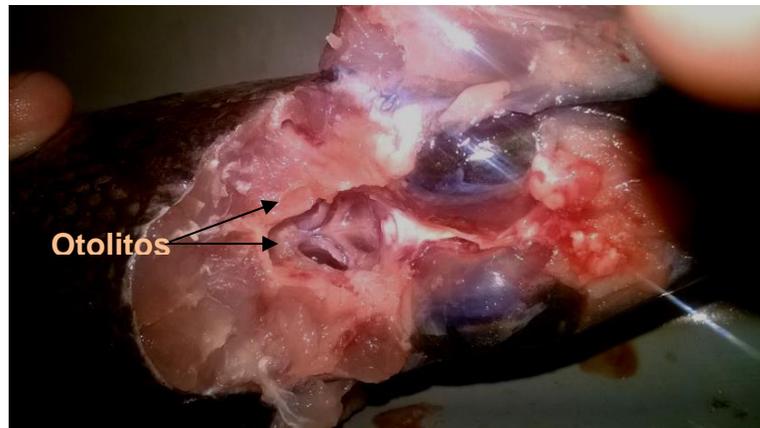


Figura 9. Otolitos expuestos para ser extraídos.

Almacenamiento de otolitos.

Una vez secos, los otolitos se guardaron en bolsas tipo ziploc de 3.7 cm. por 5 cm y se etiquetaron con el número de organismo y fecha de muestreo para su posterior análisis en el laboratorio (**Fig. 10**).

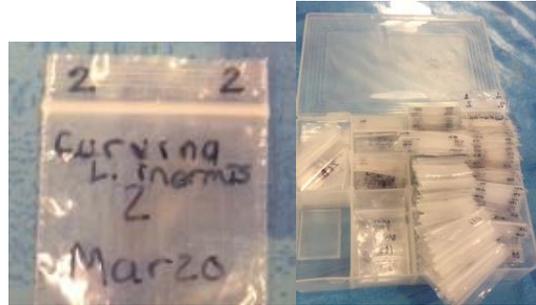


Figura 10. Etiquetado de los otolitos y forma de almacenamiento.

Medidas de los otolitos

Cada otolito se pesó con una balanza analítica y se midió con un ocular micrométrico (**Fig. 11**):

Largo.- distancia desde el extremo anterior del rostro hasta el borde del margen posterior.

Alto.- distancia entre el margen dorsal y el margen ventral.

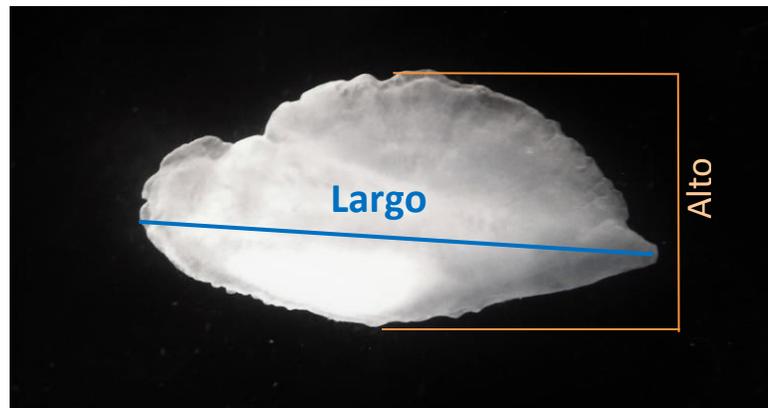


Figura 11. Medidas tomadas a los otolitos.

Aclarado y pulido de otolitos.

Para lograr la observación de los anillos de crecimiento en los otolitos, fue necesario la combinación de dos técnicas; la primera fue el aclarado que ha demostrado ser adecuado para la interpretación de anillos concéntricos, ya que el uso de sustancias químicas que poseen una acción clarificadora en contacto con

estas estructuras permite una mejor y mayor legibilidad de los anillos de crecimiento (Tello-Macas, 2014).

Una de las sustancias químicas usadas para el aclarado de otolitos es el Xilol, Tello-Macas en el 2014 comparó varias sustancias para lograr el aclarado y concluyó que el Xilol fue la mejor sustancia para lograr un buen aclarado.

En algunos casos ya no fue necesario el uso de la segunda técnica para la lectura de los otolitos.

Los otolitos de *Lutjanus inermis* son gruesos y con el sulco acústico muy marcado, por lo cual el pulido sólo con ladrillo para pulir de grano fino, no permitía ver claramente los anillos de crecimiento. Por lo anterior se optó utilizar un rectificador Dremel 3000 de velocidad variable; el accesorio utilizado fue una piedra de amolar de silicio (esmeril) (**Fig.12**). Para lograr rebajar el grueso del otolito, se utilizó una velocidad 2; se coloca el otolito con la cara interna hacia arriba en una superficie dura y plana, y se adhiere con pequeños trozos de material adhesivo (Polibutileno), con el fin de que no se mueva al momento de pasar el rectificador por el otolito.

El rectificador se pasa por otolito tres o cuatro veces dependiendo el grueso de los otolitos; para pulirlos se sigue la forma de los otolitos, sin tocar las orillas del mismo.



Figura 12. Pulido de los otolitos con rectificador Dremel 3000.

Posterior a esto, se observa en el microscopio estereoscópico para determinar si aún requiere más pulido o no; de requerir más pulido se utiliza el ladrillo para pulir de grano fino; el ladrillo se humedece varias veces con agua, para mantenerlo limpio y así lograr un mejor pulido.

Lectura de otolitos

Para realizar la lectura se sumergen en una caja Petri con agua (esto para que índice de refracción sea semejante al de las zonas hialinas de los otolitos) con el lado cóncavo hacia arriba y observados con luz reflejada sobre un fondo oscuro. Esto permite observar las zonas hialinas como bandas oscuras y las opacas se observan blanquecinas (Saito-Quezada, 2004).

Una vez preparados los otolitos, se midió el radio total R y los radios a cada uno de los anillos r_i , a partir del foco (núcleo) en dirección al extremo anterior del otolito (**Fig.13**).

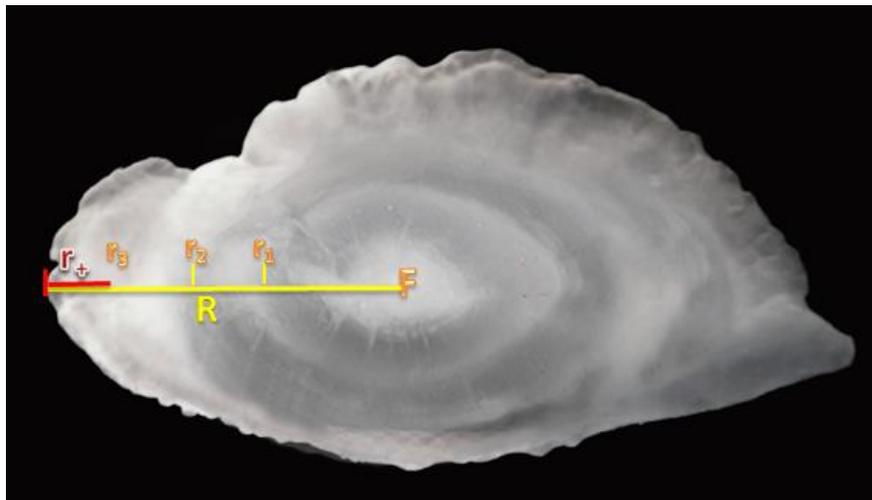


Figura 13. Medición de los radios en el Otolito con dos anillos de crecimiento y borde opaco. F = foco, R = radio total, r_1 =radio 1, r_2 =radio 2, r_3 =radio 3, r_+ = incremento marginal.

Para eliminar riesgo de influencia subjetiva en la interpretación de los anillos de crecimiento en los otolitos, la lectura se efectuó por dos lectores independientes. Después de la segunda lectura se descartaron los casos de desacuerdo, así como aquellos que resultaron ilegibles.

ACTIVIDADES DE GABINETE.

Proporción de sexos.

La proporción entre machos y hembras se contrastó con una prueba de bondad de ajuste de χ^2 , con alfa = 0.1, partiendo de la hipótesis nula de que la proporción de sexos es 1:1.

Composición de tallas.

Para conocer la distribución de tallas de la especie, se utilizaron estimadores de densidad por kernel (*EDKs*). Los *EDKs* son histogramas mejorados que en lugar de usar funciones constantes cuadradas centradas en intervalos, para representar a los datos utilizan una función (kernel) centrada en cada observación; el kernel, además de poder ser una función de densidad de probabilidad uniforme puede ser de otro tipo, suave, simétrica y que integra a la unidad (como la Gaussiana, Epanechnikov, Coseno, Cuártica, Triponderada, etc.), por lo que produce figuras redondeadas en lugar de rectángulos, esto evita la discontinuidad entre intervalos de clase. Por lo anterior estos estimadores no dependen del origen de los intervalos. Debido a estas características, los *EDKs* son considerados como un mejor procedimiento estadístico en el análisis de distribución de tallas en peces en comparación con los histogramas y los polígonos de frecuencia (Salgado-Ugarte, 2002; 2013; 2017; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005).

Los *EDKs* eliminan dos de los problemas de los histogramas (dependencia del origen y discontinuidad). El problema de amplitud de banda persiste, pero se han propuesto expresiones prácticas y procedimientos de cómputo intensivo para determinar la amplitud que mejor muestra la distribución de los tamaños. Estos métodos de selección se enfocan a encontrar la amplitud óptima al minimizar alguna medida del error estadístico con ciertas condiciones y suposiciones. Es posible además, estructurar un *EDK* con amplitud de banda variable para proporcionar detalle de la distribución donde abunden observaciones y disminuyan

ruido donde sean escasas (Salgado-Ugarte, *et al.*, 1993; Salgado-Ugarte, 1995; 2002; Salgado-Ugarte y Pérez-Hernández, 2003; Salgado-Ugarte, *et al.*, 2000).

El cálculo de los EDKs y el cálculo de bandas “óptimas” se realizaron mediante las rutinas computarizadas de Salgado-Ugarte *et al.* (1993, 1995a, 1995b, 1997); Salgado-Ugarte (1995; 2002), Salgado-Ugarte *et al.* (2000b; 2002; 2005), Salgado-Ugarte (2013) y Mosqueda-Romo y Salgado-Ugarte (2011) para el paquete estadístico Stata (StataCorp, 2013).

Prueba de Kolmogorov-Smirnov.

Para determinar si existe una diferencia entre las distribuciones de tamaños entre los machos y las hembras se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

Esta prueba se basa en las diferencias relativas acumulativas de las distribuciones de dos muestras de una misma población. Además esta prueba detecta diferencias en ubicación, dispersión, asimetría, entre otras.

El desarrollo completo del cálculo de este estadístico se encuentra en Sokal y Rohlf (1981); para este caso los pasos que se siguieron fueron los siguientes:

- 1.- A partir de los EDKs para machos y hembras, se calcularon las frecuencias para cada uno.
- 2.- Se calcularon las frecuencias acumuladas de clase para machos y hembras.
- 3.- Se buscó la máxima diferencia entre la frecuencia acumulativa de ambas muestras.
- 4.- Se determinaron los valores críticos de D_{\max} (valor más alto calculado).
- 5.- Si D_{\max} es mayor que el valor crítico, se rechaza la hipótesis nula de que las muestras son iguales.

El estadístico de prueba es el siguiente:

$$D_{\alpha} = K_{\alpha} \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2}}$$

Dónde:

$$K_{\alpha} = \sqrt{\frac{1}{2} \left[-\ln\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right]}$$

n_1 = total de la muestra uno

n_2 = total de la muestra dos

α = alfa

Relación peso eviscerado-longitud patrón.

Con el fin de conocer qué tipo de crecimiento presentan los organismos se llevó a cabo la relación peso-longitud. Para esto, se realizaron regresiones lineales (transformación logarítmica de los datos) y regresión no lineal (función potencial) con una confianza del 95%.

Se usó la siguiente fórmula potencial:

$$Pe = aLp^b$$

Dónde:

Pe = Peso eviscerado (g)

Lp = Longitud patrón (cm)

a y b = constantes (coeficiente y exponente respectivamente)

Para el análisis tradicional de esta relación se aplicaron logaritmos, por lo tanto la ecuación quedó de la siguiente forma:

$$\log Pe = \log a + b \log Lp$$

Esta expresión lineal puede resolverse como una regresión lineal simple por el método de mínimos cuadrados (Marques dos Santos, 2004) para obtener los valores de las constantes *log a* (ordenada al origen) y *b* (pendiente).

Para la regresión no lineal se utilizó una rutina de ajuste numérico (Gauss-Newton) y el programa específico para función potencial (Salgado-Ugarte, *et al.*, 2000) para Stata (StataCorp, 2013).

Cuando $b=3$ se tiene un crecimiento isométrico, mientras que si es diferente de 3 el crecimiento es alométrico, hipoalométrico si $b<3$, hiperalométrico si $b>3$. (Ricker, 1975).

Talla media de la primera madurez.

La talla promedio de la primera madurez; se estima como la longitud a la cual el 50% de los individuos han alcanzado la madurez sexual.

Para lo cual se estimó el porcentaje de individuos maduros (estadios de escala de maduración de las gónadas) por clase de talla; estos valores se ajustaron al modelo logístico.

Los valores para cada sexo se obtuvieron a partir de los parámetros estimados partir de la siguiente expresión:

$$P = 1 / [1 + e^{-(a+b)Lp}] * 100$$

Dónde:

P: porcentaje de individuos maduros a la longitud *x*

a y *b*: parámetros del modelo logístico ajustado (el ajuste se realizó mediante una regresión no lineal).

Estimación de edad y modelación del crecimiento.

MODELOS DE CRECIMIENTO.

Con los datos de talla y edad que se obtuvieron, se estimaron los parámetros para cada modelo de crecimiento a probar que fueron los siguientes:

von Bertalanffy se calculó con la siguiente ecuación (von Bertalanffy, 1938; Ricker, 1975):

$$L_t = L_\infty (1 - e^{-K(t - t_0)})$$

L_∞ , P_∞ , k y t_0 se calcularon por los métodos tradicionales linearizados, Ford (1933)-Walford (1946), Gulland (1969) y Beverton y Holt (1957) (Gómez-Márquez, 1994; Gulland, 1971; Salgado-Ugarte, 1985; Sparre y Venema, 1992; King, 1995; Salgado-Ugarte *et al.* 2000b); así como por regresión no lineal (Sparre y Venema, 1997; Salgado-Ugarte, *et al.*, 2000b; 2005).

Gompertz, se calculó con base a la siguiente formula:

$$L_t = L_\infty e^{-e^{-K(t - t_0)}}$$

Y por último el **Logístico** calculado con la siguiente formula:

$$L_t = L_\infty / (1 + e^{-K(t - t_0)})$$

Dónde:

L_∞ = Longitud asintótica del pez (longitud promedio máxima para la especie).

K = Parámetro de curvatura (determina que tan rápido se alcanza el valor de L_∞).

t = Edad.

t_0 = Tiempo teórico de inicio de crecimiento cuando $L_t = 0$

Para dichos análisis, se consideraron sexos separados (machos y hembras) y para determinar si existen diferencias entre machos y hembras; se realizaron pruebas de T^2 de Hotelling y máxima verosimilitud (Bernard, 1981), con el uso de las rutinas para Stata presentadas por Salgado-Ugarte *et al.* (2005).

SELECCIÓN DE MODELO.

Desde 1994, distintos autores han realizado aplicaciones de criterios para la selección de modelos estadísticos. Existen diferentes métodos para lograr elegir el mejor modelo. Entre los más usado está el uso del valor de R^2 (coeficiente de detreminación); ya que este es un indicador de la bondad de ajuste, recomendado para comparar modelos con diferentes números de parámetros (Guerra *et al.*, 2003). Este se basa que entre más cercano a uno sea el número de R^2 mayor es el ajuste del modelo; ya que básicamente la bondad del ajuste cuantifica que tanto por ciento de variabilidad explicada por el modelo sobre la variable de respuesta.

Otro análisis que permite la validación del modelo es el análisis de residuales; los residuales son los valores realizados u observados de los errores del modelo que se está aplicando. Por tal razón el análisis de residuales es una forma eficaz de descubrir diversos tipos de inadecuación del modelo (Montgomery *et al.*, 2002)

De manera general el análisis se basa en los supuestos de normalidad, independencia y homoscedasticidad (homogeneidad de varianzas) de los errores, que permiten establecer criterios sobre éstos, conjuntamente con el análisis gráfico de los residuos (Guerra, *et al.* 2003); para poder verificar los supuestos anteriores se realiza una inspección visual de los residuales a partir de una serie de gráficos para determinar que los supuestos se cumplen, y con ello, validar el ajuste y hacer confiables las predicciones el modelo (Montgomery *et al.*, 2002).

Lo que se espera observar en las gráficas de residuales es lo siguiente:

1.- Los residuales vs valores ajustados, deben de estar uniformemente distribuidos alrededor del 0; sin patrones

2.- No debe existir una correlación

3.- Los residuales deben presentar una distribución normal (sin discontinuidades y unimodal).

Para seleccionar el modelo que mejor refleje el crecimiento de *Lutjanus inermis* a partir de los datos obtenidos, se utilizaron ambos métodos.

MÉTODOS DE VALIDACIÓN DE LA PERIODICIDAD DE LAS MARCAS.

Para validar la periodicidad de las marcas se usaron dos procedimientos: el análisis del borde y del incremento marginal.

El primer análisis consiste en registrar el tipo de borde (opaco o hialino) de los otolitos.

El segundo consiste en medir el incremento marginal (Casselman, 1987). Para lo cual se siguieron las sugerencias de Hyndes, *et al.* (1992) y este incremento se considerará como la distancia entre el borde externo de la última zona hialina y el margen del otolito; lo que se espera es que un incremento relativamente pequeño, indique que el anillo acaba de formarse (Salgado-Ugarte *et al.*, 2005).

Adicionalmente se analizará la Razón de Incremento Marginal a partir de la siguiente fórmula:

$$RIM = (R - r_n) / (r_n - r_{n-1})$$

Dónde:

R = radio total

r_n = longitud del foco al último anillo de crecimiento en el otolito.

r_{n-1} = longitud del foco al penúltimo anillo.

Para determinar la relación que puede existir entre el crecimiento y variables ambientales como: Temperatura Superficial del Mar y la concentración de Clorofila *a* se compararon dichas variables con *RIM*.

Los valores mensuales para cada variable ambiental se obtuvieron de:

Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center, National Aeronautics and Space Administration (GES DISC - NASA), 2016. Monthly average of the sea surface temperature at daylight, expressed in Celsius degrees. Raster digital data available at <<http://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>>. Published at <<http://www.icmyl.unam.mx/uninmar/>>. Consulted on 2016/06/01.

Y para determinar si la época reproductiva afecta el crecimiento se calcularon el Índice Gonadosomático (*IGS*) y el Factor de Condición relativo (*Kr*), para esto se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$IGS = Pg/Pe * 100$$

Dónde: *Pg*= peso de la gónada y *Pe*=peso eviscerado

$$Kr = Pe / (aLp^b)$$

Dónde: *Pe*= peso eviscerado, *Lp*= longitud patrón, *a* = ordenada al origen de la relación P-L logarítmica y *b* = pendiente de la relación P-L logarítmica o coeficiente de la relación P-L potencial

RESULTADOS

El total de organismos obtenidos fue de 209 organismos; 102 machos, 104 hembras y tres indiferenciados (**Cuadro 1**). El intervalo de tallas para machos fue de 15.1cm a 28.2, para hembras 15 a 29.7 cm y para indiferenciados 15.4 a 18.5 cm en longitud patrón (**Cuadro 2**).

Cuadro 1. Fechas de muestreo y número de organismos por sexos.

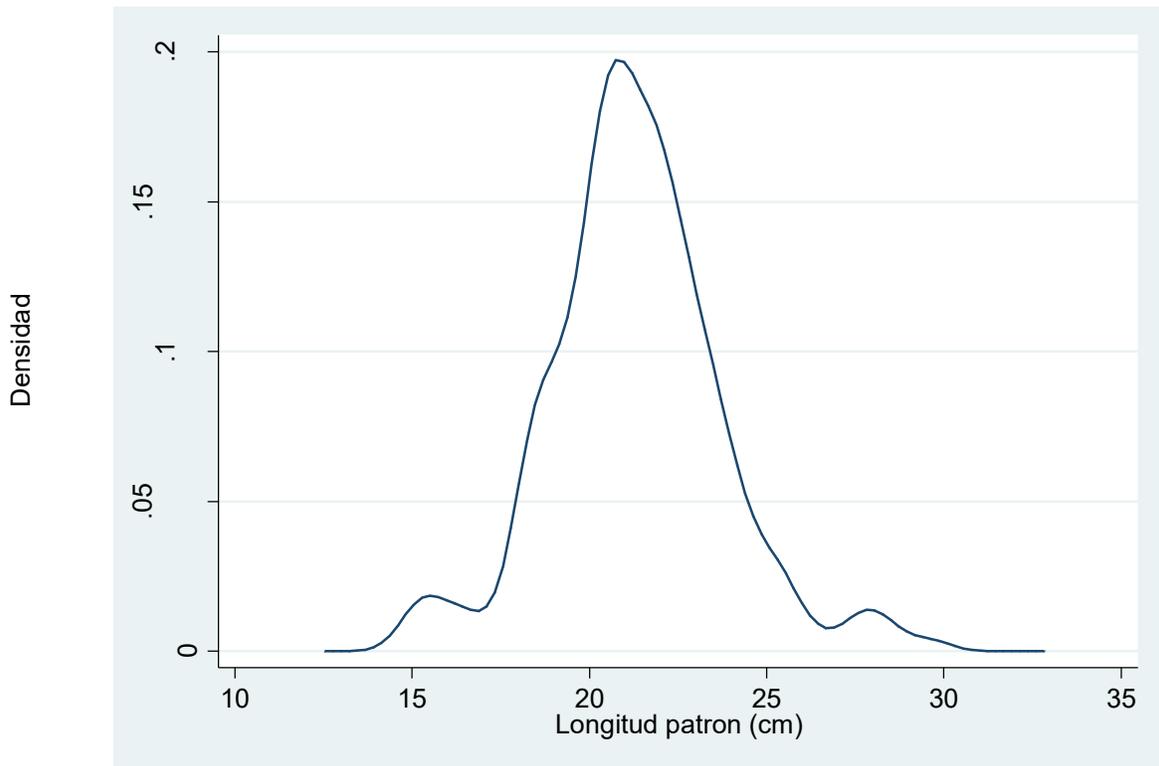
SEXO				
Fecha	Machos	Hembras	Indiferenciados	Total
24/03/2014	7	11	0	18
24/05/2014	5	10	0	15
16/08/2014	7	8	0	15
18/10/2014	16	11	0	27
25/01/2015	2	2	0	4
24/06/2015	5	8	0	13
22/08/2015	16	11	0	27
26/09/2015	14	24	3	41
17/10/2015	12	9	0	21
04/12/2015	23	14	0	37
Total	102	104	3	209

Cuadro 2. Total de organismos por sexos con intervalos de tallas.

Sexo	Organismos	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Machos	102	21.15	2.37	15.1	28.2
Hembras	104	21.59	2.36	15	29.7
Indiferenciados	3	16.9	1.552418	15.4	18.5

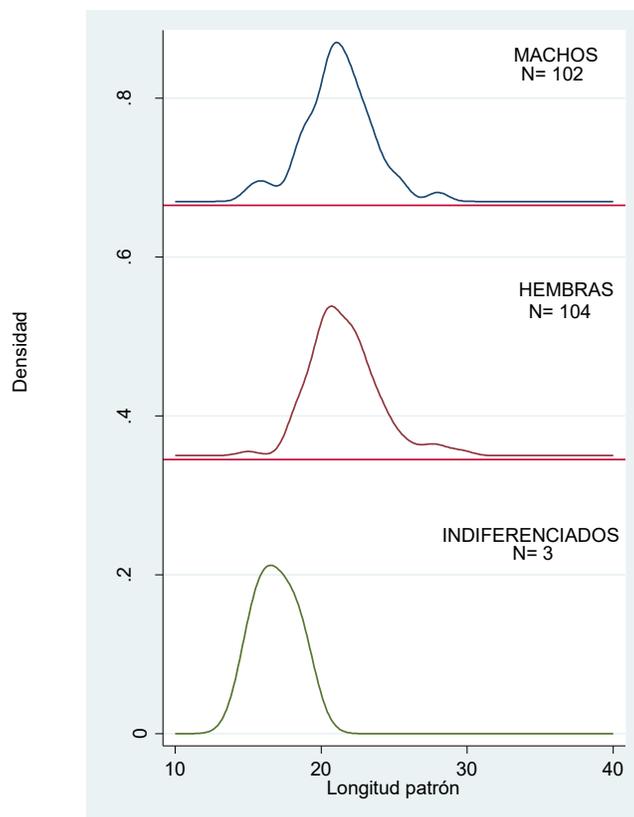
Distribución de tallas

La distribución de tallas de manera general fue multimodal; el EDK muestra un total de tres modas a los 15.5, 20.7 y 27.8 cm de longitud patrón (**Gráfica 1**).



Gráfica 1. EDK general de *Lutjanus inermis*.

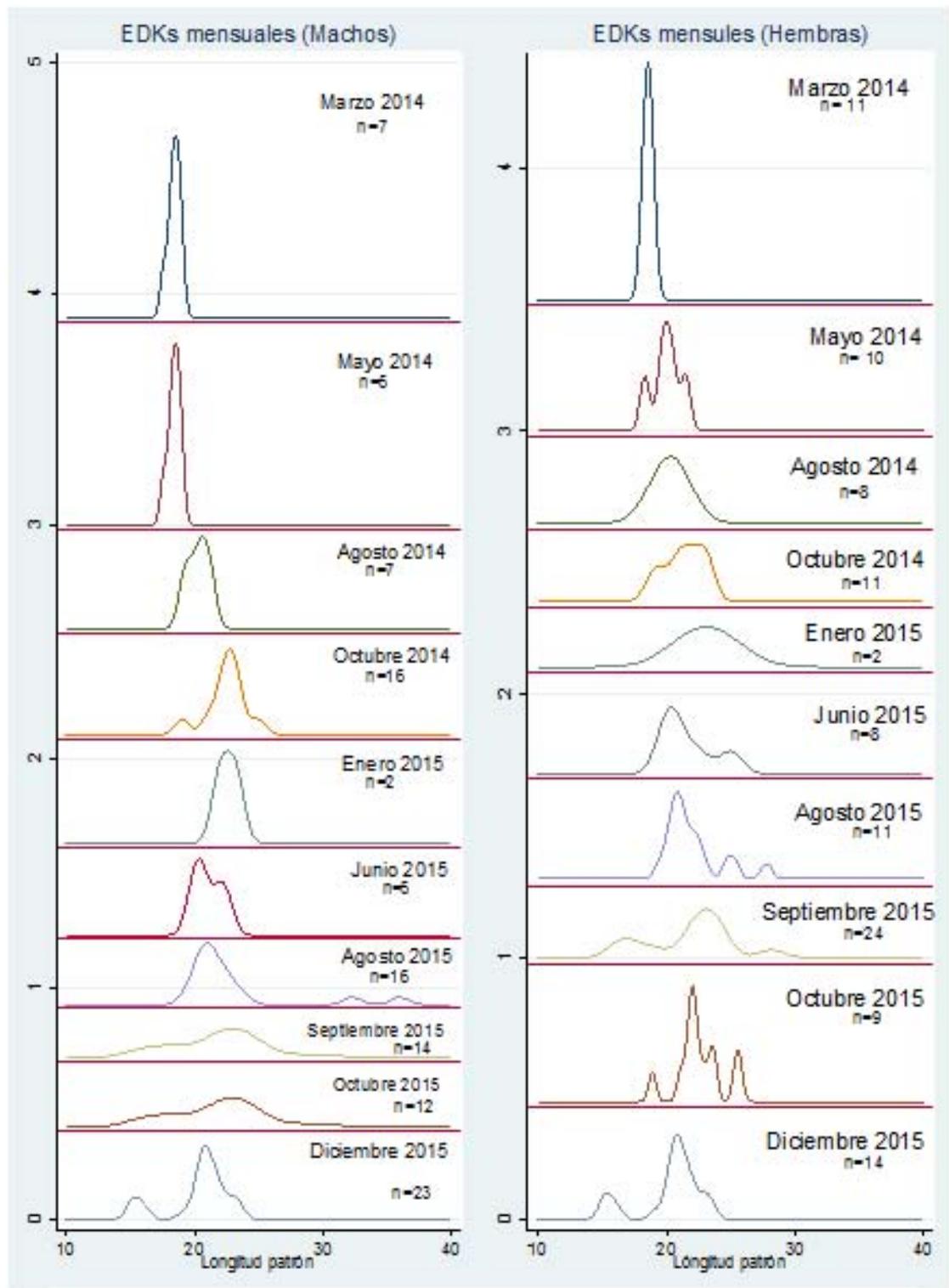
En los EDKs de machos y hembras se observan tres modas de longitud patrón: 15.6, 20.8 y 27.7 cm (**Gráfica 2**) y 14.6, 20.4 y 27.1 cm (**Gráfica 2**) respectivamente. Para la talla de indiferenciados se observa una única moda a los 15 cm, a pesar de ser pocos organismos, las tallas son más pequeñas en comparación a los machos y hembras (**Gráfica 2**).



Gráfica 2. EDKs generales por sexo.

Los EDKs mensuales para ambos sexos muestran que el intervalo de tallas se concentra entre los 20 cm y los 25 cm longitud patrón; para ambos sexos las tallas más pequeñas se registraron en marzo 2014, octubre y diciembre 2015 con organismos de tallas menores a 20 cm (**Gráfica 3**).

Para ambos sexos, las tallas mayores a 25 cm se registraron en las muestras de agosto y septiembre de 2015 (**Gráfica 3**).



Gráfica 3. EDKs mensuales por sexos.

Prueba de Kolmogorov

Para esta prueba se obtuvo una $D_c=0.046049492 \ll D_{.05}= 0.14628766$, por lo tanto no existen diferencias entre las distribuciones de tallas por sexos.

Proporción sexual

De acuerdo con los valores estimados para la prueba de χ^2 por fecha de muestreo y para el total de la muestra las proporciones entre machos: hembras no se apartan significativamente de la relación 1:1 (**Cuadro 3**).

Cuadro 3. Proporción sexual por fecha de muestreo y total.

Fecha	Machos	Hembras	Proporción	χ^2	P
24/03/2014	7	11	1.00:1.57	0.88	0.345
24/05/2014	5	10	1.00:2.00	1.66	0.196
16/08/2014	7	8	1.00:1.14	0.066	0.796
18/10/2014	11	7	1.00:0.64	0.88	0.345
25/01/2015	2	2	1.00:1.00	0	1
24/06/2015	5	8	1.00:0.63	0.69	0.405
22/08/2015	16	11	1.00:1.45	0.92	0.335
26/09/2015	14	24	1.00:0.58	2.63	0.104
17/10/2015	12	9	1.00:1.33	0.42	0.512
04/12/2015	23	14	1.00:1.64	2.18	0.138
Total	102	104	1.00:0.98	0.019	0.889

Relación peso eviscerado-longitud patrón

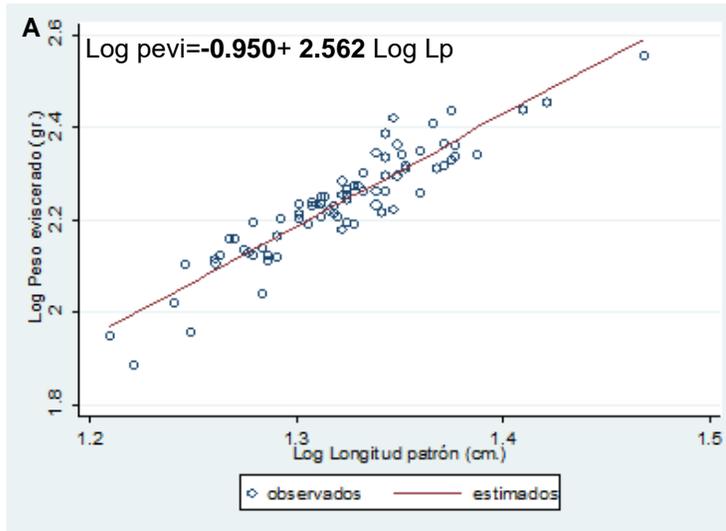
Para establecer esta relación se utilizó el peso eviscerado y la longitud patrón. El uso del peso eviscerado es con el fin de contrarrestar la amplia variabilidad del peso total debido a la influencia del peso del contenido del tracto digestivo y de las gónadas; además, el uso de la longitud patrón se prefirió ya que

durante el transporte de los especímenes, la aleta caudal resulta dañada, introduciendo un error para la medición de la longitud total.

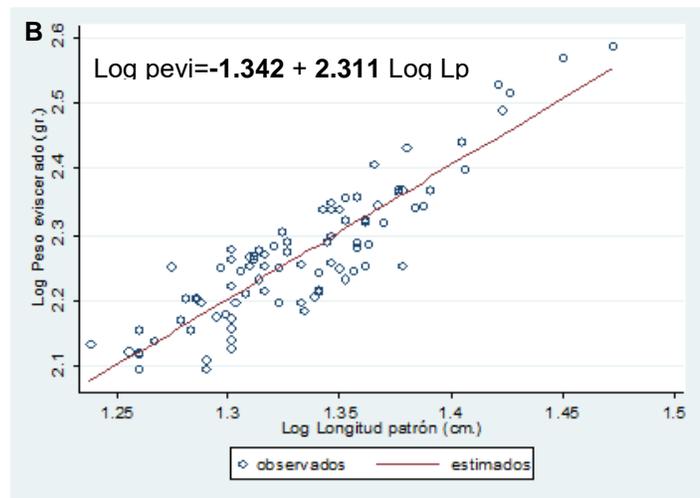
Los ajustes para valores de logaritmo natural de las variables en comparación con los parámetros de la regresión no lineal se presentan en el **Cuadro 4**.

Cuadro 4. Parámetros de las regresiones lineal y no lineal de peso eviscerado– longitud patrón por sexo.					
Sexo	Coficiente	Error estándar	Valor t	Prob. De t >	Intervalo de confianza 95%
Machos N=102					
Regresión lineal					
R²=0.8920					
b	2.562	0.083	28.74	0.000	2.396 2.640
a	- 0.950	0.254	-8.35	0.000	-1.251 -0.649
Regresión no lineal					
R²= 0.9985					
b	2.760	0.249	11.18	0.000	2.268 3.252
a	0.394	0.017	23.09	0.000	0.360 0.428
Hembras N=104					
Regresión lineal					
R²=0.8675					
b	2.310	0.083	25.84	0.000	1.981 2.411
a	-1.342	0.254	-5.27	0.000	-1.848 -0.837
Regresión no lineal					
R²= 0.9986					
b	2.549	0.195	13.05	0.000	2.162 2.937
a	0.407	0.014	28.13	0.000	0.378 0.435

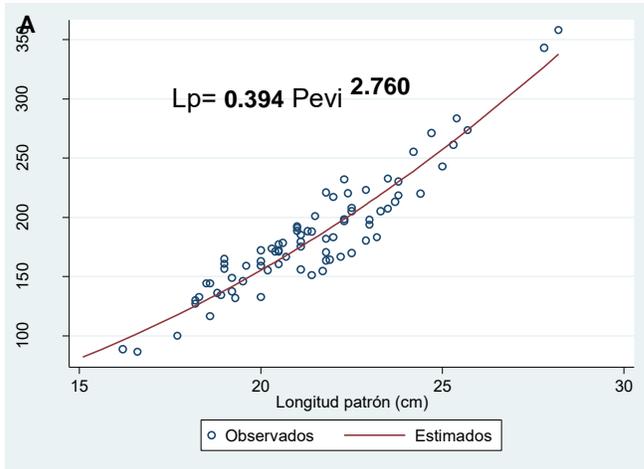
El valor de *b* tanto para hembras como para machos para ambos análisis (lineal y no lineal) fueron menores a 3 por lo tanto el tipo de crecimiento para ambos sexos es hipoalométrico, es decir que el pez es menos pesado para la longitud que alcanza (**Gráfica 4 y 5**).



Gráfica 4. Regresión lineal para longitud patrón- peso total **A)** machos **B)** hembras con valores de a y b .

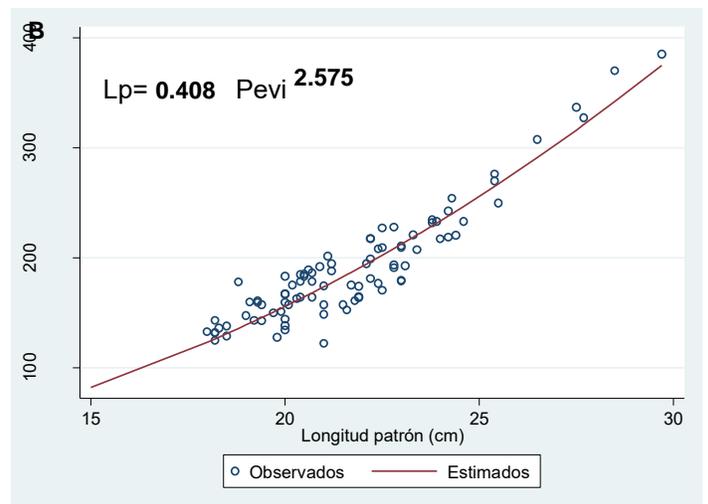


Para el análisis de regresión no lineal se usaron los datos en su escala original (**Gráfica 5**) (Salgado-Ugarte, *et al*, 2005).



Gráfica 5. Regresión no lineal para longitud patrón-peso eviscerado **A)** machos **B)** hembras con valores de a y b .

□

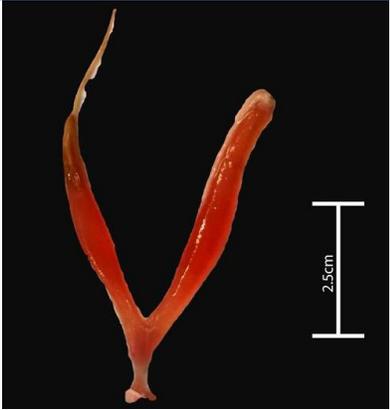


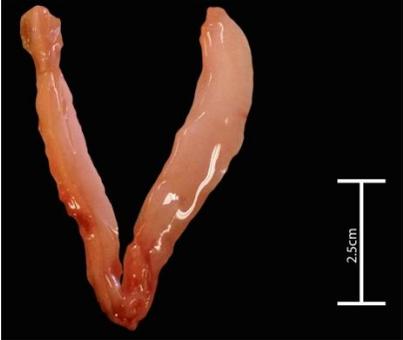
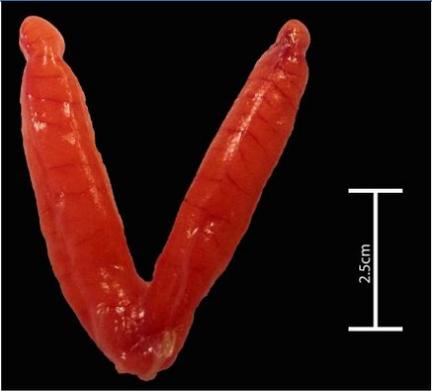
Adicionalmente la relación peso eviscerado- longitud patrón, se realizó por mes y sexos; se observó que para la mayoría de los meses el valor de b es menor a tres (**Cuadro 5**), para machos en los meses de agosto, 2014; enero y junio 2015 y en hembras octubre, 2014; agosto y octubre 2015, se observan valores iguales a tres o mayor.

Cuadro 5. Valores de <i>b</i> de la relación peso eviscerado-longitud patrón por mes y sexo.			
Valor de <i>b</i>		Mes	Observaciones ambientales
Machos	Hembras		
2.728	2.845	Marzo, 2014	Aumento de la TSM (Anomalías positivas)
2.537	2.014	Mayo, 2014	
3.095	2.776	Agosto, 2014	Anomalías positivas.
2.815	3.036	Octubre, 2014	Anomalías positivas menores.
3.053	2.764	Enero, 2015	Anomalías positivas
3.231	2.400	Junio, 2015	Anomalías positivas
3.155	3.105	Agosto, 2015	Fortalecimiento del fenómeno del niño (Aumento de la TSM)
2.469	2.792	Septiembre, 2015	Presencia del fenómeno del Niño
2.631	3.813	Octubre, 2015	Fortalecimiento del niño anomalías de hasta 4°C.
2.833	2.984	Diciembre, 2015	Fenómeno de El Niño en su etapa madura.

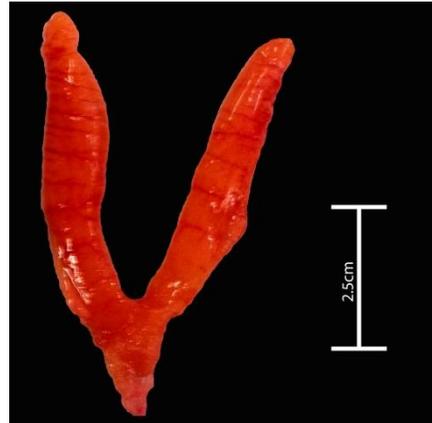
Talla de la primera madurez.

Con base en las características macroscópicas de las gónadas se desarrolló una escala gonádica de cinco estadios. En el **Cuadro 6** se muestra dicha escala con las fotografías y características de la gónadas.

Cuadro 6. Escala de madurez gonadal para <i>Lutjanus inermis</i> .				
*H: hembras M:machos				
*El intervalo de confianza es para el peso gónada				
Estadio	Fase	Sexo	Descripción	Imagen
I	INMADURO	M y H	<p>Gónadas en forma de hilitos rosados, posición dorsal, sin diferencia por sexos a simple vista.</p> <p>Intervalo de Confianza del 95% peso gónada 0.597gr.</p>	
II	DESARROLLO	H	<p>Ovarios redondeados de coloración rosáceos a rojizos translucidos y textura lisa (no granulosa), ocupa 1/3 de la longitud dorsal de la cavidad del cuerpo.</p> <p>Intervalo de Confianza del 95% peso gónada 1.139gr - 1.755gr.</p>	
		M	<p>Testículo color blanquecino o rosado, textura lisa, ocupa 1/3 de la longitud dorsal de la cavidad del cuerpo: más o menos simétricos.</p> <p>Intervalo de Confianza del 95% peso gónada 0.224gr. - 1.268gr.</p>	

	
<p>III</p> <p>H</p> <p>Gónada turgente muy redondeada con ovario con coloración amarilla con aspecto granular. Ocupan cerca de 2/3 de la longitud de la cavidad abdominal.</p> <p>Intervalo de Confianza del 95% peso gónada 3.223ar. - 4.409ar.</p>	
<p>MADURANDO</p> <p>III</p> <p>M</p> <p>Gónada blanca nacarada, turgente y lisa al tacto. Ocupan cerca de 2/3 de la longitud de la cavidad abdominal.</p> <p>Intervalo de Confianza del 95% peso gónada 1.944gr. - 3.186gr.</p>	

H La gónada muy turgente de color naranja rosáceo con vasos sanguíneos superficiales visibles. Cualquier presión provoca su expulsión. Ocupan de $\frac{2}{3}$ a toda la longitud de la cavidad abdominal.



Intervalo de Confianza del 95% peso gónada
3.621gr. - 5.982gr.

IV MADUREZ TOTAL

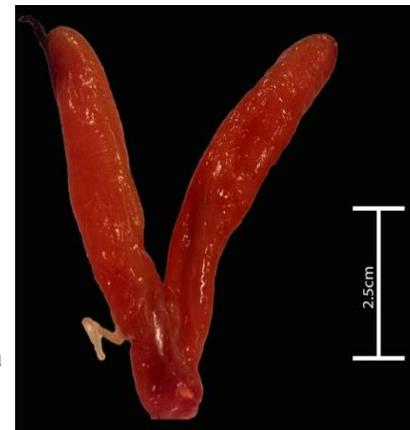
M Gónadas aplanadas turgentes, blanco lechosas, el esperma fluye a la menor presión. Ocupan de $\frac{2}{3}$ a toda la longitud de la cavidad abdominal.



Intervalo de Confianza del 95% peso gónada
2.694gr.- 4.696gr.

V DESOVE

H Gónadas flácidas, color rojizo como amoratadas, contiene remanentes de óvulos. Contraídos a cerca de $\frac{1}{2}$ de la longitud de la cavidad abdominal.



Intervalo de Confianza del 95% peso gónada
1.392gr. - 3.580gr.

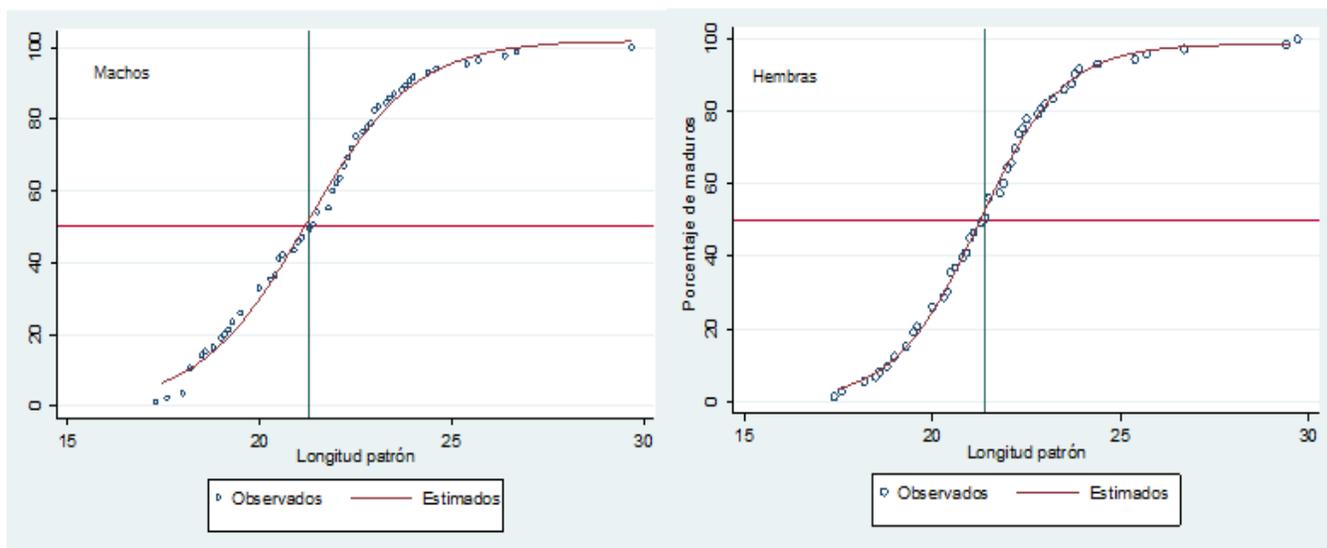
Gónada flácida, sanguinolenta, aplanada y vacía, con residuos de espermatozoides. Contraídos a cerca de $\frac{1}{2}$ de la longitud de la cavidad abdominal.

M

Intervalo de Confianza del 95% peso gónada
0.720gr. - 1.974gr.



La talla de primera madurez de *L. inermis* se estimó para ambos sexos; en hembras se registró a los 21.3 cm y para los machos a los 21.4 cm de longitud patrón (**Gráfica 6**), para calcular la talla de primera madurez se usaron los organismos en el estadio IV (Madurez total) y V (Desove).



Gráfica 6. Talla de primera madurez por sexos de *L. inermis*.

Relación longitud patrón-radio del otolito

Descripción del otolito.

De manera adicional en este trabajo se realizó la descripción del otolito de *Lutjanus inermis*; para la cual se utilizó la nomenclatura utilizada por Tuset *et al.* (2008)

Forma: fusiforme. **Borde dorsal:** liso. **Borde anterior:** dentado. **Borde ventral anterior:** crinado. **Borde ventral posterior:** liso. **Región anterior:** redondeada. **Región posterior:** punteada. **Surco:** heterosulcoide medial. **Abertura:** ostal. **Forma del ostio:** embudo marcadamente curvado. **Sisura** levemente marcada que produce un rostro prominentemente redondeado. Presencia de una depresión dorsal; cristales dorsales y ventrales (**Fig. 14**).



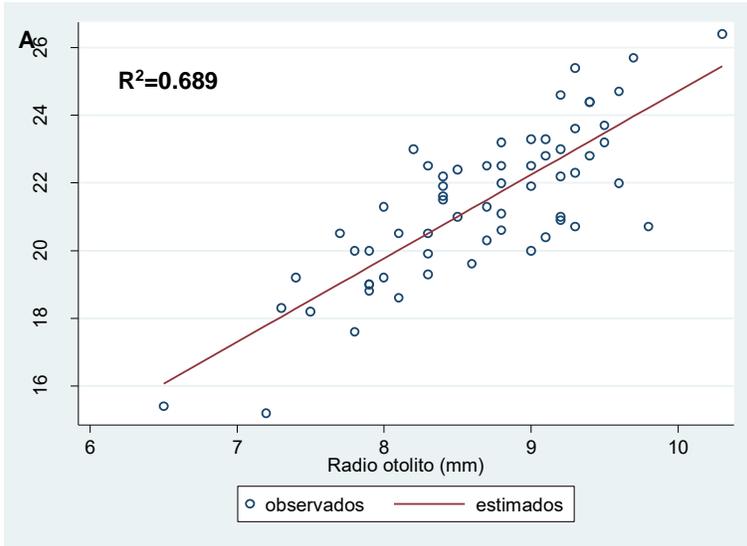
Figura 14. Otolito izquierdo de *Lutjanus inermis*.

Para calcular las regresiones de la relación cuerpo – otolito se descartaron los otolitos dañados, por lo cual, de los 209 pares de otolitos se usaron 192 y los resultados se muestran en el **Cuadro 7**.

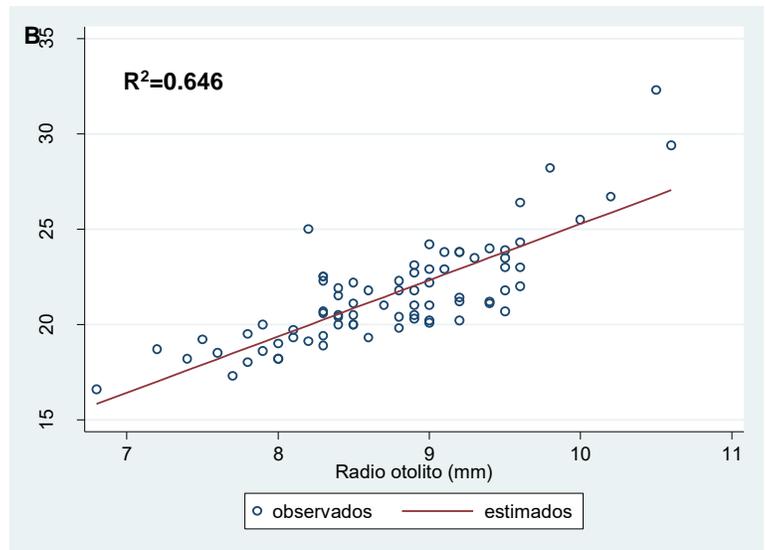
Cuadro 7. Parámetros de las regresiones para longitud patrón-radio del otolito por sexo y sus valores estadísticos (valores ajustados de R^2).					
Sexo	Coeficiente	Error estándar	Valor t	Prob. De t >	Intervalo de confianza 95%
Machos N=63					
$R^2=0.6887$					
b	3.104	0.483	6.42	0.000	2.138 4.071
a	0.259	0.022	11.62	0.000	0.215 0.304
Hembras N=78					
$R^2=0.6462$					
b	2.957	0.251	11.78	0.000	2.457 3.457
a	-4.289	2.202	-1.95	0.055	-8.675 0.096

Las gráficas por sexos de la relación longitud patrón-radio otolito, muestran una variabilidad en los tamaños relativos de los especímenes y sus otolitos provocando que el valor de las R^2 no sea tan alto. No obstante, es posible apreciar la tendencia al aumento paulatino de los radios de los otolitos en machos y hembras (**Gráfica 7**).

Adicionalmente se realizó una prueba de correlación entre ambas variables y se obtuvo un valor de 0.80 estadísticamente significativo.



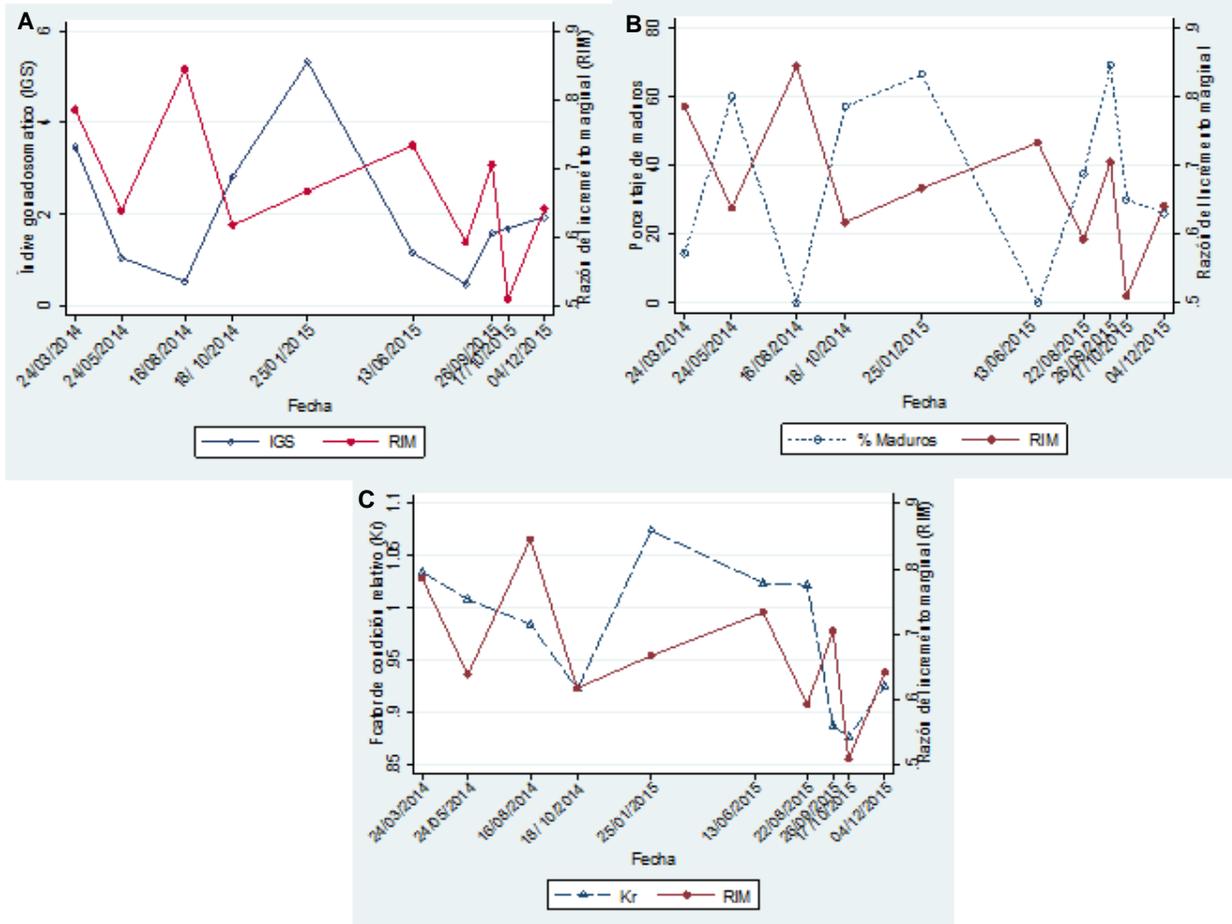
Gráfica 7. Regresión lineal para relación longitud patrón-radio otolito **A)** machos **B)** hembras.



Razón del incremento marginal (RIM).

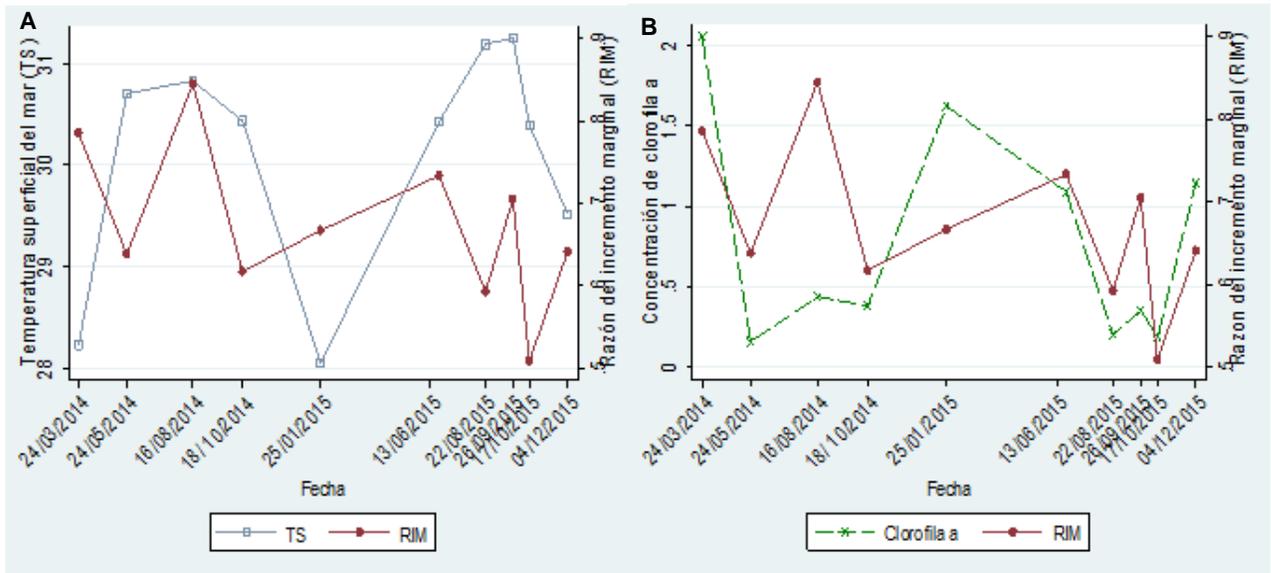
Los valores de *RIM* más bajos se registraron en octubre 2014, así como en octubre y diciembre 2015; esto sugiere que la formación de anillos es anual.

Al comparar *RIM* con el *IGS* y con el porcentaje de organismos maduros, se observa una relación negativa entre estos, de tal forma que los valores altos de *IGS* y el mayor número de organismo maduros, se corresponden con los valores bajos de *RIM* (**Gráficas 8A y 8B**). Al comparar *RIM* con *Kr*, se observa una relación positiva entre estos; lo cual indica que al bajar la condición de los organismos disminuye el crecimiento sómatico (**Gráfica 8B**).



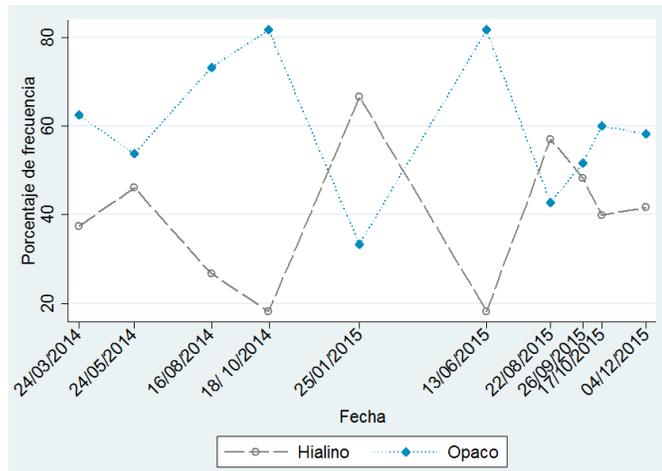
Gráfica 8. Relación A) *RIM* con *IGS* B) *RIM* con porcentaje de individuos maduros C) *RIM* con *Kr*.

La *RIM* también se comparó con dos variables ambientales: la temperatura superficial del mar y la concentración de clorofila a. Para la primera no se observa una relación clara, se logra distinguir un poco que cuando la *RIM* registra valores bajos (Octubre 2014-2015) la temperatura también baja (**Gráfica 9A**), para la segunda se observa una relación positiva (**Gráfica 9B**).



Gráfica 9. Relación **A)** *RIM* con Temperatura superficial del mar **B)** *RIM* con concentración de Clorofila a

Además del cálculo de la razón de incremento marginal, también se registró el tipo de borde (opaco o hialino) de los otolitos. Se distingue un periodo predominante de formación de marcas (alto porcentaje de otolitos con borde opaco y bajo con bordes hialinos) en Octubre 2014-2015 y Junio 2015 (**Gráfica 10**); los dos primeros coinciden con los valores bajos registrados para la razón de incremento marginal (**Gráfica 8**). Los meses en donde se predominaron los bordes hialinos fueron enero 2014 y agosto 2015 (**Gráfica 10**).



Gráfica 10. Porcentaje de otolitos con bordes hialinos y opacos por fecha de muestreo.

Modelos de crecimiento

Con el fin de identificar el modelo que mejor describa el crecimiento de *Lutjanus inermis* se compararon tres. A continuación, se muestran el ajuste y el análisis de residuales de cada uno. Lo cual permitió elegir la mejor opción.

Con base en los valores de R el modelo que mejor se ajusta en ambos sexos es el de von Bertalanffy con una valor de 0.9937 para machos y 0.9924 para hembras (**Cuadro 8**).

Cuadro 8. Valores de R obtenidos por sexos para cada modelos.		
	Machos (valor de R)	Hembras (Valor de R)
Gompertz	0.9936	0.9912
Logístico	0.9929	0.9910
Von Bertalanffy	0.9937	0.9924

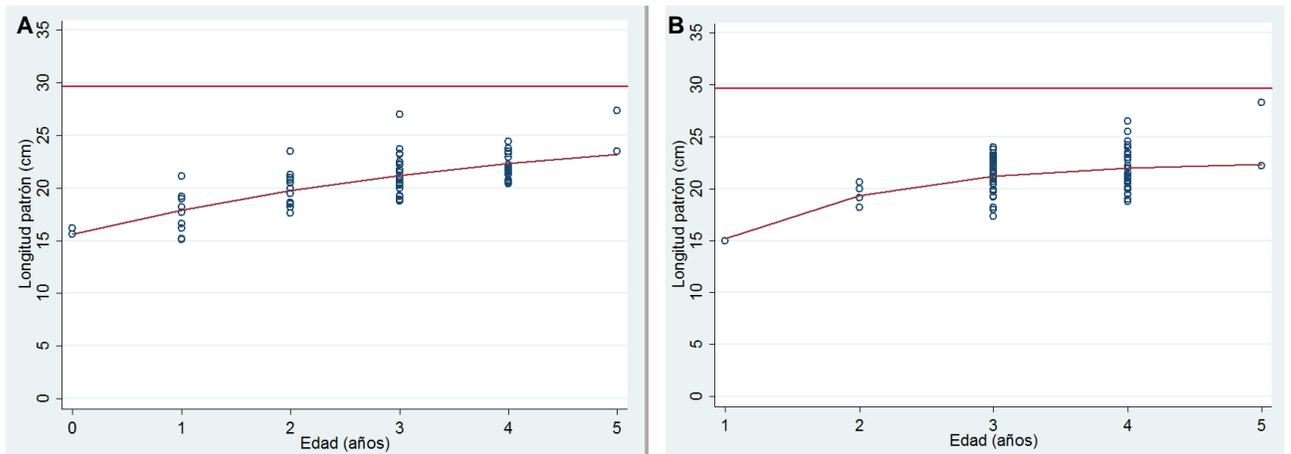
Los gráficos obtenidos de residuales de cada modelo se muestran en las **gráficas 11-13** y también las curvas de crecimiento para cada uno.

Además de la evaluación visual de los residuales de cada modelo, también se les aplicó una prueba de normalidad la prueba fue la de SHAPIRO-WILK, los resultados se muestran en el **Cuadro 9**, los valores de p indican que para el caso de los machos los residuales de los tres modelos tienen una distribución normal y en las hembras pasa lo contrario.

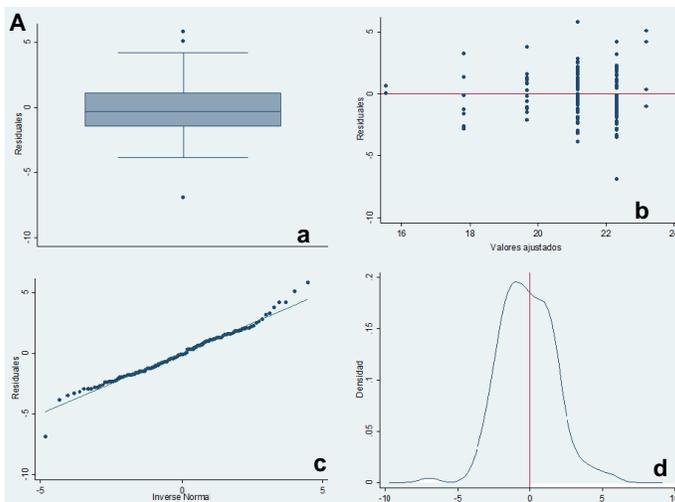
Cuadro 9. Valores de p calculados en la prueba de SHAPIRO-WILK por sexos para los residuales de cada modelo.		
	Machos (Valor de p)	Hembras (Valor de p)
Gompertz	0.09696	0.00219
Logístico	0.08392	0.00000
von Bertalanffy	0.10595	0.00257

A continuación se muestran las funciones de para cada modelo y por sexos, así como el análisis visual de residuales para cada uno:

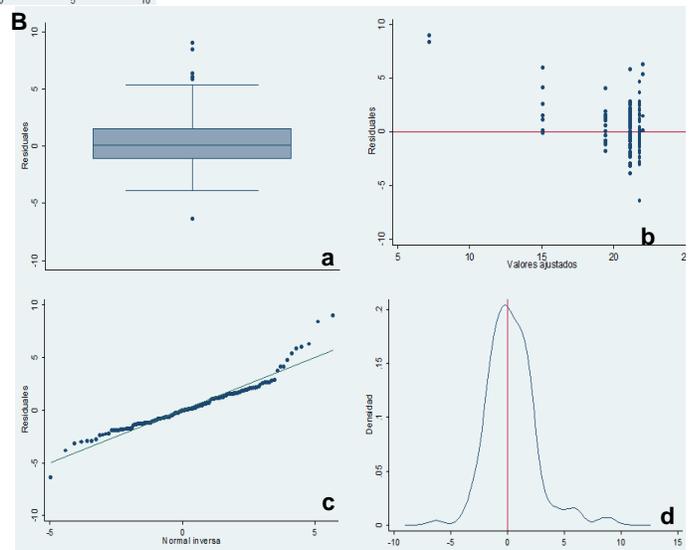
Gompertz



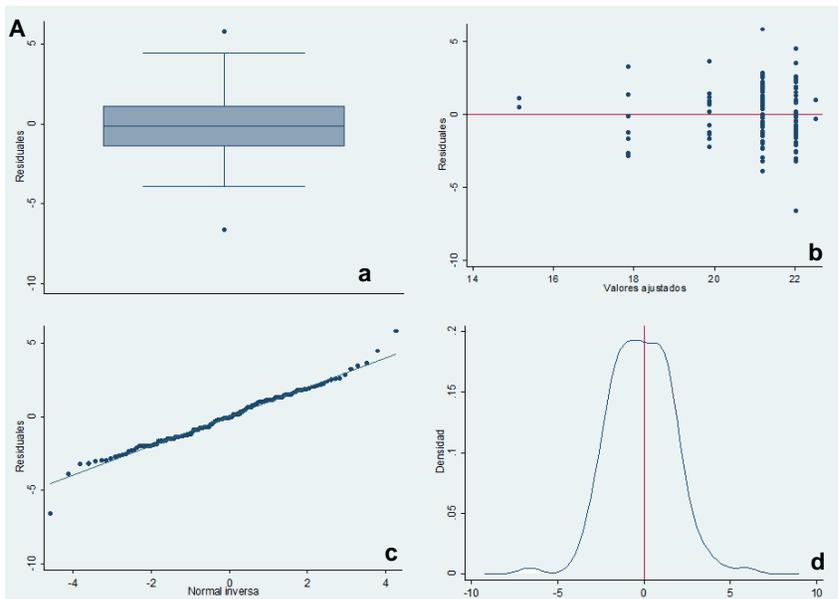
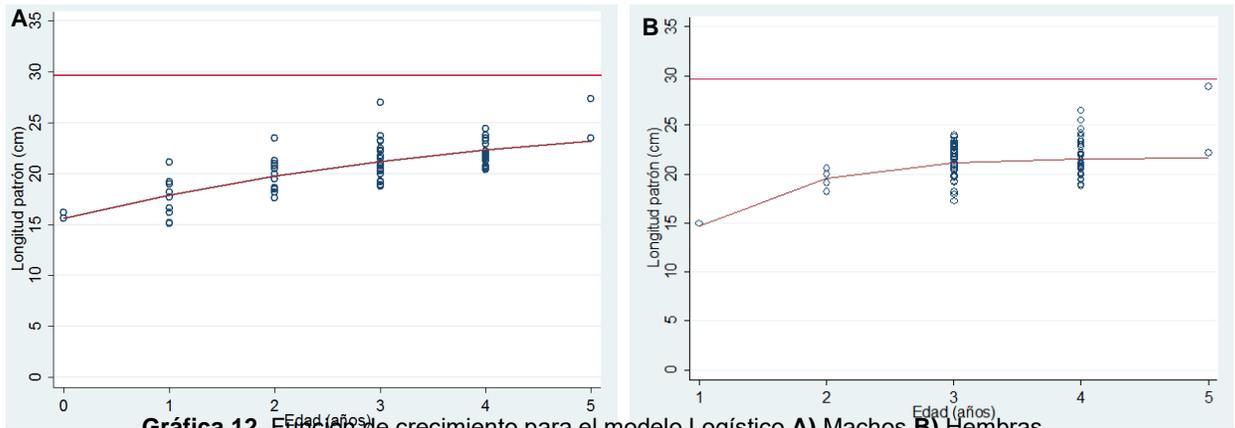
Gráfica 11. Función de crecimiento del modelo Gompertz **A) Machos B) Hembras.**



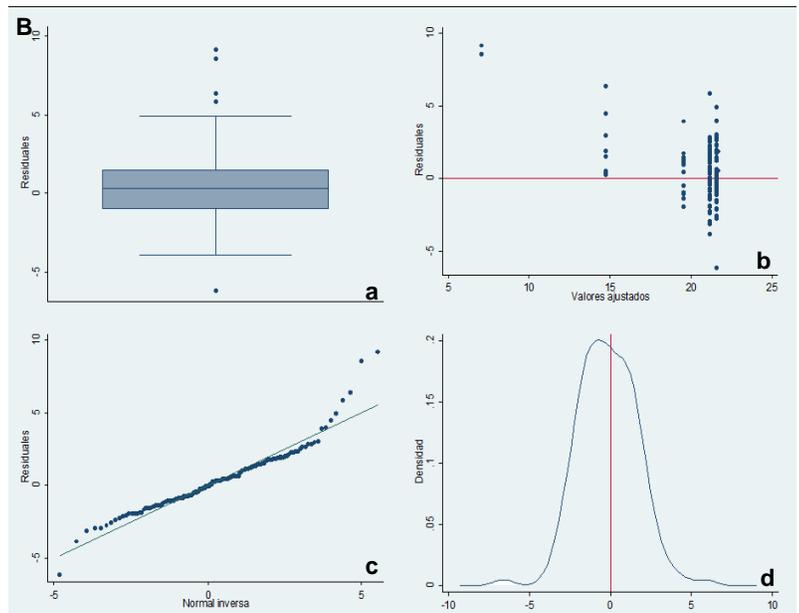
Gráfica 11.1 Gráficos del análisis de residuos para modelo de Gompertz **A) machos B) hembras**
a) Diagrama caja y bigote de los residuos
b) residuales vs valores ajustados c) Q-Q plot d) EDK de los residuos



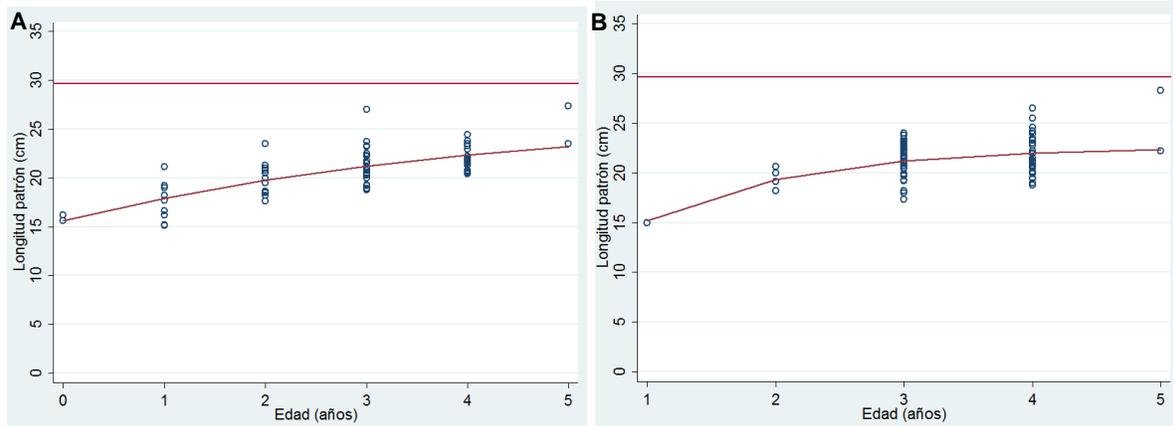
Logístico



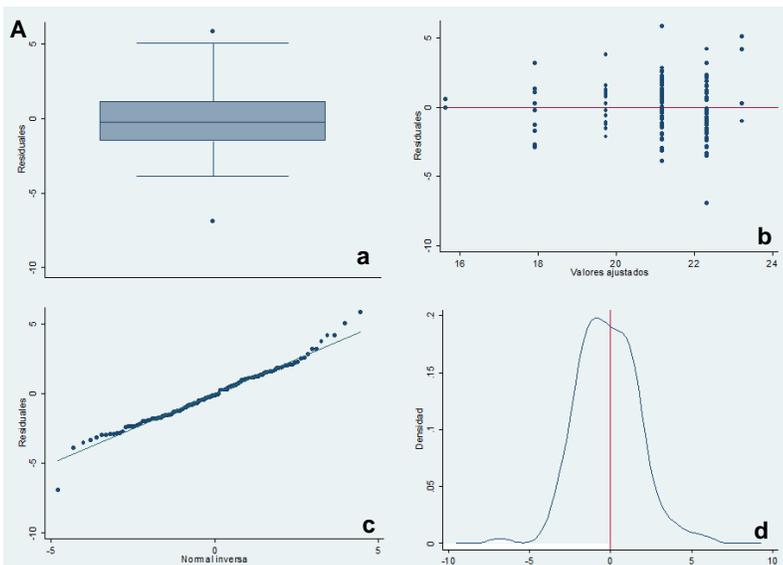
Gráfica 12.1. Gráficos del análisis de residuos para modelo Logístico A) machos B) hembras
a) Diagrama caja y bigote de los residuos **b)** residuales vs valores ajustados **c)** Q-Q plot **d)** EDK de los residuos



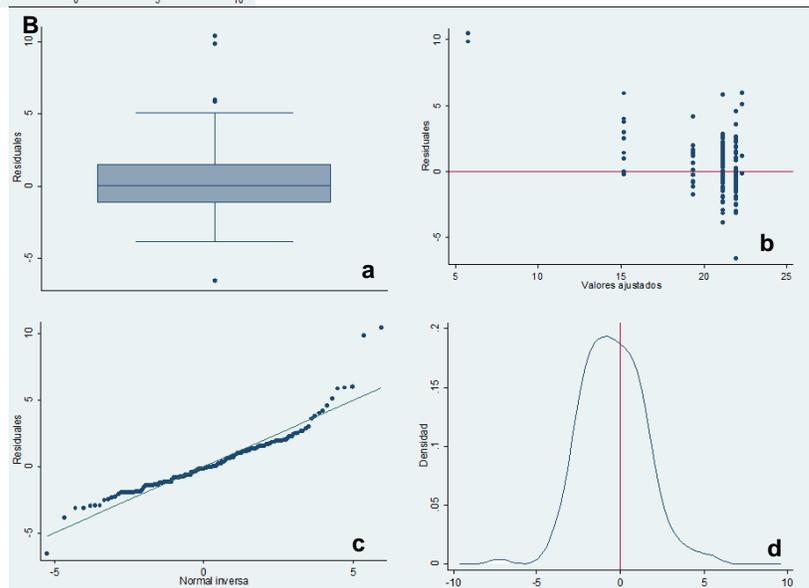
von Bertalanffy



Gráfica 13. Función de crecimiento para el modelo von Bertalanffy **A)** machos **B)** hembras



Gráfica 13.1. Gráficos del análisis de residuos para modelo de von Bertalanffy **A)** machos **B)** hembras **a)** Diagrama caja y bigote de los residuos **b)** residuales vs valores ajustados **c)** Q-Q plot **d)** EDK de los residuos



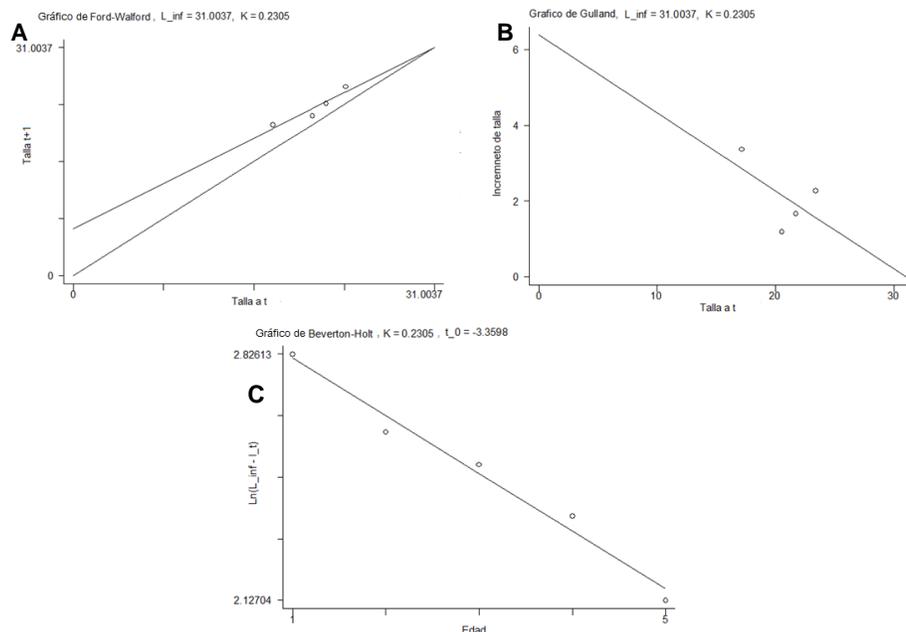
Regresión lineal von Bertalanffy

Para emplear los métodos tradicionales para obtener los parámetros de FCVB se utilizaron las modas obtenidas a partir de los EDKs por sexos, esto debido a que las distribuciones de talla para algunas edades resulta bimodales por lo que la media no resulta representativa. Por esto no era posible realizar la regresión lineal, la cual fue posible considerando a las modas. Los valores obtenidos para cada parámetro se muestra en el **Cuadro 12**; adicionalmente se muestran las gráficas obtenidas por sexo.

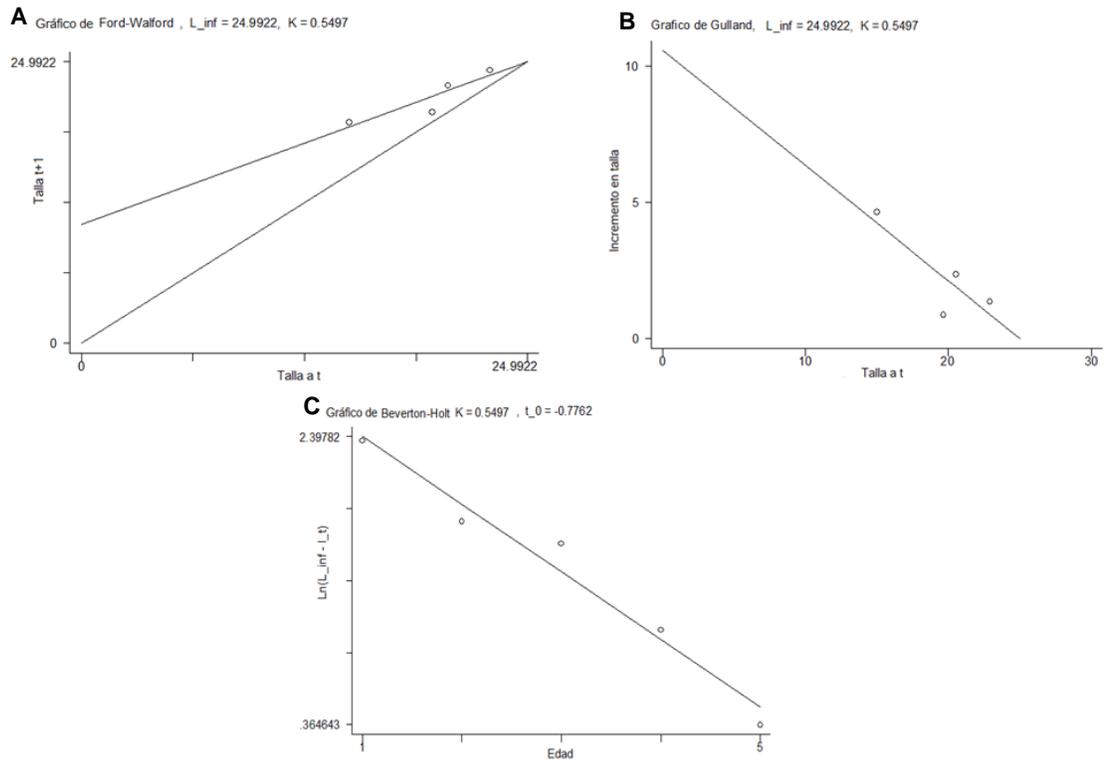
Cuadro 10. Parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy estimados por métodos tradicionales.

	MACHOS	HEMBRAS
L_{∞}	31.003	25.70
K	0.231	0.459
t_0	-3.360	-0.776

A continuación se muestra los gráficos de métodos lineales para machos (**Gráfica 14**) y hembras (**Gráfica 15**).

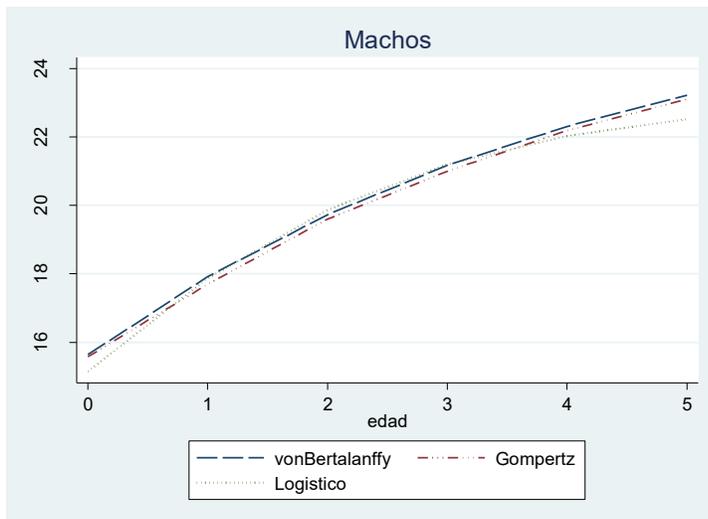


Gráfica 14. A) Gráfico de Ford-Walford B) Gráfico de Gulland C) Beverton-Holt a partir de las modas para machos de *L. inermis*.



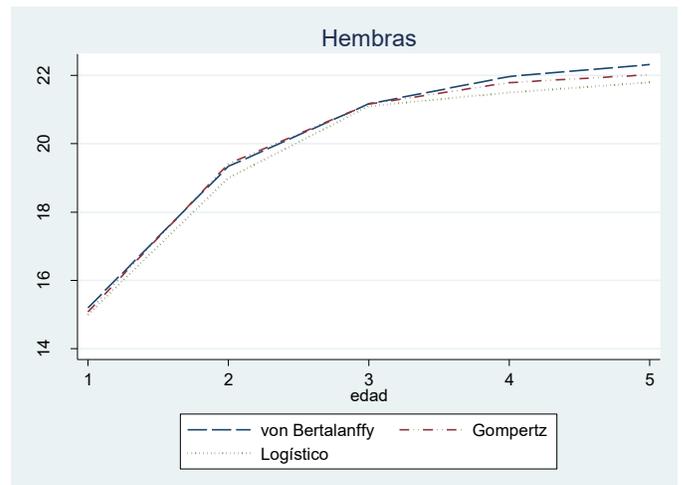
Gráfica 15. A) Gráfico de Ford-Walford **B)** Gráfico de Beverton-Holt **C)** Gráfico de Gulland **D)** Función de crecimiento de von Bertalanffy estimada por métodos tradicionales a partir de las modas para hembras de *L. inermis*.

Se compararon las curvas de crecimiento para los tres modelos por sexos, donde se puede observar que para ambos sexos las tres curvas son muy similares (**Gráfica 16**), siendo la curva logística la que difiere un poco más; esto concuerda con lo observado en el análisis de residuales y en la valor de R , siendo el logístico el que presentó un menor ajuste para *Lutjanus inermis*.



Gráfica 16. Comparación de las funciones de crecimiento de los tres modelos por sexos.

Longitud patrón



También se compararon los valores obtenidos de L_{∞} , K y t_0 , obtenidos de cada modelo (**Cuadro 11**), donde se observa que los valores más altos para cada variable se obtuvieron con el modelo de von Bertalanffy, y siendo que este modelo es el que presenta el valor de R^2 más cercano a uno y sus residuales tuvieron una distribución cerca a la normal este es el modelo que mejor describe el crecimiento *Lutjanus inermis*.

Cuadro 11. Parámetros de la función de crecimiento para cada modelo				
(* Intervalo para cada variable).				
	VARIABLES	von Bertalanffy	Gompertz	Logístico
Machos	L _∞	26.72 (16.67 36.78*)	25.65 (18.75 32.54*)	23.19 (20.67 25.71*)
	K	0.23 (0.12 0.59*)	0.32 (-0.05 0.67*)	0.58 (0.14 1.01*)
	t ₀	-3.82 (-8.07 0.44*)	-2.15 (-3.78 -0.51*)	-1.09 (-2.09 -0.105*)
Hembras	L _∞	22.60 (20.87 24.32)	22.14 (20.84 23.43*)	22.04 (21.25 22.84*)
	K	0.82 (0.10 1.54)	1.07 (0.17 1.97*)	1.44 (0.52 2.36*)
	t ₀	-0.35 (-1.85 1.14)	0.11 (-1.05 1.27*)	0.53 (-0.11 1.17*)

Las expresiones para la función de crecimiento longitudinal de von Bertalanffy por métodos lineales tradicionales para machos y hembras fueron, respectivamente:

$$L_t = 31.003 [1 - \exp\{-0.231(t - 3.360)\}] \text{ y } L_t = 25.70[1 - \exp\{-0.459(t - 0.776)\}].$$

Por regresión no lineal para hembras y machos fueron, respectivamente:

$$L_t = 26.72 [1 - \exp\{-0.23(t - 3.82)\}] \text{ y } L_t = 22.60[1 - \exp\{-0.82(t - 0.35)\}].$$

Después de la selección del modelo que mejor se ajusta que fue von Bertalanffy, se realizaron las pruebas de T^2 de Hotelling y se obtuvo lo siguiente:

Cuadro 12. Prueba de T^2 de Hotelling para comparación de parámetros del modelo von Bertalanffy.					
Matriz de varianza-covarianza (S)			Inversa de S		
9.890	-0.548	-4.243	0.505	4.946	0.304
	0.038	0.287		299.723	-27.169
		2.391			4.216
[2.2678 -0.1203 -0.7584] = [P1 - P2]					
$T^2 = 24.7520$ $T^2_{0.01: 3,146} = 11.917$ $F_{0.01: 3,146} = 3.9186$					
				<i>F crítica</i>	
0.494	\leq Linf1 - Linf2 \leq	4.041		6.407	
-0.231	\leq K1 - K2 \leq	-0.010		4.647	
-1.630	\leq t01 - t02 \leq	0.113		2.964	

La conclusión de la prueba es que machos y hembras crecen de manera diferente (T^2 calculada =24.7520 >> T^2 tablas = 11.917). Además L_∞ y K son diferentes (los intervalos de confianza no incluyen al cero) y solo t_0 pudiera tener el mismo valor (los intervalos de confianza incluyen al cero) en ambos sexos. Por otro lado los valores críticos de F indican que el parámetro que más contribuye a la diferencia es L_∞ seguido de K .

Además de la prueba de T^2 de Hotelling se aplicaron las pruebas razón de verosimilitud de Roff, las cuales indican que existe una diferencia significativa ($P = 0.002$) en los modelos por sexo se tuvo: diferencia significativa para los L_∞ ($P = 0.036$) y K ($P=0.030$); y no significativo para t_0 ($P = 0.140$) (**Cuadro 13 y 14**).

Cuadro 13. Pruebas de razón de verosimilitud para la FCVB para machos (1) y hembras (2).					
Restricciones lineales	Modelos equivalentes	SCR	χ^2	gl	P
Ninguna	$L_{1j} = 74.41[1-\exp\{-0.037(t+06.444)\}]$ $L_{2j} = 26.28[1-\exp\{-0.398(t+1.178)\}]$	2.34			
$L_{\infty 1} = L_{\infty 2}$	$L_{1j} = 34.60[1-\exp\{-0.141(t+4.166)\}]$ $L_{2j} = 34.60[1-\exp\{-0.159(t+2.792)\}]$	3.49	4.38	1	0.036
$K_1 = K_2$	$L_{1j} = 35.04[1-\exp\{-0.138(t+4.180)\}]$ $L_{2j} = 36.52[1-\exp\{-0.138(t+3.093)\}]$	3.60	4.72	1	0.030
$t_{01} = t_{02}$	$L_{1j} = 36.39[1-\exp\{-0.128(t+4.276)\}]$ $L_{2j} = 48.94[1-\exp\{-0.075(t+4.276)\}]$	4.07	6.09	1	0.140
$L_{\infty 1} = L_{\infty 2}$ $K_1 = K_2$ $t_{01} = t_{02}$	$L_j = 77.28[1-\exp\{-0.035(t+6.194)\}]$	9.00	14.81	3	0.002

Cuadro 14. Probabilidad de la razón F para dos funciones para la FCVB para machos (1) y hembras (2).					
Restricciones lineales	Modelos equivalentes	SCR	F	Gl	P
Ninguna	$L_{1j} = 74.41[1-\exp\{-0.037(t+06.444)\}]$ $L_j = 26.28[1-\exp\{-0.398(t+1.178)\}]$	2.34			
$L_{\infty 1} = L_{\infty 2}$ $K_1 = K_2$ $t_{01} = t_{02}$	$L_j = 77.28[1-\exp\{-0.035(t+6.194)\}]$	9.00	4.74	3,5	0.0634

Los resultados de todas las pruebas son muy semejantes, las cuales indican que existe una diferencia de sexos significativa, originada principalmente por los valores de L_{∞} , seguidos por el parámetro de curvatura K y sin diferencia entre las estimadas de t_0 .

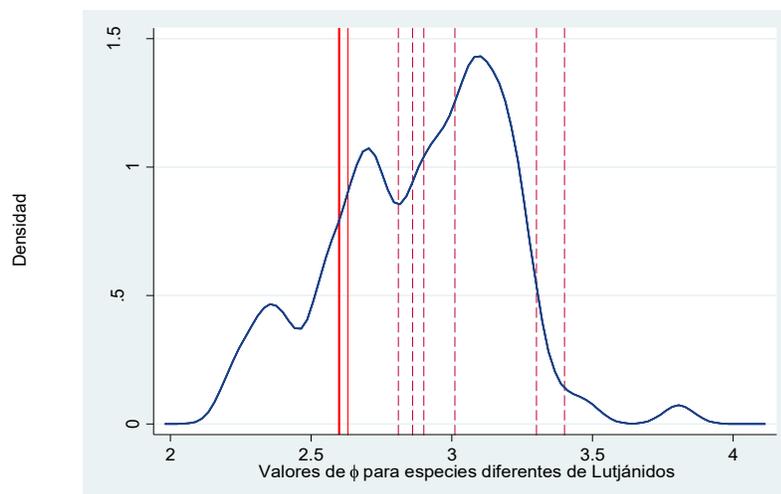
La comparación de los parámetros de crecimiento entre poblaciones, a través de los índices phi prima, indican que hay diferencias dado que los coeficientes de variación son mayores al 4% (**Cuadro 15**).

Cuadro 15. Parámetros de crecimiento de dos poblaciones de *Lutjanus inermis*.

Localidad	L_{∞} (cm)	K	\emptyset	Fuente
Puerto Ángel, Oaxaca	26.7	0.23	2.267	Pérez-Olivares, 2017
Costa de Oaxaca CV	39.14	0.26	2.600	Salgado-Cruz, 2015
			9.8%	

Adicionalmente se compararon los valores de \emptyset de otras especies de la familia Lutjanidae con el fin de identificar si el crecimiento de *Lutjanus inermis* es muy diferente en comparación de otras especies de esta familia, estos valores se obtuvieron de *Fishbase* (**Gráfica 17**); ya que la mayoría de datos que se encontraron fueron para la zona del Golfo de México; se usaron esos valores para generar un EDK y se marcaron los valores de \emptyset encontrados para especies del Pacífico Mexicano.

Se observa en el EDK dos modas principales entre los 2.5 y 3.5, las líneas punteadas son valores de \emptyset para otros Lutjánidos del Pacífico Mexicano; y las líneas sólidas son los dos valores de \emptyset para *Lutjanus inermis*; estas líneas están más alejadas de las otras especies es decir que esta especie puede estar creciendo menos en comparación de las otras especies, pero es importante destacar que dentro de la familia Lutjanidae los valores están dentro .0del grupo de datos con la segunda moda más importante.

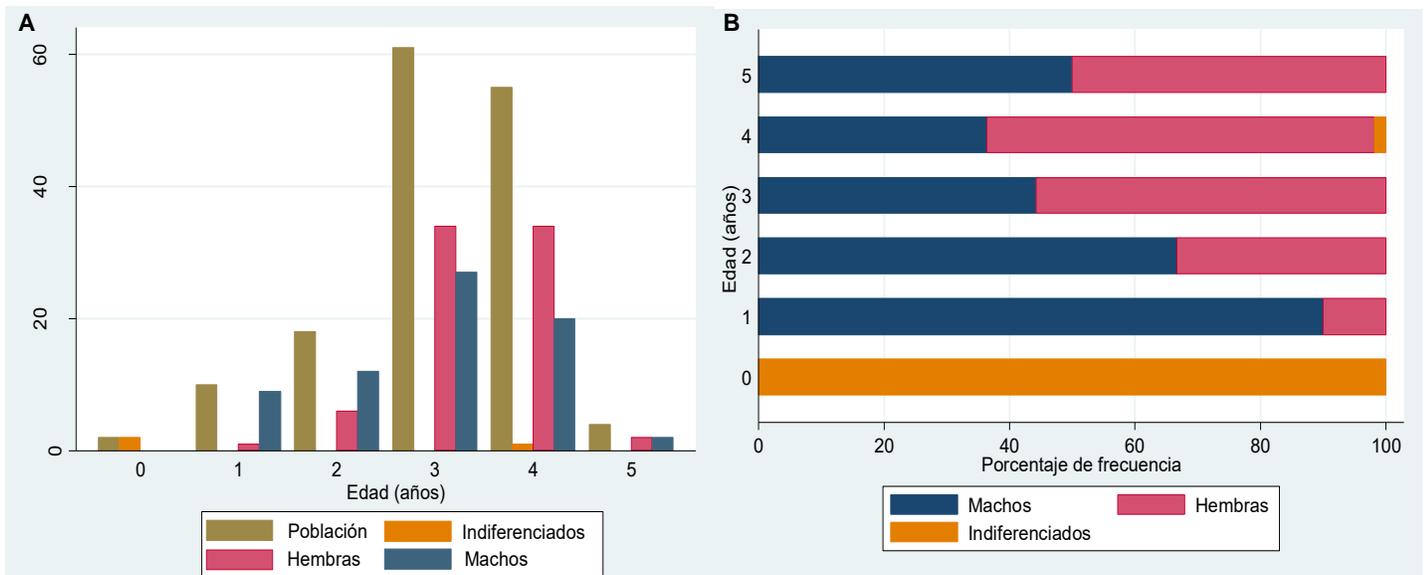


Gráfica 17. EDK de valores \emptyset de diferentes especies de la familia Lutjanidae.

Composición de edades.

El **Cuadro 16** y la **Gráfica 18A** muestran la composición de edades por sexo y total de individuos estudiados. Es evidente que predominan los individuos de tres años y en segundo término se tienen a los ejemplares de cuatro años en machos y hembras. Los porcentajes por sexo para cada edad se muestran en la **Gráfica 18**, donde puede notarse que las hembras se hacen predominantes a edades mayores.

Cuadro 16. Composición de edades por sexo para individuos de <i>Lutjanus inermis</i> .				
Edad	Sexo			Total
	Machos	Hembras	Indiferenciados	
0	0	0	2	2
1	9	1	0	10
2	12	6	0	18
3	27	34	0	61
4	20	34	1	55
5	2	2	0	4



Gráfica 18. A) Composición de edades por sexo y población. **B)** Porcentaje de individuos de cada sexo por edad.

Se estableció la relación talla-edad por sexos (**Cuadro 17**); se observa que los organismos conforme crecen envejecen ya que las tallas mayores se registran para 5 años que es la edad máxima registrada para el presente trabajo.

Cuadro 17. Relación talla-edad por sexos para *Lutjanus inermis*.

Edad	Talla (Longitud patrón en cm)	
	Machos	Hembras
1	17.16	15
2	20.52	19.65
3	21.71	20.53
4	23.38	22.89
5	25.65	24.26

DISCUSIÓN

Distribución de tallas

El intervalo de tallas que se registró para *Lutjanus inermis* en Puerto Ángel, Oaxaca, en hembras fue de 15.0 a 28.2 cm y machos de 15.0 a 29.7 cm de longitud patrón y de longitud total en las hembras se registraron tallas entre 18.3 a 34.4 cm y en machos 18.4 a 34.4 cm; esto difiere con lo reportado por Lucano-Ramírez *et al.* (2011) quienes reportan un intervalo de tallas para hembras de 17.0 a 37.0 cm de longitud total y para machos de 14.4 a 36.7 cm para la costa de Jalisco y con Salgado-Cruz (2015) quien reportó un intervalo de talla para *Lutjanus inermis* en la costa de Oaxaca de 13.5 a 38 cm; en este caso no reporta los intervalos de tallas por sexo.

En el caso de Lucano-Ramírez *et al.* (2011), reportan el uso de red agallera con diferente luz de malla (3.0", 3.5", 4.0" y 4.5"). En el presente estudio, aunque se utilizó un arte de pesca similar, la luz de malla no cambiaba ya que los organismos analizados fueron comprados a los pescadores y por tanto no se tuvo control del tamaño de luz de malla; lo que tiene como consecuencia que pueda existir una baja proporción de peces de tallas grandes o pequeñas, teniendo como consecuencia un intervalo de tallas angosto y además de un sesgo en la composición de talla y/o edad (Holden y Raitt 1975; Grimes, 2001; BJordal, 2005).

Para el caso de la diferencias de tallas con Salgado-Cruz (2015), dicho trabajo abarcó cuatro puertos de la Costa del Oaxaca, que fueron: Bahía Chipehua, Santa Cruz Huatulco, Puerto Ángel y Puerto Escondido. Al comparar los resultados para Puerto Ángel, en esta sitio registró un intervalo de tallas de 17 a 29 cm de longitud patrón (**Anexo 1**) lo que coincide con el intervalo reportado en este trabajo (entre los 20 y 25 cm) en ambos sexos y además al no existir una diferencia de tamaños entre sexos, lo anterior puede indicar que la discrepancia entre tallas reportada puede deberse a la diferencia de áreas muestreadas. Por tanto al incluir otras zonas, el intervalo de tallas aumenta y esto está relacionado principalmente con las artes de pesca, ya que suelen variar de una zona a otra y

en este caso el autor no reporta el arte de pesca utilizado en cada sitio muestreado.

Proporción sexual

Por fecha de muestreo y para el total de la muestra las proporciones entre machos:hembras de *Lutjanus inermis* en Puerto ángel, Oaxaca no se apartan significativamente de la relación 1:1; esto coincide con lo reportado por Lucano-Ramírez *et al.* (2011) y Salgado-Cruz (2015); es decir que esta especie mantiene dicha proporción de manera general, este comportamiento que presentan diferentes poblaciones de esta especie puede estar indicando que no existe una segregación de sexos; por tal razón no se obtienen un mayor número de hembras o de machos. Además que comúnmente en la mayoría de las especies de sexos separados como lo es esta especie, la relación tiende a ser cercana uno a uno (Nikolsky, 1963).

Relación peso eviscerado-longitud patrón.

La relación peso-longitud es un descriptor importante, ya que aporta información sobre estrategias de crecimiento e información indirecta sobre el crecimiento de los organismos (Cifuentes *et al.*, 2012); ya que los parámetros de la relación peso-longitud (a y b) se utilizan de diversas maneras por ejemplo: para estimar el peso de los especímenes a partir de la longitud, conversión de ecuaciones de crecimiento en longitud a peso en crecimiento (Pauly, 1993), para calcular el factor de condición (Richter *et al.*, 2000), permite comparaciones morfológicas entre poblaciones de diferentes regiones o hábitats (Goncalves *et al.*, 1997) y para estudiar los cambios ontogénicos alométricos (Petrakis y Stergou, 1995; Teixeira de Mello *et al.*, 2006).

Los valores de b que se obtuvieron para ambos sexos y análisis (lineal y no lineal) fueron estadísticamente diferentes a 3 y al analizar la relación mensualmente se observó que en la mayoría de los meses el valor de b también es estadísticamente diferente de tres y en la mayoría menores a 3. El intervalo de los valores de b fue 2.46- 2.83; por lo tanto el tipo de crecimiento en esta especie

es hipoalométrico, es decir que presentan un crecimiento desproporcional indicando que el crecimiento en longitud es mayor que en peso

Los valores de b coinciden con el intervalo reportado por Lagler, 1956; Carlander, 1969, 1977; Weatherley, 1972 y Olaya-Nieto, 2007; de $b < 2.5$ o $b > 3$; el cual está generalmente relacionado con valores estimados a partir de intervalos de tallas pequeñas, como fue en este caso.

Pero además, el intervalo de valores obtenidos para b cae dentro del intervalo de 2.54-2.65, el cual es reportado por Froese (2006) como valores de b para organismos jóvenes. Esto ya ha sido observado en otras especies, en donde los valores de b que se encuentran por debajo de 3, indican la presencia de un gran número de organismos adultos jóvenes, ya que de manera general los juveniles resultan ser menos robustos en comparación de los adultos (Ibáñez, 2015), es decir que para este caso los organismos capturados son en su mayoría adultos jóvenes; además en otras especies de la misma familia como *Lutjanus peru*, se ha registrado un crecimiento alométrico negativo (Isoteco-Palemon, 2011) y esto es atribuido a la gran presencia de organismos juveniles, ya que estos son menos pesados para la longitud que tienen en las primeras etapas de su crecimiento y, posteriormente disminuye en la etapa adulta.

Al comparar los valores de b registrados para esta especie, Salgado-Cruz (2015) reporta una $b=2.94$ para toda la población y menciona que es un crecimiento isométrico en todas las localidades reportadas; pero al comparar el valor de b para los organismos de Puerto Ángel, el valor b poblacional es de 2.89 la cual no es estadísticamente diferente de 3; para machos es $b=2.91$ y hembras de $b=2.68$ (**Anexo 2**), de tal manera que De manera general los valores de b pueden variar entre poblaciones de la misma especie y estas diferencias están relacionadas en gran medida a la variación entre estaciones de muestreo, hábitat, deterioro de las condiciones ambientales y a variaciones temporales (Lecren, 1951; Yildirim *et al.*, 2001; Bilici *et al.*, 2016), para poder verificar esto, se compararon las condiciones ambientales de cada uno de los muestreos, enfocando dichas comparaciones a la presencia y/o ausencia del Fenómeno del

Niño ya que se sabe que el crecimiento puede ser sensible a cambios en el ambiente, y sobre todo a eventos de inestabilidad y/o variabilidad ambiental relacionadas con este fenómeno; la comparación entre los meses muestreados por Salgado-Cruz (2015) y los meses del presente trabajo se muestran en el **Anexo 3**; se observó que durante el muestreo de Salgado-Cruz no se presentó dicho fenómeno y lo contrario pasó en los meses que abarcó este trabajo, en los cuales sí estuvo presente.

Se sabe de manera general que las implicaciones del Niño son negativas e importantes en las pesquerías del Pacífico Mexicano, ya que este evento reduce significativamente la biomasa fitoplanctónica por el debilitamiento de las surgencias y al hundimiento de la termoclina, lo que trae como consecuencia la disminución de la fertilidad de los ecosistemas marinos (Lluch-Cota *et al.*, 2004).

Para el caso del Golfo de Tehuantepec se ha observado un decremento de las concentraciones de pigmentos fotosintéticos, lo cual provoca una baja en la disponibilidad de alimento para los niveles tróficos superiores. Como consecuencia, los organismos que se capturen durante este periodo, pueden presentar un peso menor en comparación con los organismos capturados durante la ausencia de dicho fenómeno y a pesar de que en los trabajos anteriores no se obtuvieron valores del factor de condición, se puede pensar que las condiciones ambientales afectan el crecimiento, debido a que la relación peso-longitud se puede usar como un índice práctico para evaluar la condición de los peces (un crecimiento alométrico positivo podría indicar una buena condición y un crecimiento alométrico negativo indica lo contrario, Olaya-Nieto, 2007) como se manifestó en el presente estudio. Lo anterior pudiera estar explicando la diferencia observada de los valores de b entre las poblaciones muestreadas en los años 2010-2011 y los años 2014-2015.

Otro factor que puede influir en la diferencia de valores de b , está relacionado con el gasto energético en el mantenimiento corporal (Solano-Peña *et al.*, 2013); de tal manera la relación peso-longitud en los peces puede ser diferente entre sexos como sucedió en este caso.

Talla de la primera madurez.

En el caso de *Lutjanus inermis* no se cuenta con una escala de madurez gonádica específica por lo cual se optó por proponerla. Para tal fin se partió de la escala de madurez gonádica para una especie de la misma familia *Lutjanus campechanus* de González *et al.* (2001). Ésta se eligió debido a que al ser de la misma familia pueden presentar semejanzas entre el desarrollo de las gónadas. Otra escala utilizada fue la de Holden y Raitt (1975), la que al ser más general también puede coincidir con lo observado en *Lutjanus inermis*. De esta forma, al conjuntarlas y además agregando características propias de la especie, se puede llegar a una descripción más adecuada para esta especie; se distinguieron cinco estadios de maduración. De estas etapas, se utilizaron los estadios IV (madurez total) y V (desove) para calcular la talla (longitud patrón) de primera madurez: 21.3 cm para hembras y 21.4 cm para machos, ambas tallas se ubican dentro del intervalo de tallas de primera madurez reportadas por Lucano-Ramírez *et al.* (2001) que fue de 23.9 para hembras y de Salgado-Cruz (2015) de 20.5 cm.

La talla de madurez para ambos sexos corresponde a la edad de 3 años; con base a la talla y edad se puede considerar que esta especie se reproduce a edades tempranas. Esta característica puede estar relacionada con el arte de pesca el cual esta seleccionado adultos jóvenes dentro de la población; esto se vuelve más evidente al observar las edades predominantes que son 3 y 4 años con una edad máxima de 5, valores menores comparados con los máximos de edad reportados para la especie de 7 años y con los de otras especies de la misma familia como *Lutjanus guttatus* de 13.5 años (Sarabia-Méndez *et al.*, 2007) y *L. peru* de 10 años (Apolinar-Santamaría y Chávez, 1999); los organismos capturados de *L. inermis* podrían estar respondiendo a la presión ejercida por la pesca de mucho tiempo, ya que de manera general la mayoría de artes de pesca están diseñadas para extraer los individuos de mayor talla, aumentando la mortalidad de individuos adultos; provocando así la reducción en la capacidad reproductora, lo cual se ve compensado con la sobrevivencia de organismos jóvenes capaces de reproducirse (Palmer *et al.*, s.f.)

Relación longitud patrón- radio del otolito

Dentro de este trabajo se realizó la descripción del otolito de *L. inermis*; ya que para esta especie no se cuenta con descripción alguna y también porque los otolitos además de ser estructuras utilizadas para la estimación de la edad, también se han reconocido como una de las estructuras anatómicas que brindan información para la identificación de especies, ya que poseen formas específicas para cada una y pueden considerarse como la huella dactilar de los peces (Nolf y Strubaut, 1989 en: Santillan-Reyes, 2011) de tal suerte que esta descripción puede ser útil para futuras investigaciones relacionadas con taxonomía de la familia Lutjanidae.

Para la relación del otolito- longitud del cuerpo se espera que mientras mayor talla tenga un pez sean más grandes los otolitos de acuerdo a una regla de proporcionalidad definida. Para la relación entre el tamaño del otolito y la longitud del cuerpo se obtuvo una R^2 para hembras de 0.64 y para machos 0.68; al graficar estas variables se aprecia una línea recta con una pendiente positiva lo que muestra que al aumentar la longitud también aumenta el tamaño del otolito, es decir que el incremento de los otolitos es proporcional para las longitudes de los organismos; esto se confirma con el valor obtenido en la prueba de correlación de 0.80 lo que indica una correlación positiva alta y significativa, por lo tanto los otolitos son estructuras útiles para determinar la edad de *L. inermis*.

Esto coincide con lo mencionado por Rocha-Olivares y Gómez-Muñoz (1993), quienes determinaron que los otolitos son válidos para determinar la edad en otra especie de lutjánido (*Lutjanus peru*), ya que el crecimiento en longitud de los otolitos guardó una estrecha relación con el crecimiento de los peces, al igual que en este estudio.

Razón del incremento marginal

Los valores más bajos para la razón del incremento marginal se registraron en Octubre 2014 y 2015 lo cual indica que la formación de las marcas es anual, esto coincide con lo reportado por Salgado-Cruz (2015) quien menciona que en los organismos de *L. inermis* en la costa de Oaxaca la formación de anillos es anual y con lo reportado por Sarabia-Méndez *et al.* (2010) quienes reportaron para

otro lutjánido (*L. guttatus*) en la Bahía Bufadero en Michoacán la formación anual de anillos.

Al comparar *RIM* con el *IGS* y con el porcentaje de organismos maduros, se observó una proporcionalidad inversa es decir que cuando se registraron valores bajos de *RIM* los del *IGS* son altos; el *IGS* muestra una actividad constante, aunque los valores altos se registraron en enero 2015 y octubre 2015; esto concuerda con lo reportado por Lucano-Ramírez *et al.* (2001) y Salgado-Cruz (2015) quienes reportan que los organismos de *L. inermis* presentan una actividad reproductiva asincrónica y no obstante que se capturaron organismos maduros durante todo el año, se observaron máximos reproductivos en la época de otoño-invierno.

Las relaciones negativas observadas entre *RIM* e *IGS* y con el porcentaje de organismos maduros y la positiva con *Kr*, pueden entenderse considerando que de la energía consumida, una parte es destinada para el crecimiento individual y otra para el desarrollo de las gónadas. De manera general el 29% de la energía se destina al crecimiento antes de que inicie la madurez gonadal, mientras que durante la madurez gonadal la cantidad de energía destinada al crecimiento disminuye al 5% (Jobling, 1994). De este modo, la formación de los anillos de crecimiento está relacionada con las variaciones del metabolismo, causadas por el desarrollo gonadal y los gastos de energía producto del desove (Morales y González, 2009; Bilici *et al.*, 2016). Es así que el crecimiento y la condición de los peces se ven disminuidos o mermados durante la época reproductiva como se observó en *L. inermis*. Esto se ha reportado en otras especies de la familia: *L. guttatus*, presenta períodos de máxima reproducción durante abril y agosto y es en abril donde se registró la formación de anillos de crecimiento (Sarabia-Méndez *et al.*, 2010); en *L. peru* se observó algo semejante ya que en el menor crecimiento se registra durante la época de desove (Espino-Barr, 1998); por tanto el período de desove provoca un desgaste corporal de los organismos.

Otros factores que influyen en el crecimiento de los peces son los ambientales tales como el suministro de alimento, el régimen de lluvias y las variaciones de la temperatura, entre otros (Morales y González, 2009; Ilkayaz *et al.*, 2017).

Uno de los factores que se ha observado que influye fuertemente en el crecimiento de los peces es la temperatura por su influencia sobre el metabolismo; se asume que al aumentar la temperatura del agua, se acelera el metabolismo basal y el crecimiento de los peces aumenta (Cerdá, 2009) mientras que cuando bajan pasa lo contrario. En el presente estudio esto se observó al comparar la *RIM* con la temperatura superficial del mar de la zona de estudio, ya que se logra distinguir que cuando baja la temperatura la razón del incremento marginal también es baja.

Al comparar *RIM* con la concentración de clorofila *a* se observó una relación positiva; esto es debido a que la disponibilidad de alimento y/o a la oferta permanente de alimento genera un aporte externos de energía constante, lo cual permite un incremento somático y con esto una tasa de crecimiento alta en los organismos (Uchiyana *et al.*, 1998; González y Oyarzún, 2002).

Modelos de crecimiento

Algo que se ha implementado en estos últimos años es el uso de un enfoque múltiple para la evaluación del crecimiento de los peces ((Katsanevakis, 2006; Guzmán-Castellanos *et al.*, 2013); esto es importante ya que el alternar modelos de crecimiento permite la comparación tanto entre modelos como en sus componentes (parámetros), para así seleccionar el mejor modelo que justifique los datos (Beninger *et al.*, 2012); en este caso se compararon tres modelos Gompertz, Logístico y von Bertalanffy.

Para *L. inermis* el modelo que mejor describió su crecimiento fue el de von Bertalanffy; ya que los valores de R^2 para machos fue de 0.9937 y de hembras 0.9924, ambos valores fueron los más altos entre los tres modelos comparados; además en el análisis de residuales para este modelo la distribución observada fue gaussiana y sin ningún patrón.

Los dos análisis que se utilizaron para la elección de modelo concluyen que el modelo que mejor explica el crecimiento de *L. inermis* es el de von Bertalanffy.

Lo que se observa de manera general en el crecimiento longitudinal de muchos organismos es una curva cuya pendiente disminuye continuamente después de cierta edad aproximándose a una asíntota máxima y una de las ecuaciones que comúnmente se ajustan a este comportamiento es la propuesta por von Bertalanffy, como fue en este caso.

Además el modelo de von Bertalanffy es el modelo más usado en las pesquerías; y esto es debido a que satisface los tres más importantes criterios: a) significado acorde con el proceso biológico del crecimiento, b) exhibe un mejor ajuste a la mayoría de las poblaciones de peces y c) permite incorporar fácilmente sus constantes a modelos de rendimiento y evaluación pesquera (Csirke, 1989; Sparre y Venema, 1997; King, 1995) y además, sus parámetros se pueden incorporar en la ecuación de rendimiento pesquero por Beverton y Holt (1957); por estas razones basta con observar que todos los trabajos en donde se ha estimado el crecimiento para organismos de la Familia Lutjanidae, se ha utilizado dicho modelo. Por tal razón no es extraño que este haya sido el modelo que mejor se ajustara para *L. inermis*.

Los parámetros para cada modelo mostraron poca diferencia. Con el modelo de von Bertalanffy se obtuvo la L_{∞} mayor en ambos sexos: para machos fue de 26.72 y para hembras de 22.60. Esto difiere con lo reportado por Salgado-Cruz (2015), quien reporta una L_{∞} de 39.14. No obstante, el límite superior del intervalo de confianza del 95% para el presente trabajo (36.78 cm) es más cercano a lo reportado por este autor. La diferencia entre estos parámetros era de esperarse debido a la diferencia entre los intervalos de tallas entre Salgado-Cruz (2015) y el presente trabajo.

Los valores de K obtenidos fueron de 0.23 para machos y de 0.82 para hembras; Salgado-Cruz (2015) reporta un valor de 0.263 el cual es muy parecido al de los machos de este estudio; K es el parámetro de curvatura que determina la

rapidez con el que pez alcanza L_{∞} ; un valor alto de K indican un crecimiento rápido y valores bajos indican que necesitan muchos años para alcanzar L_{∞} , como sucede en *L. inermis*. Para poder entender el valor de K que se obtuvo, se comparó con otros valores de K de especies de lutjánidos y se observan cinco modas, de las cuales hay una moda principal en el valor de 0.15 y una segunda moda a los 0.34, entre estas modas se ubican los valores de K para *L. inermis*, ya que para este trabajo el valor de K poblacional fue de 0.30 por lo cual se puede decir que especie crece de manera similar a otras de la misma familia (**ANEXO 4**).

En cuanto al valor de K de manera general indica que el crecimiento no es tan rápido ya que se registran valores de K mayores de hasta 0.68 para otras especies de lutjánidos.

Los valores de t_0 , en ambos sexos fueron valores negativos; valores negativos en este parámetro indican que los juveniles crecen rápidamente alcanzando así más rápidamente la curva de crecimiento prevista para los adultos, en comparación con organismos que registran valores positivos para este parámetro (Biswas, 1993).

Los valores de t_0 , en ambos sexos fueron valores negativos; valores negativos en este parámetro indican que los juveniles crecen rápidamente alcanzando así más rápidamente la curva de crecimiento prevista para los adultos, en comparación con organismos que registran valores positivos para este parámetro (Biswas, 1993).

Para el parámetro de L_{∞} al compararlo con valores de otras especies de la familia en el Pacífico Mexicano (**Cuadro 18**), se observa que la L_{∞} para esta especie es baja, por lo cual se puede decir que *L. inermis* es un especie pequeña en comparación a otras especies de la familia en el Pacifico Mexicano.

Cuadro 18. Comparación de los valores de L_{∞} de algunas especies de la familia Lutjanidae

Especie	Estado	L_{∞}
Lutjanus peru	Colima (Espino-Barr <i>et al.</i> , 1998)	63.0 cm
	Oaxaca (Ramos-Cruz, 2001);	61.8 cm
	Guerrero (Rojas-Herrera, 2001)	85.8 cm 90.96 cm
	Michoacán(Sarabia-Méndez, 2007)	81.12 cm
L. argentiventris	Michoacán(Sarabia-Méndez, 2007)	72.57 cm
L. guttatus	Michoacán(Sarabia-Méndez, 2007)	96.6 cm
L. inermis	Costa de Oaxaca (Salgado-Cruz, 2015)	39.14 cm
	Puerto Ángel, Oaxaca (Perez-Olivares, 2017)	28.72 cm

CONCLUSIONES.

- ❖ El muestro basado en capturas comerciales del lugar, provoco un intervalo de tallas reducido (15 a 29.7 cm longitud patrón), siendo las tallas predominantes entre los 20 cm y los 25 cm y las edades predominantes fueron 3 años (21.71 para macho y 20.53 en hembras) y 4 años (23.38 para machos y 22.89 en hembras) y una edad de 5 años máxima, que en comparación a la edad máxima registrada para esta especie (10 años) es mucho menor, también la relación longitud patrón- peso eviscerado que indico un crecimiento hipoalométrico, es diferente al tipo de crecimiento reportado por Salgado- Cruz (2015), todo las discrepancias está relacionada con las artes de pesca utilizados y los lugares muestreados.
- ❖ Mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov se pudo observar que entre machos y hembras que no hay diferencia significativa entre las distribuciones de las tallas,
- ❖ Por fecha de muestreo y para el total de la muestra las proporciones machos: hembras no se apartan significativamente de la relación 1:1; que al igual que en otras poblaciones de la misma especie podría indicar que no hay un segregación de sexos.
- ❖ Se obtuvo una talla de primera madurez a los 21.3 cm para hembras y de 21.4 cm para machos de longitud patrón, estas tallas corresponden a las edad de entre tres y cuatro años.
- ❖ La relación cuerpo-otolito mostró que los otolitos son una estructura útil para la determinación de la edad en *Lutjanus inermis* ya que los resultados indican que existe una relación entre estas dos variables con un buen índice de correlación ($R=0.80$), lo cual mostró que el crecimiento del individuo es directamente proporcional al de los otolitos.
- ❖ Los valores de *RIM* más bajos se registraron en octubre 2014 y 2015, esto permite decir que la formación de anillos es anual y que la formación de los anillos de crecimiento está relacionada con las variaciones del metabolismo, causadas por el desarrollo gonadal y los

gastos de energía y con variables ambientales tales como: la temperatura superficial del mar y con la concentración de clorofila a.

- ❖ El modelo que mejor describe el crecimiento de *L. inermis* fue von Bertalanffy ya que este modelo tuvo los valores R^2 más cercanos a uno y la distribución de los residuales fue gaussiana y sin ningún patrón. Además se observó que machos y hembras crecen de manera diferente esto mediante las pruebas de T^2 de Hotelling y las pruebas razón de verosimilitud de Roff. y el parámetro que más contribuye a la diferencia es L_{∞} , de tal modo que las expresiones para dicho modelo por métodos lineales tradicionales machos y hembras respectivamente son las siguientes :

$$L_t = 29.9 [1 - \exp\{-0.17(t - 3.77)\}]$$

$$L_t = 23.63 [1 - \exp\{-0.96(t - 0.42)\}].$$

Y por regresión no lineal para hembras y machos respectivamente son las siguientes:

$$L_t = 26.72 [1 - \exp\{-0.23t + -3.82\}]$$

$$L_t = 22.60 [1 - \exp\{-0.82(t + -0.35)\}].$$

BIBLIOGRAFÍA.

Álvarez, L. y J. Manelia. 1996. Informe Nacional sobre el estado de la contaminación marina en el Pacífico de Panamá. CPPS-PNUMA., 22 p.

Anguas-Vélez, B. H., R. Civera-Cerecedo, E. Goytortúa-Bores y S. Rocha-Meza. 2003. Efecto de la temperatura y la densidad de cultivo sobre el crecimiento de juveniles de la cabrilla arenera, *Paralabrax maculatofasciatus*. *Hidrobiológica*, **13**(4):309-315.

Araya, M. y L.A. Cubillos. 2006. Evidence of two-phase growth in elasmobranchs. *Environmental Biology of Fishes*, **77**(3-4):293-300.

ArKhipKin, A.I. y R. Roa-Ureta. 2005. Identification of ontogenetic growth models for squid. *Marine and Freshwater Research*, **56**(4):371-386.

Arzola-Sotelo, E.A. 2014. Aplicación del enfoque multimodelo para la evaluación del crecimiento individual de la curvina golfinia *Cynoscion othonopterus* en el Alto Golfo de California. *Ciencia Pesquera*, **22**(1):79-88.

Baboli, M.J. y A. Sayahi. 2014. Age and growth of *Carasobarbus luteus* (Heckel, 1843) in Karkheh River, Southwestern Iran. *Environmental and Experimental Biology*, **12**(3):107-111.

Baboli, M.J. y A. Sayahi. 2014. Age and growth of *Carasobarbus luteus* (Heckel, 1843) in Karkheh River, Southwestern Iran. *Environmental and Experimental Biology*, **12**(3):107-111.

Barreto, R.R., R.P. Lessa, F.H. Hazin y F.M. Santana. 2011. Age and growth of the Blacknose Shark, *Carcharhinus acronotus* (Poey 1860) off the northeastern Brazilian Coast. *Fisheries Research*, **110**:170-176.

Basson, M., A.A. Rosenberg y A.J. Beddington. 1988. The accuracy and reliability of two new methods for estimating growth parameters from length-frequency data. *Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer*, **44**: 277-285.

Baudy, A. y D. Pauly. 2001. Selective harvesting by small-scale fisheries: ecosystem analysis of San Miguel Bay, Philippines. *Fisheries Research*, **53**:263-281.

Beamish, R.J. y G.A. MacFarlane. 1987. Current trends in age determination methodology.. En: Summerfelt, R.C. y G.E. Hall, (eds), Age and growth of fish, Iowa State University Press, USA., pp. 15-42.

Beninger, P.G., I. Boldina y S. Katsanevakis. 2012. Strengthening statistical usage in marine ecology. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **426-427**:97-108.

- Bernard, D.R.** 1981. Multivariate analysis as a means of comparing growth in fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **38**:233-236.
- Beverton, R.J.H. y S.J. Holt.** 1957. On the dynamics of the exploited fish populations. Fisheries Investigation of Ministry of Agriculture and Fisheries and Food Great Britain (2 Sea Fisheries). 19 p.
- Bhattacharya, C.G.** 1967. A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics*, **23**(1):1-10.
- Bicili, S., T. Cicek y E. Ünlü.** 2016. Observation on the age, growth and somatic condition of *Carasobatus luteus* (Heckel, 1843) and *Copoeta trutta* (Heckel, 1843) (Cyprinidae) in Tigris River. *Turkey. Iranian Journal Fisheries Sciences*, **16**(1): 170-187.
- Biswas, S.P.** 1993. Manual of Methods in Fish Biology. The South Asian Publishers Ptyltd. 3 Nejati subhoshmary. Daryagam, New Dehli, India., 157 p.
- Bjordan, A.** 2005. Uso de medidas técnicas en la pesca responsable: regulación de artes de pesca. En: Cochrane, K.L. Guía del administrador pesquero (medidas de ordenación y su aplicación) FAO, Roma, pp. 19-43.
- Botello, R.M., T.R. Villaseñor y M.F. Rodríguez.** 2010. Ordenamiento de pesquerías por recursos estratégicos de México. CONAPESCA, SAGARPA. 289 p.
- Burnham, K. P. y D.R. Anderson.** 2002. Model selection and multimodel inference: a practical information theoretic approach. Springer. New York. 488 p.
- Cailliet, G.M., W.D. Smith, H.F. Mollet y K.J. Goldman.** 2006. Age and growth studies of chondrichthyan fishes: the need for consistency in terminology, verification, validation, and growth function fitting. *Environmental Biology of Fishes*, **77**(3):211-228.
- Cailliet. G.M. y K.J. Goldman.** 2004. Age Determination and Validation in Chondrichthyan Fishes. In: Carrier J.C., J.A. Musick, M.R. Heithaus (eds.). Biology of sharks and their relatives. CRC Press, Boca Raton FL., pp. 399 -446.
- Carlander, K.D.** 1969. Handbook of freshwater fishery biology. University Press, The Iowa State, EEUU., Vol.I 752 p.
- Carlander, K.D.** 1969. Handbook of freshwater fishery biology, volume 1. The Iowa State University Press, Ames. Iowa. 752 p.
- Casselman, J. M.** 1987. Determination of age and growth. In: Weatherly, A.H. y H.S. Gill (eds.) The biology of fish growth, Academic Press, Londres.
- Cerdá, M. J.** 2009. La energía en la nutrición de los peces. En: Sanz, F. La nutrición y alimentación en piscicultura. Volumen I. Cima Press.Madrid., pp. 47-84

- Chen, Y., D. A. Jackson y H.H. Harvey.** 1992. A comparison of von Bertalanffy and polynomial functions in modelling fish growth data. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **49**:1228-1235.
- Cifuentes, R., J. González, G. Montoya, A. Jara, A. Ortiz, N. Piedra y E. Habit.** 2012. Relación longitud-peso y factor de condición de los peces nativos del río San Pedro (cuenca del río Valdivia, Chile). *Gayana* , **76**(Suplemento 1):86-100
- Cifuentes, R., J. González, G. Montoya, A. Jara, N. Ortiz, P. Piedra y E. Habit.** 2012. Relación longitud-peso y factor de condición de los peces nativos del río San Pedro (cuenca del río Valdivia, Chile). *Gayana*, **75**(2):101-110.
- Cruz-Vázquez, R., G. Rodríguez-Domínguez, E. Alcántara-Razo y E.A. Aragón- Noriega.** 2012. Estimation of individual growth parameters of the Cortes Geoduck *Panopea globosa* from the Central Gulf of California using a multi-model approach. *Journal of Shellfish Research*, **31**:725-732.
- Diario Oficial de la Federación.** 2010. Acuerdo mediante el cual se da a conocer la actualización de la Carta Nacional Pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA, México), 2 de diciembre de 2010. Segunda sección, pp. 69–71.
- Escoto, R.G.** 1988. Contribución a la Sistemática de Algunas Especies de la Familia Serranidae (Pisces:Perciformes), de los litorales de México; con énfasis en la Descripción Morfológica de su Neurocráneo y otolito (Sagitta), Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias UNAM, México., 218 p.
- Espinoza-Tenorio, A., I. Espejel y M. Wolff.** 2011. Improving capacity building to achieve sustainable fisheries in developing countries: A case study in Mexico. *Ocean and Coastal Management* doi: 10.1016/j. ocecoaman.2011.07.001.
- Everhart, W.H. y W.D. Young.** 1975. Principles of fishery science. Comell, Londres. 349 p.
- Ford, E.** 1933. An account of the herring investigations conducted at Plymouth during the years from 1924-1933. *Journal of Marine Biology Assessment*, **19**:305-384.
- Froese, R.** 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, **22**: 241-253.
- García-Godos, N. I.** 2001. Patrones morfológicos del otolito sagitta de algunos peces óseos del mar peruano. *Boletín del Instituto del Mar de Perú*, **20**:1-2.
- Gherard, K.E., B.E. Erisman, O. Aburto-Oropeza, K. Rowell y L.G. Allen.** 2013. Growth, development, and reproduction in Gulf Corvine (*Cynoscion othonopterus*). *Bulletin Southern California Academy of Sciences*, **112**(1): 1-18.

Gómez-Márquez, J.L. 1994. Métodos para determinar la edad en los organismos acuáticos. F.E.S. Zaragoza U.N.A.M. México.

Granado- Lorenzo, C. 1996. Ecología de peces. Universidad de Sevilla. Secretariado de Publicaciones, España. 353 p.

Green, B.S., B.D. Mapstone, G. Carlos y G.A. Begg. 2009 Introduction to otoliths and fisheries in the tropics. In *Tropical Fish Otoliths: Information for Assessment, Management and Ecology*, Green, B.S., Mapstone, B.D., Carlos, G. e Begg, G.A. (Eds).

Griffiths, S. P., G.C. Fry, F.J. Manson y D.C. Lou. 2010. Age and growth of Longtail Tuna (*Thunnus tonggol*) in tropical and temperate waters of the central Indo-Pacific. *Journal of Marine Science*, **67**(1): 125-134

Grimes, C.B. 2001. Fishery production and the Mississippi river discharge. *Fisheries*, **26**(8):17-26.

Guerra, A y J. Sánchez. 1998. Fundamentos de explotación de recursos vivos marinos. Zaragoza, España: Acribia S. A. 249 p.

Guerra, Caridad W., A. Cabrera, L. Fernández. 2003. Criterios para la selección de modelos estadísticos en la investigación científica. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 37.

Gulland, J. A. 1971. Manual de métodos para la evaluación de las poblaciones de peces. Editorial Acribia, Zaragoza. 193 p.

Gulland, J. A. y A. A. Rosenberg. 1992. Examen de los métodos que se basan en la talla para evaluar las poblaciones de peces. FAO. Doc. Tec. Pesca. 323. Roma, FAO, 112 p.

Guzmán-Castellanos, A. B. 2010. Estudio del contenido estomacal de la raya *Urotrygon chilensis* (Günther, 1871) (Myliobatiformes: Urolophidae) en el Golfo de Tehuantepec, México. Tesis de Licenciatura. Universidad del Mar, Campus Puerto Ángel.

Holden, M. J. y D. F. Rait (editores). 1975, Manual de ciencia pesquera. Parte 2.

Hyndes, G. A., N. R. Loneragan e I.C. Potter. 1992. Influence of sectioning otoliths on marginal increment trends and age and growth estimates for the flathead, *Platycephalus speculator*. *Fishery Bulletin*, **90**:276-284.

Ibáñez A.L. 2015. Geographic differences and annual stability in length-weight relationships of fish mullets (Pisces: Mugilidae). *Hidrobiológica*, **25**(1):146-150.

İlkyaz A.T., G. Metin, O. Soykan y H.T. Kinacıgil. 2017. Age, growth, and reproduction of Mediterranean scaldfish, *Arnoglossus laterna* (Actinopterygii: Pleuronectiformes: Bothidae), in the east-central Aegean Sea. *Acta Ichthyologica Et Piscatoria*, **47**(1):53– 61.

İlkyaz, A. T., G. Metin, O. Soykan y H. T. Kinacıgil. 2010. Growth and reproduction of large-scaled gurnard (*Lepidotrigla cavillone* Lacepede, 1801) (Triglidae) in the central Aegean Sea, eastern Mediterranean. *Turkish Journal of Zoology*, **34**:471-478.

Katsanevakis, S. 2006. Modelling fish growth: Model selection, multi-model inference and model selection uncertainty. *Fisheries Research*. **81**(2-3): 229-235.

Katsanevakis, S. y C.D. Maravelias. 2008. Modelling fish growth: Multi-model inference as a better alternative to a priori using von Bertalanffy equation. *Fish and Fisheries*, **9**(2):178-187.

Kimura, D.K. 1980. Likelihood methods for the von Bertalanffy growth curve. *Fishery Bulletin*, **77**(4): 765-776.

King, M. 1995. Fisheries Biology, Assessment and Management. Fishing News Books, Blackwell Science. 341 p.

Lagler, K.F. 1956 Freshwater fishery biology. William C. Brown, Dubugue.

LeCren, E.D. 1951. The length–weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology*, **20**: 201– 219.

Leta, H. y A. Keim. 1982. Lectura de Edades en otolitos de peces teleósteos. FAO Doc.: 41.

Lin, Y.J. y W.N. Tzeng. 2009. Modelling the growyh of japana eel *Angilla japónica* in the lower reach of the Kao-Ping River, southern Taiwan: an information theory Aproach. *Journal of fish Biology*, **75**:100-112.

Ložys, L. 2004. The growth of pike perch (*Sander lucioperca* L.) and perch (*Perca fluviatilis* L.) under different water temperature and salinity conditions in the Curonian Lagoon and Lithuanian coastal waters of the Baltic Sea. *Hydrobiologica*, **514**:105–113.

Marin, G. 2007. Vidas a contramarea: pesca artesanal, desarrollo y cultura en la costa de Michoacán. CIESAS. 512 p.

Marques dos Santos, M.J. 2004. Probabilidad y Estadística para Ciencias Químicas Biológicas. FES Zaragoza, UNAM, México. 626 p.

Mathew, S. 2003. Small-scale fisheries perspectives on an ecosystem-based approach to fisheries management 47-63 p. En: Msinclair y G Valdimarsson (Ed.) Responsible fisheries in the Marine Ecosystem. FAO. London.

MerCier, L., J. Panfili, C. Paillon, AN'Diaye, D. Mouillot y A.M. Darnaude. 2011. Otolith reading and multimodel inference for improved estimation of age and growth in the gilthead seabream *Sparus aurata* (L.). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **92**: 534-545.

Molina-Cruz, A. y M. Martínez-López.1994. Oceanography of the gulf of Tehuantepec, México, indicated by Radiolaria remains. *Paleogeography Paleoclimatology, Paleoecology*, **110**:179-195.

Montgomery, D.C., E.A. Peck y G.G. Vining. 2002. Comprobación de la adecuación de un modelo. En: Montgomery D.C., E. A. Peck y G. G. Vining. 2002. Introducción al análisis de regresión lineal 3ra Edición México. Editorial Continental. pp. 117-148.

Morales, L.C.A. 2006. Estimaciones de la Edad y Modelos Matemáticos del Crecimiento de *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757) en la Presa “Emiliano Zapata”, Morelos, México Tesis de Maestría FES Zaragoza, UNAM, p.176 .

Morales, M. y L. González. 2010. Edad y crecimiento del pez *Haemulon steindachneri* (Perciformis: Haemulidae) en el suroeste de la isla de Margarita, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, **58**(1):299-310.

Morales-Nin, B. 1991. Determinación del crecimiento de peces óseos en base a la microestructura de los otolitos. FAO Documento Técnico de Pesca. No. 322. Roma, FAO. 58 p.

Moreau, J. 1987. Mathematical and biological expression of growth in fishes: Recent trends and further developments. En: Robert, C. Summerfelt, Gordon y E. Hall. The Age and Growth of Fish. The Iowa State University Press. pp. 81-113.

Mosqueda-Romo, N. A. e I. H. Salgado-Ugarte. 2011. Updated programs of improved ado-files for nonparametric smoothing. 2011 Mexican Stata Users Group Meeting, May 12, 2011, Institute for Economic Research, UNAM, Mexico.

Nikolsky, D.V. 1963. The ecology of fishes. Academic Press, Nueva York., 532 p.

Olaya-Nieto C., G. Tordecilla-Petro, F. Segura-Guevara. 2008. Relación longitud- peso del rubio (*Salminus affinis* Steindachner, 1880) en la cuenca del río Sinú, Colombia. *Revista MVZ Córdoba*, **13**(2):1349-1359.

Palmer, M., M. Linde y B. Morales-Nin. (Sin fecha). Efectos de la presión pesquera sobre las poblaciones de *Xyrichthys novacula* (Linnaeus, 1758) (Osteichthyes: Labridae). Instituto Mediterraneo de Estudios Avanzados. IMEDEA (CSIC-UIB), 50p.

- Pauly, D.** 1973. Fishbyte Section. Editorial Naga. ICLARM. pp. 16-26.
- Pauly, D.** 1984. Fish Population Dynamics in Tropical Water: A Manual for Use With Programable Calculator. International Center for Living Aquatic Resources Management, ICLARM, Estudios and Reviews 8, Manila Filipinas., 179 p.
- Petrakis, G. y K.I. Stergiou.** 1995. Weight length relationships for 33 fish species in Greek waters. *Fisheries Research*, **21**:465-469.
- Popper, N.A. y R.R. Fay.** 1993. Sound Detection and Processing by Fish: Critica Review and Major Research Questions. *Brain Behavior and Evolution*, **41**(1):14-38.
- Ricker, E.W.** 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada*, **191**:145-157.
- Roff, D.A.** 2006. Introduction to Computer-Intensive Methods of Data Analysis in Biology. Cambridge University Press. Nueva York, EUA., 368 p.
- Rounsefell, G.A. y Everhart W.H.** 1953. Age and growth. En: Fisheries Sciences, John Willey and Sons, New York., pp. 297-327.
- Saito-Quezada, V. M.** 2004. Edad y crecimiento por lectura de otolitos de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) en la presa Emiliano Zapata, Morelos. Tesis de Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 95 p.
- Salgado-Cruz, L.** 2015. Edad y crecimiento de *Lutjanus argentiventris* (peters, 1869) y *L. inermis* (peters, 1869) (perciformes: lutjanidae) en la costa de Oaxaca. Tesis de Maestría, CICIMAR Instituto Politécnico Nacional, La Paz, B.C.S., 61 p.
- Salgado-Ugarte, 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., 389 p.
- Salgado-Ugarte, I. H.** 2002. Suavización no paramétrica para análisis de datos. FES Zaragoza y DGAPA, UNAM, México., 189 p.
- Salgado-Ugarte, I. H.** 2013. Métodos estadísticos exploratorios y confirmatorios para análisis de datos. Un enfoque biométrico. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza y DGAPA. UNAM, México., 291 p.
- Salgado-Ugarte, I.H.** 1985. Algunos aspectos biológicos del bagre *Arius melanopus* Gunther (*Osteichthyes: Arridae*) en el Sistema Lagunar de Tampamachoco, Ver. Tesis de Licenciatura, Biología, E.N.E.P. Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Salgado-Ugarte, I.H., J. Martínez-Ramírez, J.L. Gómez-Márquez y B. Peña-Mendoza. 2000a. Some programs for growth estimation in fisheries biology. *Stata Technical Bulletin*, 53: 35-47.

Salgado-Ugarte, I.H., J.L. Gómez-Márquez y B. Peña-Mendoza. 2005. Métodos actualizados para análisis de datos biológico-pesqueros. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza y DGAPA, UNAM, México., 235 p.

Salgado-Ugarte, I.H., M. Shimizu y T. Taniuchi. 1993. Exploring the shape of univariate data using kernel density estimators. *Stata Technical Bulletin*, 26:8-19.

Salgado-Ugarte, I.H., M. Shimizu y T. Taniuchi. 1994. Semi-graphical determination of Gaussian components in mixed distributions. *Stata Technical Bulletin*, 18:15-27.

Salgado-Ugarte, I.H., M. Shimizu y T. Taniuchi. 1995a. ASH, WARPing, and kernel density estimation for univariate data. *Stata Technical Bulletin*, 26:2-10.

Salgado-Ugarte, I.H., M. Shimizu y T. Taniuchi. 1995b. Practical rules for bandwidth selection in univariate density estimation. *Stata Technical Bulletin*, 27: 5-19

Salgado-Ugarte, I.H., M. Shimizu y T. Taniuchi. 1997. Nonparametric assessment of multimodality for univariate data. *Stata Technical Bulletin*, 38:27-35.

Salgado-Ugarte, I.H., M. Shimizu, T. Taniuchi y K. Matsushita. 2000b. Size frequency analysis by averaged shifted histograms and kernel density estimators. *Asian Fisheries Science*, 13:1-12.

Salgado-Ugarte, I.H., M. Shimizu, T. Taniuchi y K. Matsushita. 2002. Nonparametric assessment of multimodality for size frequency distributions. *Asian Fisheries Science*, 13:1-12.

Santillán-Reyes, C., J. A. Martínez Pérez y L. F. Del Moral Flores. 2011. Descripción de los otolitos sagittae de especies de la familia carangidae (perciformes: Actinopterygii) de la costa centro del estado de Veracruz, México. *BIOCYT*, 4: 265-284.

Schnute, J.T. y L.J.Richards. 2001. Use and abuse of fishery models. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58:10-17.

Silverman, B.W. 1986. Density estimation for statistics and data analysis. Chapman y Hall, Londres.

Solano-Peña, D., Segura-Guevara F. y Olaya-Nieto C. 2013. Crecimiento y reproducción de la mojarra amarilla (*Caquetaia kraussii* Steindachner, 1878) en el embalse de Urrá, Colombia. *Revista MVZ Córdoba*, 18(2):3525-3533.

Sparre, P. y S.C. Venema. 1997. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual. FAO Documento Técnico de Pesca. №. 306.1 Rev. 2:420

Tapia-García, M. 1998. Evaluación Ecológica de la Ictiofauna demersal. En: El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos, ed. Tapia-García M. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México., 240 p.

Teixeira de Mello, F., I. Gonzalez-Bergonzoni, F. Viana y C. Saizar. 2011. Length– weight relationships of 26 fish species from the middle section of the Negro River (Tacuarembó-Durazno, Uruguay). *Journal of Applied Ichthyology*, **27**(6):1413–1415.

Tello Macas, J. L. 2014. Relación: Longitud vs. edad de *Merluccius gayi* durante octubre 2013 – marzo 2014. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Tuset, V.M., A. Lombarte y C.A. Assis. 2008. Otolith atlas for the western Mediterranean, north and central eastern Atlantic. *Scientia Marina*, **72**(Suplemento1):7-198.

Uchiyama, J. H., R. Skillman y J. D. Sampaga. 1998. A preliminary assesment of the use of hard parts to age central Pacific swordfish, *Xiphias gladius*. U.S. Dep. Commer. NOAA Tech. Rep. NMFS, **142**: 261-273.

von Bertalanffy, L. 1938. A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws II). *American Journal of Human Biology*, **10**(2):181-213.

Walford, L.A. 1946. A new graphic method of describing the growth of animals. *Biology Bulletin*, **90**(2):141-147.

Weatherley, A. 1972. Growth and ecology of fish populations. London, England. Academic Press. 293 p.

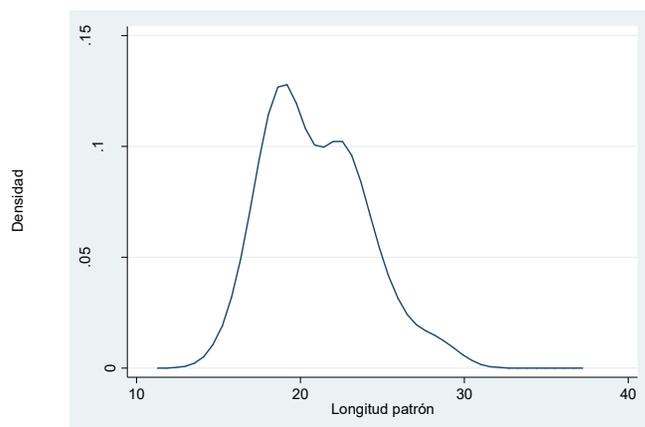
Weatherley, A.H. y H.S. Gill. 1987. Influence of bovine growth hormone on the growth dynamics of mosaic muscle in relation to somatic growth of rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *Journal Fish Biology*, **20**:165–162.

Wirtky, K. 1967. Circulation and water masses in the Eastern equatorial Pacific Ocean. *International Journal of Oceanology and Limnology*, **1**(2):117-147.

Yildirim, A., O. Erdoğan y M. Turkmen. 2002. On the age, growth and reproduction of the Barbel, *Barbus plebejus* (Steindachner, 1897) in the Oltu Stream of Coruh River (Artvin-Turkey). *Turkish Journal of Zoology*, **25**:163–168.

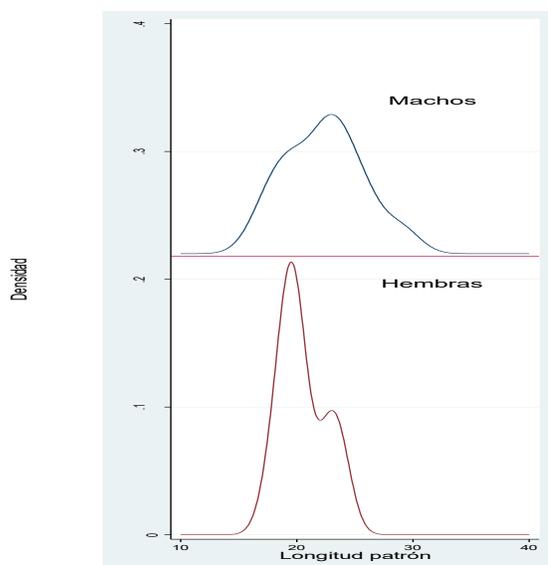
ANEXO 1

Distribución de tallas por sexos Salgado-Cruz 2015 para *Lutjanus inermis* en Puerto Ángel, Oaxaca. La distribución de tallas es bimodal la primera moda a los 19 cm y la segunda a los 22 cm de longitud patrón (**Gráfica 19**)



Gráfica 19. Distribución de tallas de *L. inermis* del estudio de Salgado-Cruz, 2015.

Distribución de tallas por sexos, en machos solo se observa una moda a los 23 cm y en hembras dos modas a los 19 cm y 22 cm de longitud patrón (**Gráfica 20**).

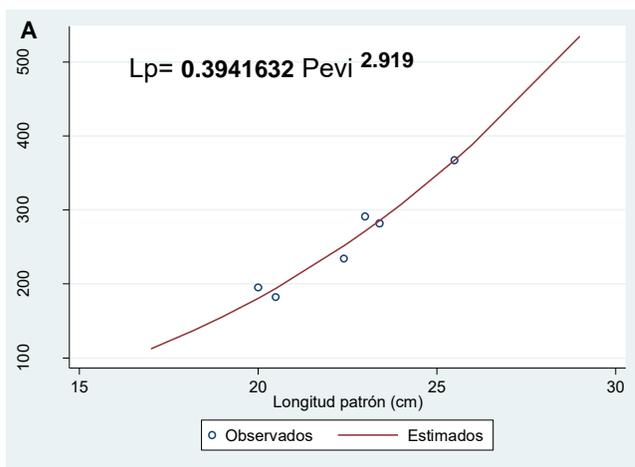


Gráfica 20. Distribución de tallas por sexos de *L. inermis* del estudio de Salgado-Cruz, 2015.

ANEXO 2.

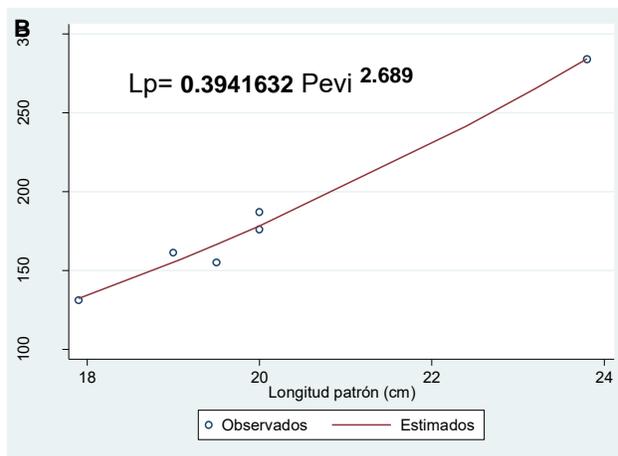
Relación peso eviscerado-longitud patrón Salgado-Cruz 2015 para *Lutjanus inermis* en Puerto Ángel, Oaxaca.

Cuadro 19. Parámetros de la regresión no lineal por sexo y sus valores estadísticos (valores ajustados de R^2) para los datos de Salgado-Cruz, 2015.					
Sexo	Coefficiente	Error estándar	Valor t	Prob. De t >	Intervalo de confianza 95%
Machos					
Regresión no lineal					
$R^2= 0.9963$					
b	2.919909	0.3180997	9.18	0.001	2.037 3.803
a	0.0287001	0.0287364	1.00	0.000	-0.051 0.108
Hembras					
Regresión no lineal					
$R^2= 0.9982$					
b	2.689214	0.166805	16.12	0.000	2.226 3.152
a	0.056485	0.0286918	1.97	0.000	-0.023 0.136



Gráfica 21. Relación no lineal peso eviscerado-longitud patrón **A)** machos **B)** hembras.

Peso



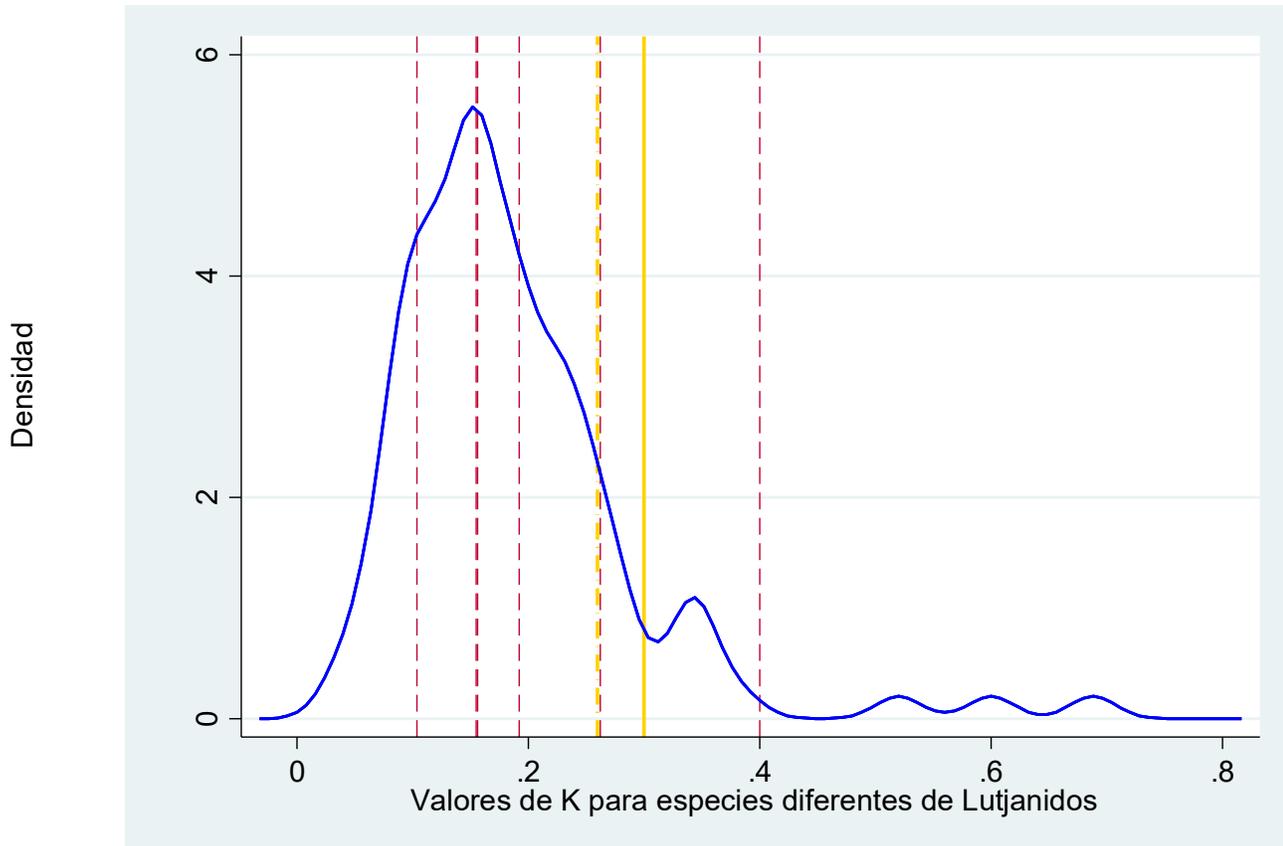
ANEXO 3

Comparación de condiciones ambientales muestreo Salgado-Cruz, 2015 y del presente trabajo, los datos se obtuvieron Boletín de Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño correspondientes al mes y año de los muestreos.

Muestreo Salgado-Cruz		Muestreo del presente trabajo	
Mes	Observaciones	Mes	Observaciones
Diciembre 2010	Presencia del fenómeno de la Niña	Marzo 2014	Aumento de la TSM (Anomalías positivas)
Enero 2011	Continúa el fenómeno de la Niña	Agosto 2014	Anomalías positivas.
Abril 2011	Condiciones normales	Octubre 2014	Anomalías positivas menores.
Mayo 2011	Condiciones normales	Enero 2015	Anomalías positivas
Julio 2011	TSM cálida	Junio 2015	Anomalías positivas
Agosto 2011	TSM cálida	Agosto 2015	Fortalecimiento del fenómeno del niño (Aumento de la TSM)
		Septiembre 2015	Presencia del fenómeno del Niño
		Octubre 2015	Fortalecimiento del niño anomalías de hasta 4°C.
		Diciembre 2015	Fenómeno de El Niño en su etapa madura.

ANEXO 4

EDK de los valores del parámetro K del modelo von Bertalanffy, para diferentes especies de la familia Lutjanidae (**Gráfica 22**), las líneas punteadas de color rojo corresponde a valores de K de especies de lutjánidos para el Pacífico Mexicanos y las de color amarillo corresponde a los valores de *Lutjanus inermis*.



Gráfica 22. EDK de los valores del parámetro K del modelo von Bertalanffy, para diferentes especies de la familia Lutjanidae.