



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

Edad y Crecimiento del caracol marino  
*Opeatostoma pseudodon* (Burrow, 1815)  
del litoral rocoso aledaño a Puerto Ángel,  
Oaxaca, México

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

BIÓLOGO

PRESENTA:

**EDGAR OMAR GUZMÁN URIETA**

DIRECTOR DE TESIS:

**DR. ISAÍAS HAZARMABETH SALGADO UGARTE**



MÉXICO D.F.

NOVIEMBRE 2015



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

Realizado con el apoyo del Programa DGAPA-UNAM-PAPIME EN206213

## Dedicatoria

A Dios en primer lugar porque sin Él este, ni ningún otro proyecto en mi vida habría sido posible. Por tus incontables e inmerecidas bendiciones GRACIAS SEÑOR.

A mi Padre por todo el apoyo brindado. Este proyecto te lo dedico, y es una pequeña muestra de mi gratitud hacia ti. Te Amo Padre. Gracias.

A mi segunda madre, mi abuelita, con todo mi cariño. Nada de lo que yo pueda hacer podrá pagar todo lo que me ha dado. Aprovecho estas líneas para decirle cuanto le Amo y le estoy agradecido.

A las personas que cada día salen a trabajar y que han encontrado en los recursos pesqueros un sustento para sus familias y que con su esfuerzo ponen en alto a nuestro país.

# Agradecimientos

A la UNAM que, a través de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza que me abrió sus puertas y me ayudó en este crecimiento académico.

Al Dr. Isaías H. Salgado Ugarte por darme la oportunidad de trabajar el Laboratorio de Biometría y Biología Pesquera, por asesorarme en el desarrollo de este proyecto y por transmitirme la devoción por la ecología y el respeto hacia nuestra casa, La Tierra.

A la Ma. Mitzui Saito Quezada, gracias por todas sus enseñanzas y consejos, por ayudarme en el desarrollo de las técnicas y manejo de los métodos que utilice en este trabajo.

Al Dr. José Luis Gómez Márquez, el Dr. Artemio Blancas Arrollo y el Biol. José Luis Guzmán por sus valiosas apreciaciones, consejos y correcciones para que este trabajo pudiera ser mejor. Por tomarse el tiempo en analizar las páginas de esta tesis. Gracias.

De forma especial a Evelyn, Mi Amor, porque has sido un apoyo invaluable. Gracias por las palabras de ánimo en los momentos difíciles, por compartir risas y sueños conmigo, por todo el amor que me has dado. No puedo con nada pagar todo lo que has hecho por mí. Por tu apoyo en las lecturas de las marcas de crecimiento de los opérculos. Gracias.

A las personas que hicieron posible la captura de las muestras en Puerto Ángel, Oaxaca. Nuestro buzo el señor Manolo, al capi Beto y sus familias.

A mis amigos y compañeros del LBBP.

# ÍNDICE

	Página
Índice de Figuras	vii
Índice de Tablas	ix
<b>Resumen</b>	1
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	3
<b>II. DIAGNOSIS DE LA ESPECIE</b>	7
<b>III. ANTECEDENTES</b>	11
<b>IV. JUSTIFICACIÓN</b>	19
<b>V. HIPÓTESIS</b>	20
<b>VI. OBJETIVOS</b>	21
<b>VII. MATERIAL Y MÉTODOS</b>	22
7.1 Descripción del área de estudio	22
7.2 Trabajo de campo	25
7.3 Trabajo de laboratorio	27
7.4 Trabajo de gabinete	29
7.4.1 Proporción sexual	29
7.4.2 Estructura de tallas	29
7.4.2.1 Prueba de Kolmogorov-Smirnov	30
7.4.3 Relación Peso-Longitud	31
7.4.4 Validación de las marcas de crecimiento	32
7.4.5 Factores de influencia en la formación de las marcas de crecimiento	33
7.4.5.1 Indicadores de la condición	34
7.4.5.2 Indicadores del evento reproductivo	34
7.4.5.3 Temperatura del mar	35
7.4.6 Métodos para evaluar el Crecimiento	36
7.4.6.1 Modelo de crecimiento Logístico	36
7.4.6.2 Modelo de crecimiento de von Bertalanffy	37
7.4.6.3 Modelo de crecimiento de Gompertz	37
7.4.7 Selección del mejor ajuste	39
7.4.8 Comparación de los parámetros de crecimiento	39

<b>VIII. RESULTADOS</b>	40
8.1 Proporción sexual	40
8.2 Estructura de tallas	42
8.3 Relación Peso - Longitud	45
8. 4 Edad y validación de la periodicidad	48
8.4.1 Características del opérculo	48
8.4.2 Análisis de la Característica del Borde del Opérculo	51
8.4.3 Análisis del Incremento Marginal	51
8.5 Factores de influencia en la formación de marcas periódicas	53
8.6 Crecimiento	55
8.6.1 Modelo de crecimiento Logístico	55
8.6.2 Modelo de crecimiento de von Bertalanffy	57
8.6.3 Modelo de crecimiento de Gompertz	59
8.6.4 Selección del modelo con mejor ajuste	61
8.7 Comparación de los parámetros de crecimiento	64
8.7.1 $T^2$ de Hotelling	64
8.7.2 Razón de verosimilitud	65
<b>IX. DISCUSIÓN</b>	66
9.1 Proporción sexual	66
9.2 Estructura de tallas	68
9.3 Relación Peso-Longitud	71
9.4 Edad y Validación de la periodicidad	71
9.5 Crecimiento	74
<b>X. CONCLUSIONES</b>	77
<b>XI. REFERENCIAS</b>	79
Apéndice I. Climograma de Puerto Ángel	94
Apéndice II. Tabla de longitudes estimadas a partir del modelo	95
Apéndice III. Mapas del nivel de clorofila	96

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1 Concha de <i>Opeatostoma pseudodon</i> sin periostraco. 1) Ápice de la concha; 2) Bandas de ornamentación; 3) Apertura de la concha y a la izquierda la columela; 4) Sutura de la concha y 5) Diente apertural.	7
2 Localización del área de estudio y de los sitios de colecta de las muestras. (Imágenes de INEGI y Google Earth).	23
3 Se presentan los distintos pasos del trabajo en campo y en el laboratorio. A) Colecta los ejemplares; B) Muestra de la diversidad de moluscos de Puerto Ángel extraídos por el buzo; C) Toma de muestras de agua a diferentes profundidades con botella van Dorn, se registra su temperatura y pH; D) Conservación de los organismos para su traslado E) Equipo utilizado para tomar la biometría de los organismos y F) Cortado de las conchas.	25
4 Cuerpo blando de <i>O. pseudodon</i> . Se señalan los órganos de interés.	27
5 Frecuencia total de organismos de <i>O. pseudodon</i> en cada sexo	39
6 Frecuencia mensual de organismos de <i>O. pseudodon</i> , discriminando por sexo.	40
7 EDK utilizando la mitad de la amplitud “óptima” de Silverman ( $b = 0.07$ ), para el total de datos de longitud total de <i>O. pseudodon</i> ( $m=10, k=6$ ).	41
8 Distribución de tallas para machos y hembras por medio de EDKs, utilizando la mitad de la amplitud “óptima” de Silverman ( $b = 0.07$ y $b=0.09$ respectivamente).	42
9 Diagrama de violín para los datos de tallas para machos y hembras	43
10 Diagrama de dispersión y ajuste lineal entre los valores logarítmicos del peso total y la longitud total de <i>O. pseudodon</i> .	45
11 Diagrama que ilustra la relación no lineal entre el peso y la talla de <i>O. pseudodon</i> .	46
12 Opérculo de <i>O. pseudodon</i> en diferentes situaciones. A) La flecha señala el labro. Se observan los pliegues que unen al opérculo con el pie del caracol; B) Las flechas señalan las marcas periódicas vistas con luz reflejada; C) Opérculo observado con luz transmitida. Se señalan los anillos observados, en este caso 5 anillos y el borde. La flecha señala una banda opaca; D) Ejemplo de los opérculos a los que no se les pudo estimar la edad. A la izquierda malformación y a la derecha ruptura. La escala en la figura equivale a 0.25 cm.	49
13 Proporción de bordes hialinos y opacos en cada mes.	51
14 Variación mensual del Incremento Marginal. Valores medianos mensuales.	51



<b>15</b>	Variación mensual del IGS y Kr. Valores medianos mensuales.	53
<b>16</b>	Curva de crecimiento Logística para los datos de edad y tallas de <i>O. pseudodon</i> .	55
<b>17</b>	Curvas de crecimiento de la función Logística para los datos de edad y tallas de <i>O. pseudodon</i> . Para machos, hembras y ambos.	56
<b>18</b>	Curva de crecimiento de von Bertalanffy para los datos de edad y tallas de <i>Opeatostoma pseudodon</i> .	57
<b>19</b>	Curvas de crecimiento de von Bertalanffy de <i>O. pseudodon</i> . Para machos, hembras y ambos.	58
<b>20</b>	Curva del modelo de crecimiento Gompertz para <i>Opeatostoma pseudodon</i> .	59
<b>21</b>	Curvas del modelo de crecimiento Gompertz. Para machos, hembras y ambos.	60
<b>22</b>	Comparación de las curvas de crecimiento para las tres funciones.	62
<b>23</b>	Comparación de las curvas de crecimiento para las tres funciones diferenciando machos y hembras.	62

## ÍNDICE DE TABLAS

Tablas	Página
1 Estudios realizados para <i>Opeatostoma pseudodon</i> .	10
2 Localización de los puntos típicos de colecta	24
3 Proporción sexual del caracol marino <i>O. pseudodon</i> de la Región Marina Prioritaria # 35 Puerto Ángel – Mazunte, para cada mes de estudio.	40
4 Valores de las modas (cm) de la distribución de machos, hembras y ambos.	43
5 Valores de la relación peso-longitud de <i>O. pseudodon</i> .	44
6 Correlación entre el Peso y la Longitud (logaritmos) de <i>O. pseudodon</i>	45
7 Longitud promedio de <i>O. pseudodon</i> para cada anillo	48
8 Parámetros obtenidos de la regresión no lineal para la función Logística	54
9 Parámetros obtenidos de la regresión no lineal para la función de von Bertalanffy	56
10 Parámetros obtenidos de la regresión no lineal para la función de Gompertz	58
11 Valores de los diferentes criterios de selección de modelos	61
12 Prueba $T^2$ de Hotelling para la comparación las funciones de crecimiento de von Bertalanffy para machos y hembras de <i>O. pseudodon</i>	63
13 Prueba de Razón de verosimilitud para la comparación las funciones de crecimiento de von Bertalanffy para machos y hembras de <i>Opeatostoma pseudodon</i>	64
14 Pesos máximos y mínimos de los opérculos y de los órganos de interés del cuerpo blando de <i>O. pseudodon</i> , por sexos.	69

## RESUMEN

*Opeatostoma pseudodon* es un gasterópodo marino que representa un recurso de la pesca artesanal en las costas de Puerto Ángel, Oaxaca y de las comunidades costeras adyacentes. Su uso como animal de compañía, el de sus partes blandas como alimento y el de su concha como ornato, sin dejar de lado su importancia ecológica, hacen necesaria la implementación de regulaciones en la pesca de esta especie, sin embargo, éstas deben estar respaldadas en información biológica confiable (Salgado-Ugarte *et al.*, 2005). Por ello, éste trabajo ha tenido el objetivo de presentar parámetros que puedan ser útiles en la planeación de la pesquería de esta especie para proteger la capacidad reproductiva de los stocks y estimar una producción sustentable del recurso. La colecta de los organismos se realizó en el litoral rocoso de la región marina prioritaria número 35, Puerto Ángel-Mazunte en Oaxaca, México de Agosto de 2013 a Noviembre de 2014 con muestreos aproximadamente mensuales. Se colectaron un total de 363 organismos en los que se encontró una proporción sexual de 0.82H:1M, es decir, aproximadamente 4 hembras por cada 5 machos, con diferencias significativas ( $\chi^2=3.58$   $P<0.1$ ). La distribución de las tallas fue multimodal presentando 7 modas los machos y 8 modas las hembras. Una prueba de Kolmogorov-Smirnov para dos muestras reveló diferencias significativas en la distribución de tallas de machos y hembras ( $D_{max} = 0.25 \gg D_{0.05} = 0.14$ ), lo que indicó un posible dimorfismo sexual en la talla. Al analizar la relación Peso-Longitud por medio de regresión lineal se encontró una relación alométrica negativa ( $b = 2.77$  en machos y  $b = 2.85$  en hembras), lo que indica que el cuerpo de *O. pseudodon* crece mayormente en talla que en peso. La edad de cada organismo se estimó por medio del conteo de las marcas periódicas de crecimiento de los opérculos. La edad fue validada por medio del análisis de la Característica del borde del opérculo y el análisis del Incremento marginal para saber si la formación de cada marca era anual o no. Las marcas de crecimiento presentaron una periodicidad de formación anual. Las edades más frecuentes fueron a los 3 (18.8 %) y 4 años (20.2 %) siendo las hembras las más longevas (12 años) a diferencia de los machos (hasta 7 años). La información de la edad junto con la de tallas se ajustó a tres modelos de crecimiento (Logístico, von Bertalanffy y Gompertz) por medio de regresión no lineal. Los valores de la Suma de Residuos al Cuadrado (SRC) y el coeficiente de determinación ( $R^2$ )



obtenidos en la regresión no lineal mostraron que por ligeras diferencias el modelo de von Bertalanffy fue el modelo de mejor ajuste. Al sustituir los valores de los parámetros de crecimiento en la ecuación de von Bertalanffy se obtuvo, el siguiente modelo:  $L_{(t)}=5.38\text{cm}*(1-\exp(-0.18*(t+4.16)))$  para machos, y  $L_{(t)}=6.38\text{cm}*(1-\exp(-0.129*(t+4.61)))$  para hembras. Para comparar los parámetros de las funciones de crecimiento de machos y hembras se realizó la prueba multivariada de la  $T^2$  de Hotelling y la prueba de Razón de verosimilitud (para von Bertalanffy únicamente). La prueba de la  $T^2$  de Hotelling mostró, con un nivel de significancia del 1%, que los parámetros de crecimiento de ambos sexos son diferentes, los valores críticos de F muestran que el parámetro que influye más en la diferencia es el de las  $L_{\infty}$  (longitud asintótica) seguido por las K (parámetro de curvatura). Para el caso de la razón de verosimilitud, se encontraron diferencias significativas ( $P<0.05$ ) entre los parámetros de ambos sexos, similar a lo obtenido con  $T^2$ , pero no se encontraron diferencias al comparar los parámetros por separado. Se registró en general que la población del caracol *O. pseudodon* de Puerto Ángel-Mazunte presenta anomalías en su estructura poblacional atribuidos mayoritariamente a la explotación selectiva de los organismos más grandes. La información obtenida en este estudio resultará útil en los planes de manejo de la especie, sin embargo, se hace la recomendación de reforzar este estudio con la información de la biología reproductiva de la especie.



## I. INTRODUCCIÓN

Gracias a su compleja heterogeneidad ambiental y su gran riqueza de ecosistemas el Estado de Oaxaca es uno de los más biodiversos de la República Mexicana (Mittermeier y Goetsch, 1992; Ordoñez y Rodríguez, 2008); ocupa el quinto lugar de extensión de litoral a nivel nacional (INEGI, 2013), además, sus costas albergan un gran número de poblaciones naturales con un alto valor comercial. Una de estas poblaciones es la de moluscos marinos; este es un grupo de organismos que ha sido sujeto a múltiples investigaciones debido a su gran diversidad, abundancia y a su belleza física, pero también por su importancia en el desarrollo y evolución de los pueblos costeros en diversos ámbitos, por ejemplo, como fuente de alimentación directa, ornato, comercialización, acuacultura, maricultura, importancia biológica y biomédica, entre otros (Morales-Gómez *et al.*, 2007; Landa-Jaime *et al.*, 2007a).

Sin embargo, muchas de las poblaciones de moluscos se encuentran amenazadas debido a la captura pesquera con fines alimenticios y turísticos, así como a la destrucción de sus hábitat (Aldana-Aranda y Baqueiro-Cárdenas, 2011). Ésta amenaza se debe también al bajo impacto del manejo de las pesquerías de moluscos. Esto parece estar relacionado con la falta de información acerca de su biología, por ejemplo, en mayoría de las 200 especies de moluscos que se explotan comercialmente en el país se desconoce la dinámica poblacional y su ciclo de vida (Arriaga-Cabrera *et al.*, 1998; Aldana-Aranda y Baqueiro-Cárdenas, 2011).

El conocimiento biológico de los recursos pesqueros, en especial el de los sometidos a una mayor explotación, ha permitido avances en la ciencia pesquera, contribuyendo significativamente a la formulación de bases que han permitido establecer medidas de ordenamiento (Gluyas-Millán, 1990; Jiménez-Ordaz, 2005; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005). Este ordenamiento y una adecuada regulación permitirán proteger la capacidad reproductiva de los stocks y obtener rendimientos de manera sostenida, cumpliéndose así el propósito fundamental del manejo de las pesquerías. Pero el manejo de las pesquerías requiere una estimación precisa de la edad y la obtención de parámetros de crecimiento (Gómez-Márquez, 1994; Hilborn y Walters, 2003).



El crecimiento es una característica específica individual, donde cada individuo exhibe un modelo de crecimiento propio que está definido por factores genéticos y ambientales, pero que puede extrapolarse a todos los individuos de una población y ser descrito por parámetros de una función de crecimiento común, que represente el crecimiento teórico de un individuo (Brey, 1999; Zabala, 2012). Este crecimiento individual se define como: el proceso por el cual los organismos presentan cambios en su masa corporal, respecto al tiempo (Jiménez-Ordaz, 2005). Este cambio puede ser positivo o negativo. Negativo por ejemplo en los periodos de inanición.

El crecimiento en masa es un proceso no lineal que se acelera durante las primeras fases de la vida pero que se va disminuyendo con la edad y está basado en procesos fisiológicos que dependen de la temperatura (Brey, 1999). Una definición más exacta de crecimiento individual es la dada por Royce (1972; en: Gómez-Márquez, 1994), que dice: “el crecimiento es la adición de material el cual es organizado totalmente dentro del organismo”. Esto hace referencia a las diferentes proporciones entre el catabolismo (desdoblamiento de los alimentos) y el anabolismo (síntesis de materia corporal) (Brey, 1999). Esto también lo menciona Wootton (1990; en: Salgado-Ugarte *et al.*, 2005): “El crecimiento es uno de los más complejos procesos del organismo. Representa el resultado neto de una serie de procesos fisiológicos y conductuales que se inician cuando el alimento es consumido y termina en la integración de sustancia animal. Los procesos de digestión, absorción, asimilación, gasto metabólico y excreción, todos interrelacionados afectan el producto final”.

La información sobre el crecimiento provee la base para el entendimiento de las características vitales de las especies, tales como el estudio de la dinámica de poblaciones, y junto con la información sobre los patrones reproductivos y el fenómeno de supervivencia, se pueden llegar a dar pautas para la estimación de la cantidad óptima de captura (Fujinaga, 1987; Panfili *et al.*, 2002).

La tasa de crecimiento de un organismo provee información ecológica esencial, siendo éste un parámetro primordial para describir su dinámica poblacional (Zabala, 2012), pues también implica el incremento en biomasa de la población y para su determinación se requiere conocer la edad de los organismos (Gómez-Márquez, 1994).



Es por eso que estimar la edad de los animales acuáticos es una de las tareas más importantes en biología pesquera y en general en la ciencia de las pesquerías. Esta importancia deriva del hecho de que proporciona información valiosa para: definir la longevidad de las especies, identificar las clases anuales que componen un efectivo, determinar la edad de primera madurez, determinar la tasa de reclutamiento (Gulland, 1971; Everhart y Youngs, 1981); también constituye la base para el cálculo de la tasa de crecimiento, la tasa de mortalidad y la productividad (Campana, 2001); con el análisis de la información de edad y tallas se pueden obtener los cambios en abundancia de población (definidos por las tasas de crecimiento y mortalidad) (Gluyas-Millán *et al.*, 2000) y es importante para el desarrollo temprano de una pesquería comercial (Hilborn y Walters, 2003). En casi todos los estudios biológicos de peces, moluscos y crustáceos se debe recurrir a esta capacidad, a tal punto que, la determinación de la edad es una parte central de todo trabajo de investigación dirigido hacia la explotación racional de los recursos pesqueros (Gómez-Márquez, 1994; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005).

La edad puede estimarse en aquellas especies que producen alguna estructura persistente que muestre variaciones en su tasa de crecimiento a lo largo del año. Entre las especies formadoras de estructuras duras se encuentran los moluscos (Saíto-Quezada, 2010). En los moluscos gasterópodos las estructuras duras que pueden proveer esta información son: la concha, los estatolitos y en algunos casos el opérculo; éste último se ha utilizado con éxito para determinar la edad y el crecimiento además de que es recomendada como una estructura adecuada para este tipo de análisis (Sire y Bonnet, 1984; Gluyas-Millán *et al.*, 1999; Richardson *et al.*, 2005; Saíto-Quezada, 2010; Peemoeller y Stevens, 2013).

La premisa del análisis de los opérculos de gasterópodos como indicadores de la edad es que las fluctuaciones en la tasa de crecimiento dan lugar a marcas, y que la periodicidad con que se forman estas marcas es cíclica (Sire y Bonnet, 1984; Gluyas-Millán y Martínez-Quiroz, 2010; Saíto-Quezada, 2010). Pero para probarlo es necesario validar la periodicidad de formación de las marcas de crecimiento (Campana, 2001).

Según Panfili *et al.* (2002) es imposible saber la edad absoluta (edad verdadera) de un pez tomado al azar de su medio natural. Esto puede ser aplicable para los diferentes tipos de organismos acuáticos que son extraídos al azar de su medio natural. Muchos



análisis de pesquerías se basan en estimaciones precisas de la estructura de edades de las capturas. Esta precisión puede ser demostrada o estimada. Por tal motivo la periodicidad de formación de las marcas de crecimiento debe ser validada. La validación de la periodicidad de formación de las marcas de crecimiento es terriblemente importante, en primer lugar porque hay que tener cierta seguridad de que lo que está siendo llamado incremento anual es verdaderamente un incremento anual, y en segundo lugar porque los errores en la estimación de la periodicidad de formación de marcas de crecimiento causan sesgos en las técnicas de estimación que utilizan datos de edad, y se necesita saber qué medida de error hay cuando se utilizan estas técnicas (Beamish y McFarlane, 1983; Hilborn y Walters, 2003).

Tal como se menciono anteriormente, los moluscos son un grupo de organismos que poseen una gran diversidad, abundancia y belleza física, pero también tienen una gran importancia debido a su extracción con fines comerciales. Un gasterópodo que se explota en la zona de estudio es *Opeatostoma pseudodon* (Burrow, 1815) o “colmillo de perro” como se le conoce localmente. La pesca de Colmillo de perro se realiza con fines de consumo local ocasional en el Estado de Oaxaca y en otras partes de la República Mexicana como Guerrero (Flores-Garza *et al.*, 2012) y Jalisco (Landa-Jaime *et al.*, 2007b). Pero también se comercializa con fines ornamentales (la concha) y como mascota, siendo distribuido en diversas páginas electrónicas.

Los estudios sobre la ecología de esta especie son escasos y sobre todo los relacionados con su conservación, esto puede deberse a que su consumo es ocasional y no es una especie que soporte una pesquería como lo son algunas otras especies de moluscos que se encuentran en esta zona como el caracol purpura (*Plicopurpura pansa*), la madre perla (*Pinctada mazatlanica*), los mejillones (*Modiolus spp.*), algunas especies de ostiones, etc. La captura pesquera con fines alimenticios y turísticos, así como la destrucción de su hábitat, está haciendo que las especies explotadas lleguen a estar en peligro de desaparecer si no se realiza una explotación sustentable. Es por eso que el presente trabajo analiza la edad y crecimiento del caracol marino *Opeatostoma pseudodon* con el fin de dar referencias que en un futuro puedan ser útiles para su adecuado manejo y conservación, así como para su evaluación como recurso pesquero potencial.





## II. DIAGNOSIS DE LA ESPECIE

La filogenia de los moluscos no está claramente definida. Varios autores han realizado esfuerzos para tratar de resolver la clasificación de los gasterópodos, por lo que hay diversidad de trabajos con propuestas basadas en diferentes tipos de características (Medina-Elizalde, 2010). En este trabajo se sigue la propuesta para la familia Fascioliidae dada por Avery-Snyder (2003), quien define la colocación sistemática de *Opeatostoma pseudodon* del siguiente modo:

**Filo:** Mollusca Cuvier, 1795

**Clase:** Gastropoda Cuvier, 1797

**Superorden:** Caenogastropoda Cox, 1960

**Orden:** Neogastropoda Thiele, 1929

**Superfamilia:** Muricoidea Rafinesque, 1815

**Familia:** Fascioliidae Gray, 1853

**Subfamilia:** Peristerniinae Tryon, 1880

**Género:** *Opeatostoma* Berry, 1958

**Especie:** *Opeatostoma pseudodon* Burrow, 1815

En la Figura 1 se puede observar la concha limpia y sin periostraco de éste gasterópodo, se señalan algunas partes de su anatomía, así como la escala equivalente a un centímetro.



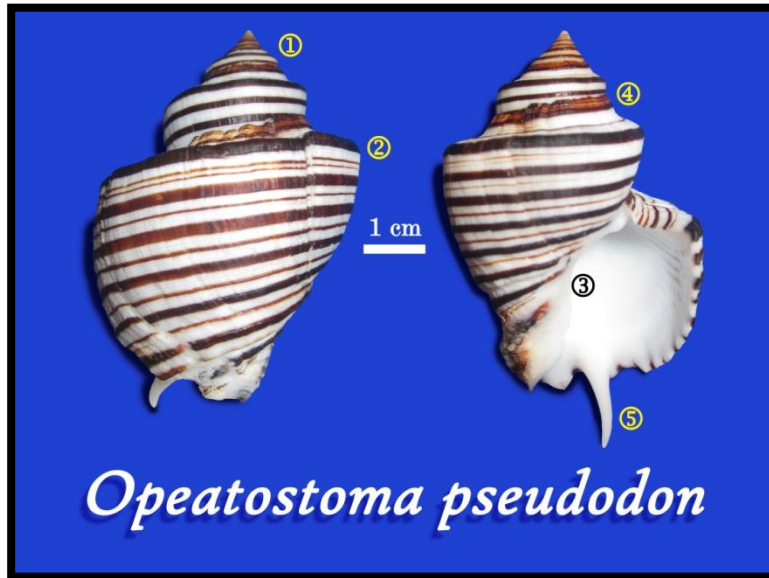


Figura 1. Concha de *Opeatostoma pseudodon* sin periostraco. 1) Ápice de la concha; 2) Bandas de ornamentación; 3) Apertura de la concha y a la izquierda la columela; 4) Sutura de la concha y 5) Diente apertural.

*Opeatostoma pseudodon* es un molusco gasterópodo perteneciente a la familia Fascioliariidae. Los miembros de ésta familia poseen conchas con tallas entre 10 y 600 mm, muy fusiformes y gruesas, bicónicas, con un canal sifonal bien desarrollado; la espira es elevada y afilada, no posee ombligo. Estos moluscos tienen rádulas características con dientes centrales estrechos con tres cúspides flanqueadas por anchos dientes laterales con numerosas cúspides ctenoideas. Son moluscos depredadores de movimientos lentos y deliberados y se distribuyen en regiones con temperaturas de templadas a tropicales (Morris, 1966; Avery-Snyder, 2003).

La distribución de éste gasterópodo va desde Cabo San Lucas (Baja California Sur) hasta Perú, estando presente también en el Golfo de California en México y en la Isla Gorgona en Colombia (Skoglund, 1992). Habita entre las rocas desde el mesolitoral hasta aguas someras en el sublitoral. Es una especie que puede o no ser gregaria y ocasionalmente se le encuentra asociada a sustratos coralinos. Es un depredador activo, se alimenta principalmente de gusanos tubícolas aunque también puede alimentarse de pequeños bivalvos y percebes, pero tiene adaptabilidad a alimentarse de carroña (Paine,

1966; Keen, 1971; Landa-Jaime *et al.*, 2007b). Algunas observaciones hechas por Paine en 1966 indican que tiene actividad nocturna.

La concha es robusta con la espiral corta, las vueltas están fuertemente hombreadas, la sutura de la última vuelta es ancha. Posee un periostraco delgado castaño-oliváceo o marrón-amarillento, debajo de éste la concha es blanca con varias bandas espirales de color marrón oscuro, casi negras, como ornamentación. La abertura es amplia, blanca y dentada; el labio externo es delgado, éste lleva una muesca en el ángulo superior. La columela posee tres pliegues estrechamente espaciados y en ángulo oblicuo (Price, 2003; Figura 1).

Una de las principales características de éste caracol, que le da incluso su nombre común (colmillo de perro, o caracol dentado), es que, junto al canal sifonal, ostenta un largo y afilado diente conspicuo en forma de aguja, que llega a medir hasta 14 mm de longitud (en individuos de 40 mm de longitud de concha). Éste es quizás el diente apertural más largo desarrollado por cualquier gasterópodo (Keen, 1971). Esta increíble herramienta es utilizada para adherirse al sustrato (Paine, 1966) o quizá para separar las valvas de bivalvos o las conchas de lapas, para comer el tejido blando de sus víctimas (Morris, 1966; Keen, 1971; González-Villareal, 2005; Landa-Jaime *et al.*, 2007b).

Las principales características morfológicas externas del cuerpo blando incluyen un gran pie muscular, una cabeza ancha con tentáculos relativamente cortos, y un opérculo corneo con un núcleo terminal. El manto es moderadamente largo, el sifón es muscular, tiene un ctenidio que ocupa de 1/4 a 1/3 de la anchura del manto y un pequeño osfradio asimétrico (Kosyan *et al.*, 2009). El opérculo de *O. pseudodon* es de tipo Rigicaudent concéntrico, según la clasificación de Checa y Jiménez-Jiménez (1998), ésta forma de opérculo es casi exclusiva de neogasterópodos. Este tipo de opérculo es rígido y ajusta perfectamente en la abertura de la concha.

La probóscide puede ser bastante corta, recta y nunca se enrolla dentro del rincodeo, es retraída por dos músculos laterales principales y varios músculos delgados adicionales situados más anteriormente. La masa bucal y la rádula tienen aproximadamente la mitad de la longitud de la probóscide. La rádula tiene 5 cúspides raquídeas inusualmente grandes para la familia Fasciolariidae, tiene además dientes



laterales con 8 cúspides iguales en cada fila longitudinal. El esófago anterior es amplio, dorsoventralmente aplanado, flanqueado por dos conductos salivales que no están incrustadas en su pared. Las glándulas salivales son grandes y fusionadas bajo el anillo nervioso. El estómago es estrecho y largo con pliegues epiteliales interiores altos y bien desarrollados, carece de un área de mezclado posterior, posee dos aberturas de los conductos de la glándula digestiva, situados a poca distancia uno de otro, hay un pliegue longitudinal en la pared interior del estómago, así como múltiples pliegues transversales en la pared exterior. La válvula de Leiblein es moderadamente grande y piriforme. Por otro lado la glándula de Leiblein es de talla mediana. La aorta anterior es muy grande y de paredes gruesas (Kosyan *et al.*, 2009).

### III. ANTECEDENTES

La información biológica sobre *O. pseudodon* no es muy amplia, en su mayoría incluye su registro como parte de la diversidad malacológica en algunas localidades, así como estudios sobre su anatomía, distribución vertical, frecuencia, densidad, entre otros aspectos. En la tabla 1 se enlistan las localidades donde se ha reportado su presencia, así como un resumen de los aspectos antes mencionados.

Tabla 1. Estudios realizados para *Opeatostoma pseudodon*.

En México			
No.	Localidad	Información adicional	Trabajo
1	Baja California, Cabo San Lucas	Solo se reporta su presencia	Biasca, 1983
2	Guerrero, Zihuatanejo	Distribución vertical: zona litoral y sublitoral (de 0.4 a 8 m). Hábitat: Sobre, entre y bajo rocas. Epizoico de <i>Pocillopora spp.</i> Sustrato: rocas consolidadas y no consolidadas.	Salcedo-Martínez <i>et al.</i> , 1988
3	Jalisco, Bahía de Chamela	Abundancia: Baja Especie dominante: No	Román-Contreras <i>et al.</i> , 1991
4	Jalisco, Bahía Cuestacomate	Distribución vertical: Mesolitoral inferior.  Densidad : 3.3 individuos/m <sup>2</sup>	Esqueda <i>et al.</i> , 2000
5	Oaxaca, Zona central del litoral oaxaqueño	Solo se reporta su presencia	De León-Herrera, 2000
6	Jalisco y Colima	Distribución vertical: Mesolitoral medio e inferior Hábitat: Playas rocosas Densidad : 3.3 individuos/m <sup>2</sup> Frecuencia de distribución: Frecuente Importancia económica: Su concha es valorada por su forma y color.	Ríos-Jara <i>et al.</i> , 2002

Tabla 1. Continuación			
7	Guerrero, Acapulco, Isla La Roqueta	Distribución vertical: Mesolitoral Hábitat: Sobre rocas Especie dominante: No Ocurrencia: 100%	Valdés-González, <i>et al.</i> , 2004
8	Jalisco, Bahía de Tenacatita	Distribución vertical: Mesolitoral Hábitat: Sobre rocas Abundancia: Muy abundante	González-Villareal, 2005
9	Nayarit, Archipiélago de Islas Marías	Solo se reporta su presencia Colección biológica de la SEMAR	Bautista-Moreno y Lechuga-Medina, 2007
10	Oaxaca	Hábitat: Sobre rocas Especie dominante: Si	Caicedo-Rivas <i>et al.</i> , 2007
11	Guerrero, la Unión, Playa Troncones	Especie dominante: No Ocurrencia: 100%	Flores-Rodríguez <i>et al.</i> , 2007
12	Jalisco, Bahía de Tenacatita, Playa Mora	Se mencionan aspectos de la anatomía, hábitos alimenticios, etc. (Ver diagnosis de la especie)	Landa-Jaime <i>et al.</i> , 2007b
13	México, Parque Nacional Isla Isabel, Playa El Ocaso	Solo se reporta su presencia Sustrato: Roca volcánica en terrazas escalonadas	Pérez-Peña <i>et al.</i> , 2007
14	Oaxaca, Bahía Cacaluta	Solo se reporta su presencia	Ramírez-González y Barrientos-Luján, 2007
15	Jalisco, bahía Chamela, Punta La Rosada	Nombre común: Caracol dentado Distribución vertical: desde el Mesolitoral medio hasta el Sublitoral Hábitat: Sobre rocas Densidad : $0.27 \pm 3.1$ individuos/m <sup>2</sup> Sustrato: Rocoso Especie dominante: Si. Abundancia: De las más abundantes Ocurrencia: 100%	López-Uriarte <i>et al.</i> , 2007 López-Uriarte <i>et al.</i> , 2009
16	Guerrero, Costa Grande y Acapulco	Distribución vertical: Mesolitoral superior Hábitat: Sobre rocas Densidad : < 1 individuo/m <sup>2</sup> Abundancia: Gran abundancia Frecuencia de distribución: Limitada Temporada: En todas las temporadas	Flores-Rodríguez, 2004 Flores-Rodríguez <i>et al.</i> , 2012a

Tabla 1. Continuación			
17	Guerrero, Acapulco	Nombre común: Diente de perro Importancia económica: Por consumo humano	Villegas-Maldonado <i>et al.</i> , 2007 Flores-Garza <i>et al.</i> , 2012
18	Guerrero, Acapulco, playa Parque de la Reina	Distribución vertical: Mesolitoral Hábitat: Sobre rocas Talla: de 18.3 a 31.6 mm Especie dominante: Si Densidad : 0.9 individuos/m <sup>2</sup>	Torreblanca -Ramírez <i>et al.</i> , 2012a
19	Guerrero, Acapulco, playa Tlacopanocha	Distribución vertical: Mesolitoral Hábitat: Sobre rocas Densidad : 0.7 individuos/m <sup>2</sup> Sustrato: Rocas ígneas extrusivas Talla: de 12.1 a 42.5 mm Especie dominante: Si	Torreblanca -Ramírez <i>et al.</i> , 2012b
20	Oaxaca, Puerto Escondido, playa Carrizalillo	Distribución vertical: Mesolitoral Hábitat: Sobre rocas Densidad : 0.04 individuos/m <sup>2</sup> Sustrato: Rocas sedimentarias (conglomerado) Talla: 33.7 mm promedio	Flores-Rodríguez <i>et al.</i> , 2012b Flores-Rodríguez <i>et al.</i> , 2014
<b>En el extranjero</b>			
21	Costa Rica, Playas del Coco	Hábitat: Arrecifes y áreas rocosas Densidad : 3 individuos/m <sup>2</sup> promedio Talla: de 8 a 48 mm Dieta: percebes ( <i>Chthamalus spp.</i> ), poliquetos y pequeños bivalvos Hábitos nocturnos	Paine, 1966 Spight, 1976 Spight, 1979
22	Costa Rica, Puerto Quepos y Punta Cathedral	Distribución vertical: Niveles más bajos del Mesolitoral y en el Sublitoral Hábitat: Sobre rocas	Bakus, 1968
23	Ecuador, Provincia Manabí, Isla La Plata	Solo se reporta su presencia	Shasky, 1984
24	Costa Rica, Playa Grande	Solo se reporta su presencia	Roe, 1988
25	Costa Rica, Parque Nacional Manuel Antonio	Distribución vertical: sublitoral Hábitat: Sobre rocas Densidad: 0 a 1 individuos/m <sup>2</sup>	Willis y Cortés, 2001

Tabla 1. Continuación			
26	Panamá, Isla Venado, Playa Veracruz	Descripción de los pliegues de la columela (ver diagnóstico de la especie)	Price, 2003
27	Panamá, Isla Pedro González	Se mencionan aspectos de la anatomía (Ver diagnóstico de la especie)	Kosyan <i>et al.</i> , 2009
28	Costa Rica, Península de Osa	La concha es usada como casa móvil terrestre por el cangrejo ermitaño <i>Coenobita compressus</i>	Laidre y Vermeij, 2012

En *Opeatostoma pseudodon* no se han realizado estudios de edad y crecimiento por lo que no se cuenta con ningún antecedente al respecto; sin embargo, en gasterópodos, estudios de este tipo basados en las marcas periódicas de los opérculos y otras estructuras duras ya se han realizado. A continuación se presentan algunos de los estudios sobre edad y crecimiento en gasterópodos utilizando al opérculo para la obtención de la edad:

Kubo y Kondo (1953; en: Cárdenas-Ortega, 1993), en Japón, interpretaron las líneas de crecimiento presentes en el opérculo de *Babylonia japonica* encontrando que la formación de la marca fue anual. La marca se forma durante el invierno.

En la Bahía Mejillones, en el sur de Chile, Miranda (1975) analizó el crecimiento de *Thais chocolata* por medio de la lectura de anillos de crecimiento en el opérculo, encontrando una coincidencia entre el número de anillos y la curva separada mediante papel de probabilidades (análisis de frecuencia de tallas). Calculó además la función de crecimiento de von Bertalanffy, obteniendo los siguientes parámetros:  $L_{\infty} = 80.2$  mm,  $K = -0.33$  y  $t_0 = 0$ .

Al sur del atolón de Hao, en el archipiélago de Tuamotu (Polinesia Francesa), Sire y Bonet (1984), al analizar los opérculos de *Turbo setosus* observaron tres tipos de marcas (A, B y C). Las de tipo A corresponden a marcas de estrés y se depositan irregularmente después de que el organismo sufre traumatismos. Las de tipo B presentan una periodicidad regular y corresponden a un ritmo de crecimiento diario. Las líneas C reflejan un ritmo de crecimiento menor al diario. La longevidad de la especie no superó los 3 años.



Santarelli y Gros (1985) determinaron la edad en *Buccinum undatum* contando las estrías del opérculo. Los ejemplares analizados fueron obtenidos de las capturas comerciales del golfo Normando-Bretón, al norte de Francia. La periodicidad de formación de las estrías fue anual, formándose durante los meses más cálidos entre junio y octubre. El crecimiento de *B. undatum* se representó en este estudio por medio del modelo de crecimiento de von Bertalanffy, con los siguientes parámetros:  $L_{\infty}= 112.49$  mm,  $K= -0.125$ ,  $t_0=-0.579$ .

En el atolón de Hao (Polinesia Francesa), Villiers y Sire (1985) analizaron la edad y el crecimiento por medio de las líneas periódicas del opérculo de *Turbo setosus*. Lograron identificar tres tipos de líneas en los opérculos (ver Sire y Bonet, 1984). Pudieron concluir además que esta especie es de rápido crecimiento. Obtuvieron la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy para longitud y peso, los parámetros son los siguientes:  $L_{\infty}= 89.886$  mm,  $K= -0.548$ ,  $t_0= 0.014$ ,  $P_{\infty}= 261.730$  g y  $b= 3.124$ .

En la Isla Cedar, Virginia (Estados Unidos), Kraeuter *et al.* (1989) utilizaron tres métodos para estimar las tasas de crecimiento de juveniles y adultos de *Busycon carica*: lectura de marcas periódicas en secciones de opérculo, marcaje-recaptura y observación directa bajo condiciones de laboratorio. La lectura de las marcas periódicas reveló un menor crecimiento (6.5 mm/año) en comparación con los analizados en laboratorio (14.4 mm/año). El estudio de marcaje-recaptura mostro un crecimiento nulo o negativo.

En Bahía de Todos Santos, Baja California, Cupul-Magaña y Torres-Moye (1996) verificaron que la periodicidad de formación de los anillos de crecimiento de los opérculos de una población natural de *Astraea undosa* fue anual. El anillo hialino (crecimiento lento) se formó durante primavera-verano y el anillo opaco (rápido crecimiento) durante otoño-invierno. Mostraron además que los machos de esta especie tienen un mayor crecimiento que las hembras.

También en 1996 Kideys determinó la edad y el crecimiento de *Buccinum undatum* en la Bahía de Douglas, Isla de Man (Reino Unido), para lo cual utilizó cuatro métodos independientes: análisis de frecuencia de tallas, análisis del opérculo, un experimento de marca-recaptura y el cultivo en condiciones de laboratorio. Por medio del análisis de

frecuencia de tallas pudo determinar cinco grupos de edad (de 1 a 5 años), resultados que fueron soportados por el análisis del opérculo y el experimento de marca-recaptura.

Bourgeois *et al.* (1997) analizaron la edad y el crecimiento de *Turbo marmoratus* por medio de técnicas esclerocronológicas en el arrecife de Tautira en Tahití. Marcando el perímetro del labio de las conchas y los opérculos con un lápiz de plomo obtuvieron las tasas de deposición diaria de los anillos de crecimiento. Además obtuvieron los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy:  $L_{\infty} = 30.3$  cm,  $K = 0.32$  año<sup>-1</sup>,  $t_0 = 0$ . Donde  $L_{\infty} = D_{\infty}$  (diámetro infinito).

En la Bahía Tortugas, Baja California Sur, Gluyas-Millán *et al.* (1999) determinaron la edad de *Astraea undosa* contando el número de marcas de crecimiento en el opérculo. Establecieron que los grupos de edad determinados fueron anuales. Al comparar las diferencias de talla y edad en dos localidades diferentes encontraron que la talla mínima de captura (90 mm de Diámetro Basal) en una se da a los 5 años y en otra a los 9.

En Wanlton (Taiwán) Chen y Soong (2002) determinaron la edad y la edad al cambio de sexo de *Coralliophila violácea* por medio de las marcas de crecimiento del opérculo. Encontraron que cada marca periódica del opérculo equivale a un año de crecimiento. El cambio de sexo ocurre a los 4 y 6 años de edad. La periodicidad se validó con datos de marcaje-recaptura analizados con la función de crecimiento de Gompertz.

Ilano *et al.* (2004) en la bahía de Funka (Hokkaido), en Japón, estimaron la edad del *Buccinum isaotakii* por medio de las estrías del opérculo y determinaron el crecimiento en condiciones de laboratorio. La periodicidad de formación de las marcas de crecimiento fue anual y la estimaron por medio del cálculo del incremento marginal. Los parámetros de la función de von Bertalanffy, de peso y talla, fueron para hembras:  $L_{\infty} = 150.52$  mm,  $K = -0.117$ ,  $t_0 = -2.18$ ,  $P_{\infty} = 101.03$  g y  $b = 2.5292$ ; y para machos:  $L_{\infty} = 129.99$  mm,  $K = -0.132$ ,  $t_0 = -2.25$ ,  $P_{\infty} = 71.12$  g y  $b = 2.6512$ .

Richardson *et al.* (2005) evaluaron la edad en el bucono rojo *Neptunea antiqua* usando los estatolitos, opérculos y la concha. El estudio se llevó a cabo en el río Tyne, ubicado al noreste de Inglaterra. La medición de las capas adventicias de secciones de opérculo permitió establecer la edad de 1 a 12 años. Estos datos se compararon con las

mediciones de edad realizadas en los estatolitos, encontrando que no hubo diferencias significativas entre la cantidad de anillos observados en los estatolitos y el número de capas observadas en las secciones de opérculo. La correlación entre los anillos de los estatolitos y el número de marcas de crecimiento de las conchas sugirió una periodicidad anual.

Power *et al.* (2009) determinaron la edad, el crecimiento y la edad de madurez sexual de una población cultivada de *Busycon carica* en San Simón, Georgia (Estados Unidos). La edad se determinó por medio de la lectura de marcas periódicas en el opérculo, primero sometieron los opérculos a luz reflejada para ver marcas en la superficie del opérculo y después le realizaron cortes. La longevidad fue de 8 y 11 años para hembras y machos respectivamente. Lograron determinar que los machos alcanzan la madurez sexual a los 4 años (85 a 90 mm de longitud de la concha) mientras que las hembras lo hacen aproximadamente a los 6 años (100 mm).

Gluyas-Millán y Martínez-Quiroz (2010) describieron las características de las marcas de crecimiento del opérculo de *Astraea turbanica*, los criterios para reconocerlas, y una prueba para mostrar la periodicidad con que se forman (análisis de la característica del borde del opérculo). Los opérculos se obtuvieron de la Isla Natividad, Baja California Sur. La variación del porcentaje de opérculos con bordes blancos y oscuros siguió una trayectoria sinusoidal al graficarse con los meses del año e indicó una periodicidad anual. La línea de mayor crecimiento (blanca) se forma en la época de temperatura cálida (de junio a diciembre).

En la Costa occidental de la península de Baja California Sur, Saito-Quezada (2010) estimó la edad y el crecimiento de *Astraea undosa* por medio de la lectura de las marcas en los opérculos. Observó las marcas periódicas en opérculos pulidos y no pulidos al transmitir luz a través ellos. Llegó a la conclusión que los opérculos pulidos conducen a mediciones de la edad más precisas. La longevidad se logró estimar en 11 años. Obtuvo los parámetros de dos funciones de crecimiento: von Bertalanffy:  $L_{\infty} = 119.669$  mm,  $K = 0.184$ ,  $t_0 = -2.749$ ; y Logístico:  $L_{\infty} = 112.209$  mm,  $g = 0.6870$ ,  $t_0 = 0.336$ .

Estos antecedentes respaldan el uso del opérculo como una estructura válida para estimar la edad en moluscos gasterópodos, así como el de los modelos de crecimiento que se utilizan normalmente en el manejo de pesquerías. Con base en lo anterior en el

presente trabajo se estimó la edad del gasterópodo marino *O. pseudodon* de la región marina prioritaria número 35 Puerto Ángel-Mazunte por medio del conteo de las marcas periódicas en el opérculo. Y se ajustaron los datos de edad a tres modelos de crecimiento: Logístico, von Bertalanffy y Gompertz.

#### IV. JUSTIFICACIÓN

Un análisis de la información de estadísticas oficiales de capturas comerciales de la pesca en México (del periodo de 1956 al 2009) realizado por Arreguín-Sánchez y Arcos-Huitrón (2011) reveló que la región que muestra la mayor proporción de recursos deteriorados es la costa central del Pacífico, región a la que pertenece el Estado de Oaxaca. A esta información se puede agregar que pese a su extensa diversidad animal y vegetal, así como por ocupar el quinto lugar de extensión de litoral a nivel nacional, el estado de Oaxaca no se ha caracterizado con ser un estado que contribuya ampliamente a la pesca del país, en 2012 contribuyó solo con un 0.5% de la pesca total nacional (INEGI, 2013).

En Oaxaca, la región marina prioritaria número 35 Puerto Ángel-Mazunte es una zona donde se desarrollan actividades humanas que amenazan la biodiversidad, además de que existe falta de conocimiento en cuanto a la importancia económica de otros sectores aparte del turismo, ecoturismo y la explotación del caracol púrpura (*Plicopurpura pansa*) (Arriaga-Cabrera *et al.*, 1998). Aparte del caracol purpura existen otras especies de gasterópodos que podrían contar con potencial económico sobre las cuales no se han centrado las investigaciones con fines ecológicos y pesqueros.

La escases de información sobre la biología del caracol marino *Opeatostoma pseudodon*, aunada al deterioro y amenaza que sufre su hábitat por cuestiones antropocéntricas, y a que es una especie sujeta a un cierto grado explotación, significa un importante impacto en las poblaciones naturales de esta especie. Por ello, el presente trabajo pretende dar un primer acercamiento a los aspectos sobre la edad y el crecimiento de esta especie con el fin de dar información útil para su adecuado manejo y conservación, así como para su evaluación como un recurso pesquero potencial.

## V. HIPÓTESIS

En algunos organismos acuáticos la formación de marcas de crecimiento en sus estructuras duras se da por incrementos diarios. Estos incrementos diarios presentan variaciones de formación que se originan por las fluctuaciones de las condiciones ambientales, la disponibilidad de alimento y por eventos biológicos como la reproducción (Sparre y Venema, 1997). En algunas especies de gasterópodos estas fluctuaciones son cíclicas y por lo general el ciclo es anual. Por tal motivo se espera que en los opérculos de *Opeatostoma pseudodon* se formen marcas que correspondan a un periodo anual, producto de los eventos reproductivos o por influencia de los fenómenos ambientales que ocurren en la zona (tales como las temporadas de secas y de lluvias, las surgencias eólicas ó la temperatura del agua).

## VI. OBJETIVOS

### Objetivo General

Estimar la edad y modelar el crecimiento de *Opeatostoma pseudodon* (Burrow, 1815) de Puerto Ángel, Oaxaca, México y del litoral rocoso aledaño.

### Objetivos particulares

- a) Identificar y caracterizar las marcas periódicas de crecimiento en los opérculos de *O. pseudodon*.
- b) Validar la periodicidad de formación de las marcas de crecimiento por los métodos del análisis del borde del opérculo y del análisis del incremento marginal, durante el periodo comprendido entre Agosto de 2013 y Noviembre de 2014.
- c) Describir el ciclo reproductivo por medio del Índice gonadosomático.
- d) Obtener el Factor de condición relativa para analizar el estado físico de los organismos.
- e) Comparar el periodo de formación de las marcas de crecimiento con la condición de los organismos (factor de condición), con el periodo del evento reproductivo (índice gonadosomático) y con la fluctuación de la temperatura del agua.
- f) Estimar la edad de los organismos por medio del conteo de las marcas de crecimiento en el opérculo.
- g) Analizar el crecimiento por medio de las funciones de crecimiento Logística, von Bertalanffy y Gompertz, utilizando regresión no lineal y elegir el modelo que ajuste mejor a los datos.
- h) Comparar los parámetros del modelo crecimiento electo, entre machos y hembras, por medio de las pruebas estadísticas de la  $T^2$  de Hotelling y la de Razón de Verosimilitud.

## VII. MATERIAL Y MÉTODOS

### 7.1 Descripción del área de estudio

El Área de estudio se ubica en la Región Marina Prioritaria número 35, Puerto Ángel-Mazunte (Figura 2). Se localiza hacia el suroeste de México, en la porción central del litoral oaxaqueño entre los municipios de Santa María Tonameca y San Pedro Pochutla. El polígono de la zona está ubicado entre las coordenadas: 15°43'48" a 15°38'24" N y 96°18' a 96°21' O (Arriaga-Cabrera *et al.*, 1998).

Según la estación climática número 20-074 "Puerto Ángel" establecida en las coordenadas 15° 39' N y 96° 29' O, el clima es Aw<sub>0</sub>(w)igw que corresponde al cálido subhúmedo, el más seco con lluvias en verano, presenta canícula en el mes de julio, con porcentaje de lluvia invernal < 5%, isotermal, con marcha anual de temperatura tipo Ganges. La precipitación media anual es de 905.5 mm, con una mínima en el mes de abril de 0.8 mm y una máxima en septiembre de 250.6 mm. La temperatura ambiental media anual es de 28 °C presentando la mínima en enero de 27.2 °C y una máxima en el mes de mayo con 28.9 °C. Se presentan dos condiciones estacionales bien definidas: la temporada de sequía de Noviembre a Abril y la de lluvias de Mayo a Octubre (García, 2004; Ver climograma en el Apéndice I).

La franja costera de la región presenta alternadamente bahías, playas abiertas y acantilados. La plataforma continental es muy estrecha, por lo que se alcanzan grandes profundidades cerca de la costa (Leyte-Morales, 2001). Se presentan dos corrientes importantes: la corriente de California y la corriente Norecuatorial. La corriente de California domina durante el invierno, transporta agua fría de baja salinidad (34.05 ups), tiene una anchura aproximada de 800 Km, una profundidad de 500 m, es lenta con velocidades típicas de 20 cm/s y su movimiento es persistente de norte a sur paralelo a la costa occidental de Canadá y Estados Unidos. La corriente Norecuatorial es un sistema formado por corrientes y contra-corrientes paralelas al Ecuador. De éstas, solo la contra-corriente Ecuatorial, de aguas cálidas, tiene influencia sobre la costa oaxaqueña, dominando durante el verano (Ramírez-González, 2005; Medina-Elizalde, 2010). Pero



también se ve influenciada por la corriente Costanera de Costa Rica (Arriaga-Cabrera *et al.*, 1998).

Las mareas son mixtas semidiurnas con una pleamar media de 0.98 m y una bajamar media de 0.038 m (INEGI, 1992; Medina-Elizalde, 2010). La temporada de huracanes se presenta de mayo a octubre, con la presencia de algunas tormentas eléctricas. La temperatura media superficial del mar es de  $28 \pm 1.5$  °C, con una salinidad desde 33.5‰ hasta 43.5‰ (Leyte-Morales, 2001).

Puerto Ángel se encuentra en el límite de la zona denominada como Golfo de Tehuantepec, el cual es la frontera oceánica sur de la Zona Económica Exclusiva de México en el Océano Pacífico (Gallegos-García y Barberán-Falcón, 1998). La dinámica dentro del golfo es influenciada por las corrientes oceánicas del Pacífico Este, que a su vez son afectadas por los vientos Alisios y de la Convergencia intertropical. La surgencia de Tehuantepec es inducida por el efecto de los “nortes” que se presentan principalmente en invierno. Los “nortes” son vientos intensos procedentes del norte que pueden exceder los  $20 \text{ms}^{-1}$ , cuando estos vientos pasan por el Istmo de Tehuantepec llegan a una atmósfera más cálida, produciendo “vientos de descenso” de fuerte intensidad conocidos como “Tehuano”. Los vientos que llegan del norte se presentan a lo largo del año pero son más notorios de octubre a abril (Monreal-Gómez y Salas-De León, 1998; Lara-Lara *et al.*, 2008).

Las investigaciones sugieren que, al menos durante la estación de los nortes, el Golfo de Tehuantepec actúa como una bomba de nutrientes y carbono fitoplanctónico, enriqueciendo las aguas adyacentes en el Pacífico oriental tropical y determinando una productividad alta (Lara-Lara *et al.*, 1998). Robles-Jarero y Lara-Lara (1993; en: Lara-Lara *et al.*, 2008) mencionan que la región oeste (occidental) del Golfo de Tehuantepec presenta las tasas más altas de biomasa y productividad del fitoplancton, región a la que pertenece Puerto Ángel, Oaxaca. Sin embargo, parece ser que durante la época de lluvias el Golfo de Tehuantepec se comporta como un ecosistema con valores bajos de biomasa y productividad del fitoplancton (Lara-Lara *et al.*, 1998; Lara-Lara *et al.*, 2008). En el Apéndice III se han colocado imágenes satelitales, tomadas del geoportal de la UNINMAR, que muestran el nivel de clorofila ocurrido de Agosto del 2013 a Noviembre del 2014.

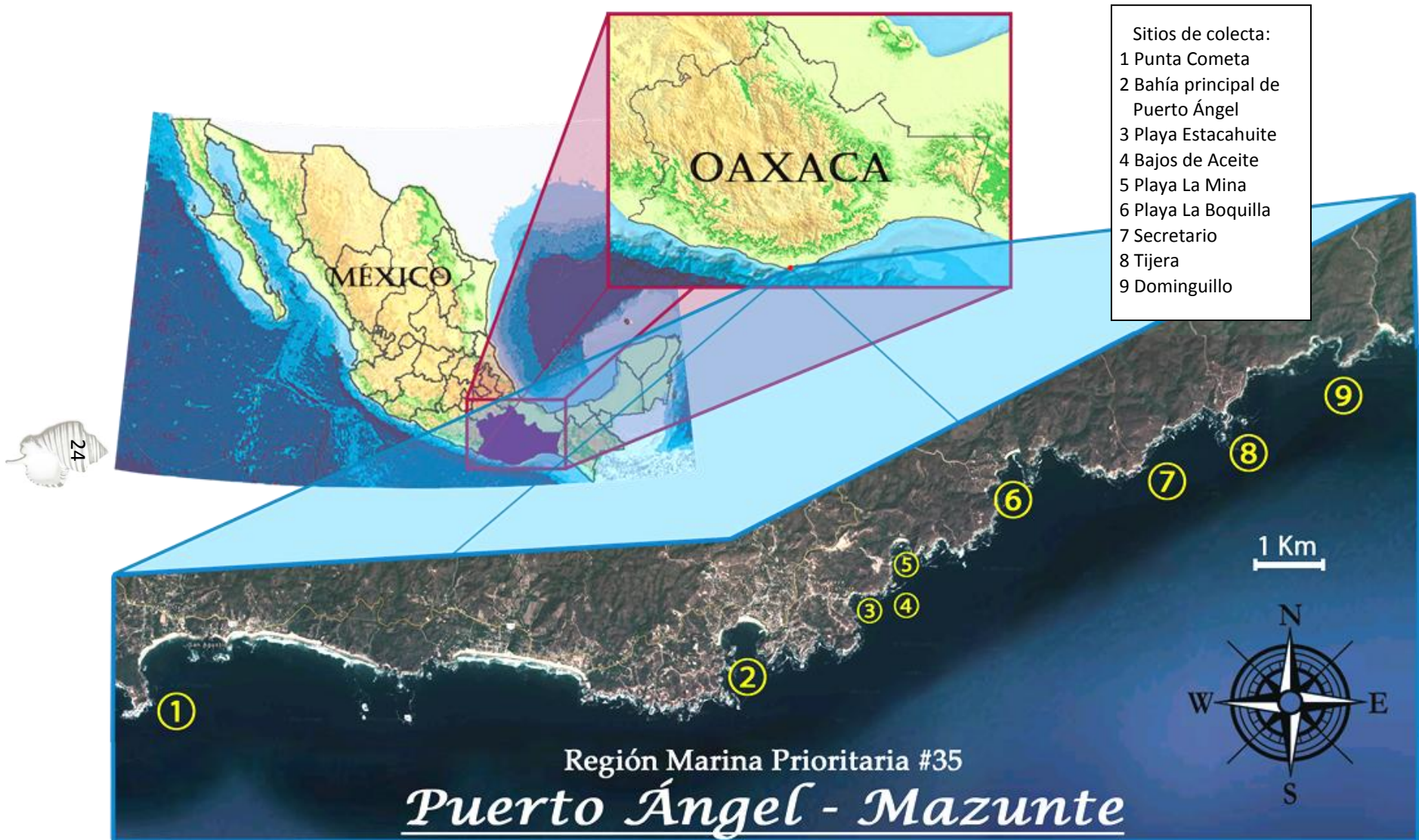


Figura 2. Localización del área de estudio y de los sitios de colecta de las muestras (Imágenes de INEGI y Google Earth).

## 7.2 Trabajo de campo

Se colectaron un total de 363 organismos distribuidos en doce meses: de Agosto de 2013 a Noviembre de 2014, dependiendo de la disponibilidad por ser productos de la pesca comercial. Los ejemplares se obtuvieron con ayuda de buzos de la localidad quienes realizan la pesca artesanal por medio de buceo libre (Figura 3 A y 3 B), procurando obtener los organismos en el mayor intervalo de tallas posible. En cada sitio de colecta se tomaron las coordenadas geográficas con ayuda de un equipo de posicionamiento geográfico satelital (GPS por sus siglas en inglés) marca GARMIN modelo Etrex 30 portátil. Las zonas típicas de colecta de los buzos junto con el registro de la posición geográfica se pueden observar en la Tabla 2.

Tabla 2. Localización de los puntos típicos de colecta

Sitio de colecta		Posición geográfica	
1	Punta Cometa	15° 39' 35.4'' N	96° 33' 16.5'' W
2	Bahía principal de Puerto Ángel	15° 39' 56.1'' N	96° 29' 27.1'' W
3	Playa Estacahuite	15° 40' 04.7'' N	96° 28' 54.5'' W
4	Bajos de Aceite	15° 40' 10.6'' N	96° 28' 29.6'' W
5	Playa La Mina	15° 40' 26.7'' N	96° 28' 34.7'' W
6	Playa La Boquilla	15° 40' 48.3'' N	96° 27' 58.4'' W
7	Secretario	15° 41' 02.3'' N	96° 27' 00.5'' W
8	Tijera	15° 41' 20.2'' N	96° 26' 26.3'' W
9	Dominguillo	15° 41' 35.0'' N	96° 26' 02.2'' W

En cada sitio se registró la temperatura superficial, media y del fondo con un termómetro de inmersión parcial escala -10 a 50 °C. Para la toma de las temperaturas de los diferentes sitios se empleó una botella van Dorn con capacidad de 3 L (Figura 3 C). Los organismos capturados se conservaron en una mezcla frigorífica hielo-sal y se almacenaron en contenedores con aislamiento térmico (hieleras) hasta su transporte al

laboratorio de Biometría y Biología Pesquera de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM (Figura 3 D).

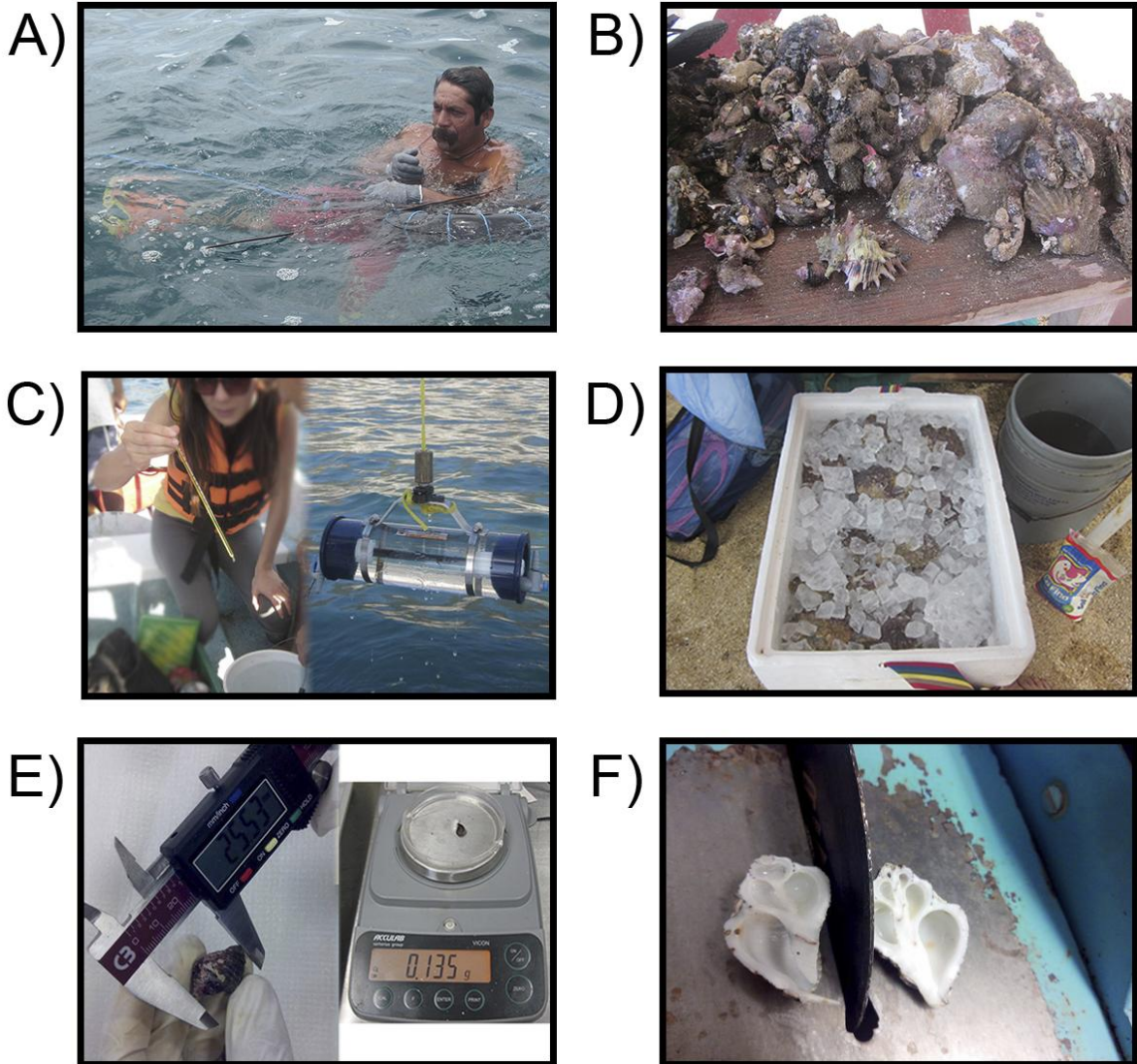


Figura 3. Se presentan los distintos pasos del trabajo en campo y en el laboratorio. A) El buzo colecta los ejemplares; B) Una muestra de la diversidad de moluscos de Puerto Ángel extraídos por el buzo; C) Toma de muestras de agua a diferentes profundidades con la botella van Dorn, se registra su temperatura; D) Conservación de los organismos para su traslado E) Equipo utilizado para tomar la biometría de los organismos y F) Cortado de las conchas.

### 7.3 Trabajo de laboratorio

La muestra se depositó en una unidad congeladora y veinticuatro horas antes de su procesamiento los caracoles se pasaron a un refrigerador para descongelarlos.

Los caracoles se identificaron taxonómicamente con la ayuda la clave de identificación de moluscos de Keen (1971) corroborado con Morris (1966), Abbott (1974) y Skoglund (1992).

Para la relación peso longitud, así como para el ajuste de los datos a los modelos de crecimiento, a cada organismo se le midió la longitud y peso total empleando un calibrador Vernier electrónico digital modelo SMT023-2 y una balanza analítica marca Acculab con capacidad de 300 g y precisión de 0.001 g, respectivamente (Figura 3 E). Para analizar su relación con el crecimiento de *O. pseudodon* se midió el peso del opérculo. También se tomo el peso blando (peso del organismo sin la concha), el peso del callo (pie), el de la gónada-glándula digestiva (Figura 4) para la obtención del Índice gonadosomático (*IGS*) y el Factor de condición relativa (*K*). Para los casos en los que se dificultó la separación de las partes blandas de la concha se empleó una unidad rápida combinada (sierra, devastadora y pulidora), marca Lortone, modelo LU6X para cortar la concha y extraer los órganos y tejidos con ayuda de pinzas de disección (Figura 3 F).

Se determinó el sexo por medio de la observación directa de los caracteres sexuales secundarios de cada organismo: presencia de órgano copulador para los machos y ausencia de éste para las hembras.

Se retiró el opérculo del pie y fue sumergido en una solución de peróxido de hidrógeno al 5 % por 10 minutos para su limpieza. Fue etiquetado respecto a la fecha de colecta y al número de ejemplar. Una vez extraído se describieron sus características. Para esto se siguieron las recomendaciones de Gluyas-Millán y Martínez-Quiroz (2010). Con algunas modificaciones el procedimiento fue: 1) establecer la relación entre el tamaño del caracol (talla) y la longitud del opérculo, por medio de un análisis de regresión; 2) reconocer las marcas de crecimiento en la cara externa del opérculo con luz reflejada y transmitida; 3) definir un esquema de arreglo y disposición de marcas de crecimiento en el opérculo, y 4) establecer criterios para reconocer el tipo de marca en el borde del opérculo.

Para la observación y lectura de las marcas de crecimiento los opérculos se pulieron con ayuda de una lima combinada de la marca AUSTROMEX® DE 6 x 2 x 1", con clave 467. Una vez pulidos se observaron bajo luz transmitida. Para la observación de las marcas periódicas se tomaron en cuenta únicamente a las bandas reveladas por medio de luz transmitida. Se consideró al anillo como el conjunto de una banda opaca y una hialina. Se cuantificó el número de anillos observados. Se identificó también el tipo de borde (hialino u opaco) para realizar el análisis de la Característica del Borde del Opérculo (CBO). Se midió la distancia desde foco del opérculo hasta la parte donde inicia la banda opaca de cada anillo y al borde para realizar el análisis del Incremento Marginal (IM), esto con ayuda de calibrador Vernier electrónico digital y a simple vista. La observación y conteo de las marcas de crecimiento se realizó por dos lectores independientes.

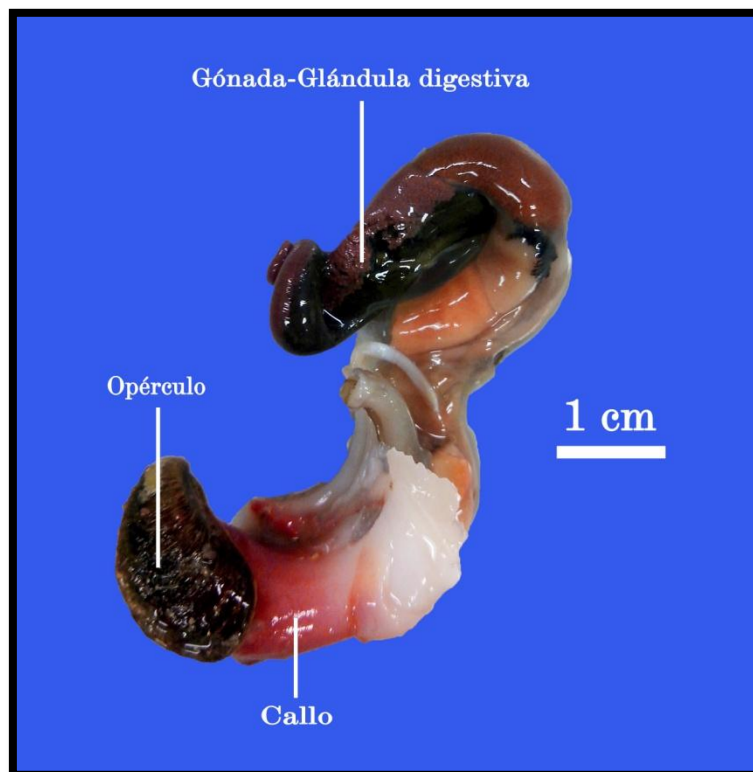


Figura 4. Cuerpo blando de *O. pseudodon*. Se señalan los órganos de interés.

## 7.4 Trabajo de gabinete

### 7.4.1 Proporción sexual

Para determinar la influencia o sesgo de los resultados por la presencia de organismos indiferenciados y el número de individuos de cada uno de los sexos se calculó la proporción total de sexos dividiendo el número total de hembras entre el número total de machos. Del mismo modo se obtuvo la proporción sexual mensual.

Las proporciones sexuales totales y mensuales se probaron por medio del estadístico  $\chi^2$  para ver si existía una desviación significativa de una proporción 1:1 (Hernández-López, 2000; Bravo-Olivas, 2008). El estadístico de prueba en este caso fue:

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

Donde:

$O_i$  = la cantidad de machos o hembras observada y

$E_i$  = la cantidad de machos o hembras esperada.

$k = 2$

### 7.4.2 Estructura de tallas

La distribución de las tallas se analizó por medio de histogramas mejorados conocidos como Estimadores de Densidad por Kernel (EDKs) (Salgado-Ugarte, 2002; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005). Se utilizaron EDKs de amplitud fija (Salgado-Ugarte, 2002; Salgado-Ugarte y Pérez-Hernández, 2003). Se probó la banda "óptima" de Silverman calculada con el programa "bandw" (Salgado-Ugarte *et al.*, 2005) y la regla empírica de la mitad de la banda "óptima" de Silverman (Salgado-Ugarte, 2013) con el paquete estadístico Stata (StataCorp, 2013)

#### 7.4.2.1 Prueba de Kolmogorov-Smirnov

Para determinar si había diferencia en el tamaño (longitud total de la concha) entre machos y hembras se aplicó un test de Kolmogorov-Smirnov para dos muestras. Esta prueba mide las diferencias existentes entre las frecuencias relativas acumuladas de las dos muestras, por lo que se detectan diferencias no solo en la tendencia central, sino también en la dispersión y simetría de las muestras (Guisande-González *et al.*, 2006).

Las hipótesis para esta prueba fueron:

$$H_0: F_1(x) = F_2(x)$$

$$H_a: F_1(x) \neq F_2(x)$$

Sean  $F_1(x)$  y  $F_2(x)$  las funciones de distribución de machos y hembras respectivamente.

El estadístico de prueba fue:

$$D_{n_1, n_2} = \max |F_{n_1}(x) - F_{n_2}(x)|$$

El desarrollo completo del cálculo de este estadístico se encuentra en Sokal y Rohlf (1981).

Los pasos a seguir fueron los siguientes:

1. Formar las frecuencias acumuladas de distribución a partir de la frecuencia de la longitud total de la concha de machos y hembras.
2. Calcular las frecuencias acumuladas relativas de cada sexo dividiendo las frecuencias por  $n_1$  y  $n_2$ .
3. Calcular la diferencia absoluta entre las frecuencias acumuladas relativas de machos y hembras.
4. Localizar la mayor de las diferencias calculadas en el punto anterior ( $D_{\max}$ ).
5. Si  $D_{\max}$  es mayor que el valor crítico ( $D\alpha$ ) se rechaza  $H_0$ .



Los valores críticos ( $D\alpha$ ) de  $D_{\max}$  pueden ser consultados en tablas, o bien, calculados mediante:

$$D\alpha = K\alpha \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2}}$$

Donde:

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

$n_1$  = total de datos para machos

$n_2$  = total de datos para hembras

$\alpha$  = nivel de significancia

#### 7.4.3 Relación Peso-Longitud

Para conocer la relación entre el peso total (g) y la talla (Longitud total de la concha, cm) se realizaron por separado, para hembras y machos, análisis de regresión lineal y no lineal y un análisis de correlación por medio de los programas propuestos por Salgado-Ugarte *et al.* (2000; 2005) y Salgado-Ugarte (2013).

El tipo de crecimiento relativo que tiene un organismo a través del tiempo puede ser indicado por la relación entre su peso y su longitud, la relación entre estas variables está dada por una ecuación de tipo potencial de la forma:

$$P = aL^b$$

Donde:

$P$  = Peso del organismo

$L$  = Longitud del individuo

$a$  y  $b$  = Constantes, estimadas por el análisis de regresión no lineal

Los parámetros  $a$  y  $b$  pueden obtenerse con ayuda de los programas antes mencionados. Una forma para calcularlos es utilizar la regresión lineal, para lo cual los datos necesitan ser previamente transformados a logaritmos (base 10 o neperianos) por lo que la ecuación quedaría:

$$\text{Log } P = \text{Log } a + b \text{ Log } L$$

Donde:  $\text{Log } a$  es el intercepto o coeficiente de crecimiento inicial y  $b$ , que es la pendiente, es una constante que determina la proporcionalidad de los incrementos de la longitud respecto al peso. Se ha observado que en especies pesqueras la isometría es indicada por un valor de pendiente igual a 3 ( $b = 3$ ), mientras que valores diferentes a 3 (entre 2 y 4) indican alometría que puede ser negativa ( $b < 3$ ) o positiva ( $b > 3$ ). Para conocer si el valor de la pendiente era igual o diferente de 3 se realizó una prueba de  $t$  de Student (Salgado-Ugarte, *et al.* 2000)

#### 7.4.4 Validación de las marcas de crecimiento

Para validar la periodicidad de formación de las marcas de crecimiento se emplearon dos métodos:

1. Análisis de la Característica del Borde del Opérculo (CBO). Este consistió en determinar la variación en la proporción mensual de opérculos con borde hialino u opaco, durante el ciclo anual. El reconocimiento de tales características del borde se llevó a cabo por dos lectores independientes. La premisa de este método es que si una marca se forma anualmente, el porcentaje de ejemplares cuyo opérculo tiene borde opaco sigue una trayectoria sinusoidal cuando se grafica contra los meses de un año (Gluyas-Millán y Martínez-Quiroz, 2010).

2. Análisis del Incremento Marginal (*IM*). Este método es el más utilizado para la validación de la periodicidad. La premisa de este análisis es muy similar a la del análisis *CBO*: Si un incremento de crecimiento se forma en un ciclo anual, el estado medio de la finalización del anillo más externo debe mostrar un ciclo anual sinusoidal cuando es representada frente a los meses del año (Campana, 2001), es decir, presentará un periodo de máximo crecimiento y uno de mínimo crecimiento. El incremento marginal fue calculado mediante la ecuación:

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

Donde:

$R$  = radio del opérculo (la distancia desde el foco hasta el borde del opérculo) y

$r_n$  = radio del último anillo formado (la distancia desde el foco hasta donde inicia el último anillo formado).

Para la obtención de este análisis se seleccionó una submuestra de 214 opérculos contemplando todas las tallas excepto por los organismos con cero anillos de crecimiento, es decir, no se contemplaron a los organismos con menos de una banda opaca.

Una vez obtenidas las relaciones de los análisis *CBO* e *IM* con los meses del año se procedió a comparar tales análisis con la condición de los organismos (Factor de condición relativa), con el evento reproductivo (Índice Gonadosomático) y con la temperatura superficial del mar.

#### 7.4.5 Factores de influencia en la formación de las marcas de crecimiento

Existen diversos fenómenos (intrínsecos o extrínsecos) que pueden afectar la deposición del material que forma las marcas en el opérculo y (Salgado-Ugarte *et al.*, 2005), en un intento por explicar qué factores afectan la aparición de la marca periódica, se analizaron los valores del Índice gonadosomático (*IGS*) y del factor de condición relativa

(Kr) durante los meses de estudio. Asimismo, se analizó la influencia de la temperatura del mar.

#### 7.4.5.1 Indicadores de la condición

El factor de condición relativa (Kr) indica la relación existente entre el volumen del organismo con relación a su talla, es un indicador del estado físico. Este permite evaluar si el organismo ha ganado peso o lo ha perdido (Hernández-López, 2000; Bravo-Olivas, 2008). El factor de condición relativa tiene la fórmula siguiente:

$$Kr = 100W\alpha^{-1}L^{-b}$$

Donde  $W$  es el peso,  $L$  es la longitud y  $a$  y  $b$  son los parámetros de la relación peso-longitud:  $W = aL^b$  (Salgado-Ugarte *et al.*, 2005). Para el cálculo de este parámetro se utilizó el peso blando, descontando el peso de la gónada-glándula digestiva ( $W = \text{Peso blando} - \text{peso de la gónada-glándula digestiva}$ ).

#### 7.4.5.2 Indicadores del evento reproductivo

Uno de los métodos utilizados para determinar con mayor facilidad y rapidez el estado de desarrollo de la gónada, es el cálculo del índice gonadosomático (Arreola-Hernández, 1997). Este índice es utilizado para seguir el ciclo reproductivo de una especie en un año a intervalos mensuales o de menor tiempo (Salgado-Ugarte *et al.*, 2005). Para calcular este índice frecuentemente se emplea la siguiente fórmula:

$$IGS = 100GW^{-1}$$

Donde  $W$  es el peso total y  $G$  es el peso de las gónadas.

Ya que la concha de los gasterópodos viene en la mayoría de los casos con una gran cantidad de epibiontes como poliquetos, crustáceos y algas calcáreas, así como una gran cantidad de sedimentos, condición de la cual se ha observado que puede provocar gran variabilidad en el peso del organismo (Baqueiro *et al.*, 1983); en el Laboratorio de Biometría y Biología Pesquera de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza UNAM y bajo consideraciones del personal académico a cargo (Salgado-Ugarte y Saito-Quezada, comunicación personal), se optó por realizar los índices tomando en cuenta el Peso blando (*B*) como representante de la parte somática sin contar la gónada-glándula digestiva (*G*):

$$IGSB = 100G(B-G)^{-1}$$

Donde *IGSB* es el índice gonadosomático empleando el peso blando pero restando el peso de la gónada-glándula digestiva. *G* es el peso de la gónada-glándula digestiva y *B* el peso blando.

#### 7.4.5.3 Temperatura del mar

El factor ambiental que más se menciona en la literatura como decisivo para provocar el desove es la temperatura del agua (Arreola-Hernández, 1997). Por otro lado resulta importante relacional este parámetro con las pruebas de validación y de este modo conocer su influencia en la formación de las marcas de crecimiento (Gluyas-Millán y Martínez-Quiroz, 2010). Por lo que los datos de temperatura superficial del mar se relacionaron con los datos obtenidos de los métodos antes mencionados.

No en todos los meses se pudo tomar la temperatura del mar, en estos casos se recurrió al Boletín Hidroclimático de los mares de México emitido por el Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA) de Agosto de 2013 a Octubre 2014, la temperatura de noviembre de 2014 aun no se encuentra disponible. Cabe señalar que en el boletín hidroclimático se presentan los promedios mensuales de temperatura superficial del mar.

#### 7.4.6 Métodos para evaluar el Crecimiento

Para el análisis de poblaciones conviene expresar el crecimiento en forma de una expresión matemática. Es necesario obtener una expresión que de él tamaño del organismo (en longitud o en peso) a una edad determinada; esta expresión debe estar acorde con los datos observados y debe tener una forma matemática que pueda ser incorporada con suficiente facilidad en expresiones utilizadas en el análisis de poblaciones (Gulland, 1971). En este sentido se han desarrollado diversos modelos matemáticos que describen el crecimiento individual de los organismos.

Es importante tener en cuenta que el crecimiento de los individuos de las especies explotadas es acelerado cuando son jóvenes y se va haciendo progresivamente más lento al aumentar la edad. Este patrón puede ser descrito matemáticamente por varios modelos de crecimiento comunes como el Logístico (forma sigmoidea antisimétrica) u otros un poco más sofisticados como el de Gompertz (de forma sigmoidea no antisimétrica) o el de von Bertalanffy (Gómez-Márquez, 1994; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005). Estos modelos, mismos que fueron utilizados para describir el crecimiento de los organismos de este trabajo se presentan a continuación (los parámetros empleados ( $L_{\infty}$ ,  $K$  y  $t_0$ ) son los mismos en cada expresión matemática por lo que la descripción de éstos se incluye después de la presentación de los tres modelos de crecimiento):

##### 7.4.6.1 Modelo de crecimiento Logístico

Este modelo ha sido utilizado para el crecimiento poblacional pero también puede emplearse para modelar el crecimiento individual de los organismos. La función logística proporciona una representación matemática para la ley autocatalítica de la fisiología y la química (Salgado-Ugarte *et al.*, 2005), tiende a caracterizar bien el crecimiento cuando es relativamente lento en estadios tempranos de la vida (Griffiths *et al.*, 2010). La forma integral de su ecuación puede ser escrita como:

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

#### 7.4.6.2 Modelo de crecimiento de von Bertalanffy

Es un modelo matemático para el crecimiento individual que ha demostrado ser ajustable al crecimiento observado en la mayoría de las especies de organismos acuáticos. Este modelo considera la talla del cuerpo como una función de la edad (Sparre y Venema, 1997). Este modelo está dado por la siguiente ecuación:

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

#### 7.4.6.3 Modelo de crecimiento de Gompertz

Ricker (1979; en: Salgado-Ugarte *et al.*, 2005) menciona que si el decremento en la tasa instantánea de crecimiento es constante, esto conduce a un tipo de curva la cual fue originalmente propuesta por Gompertz (1825) para describir una porción de la distribución de edades en poblaciones humanas.

La función de Gompertz es otra curva sigmoidea con asíntotas tanto superior como inferior, un punto de inflexión pero mitades asimétricas. Esta curva expresa la tasa decreciente de crecimiento a través de las etapas adultas de la vida del organismo. Varios investigadores han interpretado a esta curva como el reflejo de dos diferentes tipos de factores reguladores durante el crecimiento (Salgado-Ugarte *et al.*, 2005).

La ecuación de Gompertz surge a partir de modelos de crecimiento autorregulados, donde la tasa de crecimiento decrece exponencialmente con el tiempo después de alcanzar el punto de inflexión (Katsanevakis y Maravelias, 2008; Casas *et al.*, 2010). La ecuación de Gompertz es usualmente expresada de la forma:

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

La curva de Gompertz permite generar asimetría alrededor del punto de inflexión y muestra crecimientos tempranos rápidos, pero unos valores más lentos en la medida que se aproxima a la asíntota, con un largo periodo de crecimiento lineal alrededor del punto de inflexión (Casas *et al.*, 2010).

Los parámetros empleados en los tres modelos se pueden describir como:

$L(t)$	Longitud a la edad $(t)$ .
$L_{\infty}$	Longitud promedio de un organismo "Infinitamente" viejo (Longitud asíntótica).
$K$	Tasa instantánea de crecimiento. "Parámetro de curvatura" que determina la rapidez con la que el individuo alcanza $L_{\infty}$ y es una constante relacionada con la tasa metabólica.
$t$	Edad a la longitud $L(t)$ .
$t_0$	El tiempo al cual la tasa de crecimiento es máxima. También es el punto de inflexión de la curva sigmoidea.

La constante  $(t_0)$  a veces llamado "parámetro de condición inicial", es el tiempo teórico en el cual el organismo inicia su crecimiento y carece de significado biológico, ya que el crecimiento comienza a nivel larval. Es la edad teórica a la cual el organismo tiene una longitud igual a cero. Los valores de este parámetro pueden ser positivos o negativos, su significado biológico no es fácil de interpretar (Ricker, 1975; en: Salgado-Ugarte *et al.*, 2005; Arzola-Sotelo, 2014).

Para la modelación del crecimiento los datos de longitud y edad individual se ajustaron a las funciones de crecimiento Logística, von Bertalanffy y Gompertz por métodos de regresión no lineal.



#### 7.4.7 Selección del mejor ajuste

La decisión para seleccionar el modelo de mejor ajuste para los datos se basó en los valores del coeficiente de determinación ajustado ( $R^2$  ajustada) y de la suma de residuos al cuadrado (SRC).

#### 7.4.8 Comparación de los parámetros de crecimiento

Para saber si las diferencias observadas entre los parámetros de crecimiento de machos y hembras fueron estadísticamente significativas se aplicó la prueba Multivariada de la  $T^2$  de Hotelling (Bernard, 1981; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005) y la prueba de razón de verosimilitud (Kimura, 1980; Haddon, 2001; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005) a los parámetros del modelo de von Bertalanffy. Los programas para realizar estas pruebas y un explicación del funcionamiento de éstas puede consultarse en Salgado-Ugarte *et al.* (2005).

## VIII. RESULTADOS

### 8.1 Proporción sexual

De Agosto de 2013 a Noviembre de 2014 se realizaron 12 salidas a la zona de estudio en las que se colectó un total de 363 individuos de la especie *O. pseudodon*, de los cuales 163 fueron hembras, 199 fueron machos y un organismo al cual no se le pudo identificar el sexo. La proporción sexual de todo el periodo muestreado fue 0.82H:1M, es decir, aproximadamente 4 hembras por cada 5 machos. De la prueba  $\chi^2$  se obtuvo que la proporción sexual presenta diferencias estadísticamente significativas ( $\chi^2 = 3.58$ ,  $P < 0.1$ ), sin embargo, ésta diferencia no se aleja mucho de la proporción 1:1 (Figura 5).

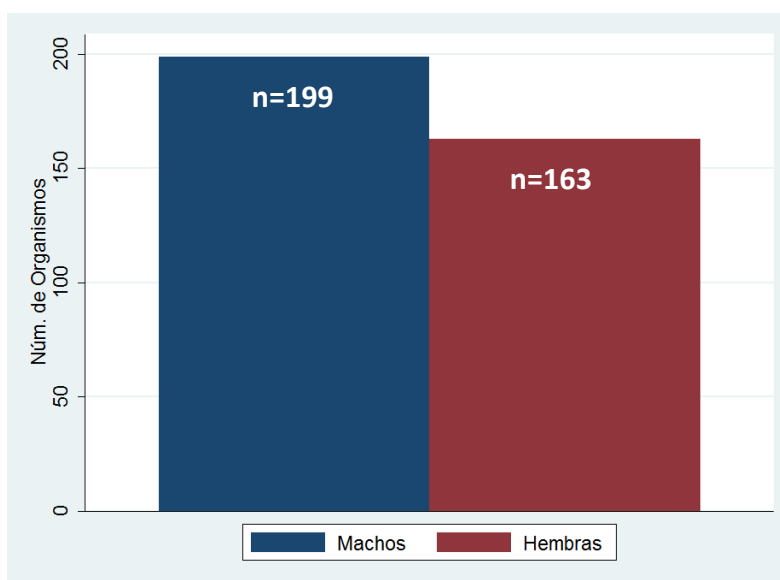


Figura 5. Frecuencia total de organismos de *O. pseudodon* en cada sexo.

En la Figura 6 se muestra un esquema de la proporción sexual de cada mes. Se encontraron diferencias significativas en la proporción 1:1 de machos y hembras en los meses de Agosto y Octubre de 2013, Enero, Octubre y Noviembre de 2014. En la Tabla 3 están las proporciones sexuales junto con el resultado de la prueba de  $\chi^2$  y el valor correspondiente de  $P$ .

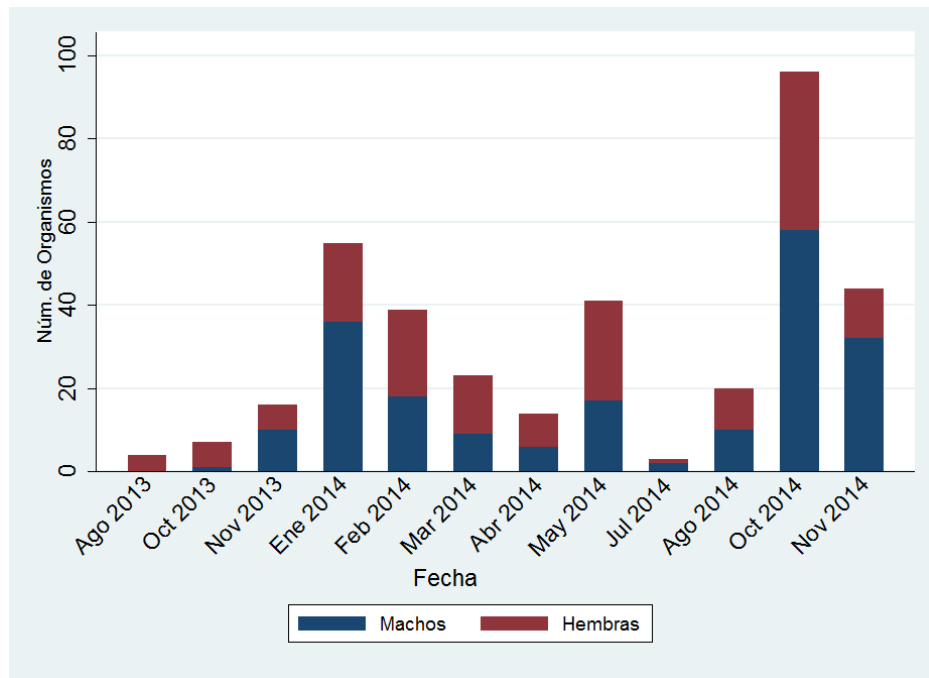


Figura 6. Frecuencia mensual de organismos de *O. pseudodon*, discriminando por sexo.

Tabla 3. Proporción sexual del caracol marino *O. pseudodon* de la Región Marina Prioritaria # 35 Puerto Ángel – Mazunte, para cada mes de estudio.

Mes	Machos	Hembras	Proporción sexual	$\chi^2$	P
Ago. 2013	0	4	0	4	0.045
Oct. 2013	1	6	1M:6H	3.5	0.058
Nov. 2013	10	6	1M:0.6H	1	0.31
Ene. 2014	36	19	1M:0.52H	5.25	0.021
Feb. 2014	18	21	1M:1.16H	0.23	0.63
Marzo 2014	9	14	1M:1.55H	1.08	0.29
Abril 2014	6	8	1M:1.33H	0.28	0.59
Mayo 2014	17	24	1M:1.41H	1.19	0.27
Julio 2014	2	1	1M:0.5H	0.33	0.56
Ago. 2014	10	10	1M:1H	0	1
Oct. 2014	58	38	1M:0.65H	4.16	0.04
Nov. 2014	32	12	1M:0.37H	9.09	0.0025
Total	199	163	1M:0.82H	3.58	0.058

## 8.2 Estructura de tallas

La estructura de tallas para el total de organismos de *O. pseudodon* presentó una distribución multimodal. El EDK para la distribución de longitud total se realizó aplicando la regla empírica de la mitad de la amplitud de banda “óptima” de Silverman (0.07), dando como resultado una distribución con diez modas (Figura 7).

Ya que los valores de nivel y dispersión convencionales (media, mediana, desviación estándar) no representan adecuadamente a estos datos, por tener una distribución que no es normal, se presenta una tabla donde se pueden observar el número de modas y los valores correspondientes de longitud total (cm) para cada una de ellas; para las distribuciones de machos, hembras y ambos (Tabla 4).

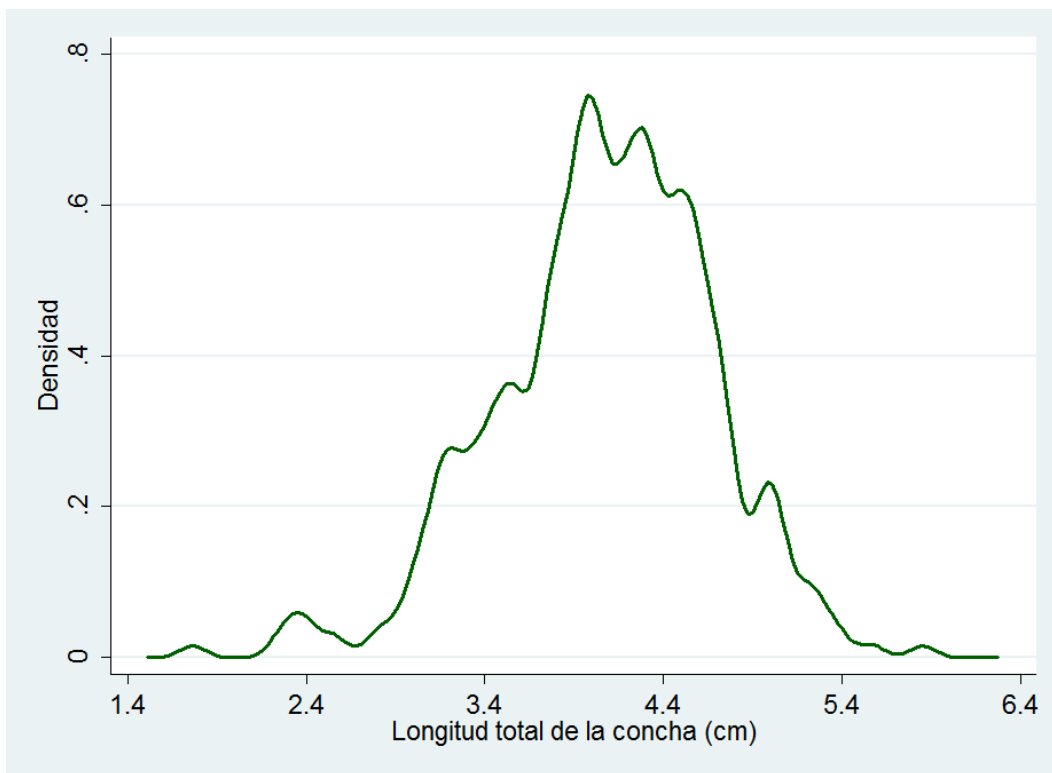


Figura 7. EDK utilizando la mitad de la amplitud “óptima” de Silverman ( $b = 0.07$ ), para el total de datos de longitud total de *O. pseudodon* ( $m=10, k=6$ ).

Revisando la distribución para cada sexo se encontró que en ambos fue multimodal. Para machos se observaron 7 modas y en hembras 8 (Figura 8). En la Tabla 4 se muestran los valores de longitud correspondientes a cada moda. En la Figura 8 se puede observar como la distribución de tallas de hembras es más amplia y en ambos EDKs se puede apreciar un sesgo negativo, es decir que los datos tienden a acercarse a valores altos.

Solo como referencia se mencionan las medidas de peso y talla máximos y mínimos de los individuos para cada sexo. En hembras el individuo con los valores mínimos de talla y peso se observó en el mes de Noviembre de 2013 teniendo 1.8 cm de y 1.528g respectivamente, mientras que los máximos se registraron en el mes de Febrero de 2014 los cuales fueron de 5.868cm y 62.598g. En machos los valores mínimos de talla y peso correspondieron a un individuo con 2.3cm y 3.6g en Enero de 2014, los valores máximos fueron 5.094cm y 36.5g para Febrero de 2014.

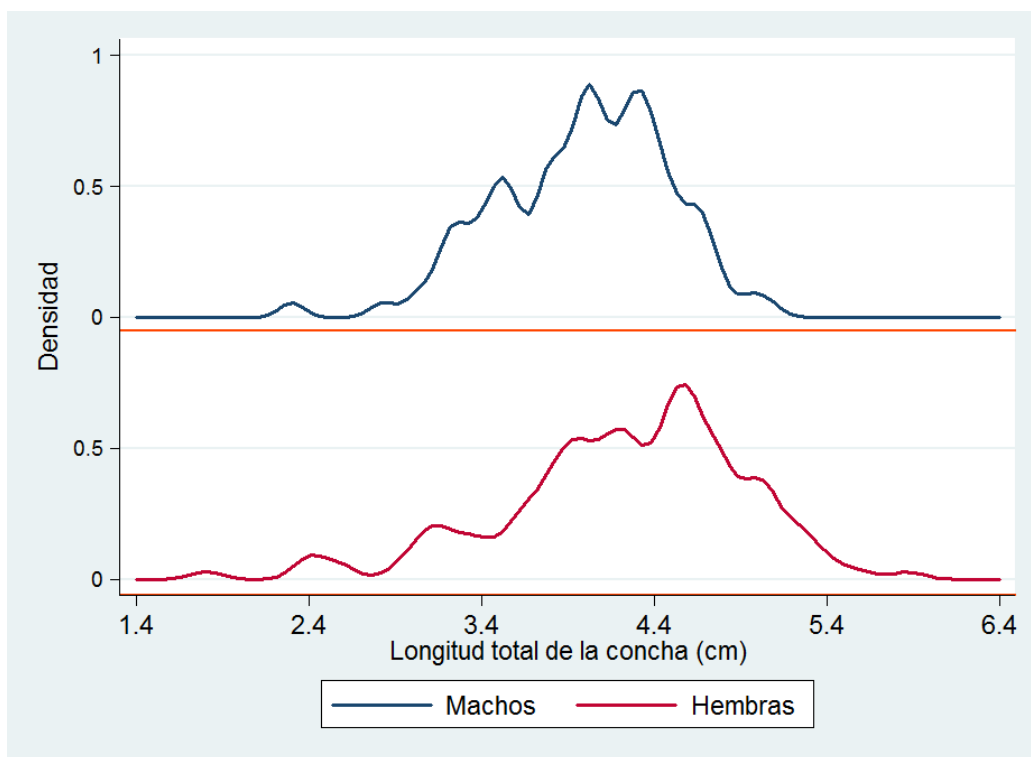


Figura 8. Distribución de tallas para machos y hembras por medio de EDKs, utilizando la mitad de la amplitud “óptima” de Silverman ( $b = 0.07$  y  $b=0.09$  respectivamente).

Tabla 4. Valores de las modas (cm) de la distribución de machos, hembras y ambos.

Moda	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Sexo</b>										
<b>Machos</b>	2.26	2.82	3.24	3.5	4	4.28	4.98			
<b>Hembras</b>	1.8	2.44	3.16	3.92	4.21	4.57	5	5.86		
<b>Ambos</b>	1.76	2.35	3.22	3.52	3.97	4.28	4.50	4.98	5.54	5.85

Como un detalle adicional se empleó un “diagrama de violín”. Éste es la combinación de un EDK y un diagrama de caja y bigotes. Cabe señalar que el ancho de banda que emplea el EDK es la óptima de Silverman, a diferencia de los EDKs anteriores que fueron contruidos aplicando la regla empírica. Se puede ver un sesgo negativo en ambos casos y, por la multimodalidad de los datos, el diagrama de caja y bigotes resulta ser de poca utilidad (Figura 9).

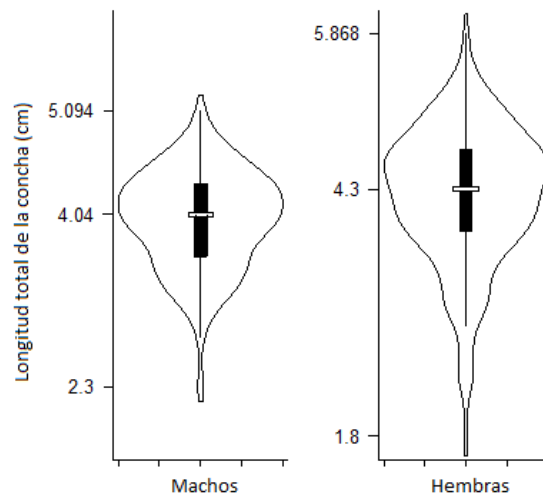


Figura 9. Diagrama de violín para los datos de tallas para machos y hembras.

De la prueba de Kolmogorov-Smirnov se obtuvo que  $D_{\max} = 0.25 \gg D_{0.05} = 0.14$  por lo tanto se rechaza  $H_0$ , por lo que las muestras proceden de poblaciones con distribuciones diferentes, es decir, las distribuciones de tallas de machos y hembras son diferentes.

### 8.3 Relación Peso – Longitud

Se analizaron un total de 363 caracoles (199 machos y 163 hembras). Las relaciones peso-longitud por regresión lineal (en escala logarítmica) para machos y hembras se muestran en la Figura 10, y en la Figura 11 se muestran los de la regresión no lineal para el total de los datos. En ambas regresiones se obtuvieron los valores del coeficiente de determinación (Tabla 5) y, debido a que fue un valor muy cercano a 1, indicó una buena correlación entre los datos. El coeficiente de determinación indica además un mejor ajuste para la regresión no lineal. Por lo tanto estos modelos de regresión resultan apropiados para hacer inferencias de talla y peso. El resultado de la prueba de  $t$  indicó que los resultados son estadísticamente significativos ( $P < 0.05$ ), tanto en la regresión lineal como no lineal.

Tabla 5. Valores de la relación peso-longitud de *O. pseudodon*.

Sexo	Regresión Lineal			Regresión no Lineal			
	a	b	R <sup>2</sup>	a	b	R <sup>2</sup>	n
<b>Machos</b>	-0.87	2.77	0.952	0.47	2.68	0.994	199
	$t=-14.43$	$t=62.8$		$t=12.53$	$t=48.75$		
	$P=0.000$	$P=0.000$		$P=0.000$	$P=0.000$		
<b>Hembras</b>	-1.01	2.85	0.969	0.41	2.77	0.992	163
	$t=-17.54$	$t=70.91$		$t=10.95$	$t=46.9$		
	$P=0.000$	$P=0.000$		$P=0.000$	$P=0.000$		
<b>Ambos</b>	-0.94	2.81	0.962	0.43	2.73	0.993	363
	$t=-23.09$	$t=96.66$		$t=18.07$	$t=74.17$		
	$P=0.000$	$P=0.000$		$P=0.000$	$P=0.000$		

De la regresión lineal se pudo observar que hembras y machos presentaron un crecimiento en longitud mayor al aumento en peso. Esta condición es considerada como una relación alométrica negativa ( $b < 3$ ). La matriz de correlaciones para los datos transformados de hembras, machos y ambos se presenta en la Tabla 6. Se puede ver en la matriz que las correlaciones son muy fuertes ( $> 0.97$ ). Éste coeficiente, al tener valores positivos, señala que la relación es directa y por lo tanto, la pendiente es positiva.

Tabla 6. Correlación entre el Peso y la Longitud (logaritmos) de *O. pseudodon*

	Log P. M	Log P. H	Log P.
Log L. M	0.9759		
Log L. H		0.9844	
Log L.			0.9812

L= Longitud, P= Peso, M= Machos y H= Hembras

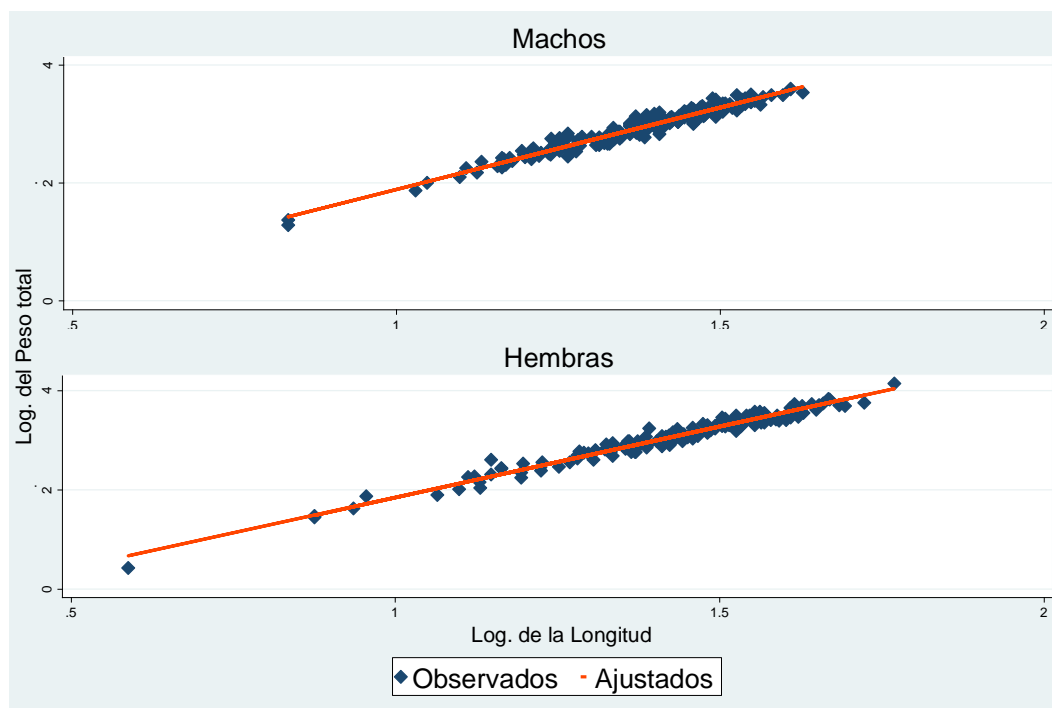


Figura 10. Diagrama de dispersión y ajuste lineal entre los valores logarítmicos del peso total y la longitud total de *O. pseudodon*.



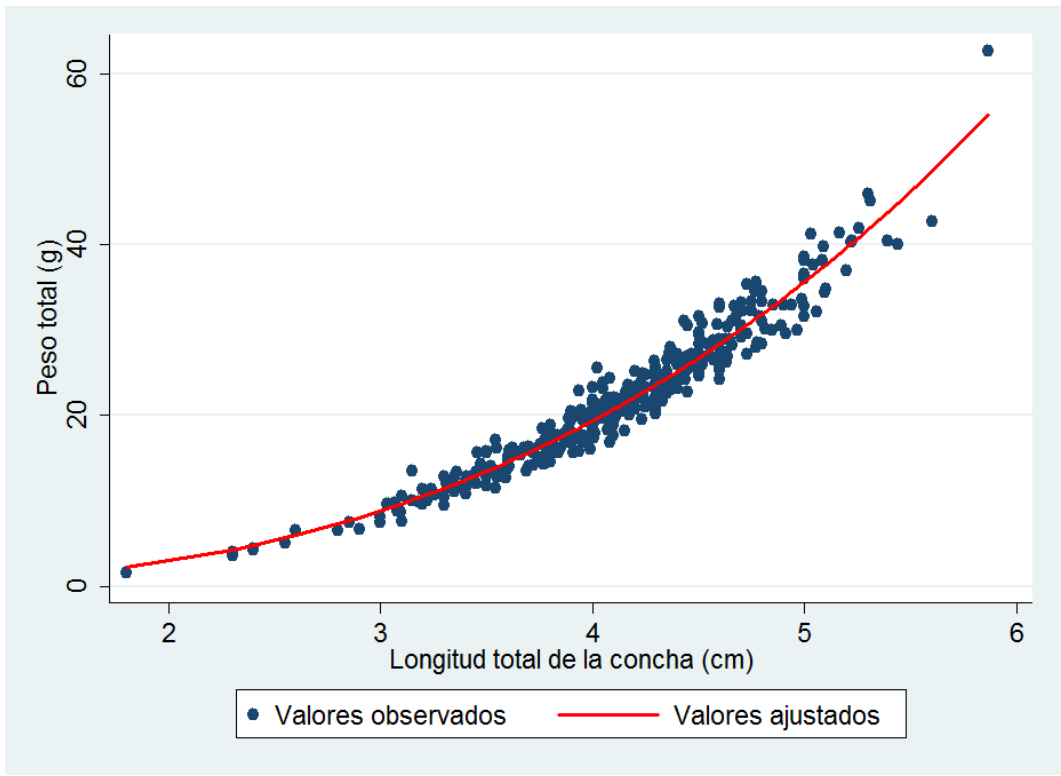


Figura 11. Diagrama que ilustra la relación no lineal entre el peso y la talla de *O. pseudodon*.

## 8. 4 Edad y validación de la periodicidad

### 8.4.1 Características del opérculo

Después de la limpieza del opérculo se pudo notar que la cara interna posee un labro que rodea todo el contorno del opérculo, este labro presenta un engrosamiento de color marrón siempre en el lado izquierdo. Dentro del área delimitada por el labio se encuentra una zona color ocre que puede ir desde tonos amarillentos hasta el pardo, en esta área se pueden notar unos pliegues por los cuales se liga el opérculo al pie del caracol y al disco opercular. Estos pliegues no deben confundirse con las marcas de crecimiento, éstas se notan mejor por la cara externa del opérculo.

Toda la cara interna del opérculo, incluido el labro, presenta un brillo característico dado por la capa barnizada o brillante del propio opérculo (Figura 12 A). La cara externa del opérculo es mayormente color marrón sin presencia de brillo, analizando este lado del opérculo con luz reflejada se pueden observar diferentes tipos de líneas perpendiculares al eje principal del opérculo. Un criterio para poder identificar las marcas periódicas de crecimiento es que se presentan en forma de hundimientos o surcos que van del lado del labro (lado derecho al girar el opérculo) hasta la parte baja del lado izquierdo (Figura 12 B); a diferencia de otras líneas no periódicas que se encuentran al nivel de la superficie y que no siguen una trayectoria completa (de lado a lado) y son de tonos más claros.

Con luz transmitida y observando desde la cara externa del opérculo se identificaron más fácilmente las marcas periódicas. Se presentan bandas hialinas y opacas, una banda hialina se presenta siempre antecediendo a una opaca. El conjunto de una banda hialina y una opaca ha sido denominado como *annulus* (anillo) (Gluyas-Millán y Martínez-Quiroz, 2010). El conteo de la banda opaca se utilizó para estimar la edad. La banda opaca fue siempre de proporción más delgada que la hialina (Figura 12 C), esta última banda fue disminuyendo su tamaño en longitud conforme el *annulus* se acercaban al borde, pero la banda opaca conservó casi siempre las mismas dimensiones. La relación entre la longitud total de la concha y la longitud del opérculo se evaluó por medio de un análisis de regresión lineal. El valor del coeficiente de determinación ( $R^2= 0.8102$ ) indicó una buena relación lo que muestra que existe una fuerte relación entre el crecimiento de ambas estructuras.

Durante el periodo de muestreo se analizaron un total de 363 opérculos en los cuales se lograron identificar bandas hialinas y opacas por medio de la observación bajo luz transmitida. No fue posible cuantificar la cantidad de anillos en 18 opérculos principalmente por dos motivos: 1) Presencia de malformaciones en la cara externa del opérculo. Estas malformaciones se atribuyen a rápidas regeneraciones del opérculo después de una posible ruptura (causada posiblemente por el ataque de depredadores) y 2) Opérculos rotos no regenerados, haya sido por el manejo o porque así fueron colectados. Por lo que solo fue posible contar la cantidad de anillos en 345 opérculos, sin embargo, para los otros 18 opérculos si fue posible la identificación del tipo de borde. Un ejemplo de este tipo de anomalías se presenta en la Figura 12 D. En los opérculos se lograron identificar de 0 a 12 marcas periódicas de crecimiento o *annuli*.

Los organismos con la mayor cantidad de anillos fueron los más escasos, a tal grado que solo hubo un organismo con 9 anillos, dos con 10 anillos, uno con 12 anillos y no hubo individuos que contaran con 11 anillos. La máxima cantidad de anillos para machos fue de 7 y para hembras 12. La relación de la cantidad de anillos con la longitud promedio de la concha y la frecuencia de organismos se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7. Longitud promedio de *O. pseudodon* para cada anillo.

Anillo	Longitud promedio	Frecuencia
0	2.8±0.41	23
1	3.3±0.19	33
2	3.6±0.23	45
3	4.0±0.19	65
4	4.2±0.22	70
5	4.4±0.21	52
6	4.7±0.2	29
7	4.9±0.18	20
8	5.3±0.1	4
9	5.03	1
10	5.45±0.21	2
11	-	0
12	5.92	1
<b>Total</b>		<b>345</b>

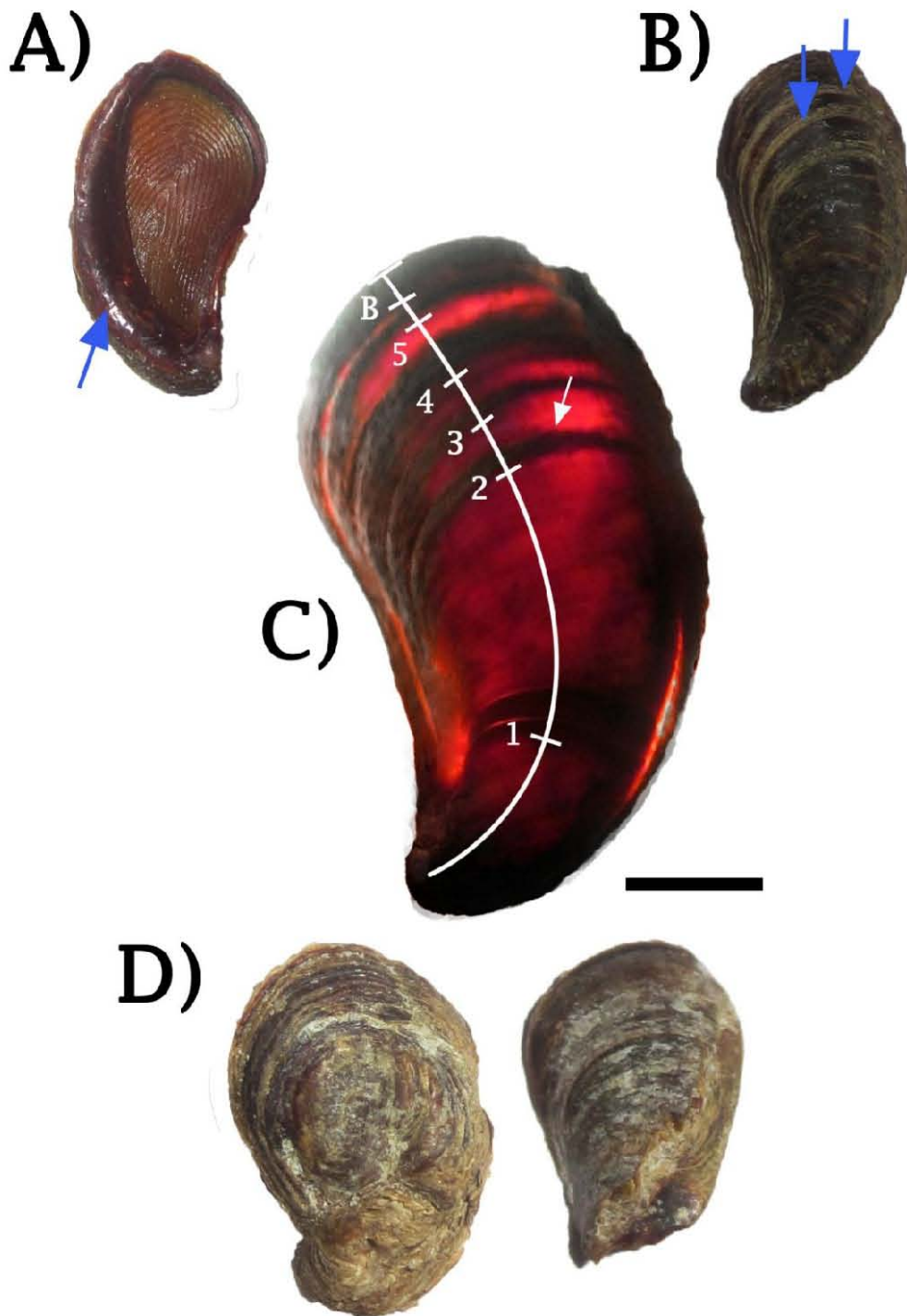


Figura 12. Opérculo de *O. pseudodon* en diferentes situaciones. A) La flecha señala el labro. Se observan los pliegues que unen al opérculo con el pie del caracol; B) Las flechas señalan las marcas periódicas vistas con luz reflejada; C) Opérculo observado con luz transmitida. Se señalan los anillos observados, en este caso 5 anillos y el borde. La flecha señala una banda opaca; D) Ejemplo de los opérculos a los que no se les pudo estimar la edad. A la izquierda malformación y a la derecha ruptura. La escala en la figura equivale a 0.25 cm.

#### 8.4.2 Análisis de la Característica del Borde del Opérculo

De las dos lecturas independientes para observar la característica del borde del opérculo (presencia de marca hialina u opaca) se obtuvo una coincidencia del 74.4% (igual a 270 opérculos), 80 opérculos con borde hialino y 190 con borde opaco.

El patrón de variación de la característica del borde del opérculo fue sinusoidal al graficarse con los meses del periodo de colecta (Figura 13). Con un máximo en la proporción de borde hialino en los meses de Febrero y Marzo del 2014 ( $> 67\%$ ); y una mínima en Noviembre de 2013 (8.33%) y de Julio a Noviembre del 2014 ( $< 13.04\%$ ).

A pesar de que en los demás meses del año 2013 no es claro el comportamiento del borde, la cantidad de opérculos con borde hialino fue  $< 50\%$ . El máximo en la proporción del borde opaco se da en los meses de Noviembre de 2013 (91.67%) y de Julio a Noviembre del 2014 ( $> 86\%$ ) evidentemente inverso a lo que ocurre en el borde hialino. Es notorio que durante el periodo de estudio hubo una mayor proporción del bode opaco, ésta ocurrió en 10 de los 12 meses (Figura 13).

#### 8.4.3 Análisis del Incremento Marginal (IM)

Como se mencionó en la sección 7.4.4, para el Análisis del IM se seleccionó una submuestra de 214 opérculos de todas las medidas, excepto por los opérculos con cero marcas de crecimiento.

Con los datos del *IM* se obtuvo un grafico de la variación mensual de esta medida (Figura 14). Para mostrar el nivel de los datos del *IM* se eligió a la mediana por su resistencia ante valores extremos, en el grafico se señala con una línea color azul marino. Los valores máximos del *IM* se obtuvieron en Marzo (0.86mm) del 2014 y los menores en Agosto (0.32mm) y Noviembre (0.42mm) de 2013 así como de Julio a Octubre de 2014 ( $< 0.54\text{mm}$ ).

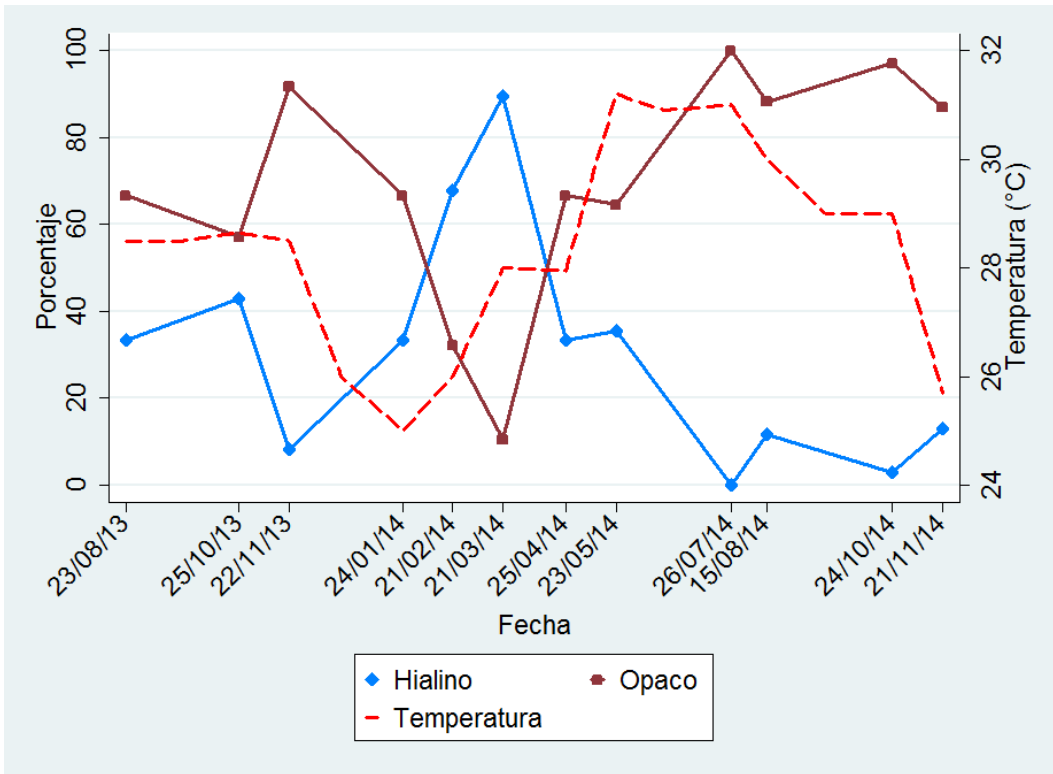


Figura 13. Proporción de bordes hialinos y opacos en cada mes.

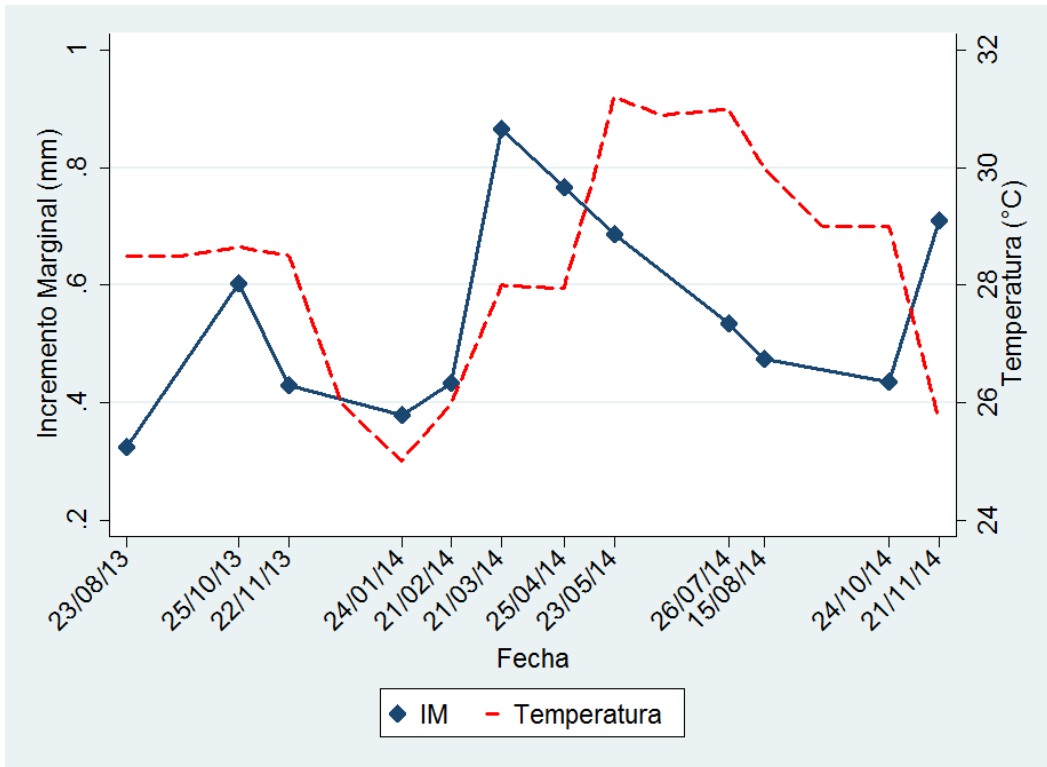


Figura 14. Variación mensual del Incremento Marginal. Valores medianos mensuales.

## 8.5 Factores de influencia en la formación de marcas periódicas

Para cada sitio de colecta la temperatura del agua se tomo en la superficie, a la mitad de la columna y en el fondo, sin embargo, entre la temperatura superficial e interna del agua no hubo una diferencia muy marcada. Esto se debe a que en la zona costera existe una mezcla continua del agua por medio del oleaje y el constante abatimiento del agua contra las rocas. Por tal motivo solo se presentan los datos de la temperatura superficial del mar. En las fechas en que no se pudo medir este parámetro se colocaron las temperaturas consultadas en el Boletín Hidroclimático emitido por INAPESCA.

Al comparar la variación en la proporción mensual de bordes hialinos y opacos con la temperatura superficial del mar se ve que el comportamiento de la temperatura es muy similar a la variación del porcentaje del borde opaco. Los meses de mayores temperaturas corresponden a la proporción de más opérculos con borde opaco (Figura 13).

Los valores del *IGS* y *Kr* se graficaron contra los meses de muestreo obteniéndose así la Figura 15. En el caso del *IGS* los valores más altos se obtuvieron en Abril (18.39 %) y Julio de 2014 (19.67 %) cabe resaltar que en este último mes solo se obtuvieron tres ejemplares en la muestra. Los valores más bajos del *IGS* se dieron en Marzo, Mayo y Noviembre de 2014 (< 11.7 %).

El factor de condición indica el grado de "salud" de los organismos, de tal manera que el punto más alto representa la mejor condición. El factor de condición mostró los niveles más altos en Marzo 2014 (Mediana= 1.08), así como entre julio y agosto de 2014 ( $M > 1.07$ ). Los niveles más bajos del factor fueron entre Agosto y Noviembre de 2013 ( $M < 0.95$ ), así como en Enero, Febrero, Mayo y Noviembre de 2014 ( $M < 0.95$ ).

Comparando *IGS* y *Kr* se pueden observar patrones de relación negativa desde el mes de Marzo 2014 ya que el valor de *Kr* se eleva pero el valor del *IGS* decae, y de nuevo en Abril sucede en efecto contrario, el índice aumenta y el factor decae. En Mayo 2014 sucede que ambos índices bajan y ambos vuelven a subir en Julio 2014 para finalmente bajar ambos en Octubre 2014.

En la Figura 15 se observa como el periodo de Marzo, Abril y Mayo 2014 es clave en la reproducción de *Opeatostoma pseudodon*. Pevio al mes de Abril de 2014 el índice gonádico parece indicar una inactividad reproductiva, en Marzo 2014 el factor de condición se eleva pudiendo esto indicar que los organismos están preparándose con alimento para iniciar una mayor actividad gonádica. Esto se da el siguiente mes, en Abril, pues se ve claramente que como el índice gonadosomático alcanza el máximo valor del periodo de estudio, por otro lado, en este mismo mes la condición decae.

En el periodo de mayor IGS (Abril 2014) la temperatura superficial del mar no está en su máximo valor. No es sino hasta Mayo de 2014 que la temperatura alcanza sus máximos valores (31.2 °C en promedio), mes en el que ocurre un brusco decremento del IGS. El hecho de que en Mayo de 2014 el IGS disminuya tan repentinamente puede indicar que los organismos desovaron este mes. Por otro lado la época más fría parece obedecer a un reposo o inactividad gonádica, en esta misma época los valores del factor de condición muestran en general una bajo nivel (< 1) (Figura 15).

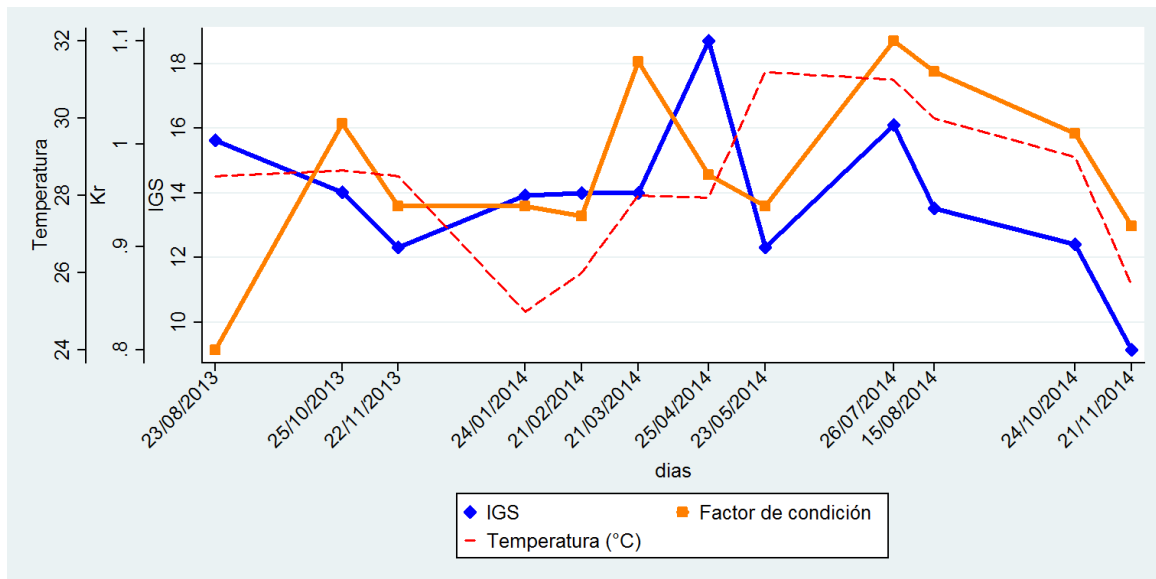


Figura 15. Variación mensual del IGS y Kr. Valores medianos mensuales.



## 8.6 Crecimiento

Debido a que de los análisis para determinar la periodicidad de formación de las marcas de crecimiento en el opérculo demostraron un ciclo anual, el conteo del total de anillos de cada opérculo reveló la edad de cada individuo (en años). La información de edad y longitud total de la concha fue ajustada a los modelos de crecimiento Logístico, von Bertalanffy y Gompertz por medio de regresión no lineal. Con base en los resultados de la prueba de Kolmogorov-Smirnov se optó por presentar los resultados de manera separada diferenciando machos, hembras y ambos.

Tal como se mencionó en la sección 7.4, del total de la muestra (363 opérculos) a 18 opérculos no se les pudo tomar la información de edad, por lo que los modelos de crecimiento trabajaron con los datos de edad de un total de 345 opérculos. Por otro lado al realizar los modelos por separado (machos y hembras) se omitió 1 dato que correspondió a un organismo al que no se le pudo identificar el sexo. Quedando un total de 187 machos y 157 hembras.

### 8.6.1 Modelo de crecimiento Logístico

Tabla 8. Parámetros obtenidos de la regresión no lineal para la función Logística

Sexo	Parámetros			SRC	R <sup>2</sup> ajustada	n
	$L_{\infty}$	$g$	$t_0$			
<b>Machos</b>	5.0	0.3349	-1.074	9.41	0.9968	187
<b>Hembras</b>	5.76	0.258	-0.089	9.27	0.9967	157
<b>Ambos</b>	5.77	0.2419	-0.244	19.51	0.9967	345

SRC = Suma de residuos al cuadrado

Los tres ajustes no lineales fueron estadísticamente significativos ( $P < 0.05$ ), pero la confiabilidad estadística para cada uno de los parámetros en los tres ajustes fue distinta. El ajuste no lineal para machos presentó una confiabilidad estadística en los tres parámetros  $L_{\infty}$ ,  $g$  y  $t_0$  ( $P < 0.05$ ), mientras que para hembras solo  $L_{\infty}$  y  $g$  fueron estadísticamente significativos, de la misma manera, para la regresión de los datos en conjunto solamente

$L_{\infty}$  y  $g$  fueron estadísticamente significativos. Los parámetros citados en la Tabla 8 se sustituyeron en la ecuación de crecimiento del modelo Logístico para machos, hembras y ambos. Éstas quedaron de la siguiente manera:

$$L_{(t)} = 5\text{cm}/(1 + \exp(-0.3349*(t+1.07))) \text{ para machos,}$$

$$L_{(t)} = 5.76\text{cm}/(1 + \exp(-0.258*(t+0.089))) \text{ para hembras y}$$

$$L_{(t)} = 5.77\text{cm}/(1 + \exp(-0.2419*(t+0.244))) \text{ para ambos.}$$

Estas expresiones fueron graficadas y las curvas correspondientes pueden verse en las Figuras 16 y 17. La Figura 16 muestra la curva para los datos conjuntos, una línea roja intermitente en el eje Y indica la longitud asintótica ( $L_{\infty}$ ), la línea curva color naranja indica los valores ajustados del modelo Logístico, mientras que los puntos indican los datos de longitud a cada edad determinada. En la Figura 17 se presentan las curvas de los datos ajustados a la función logística para cada sexo y para ambos.

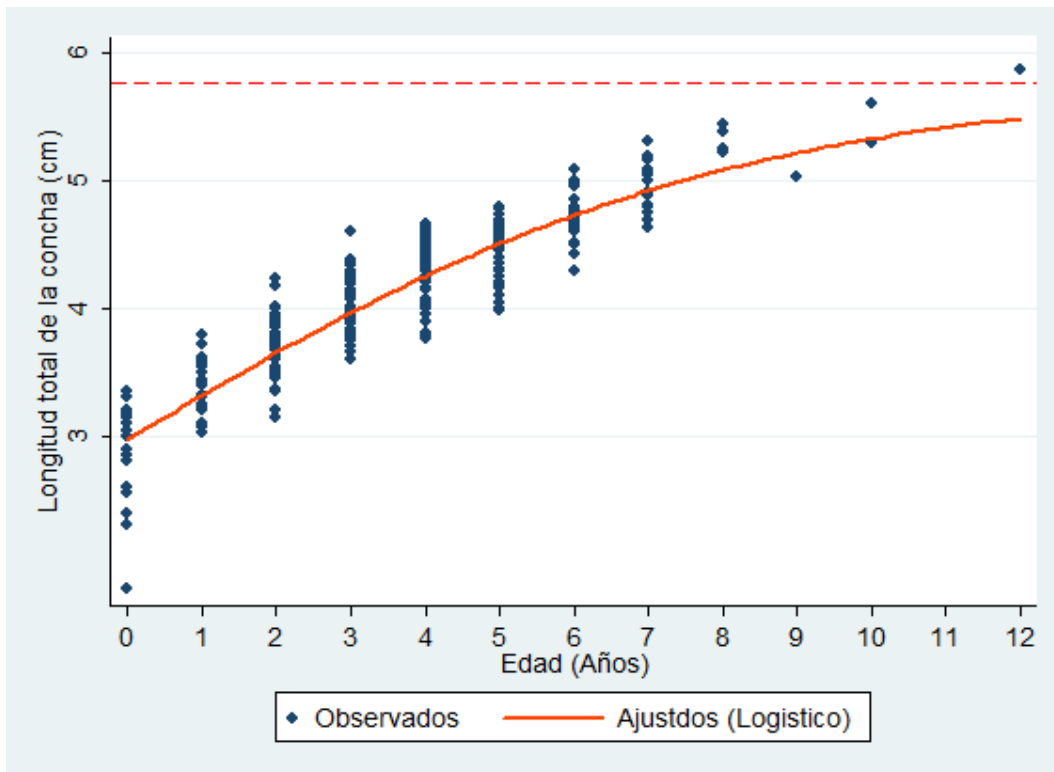


Figura 16. Curva de crecimiento Logística para los datos de edad y tallas de *O. pseudodon*.

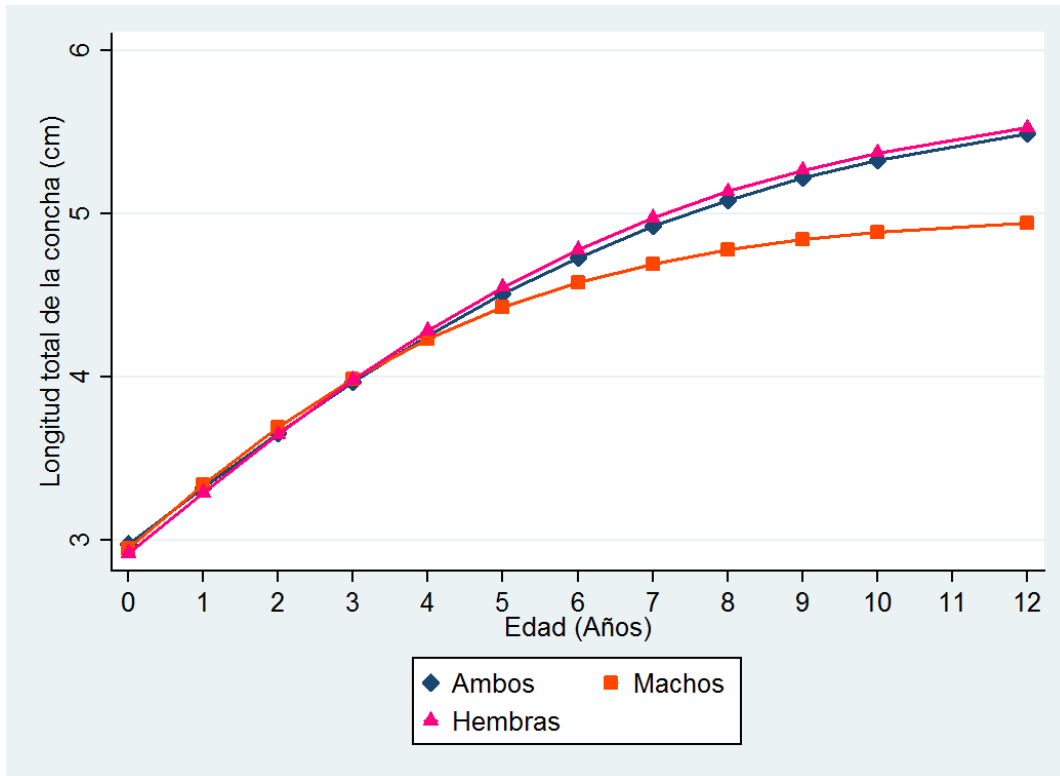


Figura 17. Curvas de crecimiento de la función Logística para los datos de edad y tallas de *O. pseudodon*. Para machos, hembras y ambos.

### 8.6.2 Modelo de crecimiento de von Bertalanffy

Tabla 9. Parámetros obtenidos de la regresión no lineal para la función de von Bertalanffy

Sexo	Parámetros			SRC	R <sup>2</sup> ajustada	n
	$L_{\infty}$	K	$t_0$			
Machos	5.38	0.188	-4.16	9.39	0.9968	187
Hembras	6.38	0.129	-4.61	8.91	0.9968	157
Ambos	6.48	0.116	-5.146	19.01	0.9967	345

**SRC = Suma de residuos al cuadrado**

El ajuste para la función de crecimiento de von Bertalanffy fue estadísticamente significativo tanto para el modelo en general como en cada uno de los parámetros

( $P < 0.05$ ). Los parámetros obtenidos se encuentran en la Tabla 9, estos fueron sustituidos en la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy para machos, hembras y ambos:

$$L_{(t)} = 5.38\text{cm} * (1 - \exp(-0.188 * (t + 4.16))) \text{ para machos,}$$

$$L_{(t)} = 6.38\text{cm} * (1 - \exp(-0.129 * (t + 4.61))) \text{ para hembras y}$$

$$L_{(t)} = 6.48\text{cm} * (1 - \exp(-0.116 * (t + 5.146))) \text{ para ambos.}$$

En la Figura 18 se puede observar la curva del modelo para los datos totales, mientras que en la Figura 19 se muestran por separado las curvas obtenidas para machos y hembras. De igual modo se marca la  $L_{\infty}$  con una línea roja intermitente en el eje de las ordenadas. Esta vez la curva que representa los valores ajustados al modelo de von Bertalanffy es de color verde.

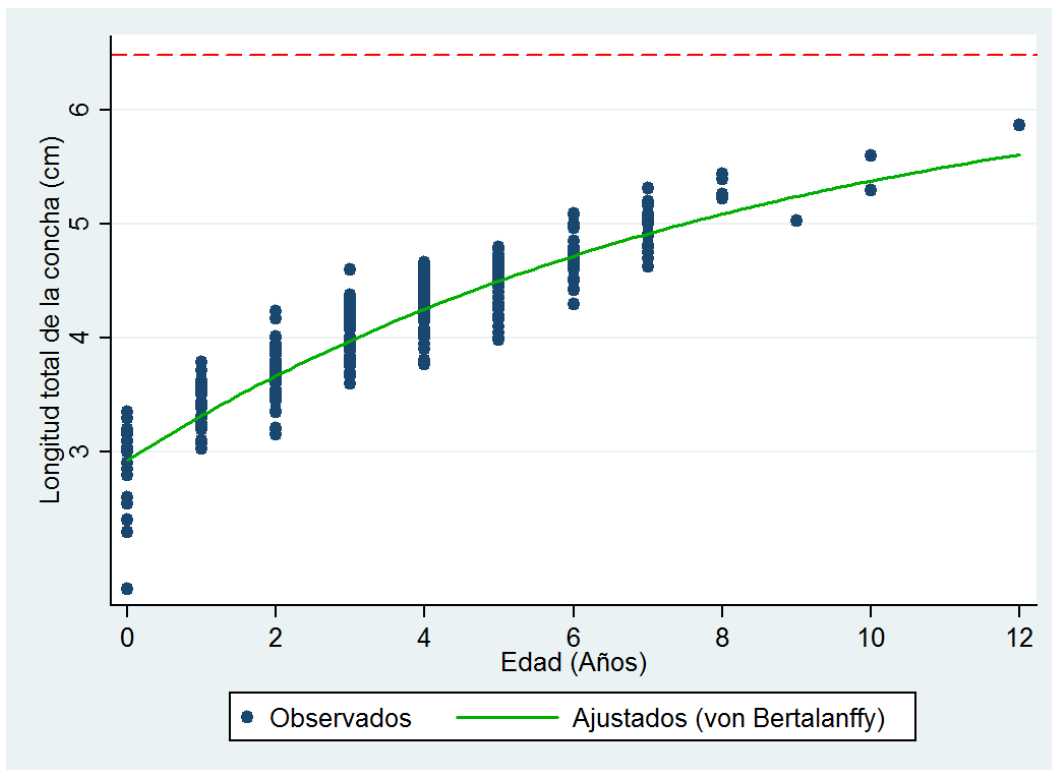


Figura 18. Curva de crecimiento de von Bertalanffy para los datos de edad y tallas de *Opeatostoma pseudodon*.

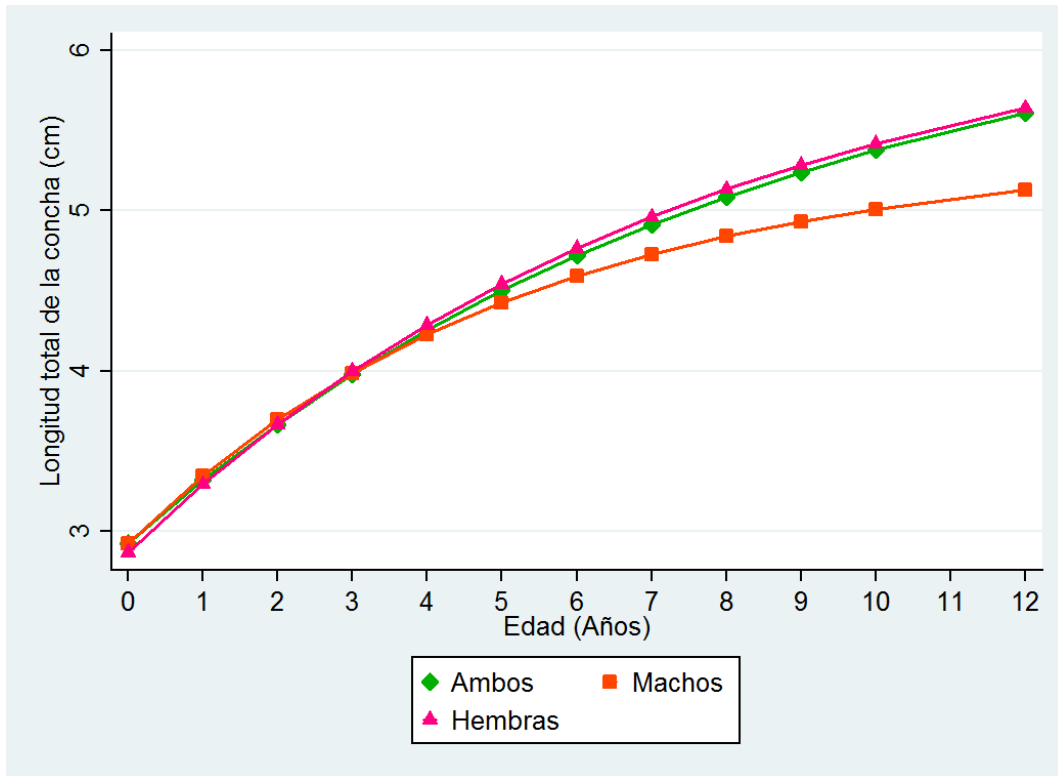


Figura 19. Curvas de crecimiento de von Bertalanffy de *O. pseudodon*. Para machos, hembras y ambos.

### 8.6.3 Modelo de crecimiento de Gompertz

Tabla 10. Parámetros obtenidos de la regresión no lineal para la función de Gompertz

Sexo	Parámetros			SRC	R <sup>2</sup> ajustada	n
	$L_{\infty}$	$g$	$t_0$			
Machos	5.154	0.261	-2.2	9.4	0.9968	187
Hembras	5.98	0.194	-1.63	9.08	0.9968	157
Ambos	6.02	0.179	-1.87	19.25	0.9967	345

**SRC = Suma de residuos al cuadrado**

El ajuste para la función de crecimiento de Gompertz fue estadísticamente significativo ( $P < 0.05$ ), así como la confiabilidad estadística de  $L_{\infty}$ ,  $g$  y  $t_0$  fue en todos los casos  $P < 0.05$ , tanto en el ajuste general como al ajustar los datos de machos y hembras

por separado. Los parámetros que se obtuvieron de las regresiones no lineales se enlistan en la Tabla 10, para machos, hembras y ambos. Estos fueron sustituidos en la ecuación de crecimiento de Gompertz para cada caso, éstas son:

$$L_{(t)} = 5.15\text{cm} \cdot \exp(-\exp(-0.261 \cdot (t+2.2))) \text{ para machos,}$$

$$L_{(t)} = 5.98\text{cm} \cdot \exp(-\exp(-0.194 \cdot (t+1.63))) \text{ para hembras y}$$

$$L_{(t)} = 6.02\text{cm} \cdot \exp(-\exp(-0.179 \cdot (t+1.87))) \text{ para ambos.}$$

En la Figura 20 se puede observar la curva del modelo de crecimiento de Gompertz para el ajuste general marcada con una línea color cian, en la parte superior se señala con una línea roja intermitente la longitud teórica de un organismo infinitamente viejo ( $L_{\infty}$ ), para este caso 6.02 cm. En la Figura 21 están representadas las curvas de crecimiento del modelo Gompertz para machos, hembras y ambos, identificadas con colores y figuras distintas (ver parte inferior del cuadro).

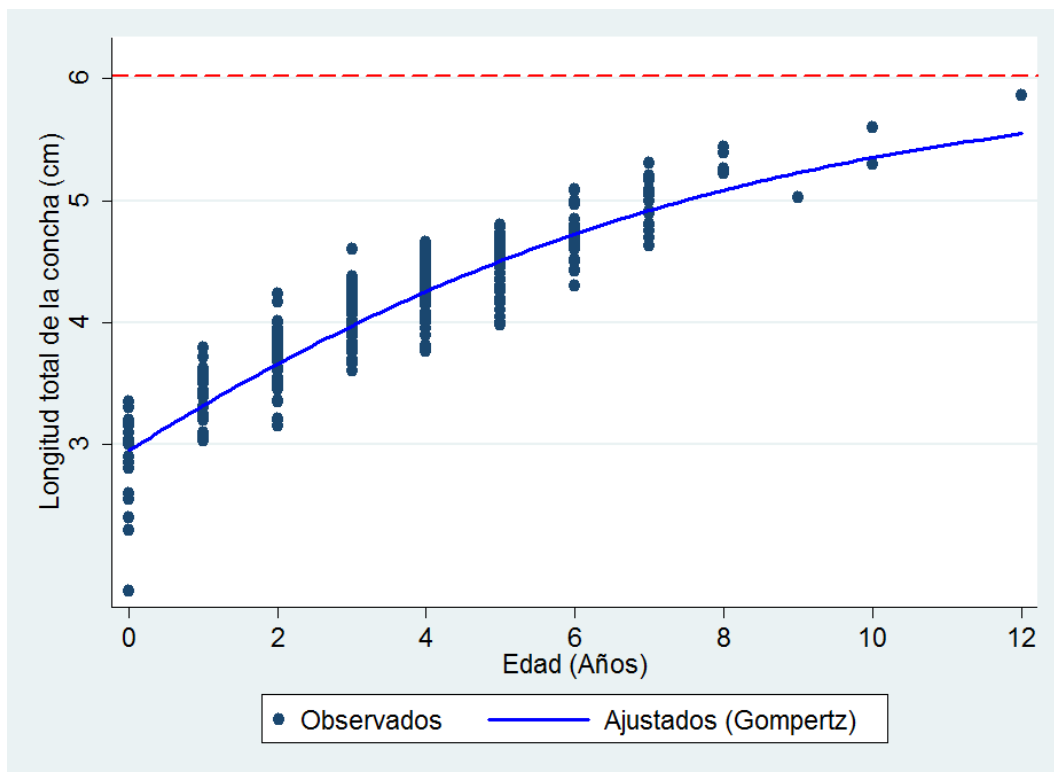


Figura 20. Curva del modelo de crecimiento Gompertz para *Opeatostoma pseudodon*.

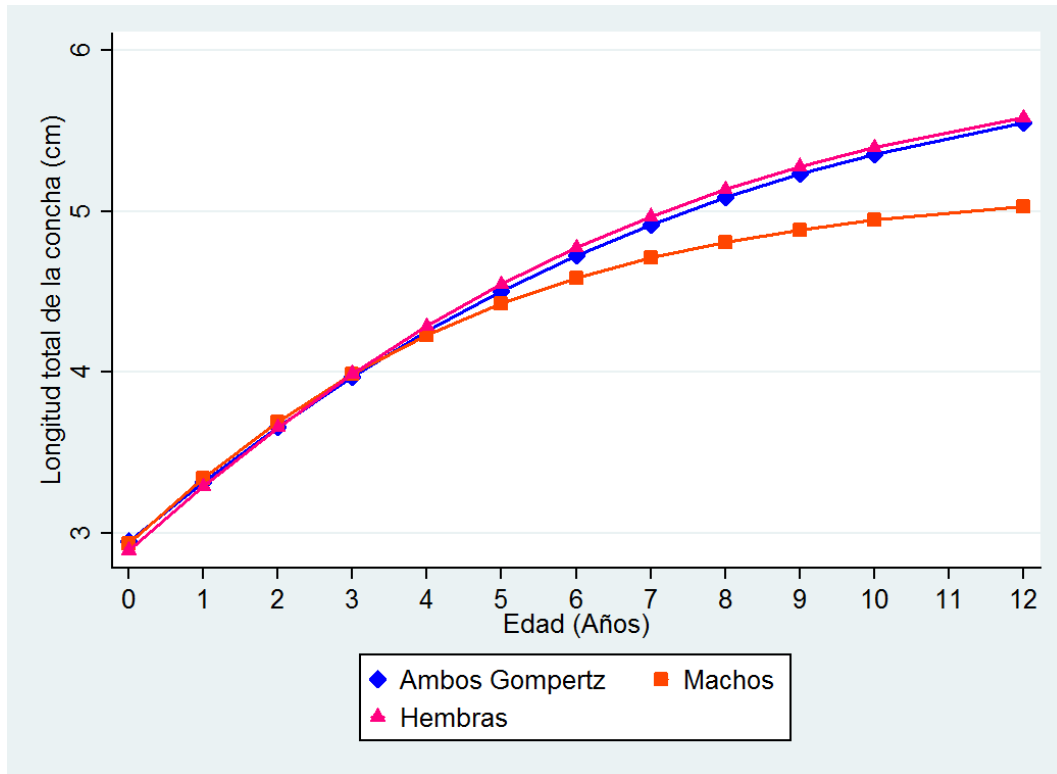


Figura 21. Curvas del modelo de crecimiento Gompertz. Para machos, hembras y ambos.

#### 8.6.4 Selección del modelo con mejor ajuste

Los valores para los criterios de selección del modelo que representa mejor los datos se muestran en la Tabla 11. De acuerdo con el coeficiente de determinación ajustada las tres funciones representan adecuadamente la relación entre el tamaño y la edad de *O. pseudodon*. Por otro lado, la suma de residuos al cuadrado tiene los valores ligeramente más bajos para el modelo de crecimiento de von Bertalanffy tanto para el modelo general como para los modelos separados de machos y hembras.

El modelo Logístico fue el que obtuvo los mayores valores del SRC quedando entonces en el tercer puesto para representar la relación entre el tamaño y la edad de *O. pseudodon*. Aunado a un mayor valor de SRC el modelo logístico presentó valores poco significativos en  $t_0$  tanto para el modelo general como para el de hembras.

Tabla 11. Valores de los diferentes criterios de selección de modelos

Modelo	Machos		Hembras		Ambos	
	R <sup>2</sup> Ajust.	SRC	R <sup>2</sup> Ajust.	SRC	R <sup>2</sup> Ajust.	SRC
Von Bertalanffy	0.9968	9.39	0.9968	8.91	0.9967	19.01
Gompertz	0.9968	9.4	0.9968	9.08	0.9967	19.25
Logístico	0.9968	9.41	0.9967	9.27	0.9967	19.51

En la Figura 22 se hace una comparación grafica de las tres funciones de crecimiento para los modelos generales. Se pueden notar las ligeras diferencias en los valores de la curva, donde la longitud asintótica es mayor para Bertalanffy (6.48 cm), seguida por el modelo Gompertz (6.02 cm) y por último el Logístico (5.77 cm).

En la Figura 23 se comparan las curvas para machos y hembras quedando nuevamente los valores del modelo de von Bertalanffy por arriba en ambos casos, seguida por Gompertz y por último las curvas del modelo Logístico.

Debido a lo anterior se seleccionó al modelo de crecimiento de von Bertalanffy como el modelo para representar la relación entre tamaño y edad tanto en el modelo general como para machos y hembras del caracol marino *Opeatostoma pseudodon* de Puerto Ángel, Oaxaca, México y el litoral adyacente.

Sustituyendo la edad deseada en la ecuación de von Bertalanffy se pueden obtener las longitudes teóricas que correspondan a esa edad (ver en el Apéndice II una tabla con la longitud teórica de 1 a 15 años). En la Figura 19 se puede notar como de la edad de 1 año hasta la edad de 4 años machos y hembras tienen un crecimiento aproximadamente similar y a partir de los 5 años el ritmo de crecimiento entre ambos sexos se va alejando.



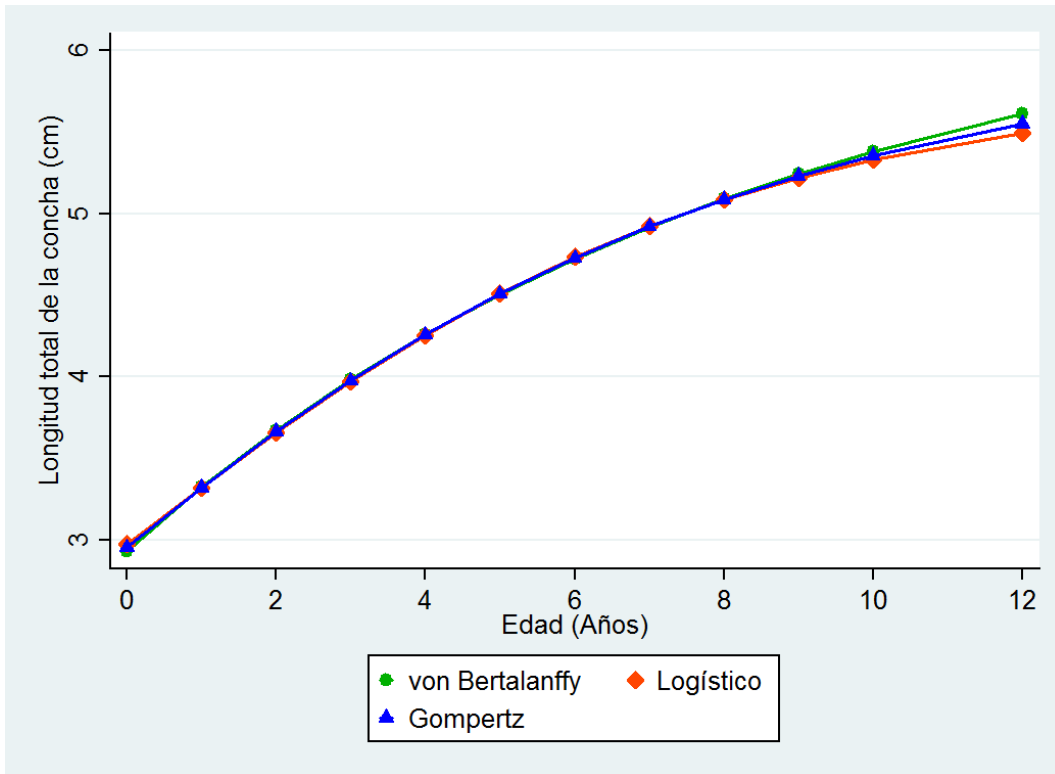


Figura 22. Comparación de las curvas de crecimiento para las tres funciones.

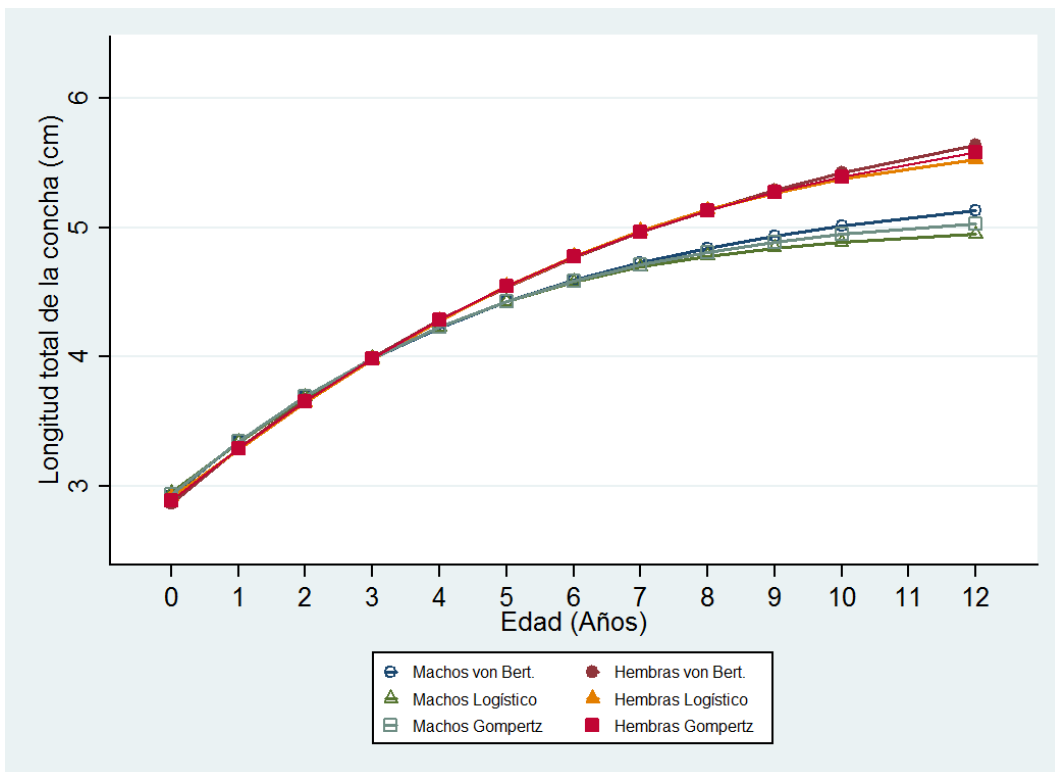


Figura 23. Comparación de las curvas de crecimiento para las tres funciones diferenciando machos y hembras.

## 8.7 Comparación de los parámetros de crecimiento

Para la comparación de los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy obtenidos para machos y hembras se realizó la prueba multivariada de la  $T^2$  de Hotelling y la prueba de Razón de verosimilitud.

### 8.7.1 $T^2$ de Hotelling

En la Tabla 12 se pueden observar los datos obtenidos de la prueba  $T^2$  por medio de los programas de Salgado-Ugarte et al. (2005). Como el valor calculado de  $T^2$  (2239.4) es mayor que el de tablas (11.58) se rechaza la hipótesis nula de que los vectores de la función de crecimiento de von Bertalanffy estimados para machos sea igual al vector de parámetros obtenidos para hembras. Ahora bien, en cuanto a la comparación parámetro por parámetro, debido a que ninguno contiene al cero en su intervalo de confianza los tres parámetros ( $L_{\infty}$ ,  $K$  y  $t_0$ ) son diferentes. Los valores críticos de  $F$  indican que el parámetro que tiene mayor influencia en la diferencia es  $L_{\infty}$ , luego  $K$  y finalmente  $t_0$ .

Tabla 12. Prueba  $T^2$  de Hotelling para la comparación las funciones de crecimiento de von Bertalanffy para machos y hembras de *O. pseudodon*

Matriz de varianza-covarianza (S)			Inversa de (S)		
0.1229	-0.0113	-0.1917	56.2122	416.4486	6.0905
	0.0012	0.0204		12312.0881	-464.0265
		0.3708			31.4520
[-0.9997 0.0590 0.4478] = [P1 - P2]'					
$T^2 = 2239.4084$		$T^2_{0.01; 3,340} = 11.5869$		$F_{0.01; 3,340} = 3.8397$	
Intervalo de confianza 99%					F Critica
-1.1288	$\leq L_{\infty 1} - L_{\infty 2} \leq$		-0.8705	229.9295	
0.046	$\leq K_1 - K_2 \leq$		0.072	79.5214	
0.2234	$\leq t_{01} - t_{02} \leq$		0.6722	15.2949	

### 8.7.2 Razón de verosimilitud

En la Tabla 13 se muestran los resultados de la prueba de razón de verosimilitud obtenidos, al igual que en  $T^2$ , a partir de los programas de Salgado-Ugarte *et al.*, (2005). La prueba indica que existe una diferencia significativa ( $P=0.004$ ) entre los modelos de machos y hembras, resultados que concuerdan con lo obtenido en la prueba  $T^2$  de Hotelling. Sin embargo este método no fue concluyente al comparar los parámetros por separado ( $P>0.05$  en todos los casos).

Tabla 13. Prueba de Razón de verosimilitud para la comparación las funciones de crecimiento de von Bertalanffy para machos y hembras de *Opeatostoma pseudodon*

Restricciones	Modelos	SRC	PRV	gl	P
<b>lineales</b>					
<b>Ninguna</b>	$L_{(t1)} = 5.39\text{cm}[1 - \exp\{-0.188*(t+4.165)\}]$ $L_{(t2)} = 6.39\text{cm}[1 - \exp\{-0.129*(t+6.613)\}]$	18.3			
$L_{\infty 1} = L_{\infty 2}$ $K_1 = K_2$ $t_{01} = t_{02}$	$L_{(t)} = 6.49\text{cm}[1 - \exp\{-0.117*(t+5.147)\}]$	19.01	13.1	3	0.004
$L_{\infty 1} = L_{\infty 2}$	$L_{(t1)} = 6.18\text{cm}[1 - \exp\{-0.122*(t+5.426)\}]$ $L_{(t2)} = 6.18\text{cm}[1 - \exp\{-0.142*(t+4.351)\}]$	18.44	2.65	1	0.103
$K_1 = K_2$	$L_{(t1)} = 5.87\text{cm}[1 - \exp\{-0.141*(t+5.013)\}]$ $L_{(t2)} = 6.2\text{cm}[1 - \exp\{-0.141*(t+4.358)\}]$	18.38	1.42	1	0.233
$t_{01} = t_{02}$	$L_{(t1)} = 5.54\text{cm}[1 - \exp\{-0.178*(t+4.478)\}]$ $L_{(t2)} = 6.3\text{cm}[1 - \exp\{-0.135*(t+4.478)\}]$	18.32	0.25	1	0.617

La información antes mencionada indica que existen diferencias significativas en cuanto al crecimiento de machos y de hembras, y según lo obtenido en el análisis de la  $T^2$  de Hotelling, es el mayor crecimiento de hembras el que causa más diferencias entre ambas muestras (dado por el valor de  $L_{\infty}$ ). Esto se puede observar en la Tabla 9 en la que se puede ver claramente la diferencia de este parámetro entre ambos sexos. En la Figura 19 se puede observar como por la influencia de estas diferencias de crecimiento las curvas de machos y hembras se separan, estando totalmente alejadas en los organismos más viejos.

## IX. DISCUSIÓN

En México se han realizado algunos pocos estudios sobre edad y crecimiento en gasterópodos marinos usando al opérculo como la estructura dura de la cual se extrae la información de la edad. Los esfuerzos en este sentido se han concentrado en la zona templada del país que corresponde a Baja California (Cupul-Magaña y Torres-Moye, 1996) y Baja California Sur (Gluyas-Millán *et al.*, 1999; Gluyas-Millán y Martínez-Quiroz, 2010; Saito-Quezada, 2010), siendo todos estos estudios enfocados al género *Astraea*. Como se puede observar, el uso del opérculo como fuente de información de la edad de los gasterópodos no ha sido muy amplio en nuestro país; sin embargo, este va en aumento, además de que los trabajos realizados en este ámbito son relativamente recientes.

Para *Opeatostoma pseudodon* no existen estudios previos de este tipo con los que se puedan comparar los resultados de este trabajo, tanto a nivel nacional como en algún otro lugar. Por otro lado, en la zona de estudio tampoco se encontraron antecedentes de estudios de edad y crecimiento que hayan utilizado al opérculo como referencia para la edad. Por lo cual se ha tratado de utilizar la información existente de estudios de edad y crecimiento de gasterópodos y otros moluscos marinos de México y otras partes, para analizar y comparar la información resultante de este trabajo.

### 9.1 Proporción sexual

De la proporción sexual se menciono anteriormente que la cantidad de machos resultó ser significativamente mayor que la de hembras, sin embargo, ésta diferencia no se aleja mucho de la proporción 1:1. Generalmente se asume que la proporción de sexos de una población es 1:1, aunque normalmente este no es el caso de los organismos capturados para pesquerías, las diferencias en las estrategias de muestreo y el comportamiento sexual pueden ser la causa, más que las diferencias reales de la población natural (Bravo-Olivas, 2008).

En cuanto a la proporción sexual los resultados obtenidos en este trabajo difieren de otros estudios realizados en gasterópodos ya que se reporta una proporción sexual sesgada hacia las hembras, se reporta que son éstas las más abundantes respecto de los machos, tal es el caso de algunos buccinos como: *Busycon perversum* (Santos-Valencia et al., 2011), *Busycon carica* (Power et al, 2009), *Busycon sinistrum*, *Busycotypus calanicalatus* y *Busycotypus spiratus* (Shalack, 2007; Walker et al., 2008). Tomando en cuenta la proporción sexual predominante por machos y agregando que son las hembras las que poseen tallas significativamente mayores, se puede pensar que debido a la mayor extracción de los organismos de tallas superiores, que en este caso serían predominante hembras, la cantidad de machos, de tallas más chicas y por lo tanto menos capturadas, es mayor.

Un comportamiento similar ha sido observado en los gasterópodos de la familia Melongenidae por Anderson et al. (1985) en Carolina del Sur (EUA), ellos mencionan que debido al significativamente mayor tamaño de las hembras, éstas son capturadas más desproporcionadamente que los machos (Shalack, 2007). En este sentido Cupul-Magaña y Torres-Moye (1996) mencionaron que en *Astraea undosa* la pesca selectiva alteró la proporción sexual, reduciendo el número de machos en los organismos más viejos, situación que podría explicar también el escaso o nulo número de machos de *O. pseudodon* entre los organismos más viejos.

Peemoeller y Stevens (2013) dicen que la mayor pesca en hembras (por tener mayores tallas) infla la proporción de machos en tallas más pequeñas, esto debido a que los pescadores dirigen su atención hacia las hembras y no hacia los machos. Esto, como lo menciona Jiménez-Ordaz (2005), corresponde a una dinámica de Ricker (1975), que consiste en que las abundancias decrecen conforme aumenta la talla, por lo que las tallas mayores son menos abundantes y mucho menores o nulas cuando existe una mayor explotación.

La mayor predominancia de la proporción sexual por hembras, que es de Febrero a Mayo del 2014, coincide con la época donde se presentan los más altos niveles del IGS (Abril 2014; Figura 15) aunque esta diferencia no es estadísticamente significativa. Además es en este periodo en el que se observan los valores más altos del Incremento Marginal y de la proporción de organismos con borde hialino en el opérculo. En el mes de Julio la

proporción favorece a machos pero es un dato dudoso por la mínima cantidad de organismos muestreados durante ese mes (3 individuos).

La proporción sexual observada en Octubre de 2013 (6H:1M) parece contradictoria con la encontrada en Octubre 2014 (0.67H:1M) esto puede deberse a la poca cantidad de organismos muestreados durante el mes de Octubre de 2013. Más confiable es la proporción sexual observada en Octubre de 2014 por el tamaño de la muestra (97 individuos). Durante ambos años de estudio se presentó una temporada de huracanes a mediados del mes de Septiembre lo que produjo un fenómeno conocido localmente como "mar de fondo". Esto limita el trabajo de los buzos debido a la poca visibilidad, lo que puede explicar la baja cantidad de organismos extraída en Octubre de 2013, probablemente en Octubre de 2014 esta situación no ocurrió con la misma intensidad ó ya no estaba presente.

## 9.2 Estructura de tallas

Para el análisis de la distribución de un conjunto de datos se recurre usualmente al histograma, éste método, como ya han indicado anteriormente varios autores, presenta varias complicaciones que lo hacen poco adecuado para estimar la distribución de una población, para hacer inferencias ni para hacer comparaciones entre distribuciones (Salgado-Ugarte, 2002). Por tal motivo en el presente trabajo se consideró como alternativa el uso del Estimador de Densidad por Kernel (EDK). Éstos son histogramas mejorados que superan dos de los problemas (origen y discontinuidad) del histograma convencional.

En las Figuras 6 y 7 se puede observar la distribución de los datos de talla totales y separados por sexo. El análisis de estos datos por medio de EDKs permitió identificar la multimodalidad de los datos, por lo que se muestra el valor para cada moda (Tabla 3). Estas modas pueden representar a grupos de individuos de edad semejante o cohortes (Salgado-Ugarte *et al.*, 2002), información que es muy útil si se cuenta con una gran cantidad de datos, en cuyo caso, la progresión modal en diferentes tiempos de muestreo puede ayudar a confirmar la edad relativa y el crecimiento de los organismos de varios

tamaños por medio de métodos específicos, como los que se presentan en Salgado-Ugarte *et al.* (2005).

Para el conjunto de datos se pudo identificar un total de diez modas. Si como suposición se considerara a cada moda como un grupo edad separados por un periodo anual y, comparándolo con la edad máxima encontrada por la lectura de las marcas periódicas (12 años) se vería que difiere por dos años, esto puede deberse a que el crecimiento se hace más lento conforme el individuo es más viejo y las últimas modas pueden englobar a más de un grupo de edad. Esto también resalta uno de los defectos de la estimación de la edad por medio del análisis de frecuencia de tallas: este método es útil solo si los organismos son jóvenes, por lo que no podría, o resultaría difícil estimar la edad de los organismos más viejos por medio de este método (Salgado-Ugarte *et al.*, 2002).

Lo anterior reafirma el gran valor de la estimación de la edad por medio de la lectura de las marcas periódicas en estructuras duras. Tal como lo mencionan Chen y Soong (2002) que, al estimar la edad de *Coralliophila violácea* probaron que el método de la lectura de estrías en el opérculo es un método más preciso para estimar la edad en comparación con los métodos de estimación de la edad por medio de las tallas.

En la clave de identificación de moluscos del oeste de América tropical, Keen (1971) reporta una talla para *O. pseudodon* cerca de los 42 mm, medida que es superada en este reporte (talla máxima 58 mm), por otro lado la actualización para la provincia Panámica realizada por Sckoglund (1992; en: Landa-Jaime *et al.*, 2007b) indica una talla máxima de hasta 62.7 mm de longitud total. Así mismo, la página de registro de colecciones biológicas [gastropods.com](http://gastropods.com) reporta una talla máxima de hasta 75 mm. Por lo que en este estudio no se trabajó con la talla máxima que pueda alcanzar esta especie según lo reportado.

Esto, tal como se mencionó anteriormente, puede deberse a que los organismos con tallas mayores son capturados por la pesca para consumo, lo que pudo haber provocado la escases o falta de organismos con tallas mayores. Por otro lado, durante las disecciones de los organismos, se observó que en algunos la zona apical de la concha estaba rota, de tal manera que las medidas máximas pudieron haber sido mayores. En cuanto a las tallas mínimas, la página [gastropods.com](http://gastropods.com) reporta para *O. pseudodon* una

talla de 29 mm. Los organismos utilizados en este estudio fueron obtenidos con la ayuda de buzos de la localidad, éstos capturan a los organismos con un enfoque comercial por lo que es de esperarse que no se hayan capturado organismos de tallas muy pequeñas, a pesar de eso, en éste trabajo se reporta la talla mínima de 18 mm.

En cuanto a pesos, no existe hasta la actualidad ningún reporte que indique los pesos máximos que se han capturado de esta especie, en la sección 8.2 se desglosan los valores de los pesos máximos y mínimos totales obtenidos en el presente trabajo; sin embargo, se considero apropiado proporcionar también los valores máximos, mínimos y promedio de los demás pesos registrados, tales como el peso blando, el peso callo, el peso de la gónada – glándula digestiva y el peso del opérculo, por sexo (Tabla 14).

Gracias a la información obtenida se puede decir que la especie *O. pseudodon* presenta un dimorfismo sexual no solo indicado por la presencia de los caracteres sexuales secundarios (presencia/ausencia de órgano copulador) y la coloración de la gónada, sino también determinado por la talla de los organismos, en la que las hembras son más grandes que los machos. Este comportamiento también fue observado en el gasterópodo *Busycon perversum*, especie con dimorfismo sexual, el cual es determinado porque las hembras crecen más que los machos (Santos-Valencia *et al.*, 2011).

Power *et al.* (2009) mencionan que normalmente en los gasterópodos prosobranquios que presentan dimorfismo sexual es la hembra la que posee la talla mayor. Esto puede ser explicado porque en la mayoría de los prosobranquios los machos maduran a tallas más pequeñas y no crecen tanto como las hembras (Hughes, 1986; en: Ilano, 2004). Otros estudios realizados en gasterópodos muestran un comportamiento similar, en el que las hembras logran alcanzar tallas más grandes que los machos, tal es el caso del caracol *Coralliophila violácea*, (Chen y Soong, 2002); *Bucinum isaotakii* (Ilano *et al.*, 2004); el caracol bocina *Busycon carica* (Power *et al.*, 2009); así como otros buccinos (*Busycon sinistrum*, *Busycotypus calanicalatus* y *Busycotypus spiratus*) (Shalack, 2007; Walker *et al.*, 2008). Otro trabajo con este mismo resultado, pero importante debido a la cercanía con la zona de estudio, es el de Jiménez-Ordaz (2005) para *Plicopurpura pansa* en Bahías de Huatulco, Oaxaca, México.



Tabla 14. Pesos máximos y mínimos de los opérculos y de los órganos de interés del cuerpo blando de *O. pseudodon*, por sexos.

Pesos (g)	Machos			Hembras		
	Máx.	Min.	Promedio	Máx.	Min.	Promedio
Blando	6.7	0.424	3.07	10.849	0.156	4.08
Callo	2.429	0.186	1.1	3.452	0.107	1.48
Gónada-Glándula	1.261	0.017	0.373	1.928	0.034	0.54
Opérculo	0.418	0.025	0.189	0.809	0.01	0.258

### 9.3 Relación Peso-Longitud

La relación entre la talla y el peso de *O. pseudodon* muestra que el crecimiento en tamaño y peso corporal provoca desviaciones alométricas de la "ley de volumen". Los valores de la pendiente ( $b$  en la expresión logarítmica), tanto en machos como en hembras (2.77 y 2.85 respectivamente), revelan que el crecimiento en longitud de la concha es superior al aumento de peso corporal (crecimiento alométrico negativo). Esto muestra que el crecimiento en la concha de *O. pseudodon* puede ocurrir incluso durante el período de inanición cuando no hay crecimiento de tejido (Palmer, 1981; en: Ilano *et al.*, 2004). Otra posible explicación es que la forma de la concha es de tipo alargada. Esta relación alométrica negativa también se encuentra en otros gasterópodos como *Buccinum isaotakii* ( $b=2.52$  para machos y  $b=2.65$  para hembras; Ilano *et al.*, 2004) y *Nerita funiculata* ( $b=2.51$ ; Arzola-González, *et al.*, 2013).

### 9.4 Edad y Validación de la periodicidad

El seguimiento mensual de la característica del borde del opérculo es una prueba cualitativa que permite identificar la estacionalidad del crecimiento (Gluyas-Millán y Martínez-Quiroz, 2010). Si se comparan las Figuras 12, 13 y 14 se puede notar que el periodo de mejor condición (Marzo de 2014) coincide exactamente con el periodo de máximo incremento marginal y con la mayor proporción de borde hialino. De esta relación

se puede rescatar además que en Abril de 2014 (periodo de mayor IGS) hay un descenso drástico de la proporción de opérculos con borde hialino, así como un descenso en la condición de los caracoles.

En el opérculo de *O. pseudodon* la banda hialina fue más ancha que la banda opaca, y debido a la coincidencia con el nivel más alto de IM, se puede decir que la banda hialina poseyó mayor crecimiento. Esta banda se formó principalmente entre Febrero y Marzo de 2014. Este periodo no coincide precisamente con la temporada de mayor temperatura, al contrario, pareciera que coincide con una temporada de bajas temperaturas (Figura 13). Esto también se ve indicado en un análisis de correlación realizado entre la temperatura superficial mensual del mar y la frecuencia mensual de la banda hialina, donde se registró que la banda hialina y la temperatura tienen una relación inversa ( $r = - 0.65, P < 0.05$ ).

Entre mayor es la temperatura del mar menor es la proporción de opérculos con borde hialino, es decir, menor es el crecimiento y viceversa, aunque el valor de  $r$  es bajo lo que indica una débil correlación entre ambas variables; por otro lado, el valor de temperatura que corresponde a cada mes no necesariamente tiene influencia en los parámetros analizados de esa fecha ya que hay todo un historial de temperaturas previas. La literatura menciona que las proporciones de Mg:Ca y Sr:Ca que se incorporan a la aragonita y calcita de la concha de los moluscos varía de manera dependiente a la temperatura; las proporciones son menores cuando la temperatura del agua de mar es baja y están en un máximo cuando la temperatura del agua de mar es elevada (Klein *et al.*, 1996; Putten *et al.*, 2000; Richardson *et al.*, 2004; 2005).

Tal parece que el hecho de que *O. pseudodon* esté en su máximo crecimiento durante este periodo indica que las temperaturas no son realmente bajas como para limitar (frenar) su crecimiento o no son determinantes de él. Pareciera que como consecuencia de los meses con altas temperaturas se desarrollan los picos más altos en IGS, y se vio ya que esta variable si afecta el crecimiento de *O. pseudodon*. El factor que explica mejor la formación de la banda hialina es el de la disponibilidad de alimento. Tal como se había explicado, la zona se caracteriza por las surgencias eólicas producto de los vientos Tehuanos, estos vientos son predominantes en la temporada de sequias que abarca de Octubre a Abril (Monreal-Gómez y Salas-De León, 1998; Lara-Lara *et al.*, 2008).

Estas surgencias explican la buena condición presente en este periodo y, junto con la influencia del aumento de la temperatura, dan la detonación del evento reproductivo. Mientras que en Febrero-Marzo el organismo está creciendo rápidamente, en Abril las gónadas aumentan su peso por la producción de gametos, y en Mayo se produce el desove, detonado por el aumento de la temperatura. Esta producción de gametos y el consecuente desvío de los recursos energéticos de crecimiento hacia la reproducción indican el inicio del periodo de lento crecimiento y por lo tanto la formación de una banda opaca (en Abril). Como apoyo gráfico de la disponibilidad de nutrientes, en el Apéndice III se muestran imágenes satelitales tomadas del geoportal de la UNINMAR, sobre los niveles de clorofila que tuvieron lugar durante el periodo de colecta de los organismos, se puede observar que de Noviembre de 2013 a Abril de 2014 la cantidad de clorofila en el Golfo de Tehuantepec es alta, a diferencia del resto de los meses de la temporada de lluvias.

Otro aspecto que resulta interesante es que en el análisis de las características morfológicas del opérculo se descubriera que la banda opaca (vista por luz transmitida) indicara el periodo de lento crecimiento y la banda hialina el de rápido crecimiento (Figura 11 C), pues en gasterópodos se ha descrito, para el género *Astraea*, lo contrario: un lento crecimiento indicado por la banda hialina y un rápido crecimiento indicado por la banda opaca (Cupul-Magaña y Torres-Moye, 1996; Gluyas-Millán *et al.*, 1999; Gluyas-Millán y Martínez- Quiroz, 2010; Saito-Quezada, 2010), diferencias probablemente debidas al material con que los opérculos están formados pues los opérculos del genero *Astraea* son calcáreos mientras que el opérculo de *O. pseudodon* es corneo.

Otra posibilidad es que estos caracoles del genero *Astraea* son de aguas templadas pues son de latitudes mayores, mientras que *O. pseudodon* es un gasterópodo de aguas tropicales. La banda opaca en *Astraea* se forma debido a las influencias climáticas, es decir, por el periodo de temperaturas más bajas, por ello también se le han denominado "marcas de invierno"; mientras que en *O. pseudodon* la banda opaca se forma, en principio, por la actividad reproductiva y es continuada por la (baja) disponibilidad de alimento.

Durante un ciclo anual ocurrió un máximo y un mínimo de la proporción de la banda hialina, esto indica que si se obtuvo el comportamiento sinusoidal esperado. Así mismo, en el IM, en un periodo anual ocurrió un máximo y un mínimo de este valor. Por lo

tanto, la formación de las marcas de crecimiento es anual. Pudieron identificarse organismos desde cero hasta 12 años de edad, siendo más abundantes los de entre 2 y 5 años (67.2%).

## 9.5 Crecimiento

Las curvas de crecimiento obtenidas en cada uno de los modelos (Logístico, von Bertalanffy y Gompertz) muestran que conforme va aumentando la edad las tallas también lo hacen, pero los incrementos por unidad de tiempo van disminuyendo a medida que alcanzan su  $L_{\infty}$ . Jiménez-Ordaz (2005) menciona que la interpretación biológica de estas curvas es que  $L_{\infty}$ , que también es conocida como la longitud asintótica, se interpreta como la talla media de un caracol muy longevo, en sentido estricto, infinitamente viejo.

Los tres modelos analizados representan adecuadamente el crecimiento de *O. pseudodon*; sin embargo, por diferencias mínimas dadas por los valores de SRC y  $R^2$ , se eligió al modelo de von Bertalanffy como el mejor para representar el crecimiento de esta especie tanto para machos y hembras por separado como para los datos conjuntos. Este modelo es el más frecuentemente utilizado para describir el crecimiento de los gasterópodos marinos (por ejemplo Fujinaga, 1987; De Jesús-Navarrete y Oliva-Rivera, 1997; Gluyas-Millán, et al., 2000; Jiménez-Ordaz, 2005; Arrighetti et al., 2011; Peemoeller y Stevens, 2013).

Al haber ajustado significativamente a la función de crecimiento de von Bertalanffy, se puede decir que *O. pseudodon* es una especie en la que el crecimiento en talla no tienen un punto de inflexión más allá de un año de edad (Arrighetti et al., 2011). Cabe destacar que la diferencia entre el modelo de crecimiento de von Bertalanffy y el de Gompertz fue mínima en cuanto a los indicadores evaluados (SRC y  $R^2$ ), pero otro de los aspectos que también influyen en la elección de un modelo de crecimiento es el valor de  $L_{\infty}$ , en este estudio el modelo de von Bertalanffy arrojó los valores más altos de este parámetro, por otro lado, el valor de  $L_{\infty}$  del modelo de Gompertz (6.02 cm) coincide más con los máximos valores observados.

Ya se ha visto que una misma población de gasterópodos ajuste a un modelo de crecimiento sigmoideo (Gompertz) y a uno no sigmoideo (Bertalanffy), tal es el caso de la población de *Neptunea arthritica* de la bahía de Usu, Hokkaido, Japón. En ese estudio Fujinaga (1987) ajustó los datos a tres diferentes modelos de crecimiento, siendo los más notables los dos ya mencionados, por una diferencia mínima del coeficiente de correlación ( $r= 0.993$  para Bertalanffy y  $r=0.999$  para Gompertz) eligió al modelo de Gompertz para representar el crecimiento de *N. arthritica*. Por todo lo anterior bien se podrían utilizar ambas fórmulas de crecimiento para representar a la población de *O. pseudodon*, sin embargo, el uso del modelo de von Bertalanffy trae consigo diversas ventajas ya que se podrían utilizar todos los análisis de pesquería estándar que se basan en este modelo, como por ejemplo el análisis de población virtual (Arrighetti *et al.*, 2011) ó su aplicación en los modelos de producción pesquera.

Al acoplar las curvas de crecimiento de machos y hembras, y tomando como referencia el modelo de von Bertalanffy (Figura 20), se puede notar que hasta a la edad de 4 años el crecimiento resultó ser aparentemente similar, y a partir de los 5 años de edad las curvas de crecimiento se van alejando, dando lugar al mayor crecimiento en hembras que en machos. Algo muy similar ha sido encontrado en el caracol de tinte *Plicopurpura pansa*, en el cual se menciona que este comportamiento está relacionado con el periodo de madurez sexual de las hembras (Jiménez-Ordaz, 2005). En este sentido hacen falta realizar estudios sobre la madurez sexual en *O. pseudodon* para poder aseverar algo como esto. Sin embargo, por el momento podemos suponer que el comportamiento mostrado por los modelos de crecimiento sugiere que al separarse las curvas, que es aproximadamente a los 5 años de edad (alrededor de los 4.4 cm de longitud total de concha o 24.5g de peso total), se podría dar la madurez sexual de las hembras.

En las pruebas estadísticas de la  $T^2$  de Hotelling y de Razón de verosimilitud se pudo corroborar la diferencia significativa en el crecimiento de las muestras de machos y hembras, que como ya se vio, según la prueba de Kolmogorov-Smirnov parecen actuar como si se tratase de dos poblaciones diferentes, en cuanto a la distribución de las tallas. Estas diferencias de crecimiento entre sexos se han observado en otros gasterópodos como por ejemplo *N. arthritica* (Fujinaga, 1987), la cual presentó diferencias significativas en el crecimiento de machos y hembras; también *Busycotypus canaliculatus* (Peemoeller y

Stevens, 2013) presentó estas diferencias de crecimiento entre ambos sexos, donde las hembras resultaron ser más longevas (14 años) que los machos (12 años).

En los gasterópodos en los que los machos maduran antes que las hembras, las diferencias en el crecimiento indican que los machos pueden tener una mayor posibilidad de copulación antes de ser capturados que la que tienen las hembras por madurar a tallas más grandes, muchas de las cuales son capturadas antes de llegar a la madurez sexual. Al ser un gasterópodo prosobranquio, en *O. pseudodon* podría ocurrir algo similar (esta cuestión fue analizada anteriormente).

La sustentabilidad de la población de *O. pseudodon* es motivo de preocupación ya que los esfuerzos de la pesca se están concentrando en los organismos más grandes, que son predominantemente hembras; por otro lado, la pesca se realiza durante todo el intervalo de tallas y en cualquier temporada del año, lo que puede resultar en la captura de machos y hembras inmaduros, y/o hembras maduras antes de la ovoposición. Como lo mencionan Peemoeller y Stevens (2013) para *B. canaliculatus*, la población de *O. pseudodon* permanecerá en peligro mientras las hembras maduras no sean protegidas.

Para proteger la capacidad reproductiva de la población del caracol colmillo de perro (*Opeatostoma pseudodon*) de Puerto Ángel-Mazunte, se recomienda establecer periodos de veda de febrero a junio, asegurando de esta manera el crecimiento, reproducción y desove de la mayor cantidad de individuos.

Hará falta realizar estudios sobre la biología reproductiva de esta especie que puedan complementar el presente trabajo. Sin embargo, a través de las inferencias previamente establecidas y, en espera de nueva luz al respecto, se recomienda establecer tallas mínimas de captura a partir de los 4.7 cm de longitud total de la concha (o 29.4g de peso total). Para una mayor veracidad en este aspecto será necesario un estudio donde se establezca la talla de primera madurez sexual.

## X. CONCLUSIONES

La proporción sexual de todo el periodo de estudio para la población de *Opeatostoma pseudodon* de Puerto Ángel-Mazunte fue 0.82H:1M, es decir, aproximadamente 4 hembras por cada 5 machos, con diferencias estadísticamente significativas ( $\chi^2 = 3.58$ ,  $P < 0.1$ ). Esta proporción sesgada hacia machos se vio explicada por la inflación de la cantidad de machos en tallas pequeñas, consecuencia de la mayor explotación de hembras (por tener tallas mayores).

El uso de los EDKs permitió observar que la distribución de la longitud total de la concha fue multimodal, presentándose 8 modas en hembras (a los 1.8, 2.44, 3.16, 3.92, 4.21, 4.57, 5 y 5.86 cm), 7 en machos (en 2.26, 2.82, 3.24, 3.5, 4, 4.28 y 4.98 cm) y 10 modas para los datos conjuntos (a los 1.76, 2.35, 3.22, 3.52, 3.97, 4.28, 4.50, 4.98, 5.54 y 5.85 cm). De esta manera se probó la poca utilidad de otros indicadores de nivel tales como la media y la mediana en las distribuciones no normales, ya que estos dan una pobre representación de este tipo de datos.

La prueba de Kolmogorov-Smirnov indicó que las distribuciones de las tallas de machos y hembras son diferentes ( $D_{\max} = 0.25 \gg D_{0.05} = 0.14$ ), lo que da la pauta para pensar que *O. pseudodon* presenta dimorfismo sexual respecto a la talla. Alcanzando tallas más grandes las hembras que los machos.

Por sus altos valores de  $R^2$ , los modelos de regresión lineal y no lineal para la relación Peso-Longitud resultan ser apropiados para hacer inferencias sobre la talla y el peso de este gasterópodo. De la regresión lineal (en escala logarítmica) se obtuvo que el crecimiento de *O. pseudodon* es alométrico negativo en ambos sexos ( $b = 2.77$  en machos y  $b = 2.85$  en hembras).

El método de luz transmitida probó ser el más adecuado para la observación de las marcas de crecimiento de los opérculos. La banda hialina del opérculo indicó un crecimiento rápido, mientras que la banda opaca estuvo relacionada con un lento crecimiento. La periodicidad de formación de las marcas de crecimiento resultó ser anual,

siendo el mayor momento reproductivo (Abril) el responsable, en un inicio, de la formación de la marca opaca. El periodo de rápido crecimiento (caracterizado por la banda hialina) se ve favorecido por la alta disponibilidad de alimento producto de las surgencias eólicas. Por el contrario, el periodo de lento crecimiento (caracterizado por la banda opaca del opérculo) se ve influenciada por el periodo de reproducción. Se establece que la temperatura superficial del agua tiene una influencia indirecta en el crecimiento *O. pseudodon*, pues es la promotora de los eventos reproductivos. La longevidad se estableció en hembras a los 12 años y en machos a los 7, siendo el grupo de entre los 3 (18.8 %) y 4 años (20.2 %) el más abundante.

Los datos de edad y tallas pudieron ajustarse a las tres funciones de crecimiento analizadas siendo electa la de von Bertalanffy para representar el crecimiento de esta especie. Las ecuaciones de los modelos resultantes quedaron de la siguiente manera:

$$L_{(t)} = 5.38\text{cm} * (1 - \exp(-0.188 * (t + 4.16))) \text{ para machos,}$$

$$L_{(t)} = 6.38\text{cm} * (1 - \exp(-0.129 * (t + 4.61))) \text{ para hembras y}$$

$$L_{(t)} = 6.48\text{cm} * (1 - \exp(-0.116 * (t + 5.146))) \text{ para ambos.}$$

El crecimiento de machos y hembras muestra diferencias estadísticamente significativas, situación que indica claras diferencias en los tiempos de maduración sexual de ambos sexos, además de un crecimiento diferencial en el que las hembras alcanzan tallas más grandes y viven por más tiempo que los machos.



## XI. REFERENCIAS

- Abbott, R. T. 1974. *American seashells the Marine Mollusca of the Atlantic and Pacific Coasts of North America*. Second edition. Editorial Van Nostrand Reinhold Co. New York, N. Y. 663 pág.
- Aldana-Aranda, D. y E. Baqueiro-Cárdenas. 2011. Moluscos gasterópodos con potencial pesquero. Capítulo 9. *Recursos con potencial económico*. en: <http://www.cicy.mx/> Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán, parte IV Gestión de los recursos naturales. Centro de Investigación científica de Yucatán, A.C. Mérida, Yucatán. 458-459.
- Anderson, W. D., A. G. Eversole, B. A. Anderson y K. B. Van Sant. 1985. *A biological evaluation of the knobbed whelk fishery in South Carolina*. South Carolina Wildlife and Marine Resources Department and Clemson University. Completion Report-Project Number 2-392-R.
- Arreguín-Sánchez, F. y E. Arcos-Huitrón. 2011. La pesca en México: estado de la explotación y uso de los ecosistemas. *Hidrobiológica*. **21**(3): 431-462.
- Arreola-Hernández, J. F. 1997. Aspectos reproductivos de *Dosinia ponderosa*, Gray 1838 (Bivalvia: Veneridae) en Punta Arena, Bahía Concepción, B. C. S. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. IPN. La Paz, B. C. S. 96 pág.
- Arriaga-Cabrera, L., E. Vázquez-Domínguez, J. González-Cano, R. Jiménez-Rosenberg, E. Muñoz-López y V. Aguilar-Sierra (coordinadores). 1998. Regiones marinas prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, México.
- Arriguetti, F., T. Brey, A. Mackensen y P. E. Penchaszadeh. 2011. Age, growth and mortality in the giant snail *Adelomelon beckii* (Broderip 1836) on the Argentinean shelf. *Journal of Sea Research*. **65**:219-223.

- Arzola-González, J. F., D. Voltolina, Y. Gutiérrez-Rubio y L. M. Flores-Campaña. 2013. Abundancia y estructura de tallas de *Nerita funiculata* (Mollusca: Gastropoda: Neritidae) en la zona intermareal de las islas de la Bahía de Navachiste, Sinaloa, México. *Universidad y Ciencia*. **29**(2):209-213.
- Arzola-Sotelo, E. A. 2014. Aplicación del enfoque multimodelo para la evaluación del crecimiento individual de la curvina golfina *Cynoscion othonopterus* en el Alto Golfo de California. *Ciencia Pesquera*. **22**(1): 79-88.
- Avery-Snyder, M. 2003. *Catalogue of the marine Gastropod, Family Fasciolaridae*. Academy of Natural Sciences of Philadelphia. Special Publication no. 21. Philadelphia, USA. 431 pág.
- Bakus, G. J. 1968. Zonation in Marine Gastropods of Costa Rica and Species Diversity. *The Veliger*. **10**(3):207-211.
- Baqueiro, E., J. A. Massó y A. Vélez. 1983. Crecimiento y Reproducción de una población de caracol Chino *Hexaplex erythrostomus* (Swainson, 1831), de Bahía Concepción, B. C. S. *Ciencia Pesquera*. Inst. Nal. Pesca. Sría. Pesca. México. **4**:19-31.
- Bautista-Moreno, L. M. y A. Lechuga-Medina. 2007. Colecciones biológicas de moluscos de los Archipiélagos de Revillagigedo, Colima, e Islas Marías, Nayarit, México. pp 105-107. En: *Estudios sobre la Malacología y Conquiliología en México*. Ríos-Jara, E., M. C. Esqueda-González y C. M. Galván-Villa (eds). Universidad de Guadalajara, México. 286 pág.
- Beamish, R. J. y G. A. McFarlane. 1983. The forgotten requirement for age validation in fisheries biology. *Transactions of the American Fisheries Society*. **112**(6):735-743.
- Bernard, D. R. 1981. Multivariate analysis as a means of comparing growth in fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. **38**: 233-236.
- Biasca, C. 1983. Cabo San Lucas, Baja California. *Texas Conchologist*. **19**(3):68-69.

- Bourgeois, B., C. E. Payri y P. Bach. 1997. Studies of age and growth of the gastropod *Turbo marmoratus* determined from daily ring density. *Procedures 8<sup>th</sup> International Coral Reef Symposium*. **2**:1351-1356.
- Bravo-Olivas, M. L. 2008. Aspectos reproductivos del pulpo *Octopus hubbsorum* Berry, 1953 en el Parque Nacional “Bahía de Loreto”, golfo de California. Tesis de Maestría. La Paz, B. C. S. 102 pág.
- Brey, T. 1999. Growth Performance and Mortality in Aquatic Macrobenthic Invertebrates. Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research. *Advances in Marine Biology*. **35**:152-223.
- Caicedo-Rivas, R. E., R. León-Pinto, V. Ortega-Chávez, J. S. Hernández-Zepeda y S. J. Serrano-Guzmán. 2007. Estudio comparativo de tres comunidades malacológicas en las costas del estado de Oaxaca. pp 26-28. En: *Estudios sobre la Malacología y Conquiliología en México*. Ríos-Jara, E., M. C. Esqueda-González y C. M Galván-Villa (eds). Universidad de Guadalajara, México. 286 pág.
- Campana, S. E. 2001. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *Journal of Fish Biology*. **59**:197-242.
- Cárdenas-Ortega, M. I. 1993. Métodos de determinación de la edad y crecimiento en moluscos marinos (bivalvos y gasterópodos): Investigación documental. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad de Guadalajara. Facultad de Ciencias Biológicas. 74 pág.
- Casas, G., D. Rodríguez y G. Afanador. 2010. Propiedades matemáticas del modelo de Gompertz y su aplicación al crecimiento de los cerdos. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. Universidad de Antioquia, Colombia. **23**(3):349–358.
- Checa, A. G. y A. P. Jiménez-Jiménez. 1998. Constructional morphology, origin, and evolution of the gastropod operculum. The Paleontological Society. *Paleobiology*. **24**(1):109-132.
- Chen, M. H. y K. Soong. 2002. Estimation of age in the sex-changing, coral-inhabiting snail *Coralliophila violacea* from the growth striae on opercula and a mark-recapture experiment. *Marine Biology*. **140**:337-342.

- Cupul-Magaña, F. G. y G. Torres-Moye. 1996. Age and growth of *Astraea undosa* Wood (Mollusca: Gastropoda) in Baja California, México. *Bulletin of Marine Science*. **59**(3):490-497.
- De León-Herrera, M. G. 2000. Listado taxonómico de las especies de moluscos en la zona central del litoral oaxaqueño. *Ciencia y Mar*. **4**(12):49-51.
- De Jesús-Navarrete, A. y J. J. Olivera-Rivera. 1997. Densidad, crecimiento y reclutamiento del caracol rosado *Strombus gigas* L. (Gasteropoda: Strombidae) en Quintana Roo, México. *Revista de Biología Tropical*. **45**(2): 797-801.
- Esqueda, M. C., E. Ríos-Jara, J. E. Michel-Morfín y V. Landa-Jaime. 2000. The vertical distribution and abundance of gastropods and bivalves from rocky beaches of Cuestacomate Bay, Jalisco, México. *Revista Biología Tropical*. **48**(4):765-775.
- Everhart, W. H. y W. D. Youngs. 1981. *Principles of Fishery Science*. Second Edition. Cornell University Press. 350 pág.
- Flores-Garza, R., S. García-Ibáñez, P. Flores-Rodríguez, C. Torreblanca-Ramírez, L. Galeana-Rebolledo, A. Valdés-González, A. Suástegui-Zárate, J. Violante-González. 2012. Commercially Important Marine Mollusks for Human Consumption in Acapulco, México. *Scientific Research. Natural Resources*. **3**:11-17.
- Flores-Rodríguez, P. 2004. Estructura de la comunidad de moluscos del mesolitoral superior en playas de facie rocosa del Estado de Guerrero, México. Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Nuevo León. 206 pág.
- Flores-Rodríguez, P., R. Flores-Garza, S. García-Ibáñez y A. Valdés-González. 2007. Variación en la diversidad malacológica del mesolitoral rocoso en Playa Troncones, La Unión, Guerrero, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. **78**:33-40.
- Flores-Rodríguez, P., R. Flores-Garza, S. García-Ibáñez, A. Valdés-González, J. Violante-González, E. Santiago-Cortés, L. Galeana-Rebolledo y C. Torreblanca-Ramírez. 2012a. Mollusk Species Richness

on the Rocky Shores of the State of Guerrero, México, as Affected by Rains and Their Geographical Distribution. Scientific Research. *Natural Resources*. **3**:248-260.

- Flores-Rodríguez, P., E. Santiago-Cortés, R. Flores-Garza, S. García-Ibáñez, C. Torreblanca-Ramírez, L. Galeana-Rebolledo, A. Rojas-Herrera. 2012b. Malacofauna de la zona intermareal rocosa de San Pedro Mixtepec y de Santa María Tonameca, Oaxaca, México. *Tlamati Sabiduría*. Universidad Autónoma de Guerrero. **4**(1):28-34.
- Flores-Rodríguez, P., R. Flores-Garza, S. García-Ibáñez, C. Torreblanca-Ramírez, L. Galeana-Rebolledo, E. Santiago-Cortés y 2014. Mollusks of the Rocky Intertidal Zone at Three Sites in Oaxaca, México. Scientific Research. *Open Journal of Marine Science*. **4**:326-337.
- Fujinaga, K. 1987. On the Growth Pattern of the Neptune Whelk, *Neptunea arthritica* BERNARDI. *Bulletin of the Faculty of Fisheries, Hokkaido University*. **38**(3): 191-202.
- Gallegos-García, A. y J. Barberán-Falcón. 1998. Surgencia eólica. Capítulo 3. pp 27-34. En: Tapia-García, M. (Ed.) *El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos*. UAM Iztapalapa, México. 240 pág.
- García, E. 2004. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. Quinta edición. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 90 pág.
- Gluyas-Millán, M. 1990. Edad crecimiento y la captura de la Macarela *Scomber japonicus* de Bahía Vizcaino durante 1984 - 1986. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias con especialidad en ciencias pesqueras. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, Baja California Sur, México. 72 pág.
- Gluyas-Millán, M. G., C. Quiñones-Velázquez, J. A. Massó-Rojas, F. N. Melo-Barrera. 1999. Diferencias en la relación talla-edad del caracol panocha *Astraea undosa* (Wood, 1828) entre dos localidades de Bahía Tortugas, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas*. Universidad Autónoma de Baja California, México. **25**(1):91-106.

- Gluyas-Millán, M., C. Quiñones-Velázquez, J. Talavera-Maya. 2000. Parámetros poblacionales del caracol *Astraea undosa* (WOOD, 1828), En la costa occidental de la península de Baja California. *Ciencias Marinas*. Universidad Autónoma de Baja California, México. **26**(4):643-658.
- Gluyas-Millán, M. y D. Martínez-Quiroz. 2010. Periodicidad de formación de marcas de crecimiento en opérculos del caracol *Astraea turbanica* de isla Natividad, BCS, México. *Ciencia Pesquera*. **18**(1):5-12.
- Gómez-Márquez, J. L. 1994. *Métodos para determinar la edad en los organismos acuáticos*. FES Zaragoza. UNAM. México D. F. 89 pág.
- González-Villareal, L. M. 2005. Guía ilustrada de los gasterópodos marinos de la Bahía de Tenacatitla, Jalisco, México. *Scientia-CUCBA*. Universidad de Guadalajara. **7**(1):1-84.
- 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. *ICES Journal of Marine Science*. **67**(1): 125-134.
- Guisande-González, C., A. Barreiro-Felpeto, I. Maneiro-Estraviz, I. Riveiro-Alarcón, A. R. Vergara-Castaño y A. Vaamonde-Liste. 2006. *Tratamiento de Datos*. Ediciones Díaz de Santos, España, 356 pág.
- Gulland, J. A. 1971. *Manual de métodos para la evaluación de las poblaciones de peces*. Editorial Acribia. Zaragoza. 193 pág.
- Haddon, M. 2001. *Modelling and quantitative methods in fisheries*. Chapman & Hall/CRC, Boca Raton. 404 pág.
- Hernández-López, J. L. 2000. Biología, Ecología y Pesca del pulpo común (*Octopus vulgaris*, Cuvier 1797) en aguas de Gran Canaria. Tesis Doctoral. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 210 pág.

- Hilborn, R. y C. J. Walters. 2003. *Quantitative Fisheries Stock Assessment: Choice, Dynamics & Uncertainty*. Springer Science & Business Media. Londres. 570 pág.
- Hughes, R. N. 1986. *A Functional Biology of Marine Gastropods*. Croom Helm, London. 245 pág.
- Ilano, A. S., A. Ito, K. Fujinaga y S. Nakao. 2004. Age determination of *Buccinum isaotakii* (Gastropoda: Buccinidae) from the growth striae on operculum and growth under laboratory conditions. *Aquaculture*. **242**:181-195.
- INEGI. 1992. *Anuario estadístico del estado de Oaxaca*. Edición 1992.
- INEGI. 2013. *El sector alimentario en México 2013, Serie de estadísticas sectoriales*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México. 307 pág.
- Jiménez-Ordaz, F. J. 2005. Análisis de la talla del caracol púrpura *Plicopurpura pansa* (GOULD, 1853) de Bahías Huatulco, Oaxaca, México. Tesis para obtener el grado de licenciado en Biología Marina. Universidad del Mar. Puerto Ángel, Oaxaca. 58 pág.
- Katsanevakis, S. y C. D. Maravelias. 2008. Modeling fish growth: Multi-model inference as a better alternative to a priori using von Bertalanffy equation. *Fish and Fisheries*. **9**(2): 178-187.
- Keen, M. A. 1971. *Sea Shells of Tropical Western America*. Second Edition. Ed. Stanford University Press. Stanford, California. 1064 p.
- Kideys, A. E. 1996. Determination of age and growth of *Buccinum undatum* L. (Gastropoda) off Douglas, Isle of Man. *Helgoländer Meeresuntersuchungen*. **50**:353-368.
- Kimura, D. K. 1980. Likelihood methods for the von Bertalanffy growth curve. *Fishery Bulletin*. **77**(4):765-776.
- Klein, R. T., K. C. Lohmann y C. W. Thayer. 1996. Bivalve skeletons record sea-surface temperatures and  $\delta^{18}\text{O}$  via Mg/Ca and  $\delta^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  ratios. *Geology*. **24**:415-418.

- Kosyan A. R., M. V. Modica y M. Oliverio. 2009. The anatomy and relationships of *Troschelia* (Neogastropoda: Buccinidae): New evidence for a closer fasciolariid-buccinid relationship? *The Nautilus*. **123**(3):95-105.
- Kraeuter, J. N., M. Castagna y R. Bisker. 1989. Growth rate estimates for *Busycon carica* (Gmelin, 1791) in Virginia. *Journal of Shellfish Research*. **8**(1):219-225.
- Kubo, I. y K. Kondo. 1953. Age determination of the *Babylonia japonica*. (Reeve) an edible gastropod, basing on the operculum. *Journal of the Tokyo University of Fisheries*. **39**(2): 199-207.
- Laidre, M. E. y G. J. Vermeij. 2012. A biodiverse housing market in hermit crabs: proposal for a new biodiversity index. Cuadernos de Investigación. UNED. *Research Journal of the Costa Rican Distance Education University*. **4**(2):175-179.
- Landa-Jaime, V., E. Michel-Morfín y M. Saucedo-Lozano. 2007a. Observaciones recientes sobre los moluscos de importancia comercial en la costa de Jalisco. pp 272-273. En: *Estudios sobre la Malacología y Conquiliología en México*. Ríos-Jara, E., M. C. Esqueda-González y C. M. Galván-Villa (eds). Universidad de Guadalajara, México. 286 pág.
- Landa-Jaime, V., M. De La Cruz-Urzuza, E. Michel-Morfin, J. Arciniega-Flores, R. Flóres-Vargas y C. Amescua. 2007b. Guía ilustrada para la identificación de moluscos intermareales y de arrecife en la Bahía de Tenacatita, Jalisco. pp 63-64. En: *Estudios sobre la Malacología y Conquiliología en México*. Ríos-Jara, E., M. C. Esqueda-González y C. M. Galván-Villa (eds). Universidad de Guadalajara, México. 286 pág.
- Lara-Lara, J. R., E. G. Robles-Jarero, M. C. Bazán-Guzmán y E. Millán-Núñez. 1998. Productividad del fitoplancton. Capitulo 5. pp 51-58. En: Tapia-García, M. (Ed.) *El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos*. UAM Iztapalapa, México. 240 pág.
- Lara-Lara, J. R., V. Arenas-Fuentes, C. Bazán-Guzmán, V. Díaz-Castañeda, E. Escobar-Briones, M. C. García-Abad, G. Gaxiola-Castro, G. Robles-Jarero, R. Sosa-Ávalos, L. A. Soto-González, M. Tapia-



García y J. E. Valdez-Holguín. 2008. Los ecosistemas marinos. En: *Capital natural de México. Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO. México, **1**:135-159.

- Leyte-Morales, G. E. 2001. Estructura de la comunidad de corales y características geomorfológicas de los arrecifes coralinos de bahías de Huatulco, Oaxaca, México. Tesis de Maestría. UMAR. 94 pág.
- López-Uriarte, E., I. Enciso-Padilla, M. Pérez-Peña, E. G. Robles-Jarero, E. Juárez-Carrillo, C. M. Galván-Villa, y E. Ríos-Jara. 2007. Moluscos del submareal somero de la localidad “La Rosada”, Bahía Chamela, Jalisco. pp 196-198. En: *Estudios sobre la Malacología y Conquiliología en México*. Ríos-Jara, E., M. C. Esqueda-González y C. M. Galván-Villa (eds). Universidad de Guadalajara, México. 286 pág.
- López-Uriarte, E., E. Ríos-Jara, C. M. Galván-Villa, E. Juárez-Carrillo, I. Enciso-Padilla, E. G. Robles-Jarero y M. Pérez-Peña. 2009. Macroinvertebrados bénticos del litoral somero de Punta La Rosada, Bahía Chamela, Jalisco. *Scientia-CUCBA*. **11**(1-2):57-68.
- Medina-Elizalde, J. 2010. Descripción morfológica de los órganos de mayor importancia de *Conus (Conus) princeps var. lineolatus* (Linneo, 1758) y *Conus (Conus) brunneus* (Wood, 1828). Tesis de Licenciatura. Universidad del Mar. 73 pág.
- Miranda, O. 1975. Crecimiento y estructura poblacional de *Thais (stromanita) chocolata* (Duclos, 1832), en la bahía de Mejillones del Sur, Chile. (Mollusca Gastropoda, Thaididae). *Revista de Biología Marina*. Universidad de Chile, Valparaíso. **15**(3): 263-286.
- Mittermeier R. y Goettsch C. 1992. La importancia de la diversidad biológica de México. pp 57-62. En: *México ante los retos de la biodiversidad*. CONABIO, México.
- Monreal-Gómez, M. A. y D. A. Salas de León. 1998. Dinámica y estructura termohalina. Capítulo 2. pp 13-26. En: Tapia-García, M. (Ed.) *El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos*. UAM Iztapalapa, México. 240 pág.

- Morales-Gómez A. A., I. H. Salgado-Ugarte, E. Uría-Galicia, M. G. Gluyas-Millán y J. L. Gómez-Márquez, 2007, Ciclo gonádico de la almeja Chiluda *Panopea generosa* de Bahía Magdalena Baja California Sur, México, pp 259-261. En: *Estudios sobre la Malacología y Conquiliología en México*, Ríos-Jara E., M. C. Esqueda-González y C. M Galván-Villa (eds), Universidad de Guadalajara, México, 286 pág.
- Morris, P. A. 1966. *A field guide to Pacific coast shells. Including shells of Hawaii and the Gulf of California*. Second edition. Houghton Mifflin Company Boston, EUA. p169 lamina 60.
- Ordoñez M. y P. Rodríguez. 2008. Oaxaca, el estado con mayor diversidad biológica y cultural de México, y sus productores rurales. *Ciencias*. UNAM. **91**:54-64.
- Paine, R. T. 1966. Function of Labial Spines, Composition of Diet, and Size of Certain Marine Gastropods. *The Veliger*. California Malacozoological Society, INC. Berkeley, California. **9**(1):17-24.
- Palmer, A. R. 1981. Do carbonate skeletons limit the rate of body growth? *Nature*. London. **292**:150-152.
- Panfili J., H. De Pontual, H. Troadec y P. J. Wright (Eds.). 2002. *Manual of fish sclerochronology*. IFREMER-IRD, Brest, France, 463 pág.
- Peemoeller, B. J. y B. G. Stevens. 2013. Age, size, and sexual maturity of channeled whelk (*Bosycotypus canaliculatus*) in Buzzards Bay, Massachusetts. *Fishery Bulletin*. **111**(3):265-278.
- Pérez-Peña, M., E. López-Uriarte, E. G. Robles-Jarero, C. M. Galván-Villa, I. Enciso-Padilla, V. T. Muñoz-Fernández y E. Ríos-Jara. 2007. Estudio prospectivo de los moluscos gastrópodos de cinco localidades intermareales del Parque Nacional Isla Isabel, México. pp 60-62. En: *Estudios sobre la Malacología y Conquiliología en México*. Ríos-Jara, E., M. C. Esqueda-González y C. M. Galván-Villa (eds). Universidad de Guadalajara, México. 286 pág.

- Power, A. J., C. J. Sellers y R. L. Walker. 2009. Growth and Sexual Maturity of the Knobbed Whelk, *Busycon carica* (Gmelin, 1971), From a Commercially Harvested Population in Coastal Georgia. *Occasional Papers of the University of Georgia Marine Extension Service*. **4**:1-24.
- Price, R. M. 2003. Columellar Muscle of Neogastropods: Muscle Attachment and the Function of Columellar Folds. Marine Biological Laboratory. *Biological Bulletin*. **205**:351-366.
- Putten, E. V., F. Dehairs, E. Keppens and W. Baeyens. 2000. High resolution distribution of trace elements in the calcite shell layer of modern *Mytilus edulis*: environmental and biological controls. *Geochim. Cosmochim. Acta* **64**:997-1011.
- Ramírez-González, A. 2005. Las bahías de Huatulco, Oaxaca, México: ensayo geográfico-ecológico. *Ciencia y Mar*. **9**(25):3-20.
- Ramírez-González, A. y N. A. Barrientos-Luján. 2007. Moluscos de la zona intermareal de Cacaluta, bahías de Huatulco, Oaxaca, México. pp 294-296. En: *Estudios sobre la Malacología y Conquiliología en México*. Ríos-Jara, E., M. C. Esqueda-González y C. M Galván-Villa (eds). Universidad de Guadalajara, México. 286 pág.
- Richardson, C. A., M. Peharda, H. A. Kennedy, P. Keneddy and V. Onofri. 2004. Age, growth rate and season of recruitment of *Pinna nobilis* (L) in the Croatian Adriatic determined from Mg:Ca and Sr:Ca shell profiles. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. **299**:1-16.
- Richardson, C. A., C. Saurel, C. M. Barroso and J. Thain. 2005. Evaluation of the age of the red whelk *Neptunea antiqua* using statoliths, opercula and element ratios in the shell. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. **325**:55-64.
- Ricker, W. E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada*. **191**:145-157.
- Ricker, W. E. 1979. Growth rates and models. In: Hoar, W. S., D. J. Randall and J. R. Brett (Eds.). *Fish Physiology*. Bioenergetics and growth. Academic Press, New York. **3**:677-743.

- Ríos-Jara, E., M. Pérez-Peña, E. Juárez-Carrillo, E. López-Urriarte, L. Enciso-Padilla y E. G. Robles-Jarero. 2002. Moluscos macrobénticos del intermareal y plataforma continental de Jalisco y Colima. Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No.S110. México, D.F.
- Robles-Jarero, E. G. y J. R. Lara-Lara. 1993. Phytoplankton biomass and primary productivity by size classes in the Gulf of Tehuantepec, Mexico. *Journal of Plankton Research*. **15**:1341-1358.
- Roe, C. 1988. Shelling in Costa Rica. *Texas Conchologist*. **24**(4):126-128.
- Román-Contreras, R., F. M. Cruz-Abrego y A. L. Ibáñez-Aguirre. 1991. Observaciones ecológicas de los moluscos de la zona intermareal rocosa de la Bahía de Chamela, Jalisco, México. *Anales del Instituto de Biología*. Serie Zoología. Universidad Nacional Autónoma de México, México. **62**(1):17-31.
- Royce, W. F. 1972. *Introduction to the fishery sciences*. Academic Press, Inc. 351 pág.
- Saito-Quezada, V. M. 2010. Edad y crecimiento del caracol *Astraea undosa* (Wood, 1828), (Gastropoda: Turbinidae) de “La Bocana”, Baja California Sur, México. Tesis de Maestría. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. 107 pág.
- Salcedo-Martínez, S., G. Green, A. Gamboa-Contreras y P. Gómez. 1988. Inventario de Macroalgas y Macroinvertebrados bénticos, presentes en áreas rocosas de la región de Zihutanejo, Guerrero, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*. En: <http://biblioweb.tic.unam.mx/cienciasdelmar/instituto/1988-1/articulo285.html>
- Salgado-Ugarte, I. H., J. Martínez-Ramírez, J. L. Gómez-Márquez y B. Peña-Mendoza. 2000. Some programs for growth estimation in Fisheries Biology. *Stata Technical Bulletin*. **53**:35-47.
- Salgado-Ugarte, I. H. 2002. *Suavización no Paramétrica para Análisis de Datos*. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. 138 pág.

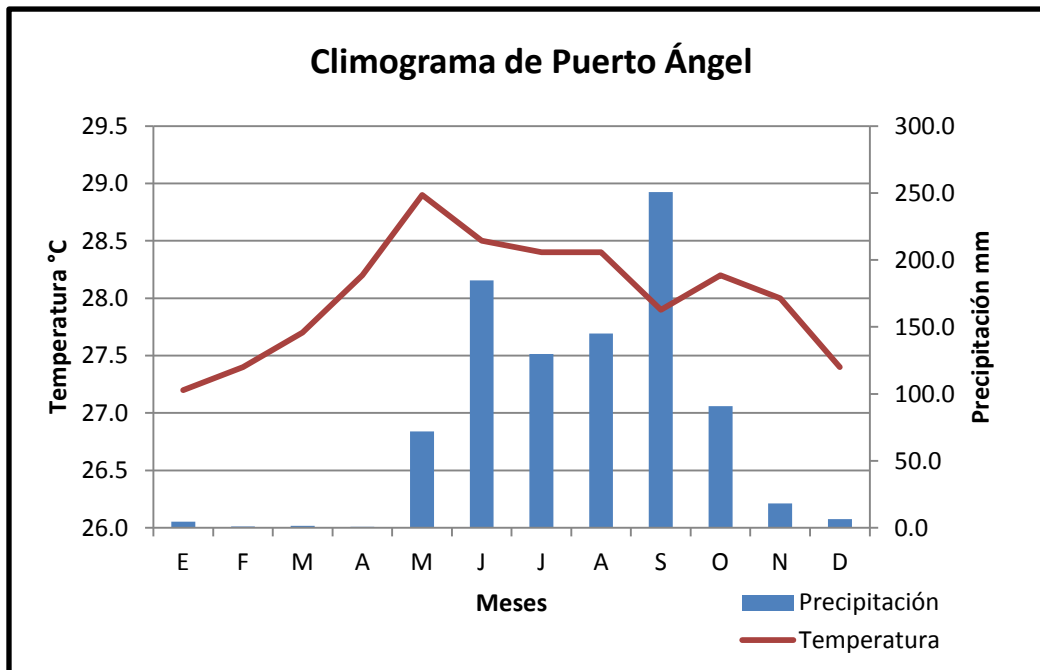
- Salgado-Ugarte, I. H., M. Shimitzu, T. Taniuchi y K. Matsushita. 2002. Nonparametric Assessment of Multimodality for Size Frequency Distributions. *Asian Fisheries Science*. Asian Fisheries Society, Manila, Philippines. **15**:295-303.
- Salgado-Ugarte, I. H. y M. A. Pérez-Hernández. 2003. Exploring the use of variable bandwidth kernel density estimators. *The Stata Journal*. **3**(2):133-147.
- 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, UNAM, 252 pág.
- Salgado-Ugarte, I. H. 2013. *Métodos Estadísticos Exploratorios y Confirmatorios para Análisis de Datos, Un Enfoque Biométrico*. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. 307 pág.
- Santarelli, L. y P. Gros. 1985. Détermination de l'âge et de la croissance de *Buccinum undatum* L. (Gasteropoda: Prosobranchia) à l'aide des isotopes stables de la coquille et de l'ornementation operculaire. *Oceanologica Acta* **8**(2):221-229.
- Santos-Valencia, J., I. Martínez-Morales, M. Enríquez-Díaz y D. Aldana-Aranda. 2011. Ciclo Reproductor de *Busycon perversum* (Mollusca:Gastropoda) del Golfo de México. *Proceedings of the 63<sup>rd</sup> Gulf and Caribbean Fisheries Institute*. San Juan, Puerto Rico. pp 441-446.
- Sire J.Y. y P. Bonnet, 1984, Croissance et structure de l'opercule calcifié du gasteropode polynésien *Turbo setosus* (Prosobranchia: Turbinidae): Détermination de l'âge individuel, *Marine Biology*, **79**:75–87.
- Shalack, J. D. 2007. Movement and behavior of whelks (Family Melongenidae) in Georgia coastal waters. Master of Science. Athens, Georgia. 56 pág.
- Shasky, D. R. 1984. A preliminar checklist of marine molluscs from Manabí province, Ecuador. *Western Society of Malacologists Annual Report*. **16**:25-32.

- Skoglund, C. 1992. Additions to the Panamic province Gastropod (Mollusca) literature 1971 to 1992. *The Festivus* **24**:1-169 pág.
- Sokal, R. R. y F. J. Rohlf. 1981. *Biometry. The Principles and Practice of Statistics in Biological Research*. Second Edition. W. H. Freeman and Co. New York. 859 pág.
- Sparre, P. y S. C. Venema. 1997. *Introducción a la evaluación de recursos pesqueros comerciales*. Parte 1: Manual. FAO Documento técnico de pesca. 306/1. Rev. 2. Roma. 376 pág.
- Spight, T. M. 1976. Censuses of Rocky Shore Prosobranchs from Washington and Costa Rica. *The Veliger*. **18**(3):309-317.
- Spight, T. M. 1979. Temporal Changes in a Tropical Rocky Shore Snail Community. *The Veliger*. **21**(1):137-143.
- Torreblanca-Ramírez, C., R. Flores-Garza, P. Flores-Rodríguez, S. García-Ibáñez y L. Galeana-Rebolledo. 2012a. Riqueza, composición y diversidad de la comunidad de moluscos asociada al sustrato rocoso intermareal de playa Parque de la Reina, Acapulco, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. **47**(2):283-294.
- Torreblanca-Ramírez, C., R. Flores-Garza, P. Flores-Rodríguez, S. García-Ibáñez, A. Valdés-González y L. Galeana-Rebolledo. 2012b. Gastrópodos del intermareal rocoso en Tlacopanocha, Acapulco, México. *Tlamati Sabiduría*. Universidad Autónoma de Guerrero. **4**(1):47-57.
- UNINMAR. 2015. Geoportal de la Unidad de Informática Marina del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. Consultado el 31 de Agosto del 2015. <http://www.icmyl.unam.mx/uninmar/mapa.jsf>
- Valdés-González, A., P. Flores-Rodríguez, R. Flores-Garza y S. García-Ibáñez. 2004. Molluscan communities of the rocky intertidal zone at two sites with different wave action on isla La Roqueta, Acapulco, Guerrero, México. *Journal of Shellfish Research*. **23**(3):875-880.

- Villegas-Maldonado, S., E. Neri-García, R. Flores-Garza, S. García-Ibáñez, P. Flores-Rodríguez y D. G. Arana-Salvador. 2007. Datos preliminares de la diversidad de moluscos para el consumo humano que se expenden en Acapulco, Guerrero. pp 57-59. En: *Estudios sobre la Malacología y Conquiliología en México*. Ríos-Jara, E., M. C. Esqueda-González y C. M. Galván-Villa (eds). Universidad de Guadalajara, México. 286 pág.
- Villiers, L. y J. Y. Sire. 1985. Growth and determination of individual age of *Turbo setosus* (Prosobranchia Turbinidae), Hao Atoll (Tuamotu, French Polynesia). *Proceedings of the Fifth International Coral Reef Congress*. Tahiti. **5**:165-170.
- Walker, R. L. A. J. Power, M. Sweeney-Reeves, E. Covington, M. Mitchell y T. Recicar. 2008. Growth, Migration, Population Structure and Sex Ratio of Four Whelk Species (Family Melongenidae) Within Wassaw Sound, Georgia. *Occasional Papers of the University of Georgia Marine Extension Service*. **1**:1-46.
- Willis, S. y J. Cortés. 2001. Mollusks of Manuel Antonio National Park, Pacific Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*. **49**(Supl. 2):25-36.
- Wootton, R. J. 1990. Ecology of Teleost Fishes. Chapman and Hall. *Fish and Fisheries Series* **1**:159-195.
- Zabala, M. S. 2012. Ecología trófica, crecimiento y reproducción en el gasterópodo *Adelomelon ancilla* en el Golfo Nuevo. Tesis Doctoral. Biblioteca Digital de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. 202 pág.

## APÉNDICE I

Precipitación y temperatura medias mensuales. Elaboración propia con datos tomados de la estación climática número 20-074 "Puerto Ángel" (García, 2004).





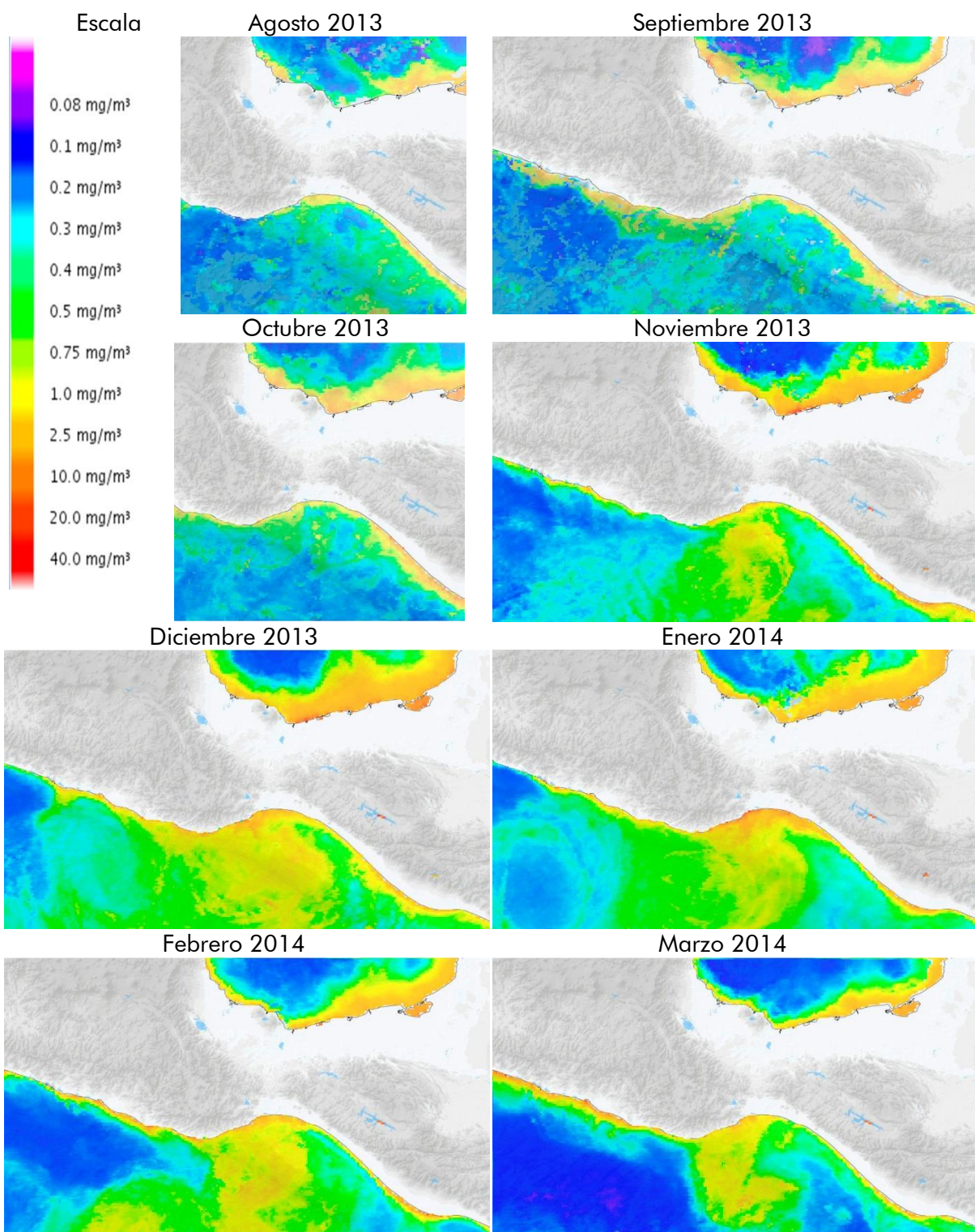
## APÉNDICE II

Longitud total de la concha estimada a partir del modelo de crecimiento de von Bertalanffy para machos, hembras y ambos.

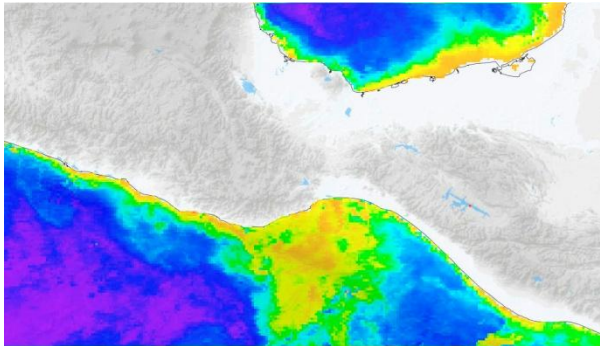
Edad (Años)	$L_t$ Machos	$L_t$ Hembras	$L_t$ Ambos
1	3.33	3.27	3.29
2	3.68	3.65	3.64
3	3.97	3.98	3.95
4	4.21	4.27	4.22
5	4.41	4.52	4.47
6	4.57	4.74	4.69
7	4.71	4.94	4.88
8	4.82	5.11	5.06
9	4.92	5.27	5.21
10	5.0	5.40	5.35
11	5.06	5.52	5.47
12	5.119	5.62	5.58
13	5.16	5.71	5.68
14	5.2	5.79	5.77
15	5.23	5.86	5.84

### APÉNDICE III

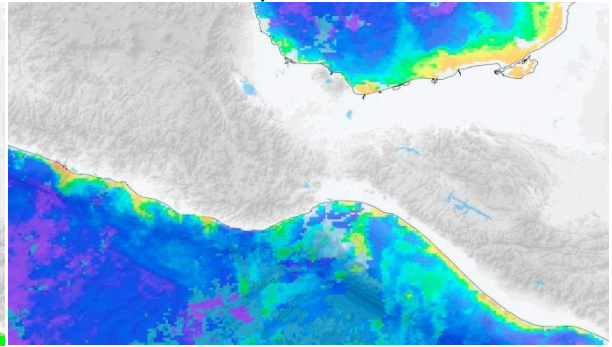
Imágenes satelitales del nivel de clorofila para el periodo de Agosto de 2013 a Noviembre del 2014. Imágenes tomadas del geoportail de la Unidad de Informática Marina (UNINMAR, 2015).



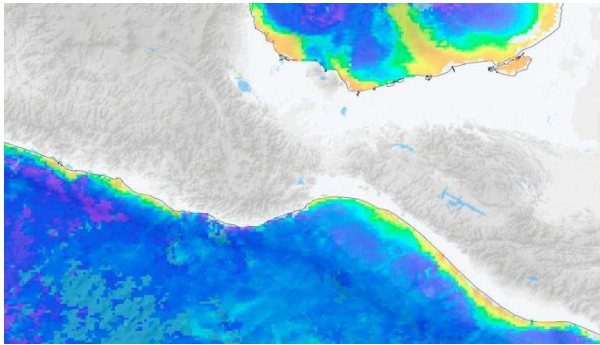
Abril 2014



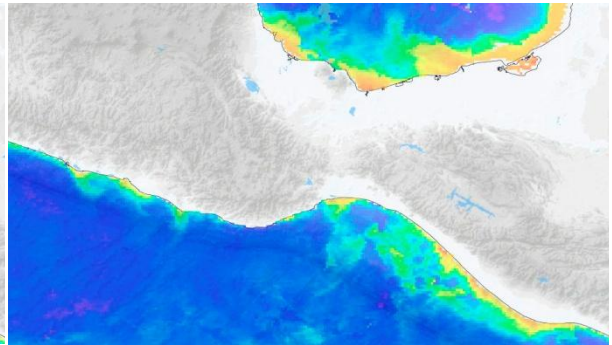
Mayo 2014



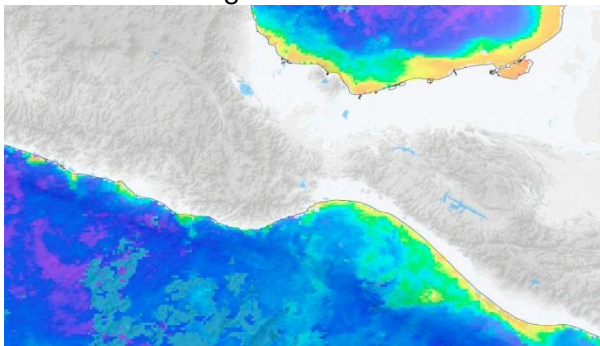
Junio 2014



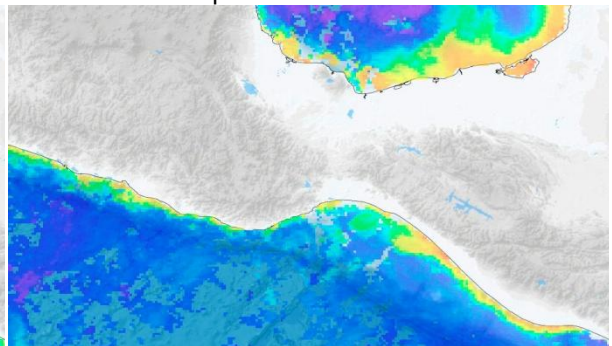
Julio 2014



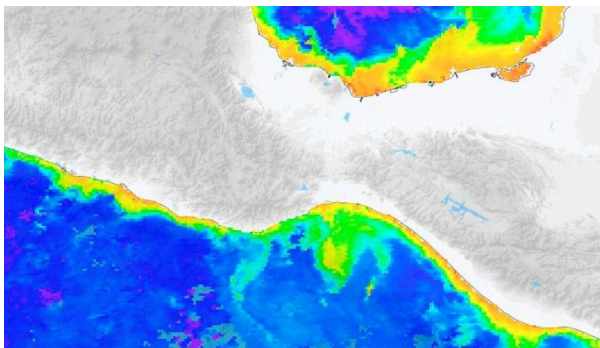
Agosto 2014



Septiembre 2014



Octubre 2014



Noviembre 2014

