



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

Facultad de Estudios Superiores Zaragoza

EDAD Y CRECIMIENTO DEL CARACOL
Astraea undosa (WOOD, 1828),
(GASTROPODA: TURBINIDAE) DE “LA
BOCANA”, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

**MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
(BIOLOGÍA AMBIENTAL)**

P R E S E N T A

VERÓNICA MITSUI SAITO QUEZADA

TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DR. ISAÍAS HAZARMABETH SALGADO UGARTE

COMITÉ TUTOR: DR. JOSÉ LUIS GÓMEZ MÁRQUEZ
DRA. MARÍA GEORGINA GLUYAS MILLÁN

MÉXICO, D.F.

NOVIEMBRE, 2010



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.


Dr. Isidro Ávila Martínez
Director General de Administración Escolar, UNAM
P r e s e n t e

Me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 20 de Septiembre de 2010, se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de **MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS (BIOLOGÍA AMBIENTAL)** del (la) alumno (a) **SAITO QUEZADA VERONICA MITSUI** con número de cuenta **89557992** con la tesis titulada "**Edad y crecimiento del caracol *Astraea undosa* (Wood, 1828), (Gastropoda: Turbinidae) de "La Bocana", Baja California Sur, México**", realizada bajo la dirección del (la) **DR. ISAIAS HAZARMABETH SALGADO UGARTE:**

Presidente: DR. JOSE LUIS GOMEZ MARQUEZ
Vocal: DRA. LAURA SANVICENTE AÑORVE
Secretario: DR. ISAIAS HAZARMABETH SALGADO UGARTE
Suplente: DR. LUIS AMADO AYALA PEREZ
Suplente: DRA. MARIA GEORGINA GLUYAS MILLAN.

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, D.F., a 5 de Noviembre de 2010.


Dr. Juan Núñez Farfán
Coordinador del Programa

c.c.p. Expediente del (la) interesado (a).

AGRADECIMIENTOS:

A La UNAM en especial a la FES Zaragoza, por darme la oportunidad de tener una sólida formación académica y profesional.

Al Posgrado en Ciencias Biológicas de la UNAM, por brindarme la oportunidad de seguir estudiando y en particular al Dr. Juan S. Núñez Farfán, Coordinador del Posgrado en Ciencias Biológicas por su apoyo en la realización de mis estudios de posgrado.

Al CONACyT por la beca otorgada (Registro CVU 215996), ya que con ella pude realizar mis estudios.

Al Laboratorio de Biometría y Biología Pesquera, Campos II de la FES ZARAGOZA, UNAM, sitio académico que proporcionó los medios para llevar a cabo esta investigación.

A los proyectos PAPIIT IN201105-3, bajo la responsabilidad y corresponsabilidad del Dr. José Luis Gómez Márquez y del Dr. Isaías Hazarmabeth Salgado Ugarte, respectivamente y PAPIIME PE205407, bajo la responsabilidad del Dr. Isaías Hazarmabeth Salgado Ugarte.

Al Centro Regional de Investigación Pesquera La Paz-INAPESCA, en particular a los investigadores: Dra. María Georgina Gluyas Millán, miembro del Comité Tutor, así como a la Biól. Margarita Muciño Díaz y al M. en C. Jesús Talavera Maya por su trabajo en la obtención de la muestra biológica de la especie estudiada; al Dr. Abraham Navarrete del Prío y al Biól. Luis Beléndez Moreno ambos Directores Generales de Investigación Pesquera del INAPESCA, por facilitar las gestiones para llevar a cabo una estancia técnica de la alumna y el tutor principal en el CRIP-La Paz (el primero) y por las gestiones para el uso de la información y material biológico (el segundo).

A los miembros del Comité Tutor de manera muy especial al Dr. Isaías Hazarmabeth Salgado Ugarte (tutor principal), por su paciencia y apoyo en todo momento.

Al Dr. José Luis Gómez Márquez, le agradezco porque siempre estuvo presente ayudándome de manera personal y académica durante la realización de este estudio.

A la Dra. María Georgina Gluyas Millán, le agradezco de manera especial, el haber confiando en mí brindándome el material biológico, asesoría especializada sin lo cual este trabajo no hubiera podido realizarse.

A mis sinodales: Dra. Laura Elena Sanvicente Añorve, por su respaldo académico y moral, y por su comprensión a lo largo de la elaboración de esta tesis.

Al Dr. Luis Amado Ayala Pérez, por sus críticas y sugerencias que ayudaron a enriquecer este trabajo.

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a:

A Dios por todas las bendiciones que me da todos los días.

A mi Papá, porque siempre me enseñó que el estudio y el trabajo honrado da frutos buenos y por la educación que me dio.

De manera muy especial A mi Mamá, por su ejemplo de vida, por su educación, por ayudarme cuidar de lo más sagrado en mi vida (mis hijas), así porque nunca me ha hecho falta nada y apoyarme siempre incondicionalmente durante toda mi formación académica.

A mis hijas Mitsui y Mayumi, por el ejemplo de lucha y amor que siempre me dan, por ser la razón y lucha de mi vida y por el tiempo que les quito para realizarme.

Al Amor de mi vida mi esposo Isaías, por todo su apoyo, ayuda y comprensión, por la admiración y amor que le tango y por todo lo que compartimos, en especial a nuestra hijas.

A mis hermanas Hanako, Kikuko, Yuri, Sachie y Erika y mi hermanos Tazdo Y Katsuo por estar presentes siempre que los necesito y apoyarme moralmente todo el tiempo y por sus ejemplo

A mi suegra Myrma, por su apoyo y comprensión constante.

A todos mis Sobrinos: Raúl, Hanako, Mohamed, Harumi, Kikuko, Akira, Midori, Yuri, Taro, Shiru, Masaru, Kaori, Kenji y Ryu; Sharty, Sínead, Yamil y Asenet

A mis cuñados y cuñadas en especial a Raúl, por todo su apoyo.

A la Dra. Bertha Peña, por ser una muy buena compañera, amiga y profesora, por su apoyo y amistad.

A la Biol. Elsa Mariaca, por su apoyo y amistad incondicional

INDICE GENERAL

	Páginas
RESUMEN _____	01
ABSTRACT _____	03
INTRODUCCIÓN _____	05
Diagnosis de la especie _____	09
Antecedentes _____	12
JUSTIFICACIÓN _____	17
OBJETIVOS _____	17
ÁREA DE ESTUDIO _____	18
MATERIAL Y MÉTODO _____	21
RESULTADOS _____	26
Características de <i>Astraea undosa</i> . _____	26
Estimadores de Densidad por Kernel (EDKs) _____	30
Crecimiento: _____	35
Relación peso total y peso callo _____	35
Relación diámetro basal, peso total y peso callo _____	39
Regresión peso total y diámetro basal _____	40
Regresión peso callo y diámetro basal _____	41
Análisis diámetro basal y longitud del opérculo _____	43
Opérculos sin pulir _____	45
Edad _____	46
Von Bertalanffy _____	47
Logística _____	48
Opérculos pulidos _____	50
Edad _____	50
Análisis de diámetro basal y la edad _____	53
Von Bertalanffy _____	54
Gompertz _____	55
Logística _____	56
Pruebas de comparación de modelos de crecimiento _____	58
T^2 de Hotelling _____	58
Razón de Verosimilitud _____	60
DISCUSIÓN _____	61
Características de <i>Astraea undosa</i> _____	61
Crecimiento _____	63
Estimación de la edad _____	67
Opérculos sin pulir _____	67
Opérculos pulidos _____	70
Pruebas de comparación de los modelos e crecimiento _____	74

CONCLUSIONES _____	78
BIBLIOGRAFÍA _____	82
ANEXO _____	88

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura A. Foto <i>Astraea undosa</i> _____	11
Figura B. Foto <i>Astraea undosa</i> : vista desde el ápice de varios ejemplares y su opérculo. _____	12
Figura C. La Bocana y La Bocanita _____	19
Figura D. Foto de opérculo de <i>Astraea undosa</i> ; a la izquierda parte interior del opérculo con periostraco, a la derecha parte exterior del opérculo _____	21
Figura E.- Foto de la cresta central aislada del opérculo de <i>A. undosa</i> . _____	22
Figura F.- Foto del opérculo con las tres crestas cortadas y pulidas (luz transmitida). _____	23
Figura G.- Foto del opérculo (luz transmitida) del opérculo de <i>A. undosa</i> , donde se muestran los anillos de crecimiento y la medición de cada uno de los siete anillos y el borde (B) a partir de la zona focal. _____	24
Figura 1. Diagrama univariado de dispersión para diámetro basal _____	26
Figura 2. Diagrama de puntos para el diámetro basal _____	27
Figura 3. Diagrama de caja y bigotes para diámetro basal _____	29
Figura 4. Histograma (origen = 45, ancho de intervalo = 6.79, 16 Intervalos de clase) para el diámetro basal (intervalo óptimo de Scott). _____	30
Figura 5. EDK con amplitud sobresuavizada de Scott (4.7), para diámetro basal _____	31
Figura 6. EDK con amplitud “óptima” de Silverman, para diámetro basal _____	32

Figura 7. EDK con amplitud de regla empírica (óptima / 2), para el diámetro basal _____	32
Figura 8. EDK con amplitud de banda variable y banda óptima de Silverman, para el diámetro basal _____	33
Figura 9. EDK con amplitud de banda variable y banda de regla empírica (óptima/2), para el diámetro basal _____	33
Figura 10. Diagrama de violín con kernel gaussiano y banda óptima de Silverman para el diámetro basal _____	34
Figura 11. Diagrama de dispersión entre el peso total y el peso del callo del caracol <i>A. undosa</i> _____	35
Figura 12. Diagrama de dispersión y ajuste lineal entre el peso total y el peso del callo del caracol <i>A. undosa</i> _____	36
Figura 13. Gráfico de residuos estandarizados contra valores ajustados entre el peso total y el peso del callo del caracol <i>A. undosa</i> . _____	37
Figura 14. Diagrama de dispersión y ajuste lineal para valores logarítmicos de peso total y peso del callo del caracol <i>A. undosa</i> _____	38
Figura 15. Gráfico de residuos estandarizados contra valores ajustados entre logaritmos del peso total y el peso del callo del caracol <i>A. undosa</i> _____	38
Figura 16. Matriz de gráficos de dispersión para el diámetro basal, peso total y peso del callo del caracol <i>A. undosa</i> _____	39
Figura 17. Matriz de gráficos de dispersión para valores logarítmicos de diámetro basal, peso total y peso del callo del caracol <i>A. undosa</i> _____	40
Figura 18. Diagrama de dispersión y ajuste curvilíneo (potencial) peso total y diámetro basal del caracol <i>A. undosa</i> _____	41
Figura 19. Diagrama de dispersión y ajuste curvilíneo (potencial) para el peso del callo y el diámetro basal del caracol <i>A. undosa</i> _____	42
Figura 20. Gráfica de la regresión funcional entre la longitud del opérculo y el diámetro basal del caracol <i>Astraea undosa</i> en la Bocana _____	43
Figura 21. Gráficas de Regresión Clásica y Regresión Funcional del Diámetro basal y la Longitud del opérculo en <i>A. undosa</i> _____	44

Figura 22. Función de crecimiento de von Bertalanffy para diámetro basal y edad en opérculos sin pulir de <i>Astraea undosa</i> _____	47
Figura 23. Función Logística del diámetro basal y la edad en opérculos sin pulir de <i>Astraea undosa</i> _____	48
Figura 24. Gráfico de las funciones de crecimiento de von Bertalanffy y Logística _____	49
Figura 25. Estimadores de densidad por kernel de longitud de radio por anillo de opérculos de <i>Astraea undosa</i> _____	51
Figura 26. Gráfico de dispersión de longitud de radio contra número de anillos en opérculos de <i>Astraea undosa</i> _____	52
Figura 27. Gráfica de dispersión del diámetro basal contra la edad de <i>Astraea undosa</i> _____	53
Figura 28. Representación gráfica de la regresión no lineal de la función de von Bertalanffy del diámetro basal contra edad en años de <i>Astraea undosa</i> _____	54
Figura 29 Gráfica de la regresión no lineal de la función de Gompertz para diámetro basal y edad en <i>A. undosa</i> _____	55
Figura 30. Representación gráfica de la regresión no lineal del diámetro basal contra la edad de acuerdo a la función de Logística, en <i>A. undosa</i> _____	56
Figura 31. Gráfico de las funciones de crecimiento de von Bertalanffy, Gompertz y Logística _____	57
Figura 32. Comparación gráfica de las ecuaciones de von Bertalanffy de este estudio (círculos) con las obtenidas por otros investigadores. SSP (este estudio sin pulir; SP (este estudio pulidos); CMM (Cupul-Magaña y Torres-Moye, machos); CMH (Cupul-Magaña y Torres-Moye hembras); GMM (Gluyas-Millán Malarribo); GMN (Gluyas-Millán, et al. Natividad); GMBT (Gluyas-Millán et al. Bahía Tortugas); GMBSC (Gluyas-Millán, et al. Bahía de San Cristóbal); GMBA (Gluyas-Millán et al. Bahía Asunción). _____	75

- Figura 33.- Foto: opérculo de *Astraea undosa* de Bocana Baja California Sur, sin pulir en el cual se puede denotar que los últimos anillos no se observan bien con la luz transmitida _____ 88
- Figura 34.- Foto: opérculos de *Astraea undosa* de Bocana Baja California Sur (izquierda con las crestas pulidas y derecha sin pulir) _____ 88
- Figura 35.- Foto: opérculos de *Astraea undosa* de Bocana BCS(izquierda con las crestas pulidas y derecha sin pulir) _____ 89
- Figura 36.- Foto: opérculo de *Astraea undosa* de la Bocana Baja California Sur, con un anillo, el cual corresponde a un año de edad _____ 89
- Figura 37.- Foto: opérculo con dos anillos de crecimiento de *Astraea undosa* de la Bocana (BCS) _____ 90
- Figura 38.- Foto: opérculo de *A. undosa* con tres años de edad, de la Bocana (BCS) _____ 90
- Figura 39.- Foto: opérculo con cuatro anillos de crecimiento de *A. undosa*, La Bocana _____ 91
- Figura 40.- Foto: opérculo de *A. undosa* con un anillo de la Bocana Baja California Sur _____ 91
- Figura 41.- Foto de opérculo de *A. undosa* de la Bocana en BCS, con seis anillos de crecimiento y con borde hialino _____ 92
- Figura 42.- Foto de opérculo de *A. undosa* de la Bocana en BCS, con seis anillos de crecimiento y con borde opaco _____ 92
- Figura 43.- Foto: opérculo de *A. undosa* de siete años de edad, de la Bocana (BCS) _____ 93
- Figura 44.- Foto de opérculo de *A. undosa* de la Bocana en BCS, con ocho anillos de crecimiento _____ 93
- Figura 45.- Foto: opérculo de *Astraea undosa* con nueve anillos de la Bocana Baja California Sur _____ 94
- Figura 46.- Foto: opérculo con diez anillos de crecimiento de *A. undosa*, La Bocana BCS _____ 94
- Figura 47.- Foto opérculo en el cual su pudo observar los ocho anillos de crecimiento _____ 95

Figura 48.- Foto del mismo opérculo de lado interno ya pulido en el cual se pudo observar los ocho anillos de crecimiento con luz transmitida_____ 95

Figura 49.- Foto del mismo opérculo de lado externo ya pulido en el cual se su pudo observar con 11 anillos de edad de crecimiento con luz transmitida_____ 96

INDICE DE TABLAS

	Paginas
Tabla 1. Resumen estadístico de los datos de <i>Astraea undosa</i> _____	26
Tabla 2. Diagrama de tallo y hoja para diámetro basal _____	28
Tabla 3. Resumen de letras para lo datos de diámetro basal de <i>A. undosa</i> _____	28
Tabla 4. Resumen estadístico tradicional _____	28
Tabla 5. Reglas practicas para el intervalo/banda para histogramas/EDKs _____	31
Tabla 6. Regresión entre peso total y peso del callo _____	36
Tabla 7. Regresión entre valores logarítmicos de peso total y peso callo _____	37
Tabla 8. Correlaciones entre las variables medidas y su significancia estadística _____	40
Tabla 9. Regresión entre valores logarítmicos de peso total y diámetro basal _____	41
Tabla 10. Regresión entre valores logarítmicos de peso callo y diámetro basal _____	42
Tabla 11. Regresión entre Diámetro basal y largo del opérculo _____	43
Tabla 12. Parámetros para regresión funcional entre la longitud del opérculo y el diámetro basal de <i>A. undosa</i> en la Bocana _____	44
Tabla 13 Resumen estadístico de individuos y opérculos sin pulir de <i>Astraea undosa</i> _____	45

Tabla 14. Resumen de anillos en opérculos sin pulir de <i>A. undosa</i> _____	46
Tabla 15. Función de von Bertalanffy_____	47
Tabla 16. Función Logística_____	48
Tabla 17. Resumen de Radios_____	50
Tabla 18. Modas para radios de anillos de opérculos de <i>Astraea undosa</i> _____	52
Tabla 19. Resumen de Diámetro Basal (mm) y edad de individuos de <i>A. undosa</i> _____	53
Tabla 20. Resumen estadístico de la regresión no lineal para ajuste de la función de crecimiento de von Bertalanffy para <i>A. undosa</i> _____	54
Tabla 21. Resumen estadístico de la regresión no lineal para ajuste de la función de crecimiento de Gompertz en <i>A. undosa</i> _____	55
Tabla 22 Resumen estadístico de la regresión no lineal para ajuste de la función de crecimiento de Logística para <i>A. undosa</i> _____	56
Tabla 23 Prueba de T^2 de Hotelling para comparación de parámetros de la ecuación de von Bertalanffy de <i>Astraea undosa</i> , La Bocana y Bocanita_____	58
Tabla 24 Prueba de razón de verosimilitud para von Bertalanffy en <i>Astraea undosa</i> , la Bocana y Bocanita_____	59
Tabla 25. Media, desviación estándar y frecuencia de los diámetros de radios de opérculo de <i>A. undosa</i> ._____	60
Tabla 26.Comparación de los estimadores de los parámetros de la regresión lineal simple de <i>A. undosa</i> de La Bocana con zonas (A y B) de Bahía Tortugas_____	66
Tabla 27. Estimadores de los parámetros de la regresión funcional para la relación entre la longitud del opérculo y el diámetro basal de <i>A. undosa</i> _____	66

RESUMEN

En este estudio se estimaron la edad y el crecimiento del caracol *Astraea undosa* comparando dos métodos para la lectura de marcas en opérculos. Se analizaron 287 individuos de la captura comercial en julio de 2006, de la localidad de la Bocana Baja California Sur, de los cuales se obtuvieron datos del diámetro basal (*DB*) $\bar{x} = 93.9164\text{mm}$, $s = 12.8021\text{mm}$, peso total (*PT*) $\bar{x} = 263.70\text{g}$, $s = 115.537\text{g}$ y peso del callo (*PC*) $\bar{x} = 47.59\text{g}$, $s = 20.2315\text{g}$. La distribución del *DB* se analizó con estimadores de densidad por kernel (gaussiano), con banda sobresuavizada, la óptima de Silverman y regla empírica de la mitad de óptima. Los estimadores de la regresión entre *PT* y *PC* fueron: $\mathbf{a} = 1.84$, $\mathbf{b} = 0.9652$ y $\mathbf{r}^2 = 0.9162$ y entre *PT* y *DB*: $\mathbf{a} = -10.922$, $\mathbf{b} = 0.611$ y $\mathbf{r}^2 = 0.9015$. La regresión entre *PC* y *DB* resultó en los estimadores: $\mathbf{a} = -12.335$, $\mathbf{b} = 3.546$ y $\mathbf{r}^2 = 0.884$. La regresión funcional dio un mejor ajuste entre el *DB* y el largo del opérculo (*LO*) en comparación con la regresión lineal ordinaria.

Para la determinación de la edad se analizaron 147 opérculos en primera instancia sin pulir y después pulidos. Los opérculos sin pulir tuvieron en promedio un peso de $7.32 \pm 3.2\text{ g}$, ancho de 2.63 ± 0.50 y largo de 3.85 ± 0.67 . Se observaron de 0 a 11 anillos. Considerando una formación anual, la edad más frecuente (45 ejemplares) fue la de 5 años. El número de anillos y *DB* se ajustaron a los modelos de crecimiento de von Bertalanffy (FCVB): $L_{\infty} = 119.669$, $k = 0.184$ y $t_0 = -2.749$ y Logístico: $L_{\infty} = 112.209$, $g = 0.6870$, $t_0 = .336$. No fue posible ajustar (no hubo convergencia) el modelo de Gompertz.

Los opérculos pulidos permitieron distinguir más claramente las marcas de crecimiento (anillos), por lo cual se considera conduce a conteos y mediciones más precisas. En los opérculos pulidos se denotaron anillos de 1 hasta 11. La distribución de los radios anulares a cada edad por EDKs en general fue unimodal. Con los datos del *DB* y el número de anillos (edad) se hicieron los ajustes no lineales para la FCVB:

$L_{\infty} = 116.3093$, $k = 0.2509$ y $t_0 = -1.5068$, Gompertz: $L_{\infty} = 113.4106$, $g = 0.3340$ y $t_0 = 0.0601$ y Logística: $L_{\infty} = 111.488$, $g = 1.0623$, $t_0 = 0.4201$.

Las edades más frecuentes en la muestra fueron 5 y 6 (58 y 34 ejemplares, respectivamente). Las edades 2 y 11 estuvieron representadas por un solo ejemplar cada una.

Tanto la prueba T^2 de Hotelling como la de Razón de Verosimilitud indicaron diferencia significativa entre el modelo de von Bertalanffy obtenido de opérculos sin pulir y el modelo a partir de los pulidos. Ambas pruebas señalan a t_0 como la principal causa de diferencia, seguidos de k y por último L_{∞} .

El aclaramiento en la visualización de las marcas de crecimiento y la mayor precisión en el conteo y medición de las mismas, así como la diferencia estadística entre los modelos arriba señalados llevan a recomendar el pulido de los opérculos para la estimación de la edad y crecimiento del caracol *Astraea undosa*.

ABSTRACT

In this study age and growth of the snail *Astraea undosa* were estimated comparing two procedures to read the growth marks in opercula. From the commercial catch of July 2006 from “La Bocana” Baja California Sur, 287 individuals were analyzed to obtain data of basal diameter (*BD*) \bar{x} = 93.92mm, s = 12.80mm, total weight (*TW*) \bar{x} = 263.70g, s = 115.54g and adductor muscle weight (*AW*) \bar{x} = 47.59g, s = 20.23g. *BD* distribution was analyzed by means of kernel (Gaussian) density estimators (KDE) with oversmoothed, Silverman’s optimal and empirical rule of optimal half bandwidths. Regression estimator between *TW* and *AW* were: $\mathbf{a} = 1.84$, $\mathbf{b} = 0.92$ and $\mathbf{r}^2 = 0.92$ and between *TW* and *BD*: $\mathbf{a} = -10.92$, $\mathbf{b} = 0.61$ y $\mathbf{r}^2 = 0.90$. *AW* and *BD* regression resulted in the following estimators: $\mathbf{a} = -12.33$, $\mathbf{b} = 3.55$ and $\mathbf{r}^2 = 0.88$. Functional regression provided a better visual fit of *DB* against operculum length (*OL*) in comparison with ordinary least squares regression. To age determination 147 opercula were analyzed in first instance without polishing and after with polishing. Unpolished opercula had a weight of 7.32 ± 3.20 g, width of 2.63 ± 0.50 and length of 3.85 ± 0.67 mm. There were observed from 0 to 11 annuli. Assuming an annual ring formation, most frequent (45 specimens) age was 5 years. Annuli numbers and *BD* were fitted to growth models of von Bertalanffy (vBGF): $L_\infty = 119.669$, $k = 0.184$ and $t_0 = -2.749$ and Logistic: $L_\infty = 112.209$, $g = 0.6870$, $t_0 = 0.336$. It was not possible to fit (no convergence achievement) the Gompertz model.

Polished opercula permitted to more easily distinguish growth marks (annuli), therefore it is considered to lead towards more precise counts and measurements. The polished opercula showed from 1 to 11 annuli. Annular radii at each age distribution analyzed by KDE’s in general were unimodal. With *BD* and annuli number (age) data nonlinear fittings were made for the vBGF: $L_\infty = 116.3093$, $k = 0.2509$ and $t_0 = -1.5068$, Gompertz: $L_\infty = 113.4106$, $g = 0.3340$ and $t_0 = 0.0601$ and Logistic: $L_\infty = 111.488$, $g = 1.0623$, $t_0 = 0.4201$. Most frequent ages in the sample were five and six (58 and 34

individuals respectively). Ages two and 11 were represented by a single individual each.

Both, Hotelling's T^2 and likelihood ratio tests indicated a significant difference between vBGF from unpolished opercula with the polished ones vBGF model. The two test point out t_0 as the main cause of difference, followed by k and finally L_∞ .

The easier visualization of growth marks and the higher precision in their counts and measurements attained in addition to the statistical difference between the unpolished – polished opercula growth models lead to recommend opercula polishing to estimate age and growth of *Astraea undosa* snail.

INTRODUCCIÓN

Los datos en pesquerías sobre edad y crecimiento son esenciales para el entendimiento de las características vitales de las especies y poblaciones (ej. tiempo de vida, la edad al reclutamiento, la madurez sexual, periodos de reproducción, migración y mortalidad) y el estudio de la estructura demográfica y dinámica de poblaciones (ej. la edad basada en la evaluación del grupo). Las aplicaciones ecológicas y paleoecológicas de tales datos incluyen el estudio de la respuesta adaptativas de las poblaciones a las presiones del medio, ya sea naturales (variaciones climáticas) o antropogénicas (pesca, contaminación, desarrollo de la zona costera) (Panfili *et al.* 2002).

El estudio de la dimensión temporal a partir de estructuras duras en los organismos se ha denominado como “esclerocronología”. Esta disciplina cubre los problemas de la estimación de la edad tanto como la estimación del tiempo, la duración y los eventos en la vida. Estos métodos están basados en el estudio de varios tipos de señales que proveen referencias temporales, ya sea estructurales, químicas y/u ópticas (Panfili *et al.* 2002). Debido al escaso conocimiento biológico de muchos recursos acuáticos, la demanda de datos esclerocronológicos confiables para la toma decisiones en el manejo en pesquerías está creciendo.

La edad puede estimarse en aquellas especies que producen conchas o alguna otra 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.

Los moluscos constituyen el filo más grande de invertebrados después de los artrópodos. La clase Gasterópoda es sin duda la más rica entre los moluscos con más de 75,000 especies vivientes descritas y unas 15,000 fósiles. Tiene un registro

continuo desde el Cámbrico y ha experimentado la radiación adaptativa más extensa de todos los moluscos (Barnes, 1985).

La esclerocronología se ha usado para determinar la correlación temporal en conchas de *Arctica islandica* del Holoceno (Marchitto *et al.*, 2000). En algunos bivalvos de la zona templada (Seed, 1980) se forman marcas ó anillos visibles en las conchas (*annuli*) los cuales se forman en el invierno o al inicio del crecimiento de primavera; en ciertas especies de aguas frías, las marcas en el esqueleto calcáreo pueden ser resultado de la inhibición del crecimiento por las elevadas temperaturas del verano (Wilbur y Owen, 1964). Los moluscos muestran bandas características que son influenciadas por el ambiente, se puede esperar que individuos dentro de una población parte del registro de crecimiento sea similar, por ejemplo, cada miembro de una población puede formar una banda gruesa durante un año bueno y una banda delgada durante un subsecuente año malo. Teóricamente los registros de la anchura y la cantidad de esas bandas de diferentes individuos pueden ser correlacionados y conjuntados para producir la esclerocronología (Marchitto *et al.*, 2000).

La determinación de la edad en los gasterópodos ha recibido menos atención en comparación con los pelecípodos. Generalmente el estudio de la edad y el crecimiento en los gasterópodos está basado en las marcas de crecimiento de las estrías de las conchas o en los anillos de los opérculos (Chen y Soong, 2002). La edad y el crecimiento se han evaluado por modelos específicos sin discriminación entre ellos (Miranda *et al.* 2008).

Los primeros gasterópodos operculados conocidos son los del Ordovícico temprano Euophaloideanos (Raphistomatidea) *Ceratopea* (Yochelson y Barnett 1972; Yochelson y Wise 1972; Yochelson y Copland 1974; Yochelson 1975, 1979, 1990) y los Macluritoideanos *Teiichispira* (Yochelson 1992), seguidos en el Ordovícico medio temprano por los opérculos de Maclutoideanos *Maclurites*, *Monitorella* y *Palliseria*

(Yochelson 1986, 1992). En todos estos ellos los opérculos son rigiclaudata (Checa y Jiménez-Jiménez, 1998).

El opérculo es en placa callosa o calcárea firmemente fijada en el lado dorsal del final posterior del pie. Cuando la cabeza y el pie son retraídos hacia dentro de la concha, ésta estructura es la última hacia afuera y de esta forma sirve como una protección. El opérculo varía en grosor de acuerdo con la geografía y la depredación (Vermeij y Williams., 2006) y sella la concha de fluidos nocivos o del efecto de sequedad del sol o del aire. Cuando el pie se expande y es usado para arrastrarse, el opérculo sirve como una almohadilla al pie sobre el cual la concha puede descansar o flotar sin herir el pie suave. El opérculo está presente en muchas familias de moluscos marinos y este a menudo sirve como un carácter de identificación (Tucker, 1974).

Los opérculos han sido objeto de un limitado conjunto de estudios en diferentes campos científicos. Han sido estudiados en términos de procesos de secreción a niveles histológicos e histoquímicos (Houssay 1884; Kessel 1942), los calcáreos fosilizados han atraído a los paleontólogos; unos pocos han aplicado algunos caracteres significativos de los opérculos en sistemática (Graham 1985, Hickman y McLean 1990) (tomado de Checa y Jiménez-Jiménez, 1998) y finalmente para la determinación de edad y crecimiento: Wilbur y Owen (1964) con *Babylonia japonica*; Sire y Bonnet (1984) con *Lithopoma undosum* (= *Astraea undosa*) y *Turbo setosus* y Cupul-Magaña y Torres-Moye (1996), Gluyas-Millan *et al* (1999; 2000) con *Astraea undosa*.

En el litoral del Pacífico, en las costas de la península de Baja California se tiene registro de explotación pesquera de 17 especies de gasterópodos. Entre los cuales se integra.- “caracol panocha”. Este recurso incluye a dos especies del mismo género *Astraea undosa* y *A. turbanica*, siendo la primera la más abundante (Talavera *et al.* 2000).

En California Estados Unidos el “turban wavy” (*Megastrea undosa* = *Astraea undosa*) permitió el surgimiento de una pequeña pesquería alrededor de los años noventa. Actualmente, los caracoles tienen un alto valor comercial en el sur de California E.U.A. y Baja California en México (Taniguchi y Rogers-Bennett, 2001).

Existe evidencia arqueológica en el sur de California USA que sugiere que las poblaciones nativas pescaban el caracol “turban” antes que los Europeos y Asiáticos se establecieran en California Estados Unidos (Taniguchi y Rogers-Bennett, 2001).

La pesca comercial de este caracol en México inició en 1980 con el fin de aprovechar recursos diferentes al abulón y la langosta, como consecuencia de la disminución de la captura del abulón (*Halotis* spp.). El manejo de la pesquería del caracol es a través de cuotas anuales de captura por zona de pesca, un periodo de veda y una talla mínima de captura de 90 mm de diámetro basal (Singh-Cabanillas, 1996). La captura anual presentó un crecimiento sostenido hasta alcanzar la captura máxima de 400 t de callo fresco en 1989 y desde entonces la captura promedio se ha mantenido en unas 200 t (Gluyas-Millán, *et al.* 2000).

Desde Isla Natividad hasta la Bocana, en la costa occidental de Baja California Sur, las zonas de pesca están bien delimitadas y la cuota anual de captura por zona se asigna precautoriamente, después de estimar la biomasa a través de un muestreo estratificado al azar (Singh-Cabanillas, 1996).

Unas de las actividades para obtener información de la población de *Astraea undosa* fue llevar a cabo un monitoreo *in situ* en la zona de distribución de la especie en el 2006 y una de las zonas de estudio fue la Bocana.

A pesar de que existen varios trabajos sobre aspectos biológicos de *A. undosa*, aún es necesario llevar a cabo estudios más profundos sobre aspectos biológicos para la propuesta de formas de manejo sustentable. Una información importante para este fin es el conocimiento de la edad y el crecimiento. La edad se puede determinar por medio de la lectura de las marcas de crecimiento presentes en los opérculos. Si tales marcas o anillos de crecimiento en los opérculos son resultado de variación estacional es posible calcular la edad y el ritmo de crecimiento a través del análisis de su espaciamiento y del conteo de su número.

DIAGNOSIS DE LA ESPECIE:

Astraea undosa pertenece a la familia Turbinidae. Los miembros de esta familia poseen conchas generalmente gruesas y sólidas, turbinazas (hacia arriba) y a menudo de colores brillantes, con nácar entre la capa exterior. La superficie puede ser suave, rugosa o espinosa. Presentan un opérculo calcáreo grueso sin ombligo. De algunas especies se fabrican botones bellamente coloreados. La famosa joyería de ojo de gato del Pacífico Sur es el opérculo colorido de un miembro de esta familia (*Turbo petholatus* Linné), (Morris, 1966)

Astraea undosa (Wood, 1828), es uno de los grandes gasterópodos prosobranquios, conocido en inglés como “wavy turban” (Tucker 1974) y en México como “caracol panocha”. Habita en aguas moderadamente profundas, típico de zonas costeras templadas y se distribuye desde Ventura, California, EUA, hasta Punta Abreojos en la península de Baja California, México (Morris, 1966; Keen, 1971). Es estrictamente un gasterópodo herbívoro oportunista con ausencia de preferencia alimentaria diferencial por sexo, cuenta con una rádula tipo rhipidoglobosa (Hickman, 1981). También experimenta cambios ontogénicos en la capacidad de alimentarse de microalgas o macroalgas (Aguilar *et. al* 1990), *Astraea undosa* prefiere algas corpulentas tales como *Cystoseira*, *Halidrys*, *Sargassum*, *Zonaria* y *Dictyota*, pero

comen algas menos nutritivas calcáreas tales como *Corallina*, *Lithothrix* y *Bossiella* (Halliday, 1991).

Se han documentado como sus depredadores en la Isla Catalina a: el pulpo *Octopus bimaculatus*, la estrella de mar *Pisaster giganteus*, la langosta *Panulirus interruptus* y el caracol buccino *Kelletia kelletii* (Schmitt, 1982; Ambrose, 1986 citados en Alfaro y Carpenter, 1999).

El caracol panocha es dioico con fertilización externa; su proporción de sexos es de 1:1. Desova de abril a mayo y con mayor intensidad de noviembre a enero (Belmar-Pérez *et al.* 1991). Se ha determinado una longevidad de hasta 12 años a través de las marcas periódicas en los opérculos. Se han registrado tallas máximas de 13.3 cm de diámetro basal (DB) (Gluyas-Millán *et al.* 1999). Su concha es grande, sólida y pesada, cónica, más ancha que alta, con las vueltas y la base aplanadas (FAO 1995), alcanzando una longitud de 20 cm con un diámetro equivalente. Presenta de 6 a 8 vueltas con pendiente pronunciada, un ápice agudo. Cada vuelta está decorada con una serie de prominencias verticales onduladas y una banda nudosa prominente semejante a una cuerda enredada a lo largo de la línea de sutura. Tienen un opérculo calcáreo, engrosado (Morris, 1969), la cara externa presenta tres crestas espinosas que parten desde el borde, con periostraco córneo café-oliváceo y la cara externa blanquecina (FAO 1995). De acuerdo con Checa *et al.*, 1998 se trata de un opérculo rigiclaudata espiral.

Reino: Animal

Phylum: Mollusca, 1797

Clase: Gasterópoda Cuvier, 1797

Subclase: Prosobranquia Milne-Edwards, 1848

Orden: Archegastropoda Thiele, 1925

Familia: Turbinidae Rafinesque, 1815

Subgénero: Megastrea. McLean, 1970

Especie: *Astraea undosa* (Wood, 1828). (Tucker 1974)(fig. A)



Figura A.- Gasterópodo *Astraea undosa*.
(www.flickr.com/photos/18217240@N07/3684738123/)

Se captura comercialmente en la costa occidental de la península de Baja California y las principales áreas de pesca se localizan desde Malarrimo hasta La Bocana, Baja California Sur, incluyendo Isla Natividad (Gluyas-Millán *et al* 2000). En México, las zonas de mayor abundancia de *A. undosa* se ubican desde Punta Eugenia a La Bocana, B.C.S., incluyendo Isla Natividad, donde se captura el mayor volumen. La talla mínima de captura es de 90 cm de DB.

Una época de veda del 1 de noviembre al 28 de febrero protege el evento reproductivo y el otorgamiento de cuotas de captura. Ocupa el tercer lugar en volúmenes de captura y derrama económica en Baja California, superada únicamente por las pesquerías de abulón y langosta. La captura fluctúa alrededor de las 230 toneladas. Con un pico máximo de 400t en 1989, y un mínimo de 170t en 1991. Dos cooperativas realizaron contrato de venta con mercados de Taiwán y Vietnam durante 1995, a un precio variable entre 4 y 4.6 dólares la lata (Singh-Cabanillas, 1996).

También con un volumen de producción en toneladas total de 187 y valor de producción en miles de pesos de 1962 en el 2007 (Anuario Estadístico de Baja California Sur 2008).

A. undosa se captura por buceo semiautónomo (Hooka) a profundidades de tres a doce metros y se comercializa principalmente al mercado asiático enlatado en salmuera (Talavera-Maya, *et al.* 2000).



Figura B.- Varios ejemplares de *Astraea undosa*: vistos desde el ápice; ejemplar vuelto hacia arriba para exponer el opérculo.

ANTECEDENTES

La esclerocronología es el estudio de la interpretación de las marcas de crecimiento sobre estructuras duras (Panfili *et al.* 2002) y como método para la determinación de edad se ha utilizado principalmente en peces y en otros organismos con estructuras duras. En moluscos, Sire y Bonnet (1984), investigaron la edad utilizando los opérculos del gasterópodo *Turbo setosus* (Prosobranquia: Turbinidae), la cual no excedió de tres años. La estructura opercular reveló tres tipos de líneas: (A) depósitos irregulares, líneas de estrés; (B) líneas con periodicidad regular correspondientes al

ritmo de crecimiento diario y (C) líneas reflejadas con el patrón de crecimiento subdiario.

Villiers y Sire (1985) estudiaron el crecimiento de *Turbo setosus* Gmelin (Prosobranquia: Turbinidae) utilizando un análisis morfo-estadístico de la lectura detallada de los anillos de crecimiento en los opérculos (operculometría). Los parámetros de la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy que obtuvieron fueron: $L_{\infty} = 17$ mm, $k = 0.0016$ y $t_0 = 0$. Las secciones de los opérculos revelaron tres tipos de líneas.

Aguilar *et al.* (1990), mediante un análisis cualitativo de la dieta macroalgal investigaron la biología alimentaria de una población de *Astraea undosa* en Punta Banda, Baja California, México, con muestreos entre noviembre 1987 y junio de 1988. Identificaron 17 géneros y 10 especies de algas que consistentemente se encontraron formando parte de la dieta de *A. undosa*.

Otro estudio es el de Bourgeois *et al.*, (1997), quienes estudiaron la edad y crecimiento por esclerocronología de una población del gasterópodo *Turbo marmurtus*, en Tahití marcando con un lápiz de plomo las conchas y los opérculos para medir la tasa de crecimiento diario, y estimando los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy como $L_{\infty} = 30.0$ cm, $k = 0.324$ años⁻¹, $t_0 = 0$ y $P_{\infty} = 118.53$ g.

Marchitto *et al.*, (2000) por medio de las líneas de crecimiento en las conchas de *Arctica islandica* contemporáneas precisaron la correlación temporal de las conchas de moluscos del Holoceno.

Chen y Soong (2002) en el gasterópodo *Coralliophila violacea* determinaron la edad en el cambio de sexo que ocurrió entre los cuatro y seis años así como el

crecimiento por medio de la función de Gompertz $L_t = 24.02 \exp[-3.25 \exp(-0.44t)]$. La correlación entre el número de estrías en el opérculo y la edad estimada por la función de Gompertz fue alta y significativa ($r^2 = 0.95$, $P < 0.01$, $n = 67$). Ajustando una línea a recta sin intercepto ($Y = 1.03X$) a estos valores dio una pendiente sin diferencia significativa de la unidad, por lo cual afirmaron que la edad estimada es igual al número de estrías en el opérculo.

Ilano, *et al.*, (2004) determinaron la edad de *Buccinum isaotakii* (Gastropoda: Buccinidae) a través de las líneas de crecimiento de opérculo bajo condiciones de laboratorio, de la relación entre el largo y el peso del cuerpo mostró en ambos sexos un crecimiento alométrico negativo. Los parámetros de crecimiento (von Bertalanffy) fueron: $L_\infty = 129.99$ mm, $k = 0.132$, $t_0 = -2.25$ y $W_\infty = 71.12$ g, $b = 2.65$ para machos y $L_\infty = 150.52$ mm, $k = 0.117$, $t_0 = -2.18$ y $W_\infty = 101.103$ g, $b = 2.53$ para hembras.

Cledón *et al.*, (2005), determinaron la edad y producción somática de *Adelomelon brasiliense* (Gastropoda Volutidae) confirmando la formación de los anillos de crecimiento por medio del isótopo de oxígeno en las conchas. Los resultados de la función logística de crecimiento fueron: $L_\infty = 186.28$ mm, $k = 0.185$, $t_0 = 4.601$ y $W_\infty = 255$ g, $b = 140$ mm, la producción somática individual fue de 46 g en conchas libres de masa húmeda año⁻¹ y la especie alcanzó 145 mm de largo a una edad cercana a los 12 años.

Miranda *et al.*, (2008), determinaron la edad en *Neptunea arthritica* por medio de las estrías de sus opérculos. Ajustaron la función de Gompertz con los siguientes parámetros estimados (en mm y g): $L_\infty = 50.69$, $W_\infty = 63.14$ en machos y $L_\infty = 38.49$, $W_\infty = 48.6$ en hembras; la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy para machos y hembras fue: $L_\infty = 54.08$, $W_\infty = 58.78$ y $L_\infty = 45.20$, $W_\infty = 49.69$ respectivamente. Por otra parte los caracoles que estaban enfermos por contaminación fueron incluidos en el análisis ya que en los opérculos se podían contar los anillos de crecimiento.

Los trabajos arriba mencionados son referencias generales respecto al uso de métodos esclerocronológicos para la determinación de la edad, ritmo de crecimiento, fluctuaciones ambientales en moluscos y principalmente en opérculos de caracoles.

Para el caso de *Astraea undosa*: Adegoke (1973) analizó la cantidad mineralógica y biogeoquímica de opérculos calcáreos y conchas de algunos gasterópodos, para confirmar su origen y en *A. undosa* reportó conchas y opérculos con porcentaje semejante de aragonita, pero más Mg y Sr en opérculo que en concha.

Belmar-Pérez *et al.*, (1991), estudiaron la biología reproductiva de *Astraea undosa*, la cual poblacionalmente mostró cuatro diferentes patrones de comportamiento de desove: desovadores totales, parciales, incompletos y no desovadores. Presentaron signos de actividad reproductiva en primavera y otoño siendo ésta última la época de mayor expulsión. Los desovadores totales ocurrieron con mayor frecuencia a los 18 m de profundidad mientras que los desovadores parciales en aguas someras. Los resultados indicaron que la talla mínima de captura debe de ser alrededor de 96 mm de diámetro basal.

Cupul-Magaña y Torres-Moye (1996), determinaron la edad y crecimiento por medio de datos obtenidos de las estrías del opérculo en ambos sexos, los cuales se utilizaron en la ecuación de regresión entre la longitud del opérculo (LO) y el diámetro basal (DB) donde para machos y hembras fue $Y = \log^{-1}(0.526 + 0.904 \log X)$ y $Y = \log^{-1}(0.526 + 0.905 \log X)$ y $r^2 = 0.936$ y $r^2 = 0.927$ respectivamente y para ambos $Y = \log^{-1}(0.555 + 0.833 \log X)$ y $r^2 = 0.934$, también propone que existen dos tipos de líneas: hialinas (lento crecimiento) y opacas (rápido crecimiento).

Gluyas Millán *et al.*, (1999), determinaron las diferencias de la longitud opercular (LO), edad y diámetro basal (DB) a la edad del caracol panocha en dos

zonas A y B de Bahía Tortugas Baja California México, encontrando que existían zonas de lento crecimiento. Con respecto a la periodicidad del depósito de las bandas lo determinaron calculando el promedio mensual del ancho del margen de los opérculos en cada zona y estos presentaron un patrón anual similar en ambas zonas, los máximos de agosto a enero y los mínimos de febrero a julio lo que sugirió la formación de una marca de crecimiento (una banda opaca y una hialina) cada año. Por otro lado la distribución del DB a la edad mostró que en la zona B a la edad de 3 años crecen aproximadamente 4 mm y mientras que en la zona A la edad de 4 años, crecen 17 mm.

Gluyas Millán *et al.*, (2000), estimaron el crecimiento y la mortalidad a partir de las líneas de crecimiento en los opérculos de *Astraea undosa* en cinco zonas de pesca en la costa occidental de Baja California, donde determinaron grupos de edad de 0 a 12 años. Ajustaron el modelo de Von Bertalanffy a los datos de edad-talla ($L_{\infty} = 167.8$ y 175.1 mm, $k = 0.08$ y 0.10 mm/año y $t_0 = -1.7$ y -1.2 años). La mortalidad natural fue de 0.29 por año para el área de estudio, la tasa de mortalidad por zona varió entre 0.43 y 0.90 por año y la tasa de explotación entre 0.11 y 0.40 por año, lo que indicó como niveles adecuados de aprovechamiento.

Rodríguez-Valencia *et al.*, (2002), estimaron la abundancia y asociación de *Astraea (Lithopoma) undosa*, *A.(L.) turbanica* y *Haliotis* spp. en la isla de San Jerónimo, parte occidental de Baja California. Dentro de la Bahía del Rosario encontraron 219 ejemplares de *Astraea undosa* con una altura promedio de 60 mm (min. = 2 mm, max. = 106 mm); el diámetro basal promedio fue de 61.2 mm con el 12 % de individuos capturados con tallas mayores a la mínima legal. La densidad media para *Astraea undosa* fue 0.1 m^{-2} (± 0.06) y encontraron asociaciones positivas con sus depredadores. Asimismo sugirieron una covariación negativa y segregación espacial entre *Astraea undosa* y *A. turbanica*.

JUSTIFICACIÓN

Dada la importancia del caracol *Astraea undosa* como sucedáneo del abulón así como del conocimiento de sus características demográficas y aún cuando existen varios trabajos de investigación sobre edad y crecimiento, es necesario seguir estudiando a la especie en el extremo sur de su distribución como es el caso de la Bocana BCS, donde no existen antecedentes. Para lograr lo anterior se plantearon los siguientes objetivos:

OBJETIVOS

Objetivo general:

Estimar la edad y modelar el crecimiento del caracol panocha *Astraea undosa* de la localidad de la Bocana Baja California Sur por medio de métodos esclerocronológicos

Objetivos particulares:

- a) Analizar la estructura de tamaños en la población por medio de estimadores de densidad por kernel
- b) Realizar lecturas de marcas periódicas en opérculos sin pulir de *A. undosa* para estimar la edad y el ritmo de crecimiento de la especie
- c) Cortar y pulir los opérculos para contar y medir las marcas periódicas y estimar la edad y el ritmo de crecimiento de la especie
- d) Estimar los parámetros de funciones que se ajusten al crecimiento (von Bertalanffy, Gompertz ó Logística) por métodos de regresión lineal y no lineal, simple y ponderada

e) Comparar los parámetros del modelo de von Bertalanffy obtenidos de los opérculos sin pulir con los estimados mediante los opérculos pulidos, por medio de las pruebas, multivariada de la T^2 de Hotelling (Bernard, 1980) y razón de verosimilitud (Kimura, 1980) (Salgado-Ugarte, *et al.* 2005).

ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio se encuentra en el Noroeste de México en la Costa occidental de la península de Baja California Sur, en el Pacífico Norte y está comprendida entre **La Bocana y la Bocanita** con coordenadas $26^{\circ} 47'24.07''$ N - $113^{\circ} 42'25.09''$ O y $26^{\circ}47'49.27''$ N - $113^{\circ}44'09.81''$ O. Esta zona está afectada por el extremo sur de la Corriente de California (CC) la cual es una corriente superficial (~0~300m de profundidad) que lleva agua hacia el ecuador durante todo el año a lo largo de la costa oeste de Norte América hacia la Corriente Norte Ecuatorial (Lynn y Simpson, 1987).

Las propiedades de la CC están determinadas por cuatro masas de agua: (1) Aguas del Pacífico Subártico de altas latitudes, altas precipitaciones y pérdida de calor, con temperatura y salinidad bajas y oxígeno disuelto alto. (2) Aguas del Pacífico Norte centro oriental las cuales son tibias, saladas con oxígeno disuelto y nutriente relativamente bajos. Ésta entra a la CC por el oeste. (3) Aguas del Pacífico Ecuatorial que se forman en el Pacífico tropical oriental y tienen temperaturas, salinidades y nutrientes altos con oxígeno disuelto bajo (aguas con propiedades de transición de las anteriores) (Lynn y Simpson, 1987). El núcleo de este flujo se caracteriza por tener aguas relativamente con baja salinidad, baja temperatura y alta concentración de oxígeno disuelto (Lynn, *et al.* 1982, tomado de Lynn y Simpson 1985).



Figura C.- La Bocana y la Bocanita, Península de Baja California Sur, México (Foto satelital de Google Earth, 2010).

Las fuertes corrientes ecuatoriales en la CC aparecen en primavera y verano, sin embargo el fuerte contraflujo hacia los polos (corriente costera) aparece en el otoño e invierno. El ambiente físico se distingue por condiciones a mesoescala: intensas surgencias estacionales (Lynn y Simpson 1987), alta productividad, transporte hacia fuera y dentro de la costa, meandros y remolinos (Durazo y Baumgartner, 2002). La Corriente de California es sensitiva a los cambios climáticos interanuales,

especialmente aquellos asociados con los cambios en la estructura y circulación del océano frente a la costa oeste de Baja California México como de el Niño y la Niña. Se ha documentado que *Astraea undosa* es muy sensible a las condiciones ambientales imperantes durante eventos en el Niño, cuando ocurre mortandad, pérdida de peso y como consecuencia disminución de la biomasa e incremento de la mortalidad (Gluyas-Millán *et al.*, 2002).

Otra de las características propias de la zona occidental del continente americano es la proliferación de extensas zonas de surgencias (“upwelling”) o afloramientos, en las cuales las aguas profundas, ricas en nutrientes, suben a la superficie para remplazar el agua costera que ha sido alejada por los vientos que soplan del noroeste. De hecho el Pacífico oriental incluye dos de los cinco sistemas de surgencias costeras más importantes del planeta, ubicados enfrente a California-México y Perú-Chile. FAO (1995).

MATERIAL Y MÉTODOS

Se obtuvo una muestra representativa de *Astraea undosa* de la captura comercial de la costa occidental de la península de Baja California (La Bocana). El muestreo se llevó a cabo de Julio de 2006. Los caracoles fueron 287 ejemplares recolectados por medio de buceo semiautónomo tipo Hooka. A cada caracol se le midió el diámetro basal (*DB*), el peso total (*PT*) y el peso del callo (*PC*). Asimismo se conservó el opérculo. Para el análisis de los datos se utilizaron métodos estadísticos exploratorios (Salgado-Ugarte, 1992). Posteriormente en su caso, se aplicaron métodos estadísticos confirmatorios como la regresión lineal simple. En algunas relaciones morfométricas se utilizó la regresión funcional (Ricker, 1973).

Los datos y el material biológico fueron depositados en el Centro Regional de Investigación Pesquera de La Paz, Baja California Sur (Instituto Nacional de Pesca), de donde más tarde se trasladaron a la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza UNAM al Laboratorio de Biometría y Biología Pesquera, para su análisis y desarrollo de la presente tesis.



Figura D.- Foto de opérculo de *Astraea undosa*; a la izquierda parte interior del opérculo con periostraco, a la derecha parte exterior del opérculo.

A los opérculos se les midió el largo y el ancho con un vernier (0.02 mm) y se pesaron en una balanza digital. En primera instancia, para determinar la edad se contaron los anillos de los opérculos sin pulir con luz reflejada.

Para poder determinar el método esclerocronológico de corte y pulido adecuado a los opérculos de la muestra de *Astraea undosa*, como un paso preliminar se obtuvieron opérculos de *A. undosa* y *A. turbanica* en tiendas de conchas de La Paz, Baja California Sur. En laboratorio se hicieron pruebas para elegir entre varios métodos de corte y pulido, el más conveniente para la observación de los anillos de crecimiento: (a) los opérculos fueron sumergidos en agua, durante varios días hasta que facilitara retirar el periostraco; (b) tres opérculos de cada especie fueron seccionados, por medio de una cortadora Lapidary, combination Unit, Model LU6X, Lortor inc., 2850 N.W., SEATTLE, WA 9819. Para ello se aisló la costilla central de las tres crestas presentes en el opérculo. En los opérculos de *A. turbanica* se podían obtener bien las crestas separadas, pero en *A. undosa* la cresta se quebraba cuando se querían pulir para poder hacer la observación de los anillos de crecimiento. (c) En otros opérculos de cada especie se pulieron las tres costillas del lado externo con cuidado para no romperlos y llegar a ver a trasluz las líneas de crecimiento; (d) Se observaron con luz transmitida y luz reflejada.



Figura E.- Foto de la cresta central aislada del opérculo de *A. undosa*.

Debido a las secciones centrales de los opérculos de *A. undosa* fueron muy quebradizas, se escogió el método de primero desbastar las crestas externas y pulir los opérculos para después observarlos con luz transmitida.



Figura F.- Foto del opérculo con las tres crestas cortadas y pulidas (luz reflejada).

Una vez que se determinó que los anillos se veían mejor en opérculos con las tres crestas pulidas, se optó por este método y se procedió a la lectura de los anillos de crecimiento. Se midieron las longitudes de los radios de cada anillo desde la zona considerada como focal cerca de la espira hasta el inicio de cada zona opaca situada después de cada banda translúcida y finalmente hasta el extremo del opérculo (borde) con un vernier (0.02mm). Debido al crecimiento curvilíneo del opérculo los radios se midieron a partir de la zona focal hasta la parte media del anillo en el opérculo (figura G). La lectura se realizó en dos tiempos diferentes y de manera aleatoria, sin considerar el DB del caracol. Cuando la primera lectura no coincidía con la segunda se solicitó la ayuda de un segundo lector (lo que sucedió en contadas ocasiones) quien definió el número de anillos considerado para posteriores estimaciones. La

periodicidad de las marcas de crecimiento se consideró anual de acuerdo a los resultados de Cupul-Magaña *et al* (1996) y Gluyas-Millán, *et al.* (1999). Por tanto, el número de anillos proporcionó la edad estimada para el ejemplar.

Los datos de longitud y edad individual se ajustaron a funciones de crecimiento (von Bertalanffy, Gompertz y Logística) por métodos de regresión no lineal simple ó ponderada (Salgado-Ugarte, *et al.* 2005).

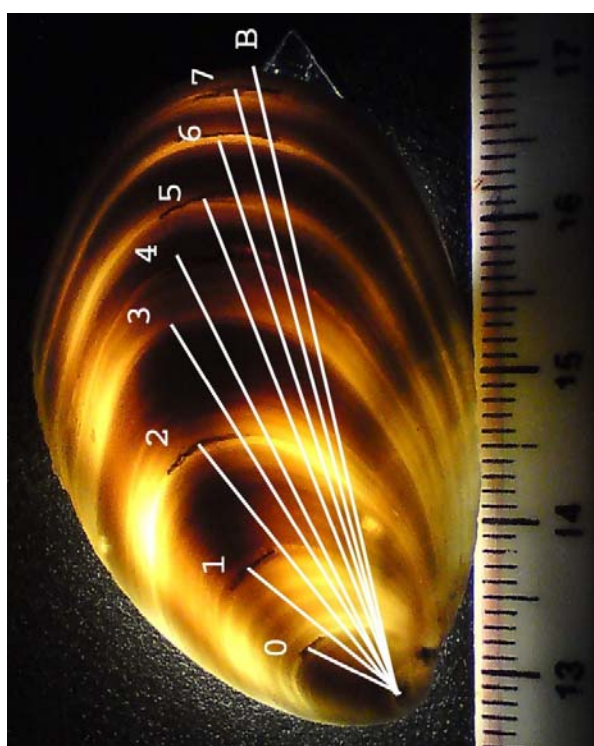


Figura G.- Foto del opérculo (luz transmitida) del opérculo de *A. undosa*, donde se muestran los anillos de crecimiento y la medición de cada uno de los siete anillos y el borde (B) a partir de la zona focal.

Todos los datos cuantitativos fueron sometidos a métodos de análisis estadístico exploratorio, incluyendo diagramas univariados de dispersión, diagramas de tallo y hoja, diagramas de puntos, diagramas de caja y bigotes e histogramas (Salgado-Ugarte, 1992). Para analizar en mayor detalle la distribución de los valores del diámetro basal se utilizaron histogramas mejorados (suavizados), conocidos como estimadores de

densidad por kernel (Silverman, 1986; Härdle, 1990; Scott, 1992; Salgado-Ugarte, 2002). Se utilizaron EDKs tanto de amplitud fija como variable calculados por medio del promedio de histogramas desplazados promedio (10) como discretizados (100 puntos) con kernel gaussiano de acuerdo a las indicaciones de Salgado-Ugarte (1993; 2002) y Salgado-Ugarte y Pérez-Hernández (2003). Los EDKs de amplitud de banda variable son considerados como uno de los mejores métodos disponibles para analizar la distribución de datos (Simonoff, 1996). Una de las razones de lo anterior es que los EDKs de amplitud variable hacen la banda angosta donde los datos son abundantes (para dar detalle) y se amplían donde las observaciones escasean (para eliminar ruido). Se empleó la estrategia de probar la banda sobreesuavizada (para reconocer características peculiares de la distribución, como sesgo, multimodalidad, etc.), la óptima (en el caso de distribuciones gaussianas) o bien la mitad de la óptima en caso de multimodalidad. Las relaciones entre las variables cuantitativas se analizaron mediante procedimientos de correlación y regresión.

Para comparar los parámetros del modelo de von Bertalanffy en los opérculos sin pulir y pulidos, se realizó la prueba multivariada de la T^2 de Hotelling (Bernard, 1981) y la prueba de razón de verosimilitud (Kimura, 1980), con los programas propuestos por Salgado-Ugarte *et al.* (2005).

RESULTADOS

Características de *Astraea undosa*.

El estudio biológico del caracol *A. undosa* de la Bocana en Baja California México proporcionó las siguientes características: se obtuvieron datos de 287 individuos de caracol *Astraea*, colectados durante julio de 2006, con medidas del diámetro basal (DB), peso total (PT) y peso del callo (PC). La información fue transcrita a una base de datos computarizada. Un resumen de la información recabada se presenta en la tabla 1.

Variable	Número de Observaciones	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
Diámetro basal	287	93.9	12.8	45.0	120.0
Peso total	287	263.7	115.5	22.7	566.0
Peso callo	287	47.6	20.2	3.8	104.8

Los datos fueron explorados. En primer lugar se elaboraron diagramas univariados de dispersión (figura 1)



Figura 1.- Diagrama univariado de dispersión para el diámetro basal (estilo líneas)

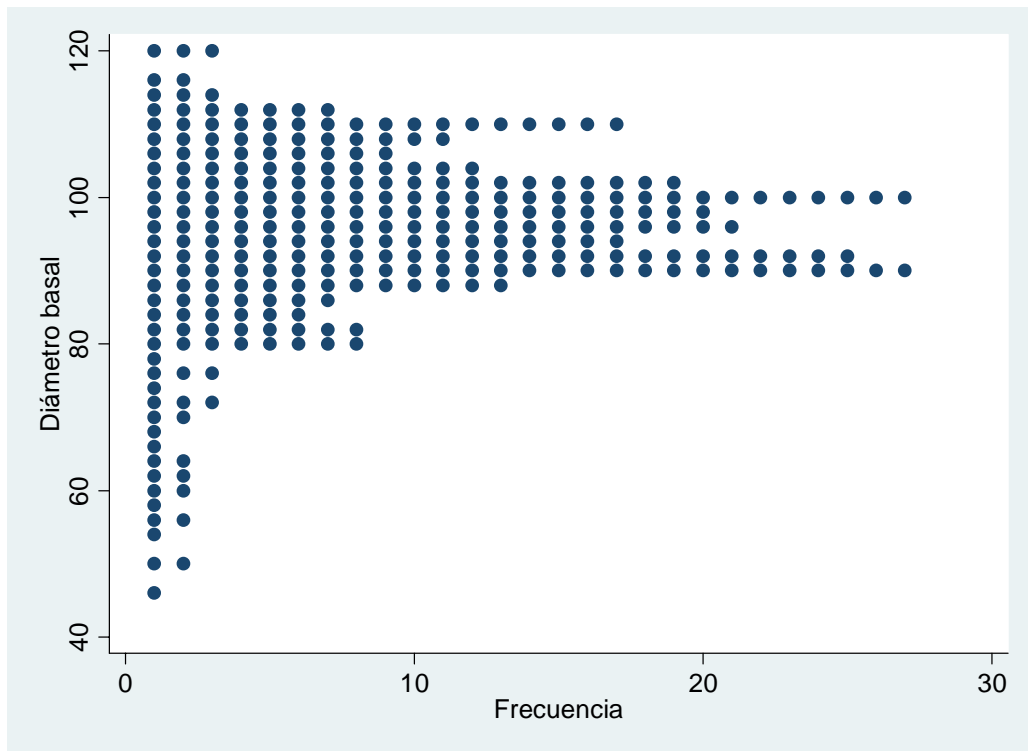


Figura 2.- Diagrama de puntos para el diámetro basal.

Se aprecia que el nivel no se encuentra en el centro del intervalo sino que parecen concentrarse hacia valores mayores. Enseguida se elaboró un diagrama de puntos (figura 2) el cual mostró una distribución asimétrica con sesgo negativo además de sugerir la presencia de varios grupos (multimodalidad).

El diagrama de tallo y hoja dio una imagen semejante (tabla 2).

El resumen de letras proporcionó detalles al respecto (tabla 3). Por una parte, los valores centrales (midvalues) fueron disminuyendo sistemáticamente (en los cuartos fue de 95.5 mientras que en los extremos fue de 82.5, lo que indica un sesgo negativo), y por otro, se distinguieron un total de 19 casos extraordinarios (16 moderados y tres severos) hacia valores menores.

Tabla 2. Diagrama de Tallo y hoja para el diámetro basal

```

4. | 59
5* | 04
5. | 5689
6* | 01234
6. | 579
7* | 01223
7. | 666799
8* | 00000011112222334444
8. | 555566677778888888899999999999999
9* |
0000000000000011111111111112222222222233333334444444444
9. | 555555555666666666666777777777778888888899999999
10* |
00000000000000000000011111222222222222333333334444
10. | 555666666777778888889999
11* | 00000000000001112222333
11. | 56
12* | 000

```

Tabla 3. Resumen de letras para datos de diámetro basal de <i>Astraea undosa</i> .							
#	287	Diámetro basal					
M	144	95			Dispersión	Pseudosigma	
F	72.5	89	95.5	102	13	9.69	
E	36.5	81	94.5	108	27	11.77	
D	18.5	71.5	90.75	110	38.5	12.59	
C	9.5	60.5	86.25	112	51.5	13.89	
B	5	55	85	115	60	14.02	
A	3	50	85	120	70	14.86	
Z	2	49	84.5	120	71	14.06	
Y	1.5	47	83.5	120	73	13.79	
	1	45	82.5	120	75	13.30	
					inferior	Superior	
Cotas internas	69.9			121.5	16	0	
Cotas externas	50			141	3	0	

Tabla 4. Resumen estadístico tradicional					
Variable	observaciones	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Diámetro basal	287	93.91	12.80	45	120

La comparación de la pseudosigma de cuartos con la desviación estándar (9.68 contra 12.80, respectivamente en tablas 3 y 4) también indicó claramente la presencia de casos extraordinarios hacia valores menores en el diámetro basal (sesgo negativo). Estos fueron individuos notablemente pequeños.

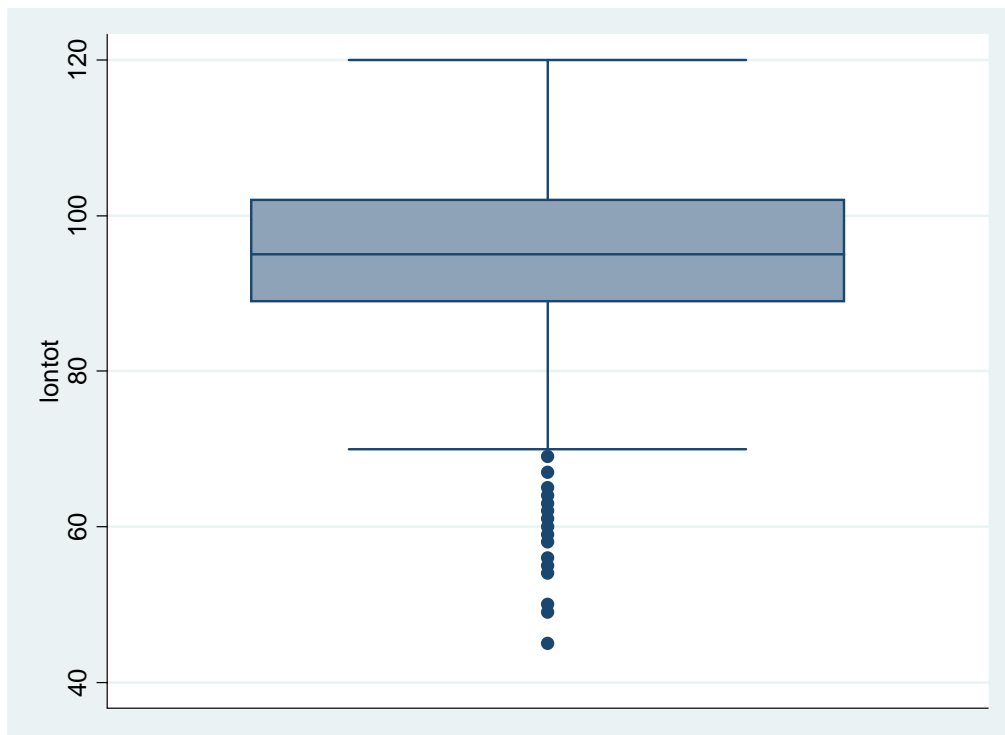


Figura 3.- Diagrama de caja y bigotes para el diámetro basal.

Lo anterior se muestra muy claramente en el diagrama de caja y bigotes de la figura 3, en la cual resaltan los casos extraordinarios menores.

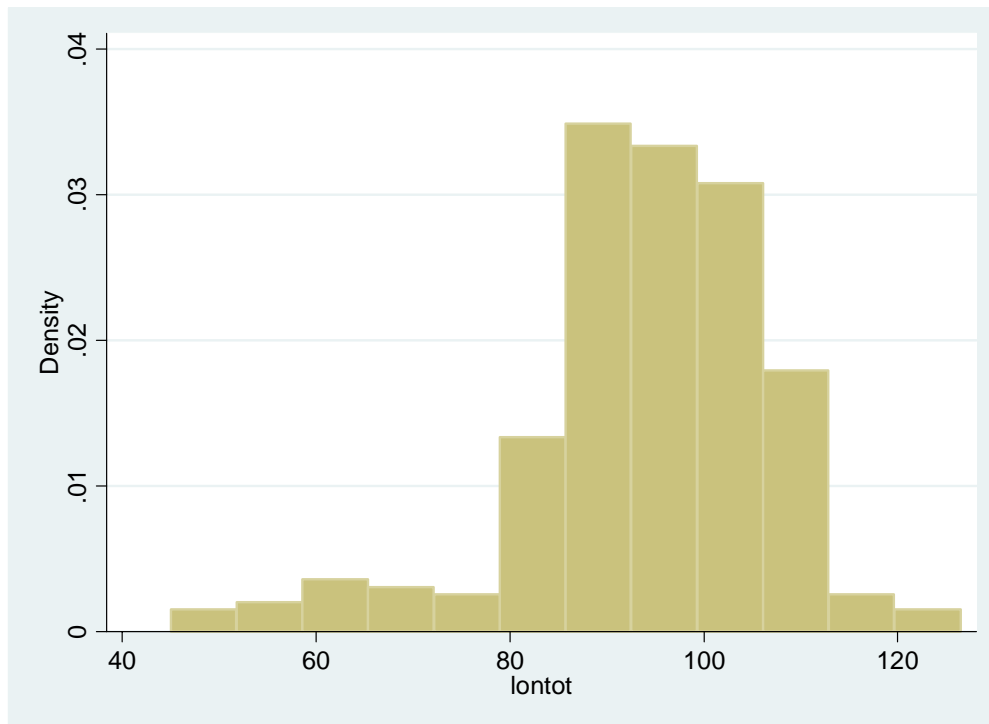


Figura 4.- Histograma (origen = 45, ancho de intervalo = 6.79, 16 intervalos de clase) para el diámetro basal (intervalo óptimo de Scott).

Estimadores de densidad por Kernel

Para investigar a mayor detalle la distribución se hizo un histograma con 12 intervalos (de acuerdo al ancho óptimo de Scott) y origen en 45 (tabla 5 y figura 4), el cual resaltó el sesgo negativo y la sugerencia de multimodalidad. Un análisis más preciso se llevó a cabo con los estimadores de densidad por kernel. Como se explicó en la parte de Material y Métodos, se aplicaron la regla sobreesuavizada, la óptima de Silverman y finalmente la regla empírica (mitad de óptima) calculadas con el programa “bandw” (Salgado-Ugarte et al., 2005) con el paquete estadístico Stata (StataCorp, 2009) (Tabla 5). Para los EDKs de ancho fijo el método de cálculo fue el WARP (weighted averaging of rounded points) equivalente a los ASH (averaged shifted histograms) con 10 histogramas desplazados (valor de m) y kernel gaussiano (valor de k = 6); para el EDKs de ancho de banda variable el kernel fue gaussiano (única opción) con 100 puntos de cálculo.

Tabla 5. Reglas prácticas para el ancho de intervalo/banda para histogramas/EDKs	
Histograma	
Amplitud gaussiana óptima de intervalo de Scott	6.73
Estimador de densidad por kernel gaussiano	
Amplitud de banda optima de Silverman	2.79
Amplitud de banda optima “mejorada” de Haerdle	3.29
Amplitud sobreesuavizada de Scott	4.72

Los histogramas suavizados se presentan en las figuras 5 a 7

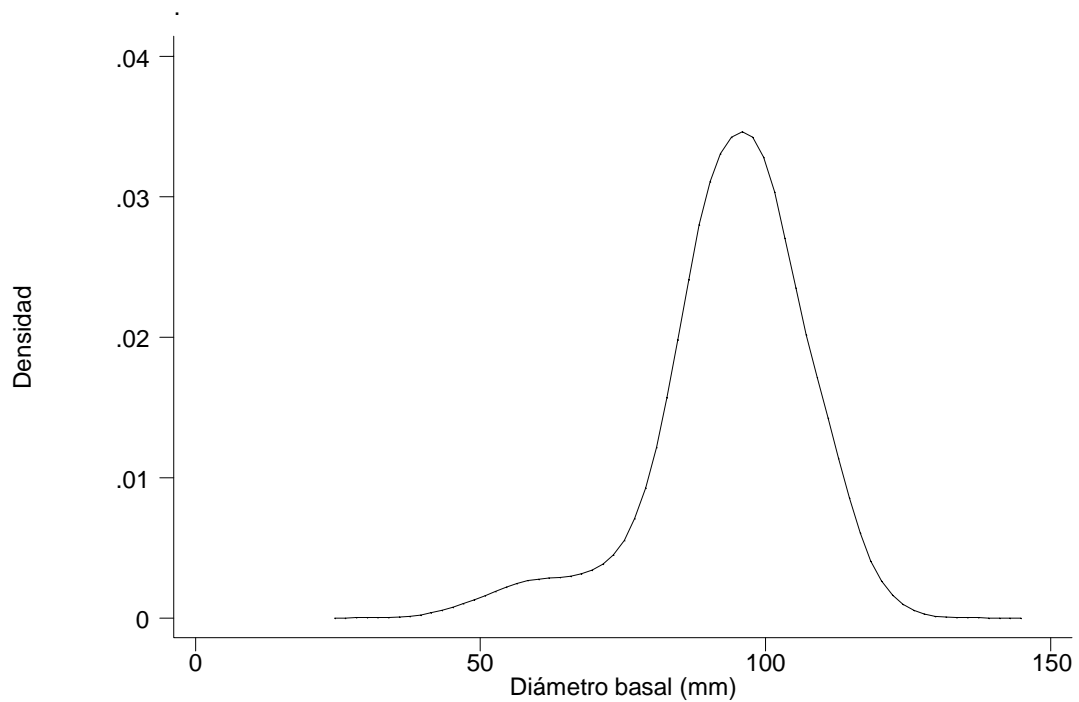


Figura 5.- EDK con amplitud sobreesuavizada de Scott (4.7), para el diámetro basal ($m=10$ y $k=6$).

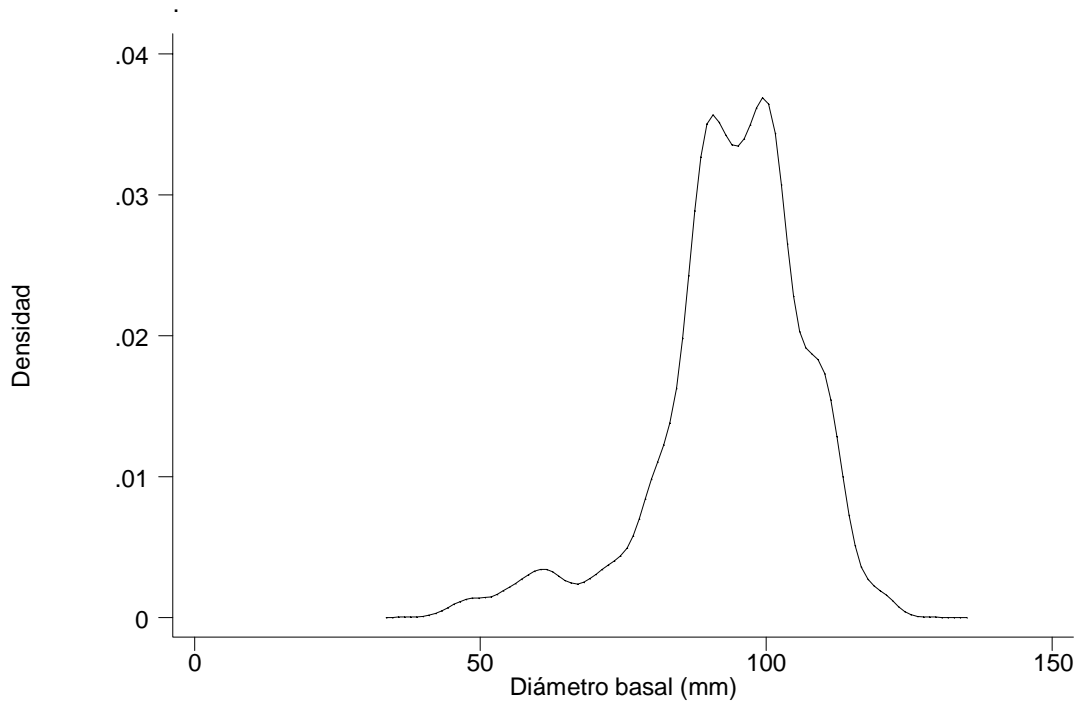


Figura 6. -EDK con amplitud “óptima” de Silverman (2.79), para el diámetro basal ($m = 10$, $k = 6$)

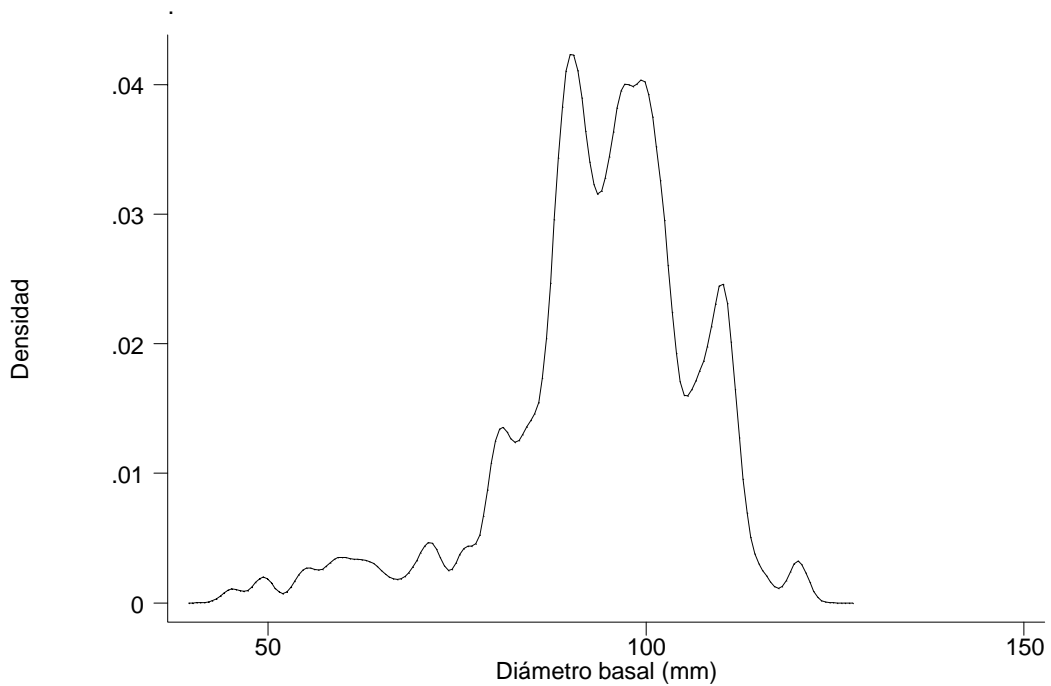


Figura 7. -EDK con amplitud de regla empírica (óptima / 2 = 1.3), para el diámetro basal ($m = 10$, $k = 6$).

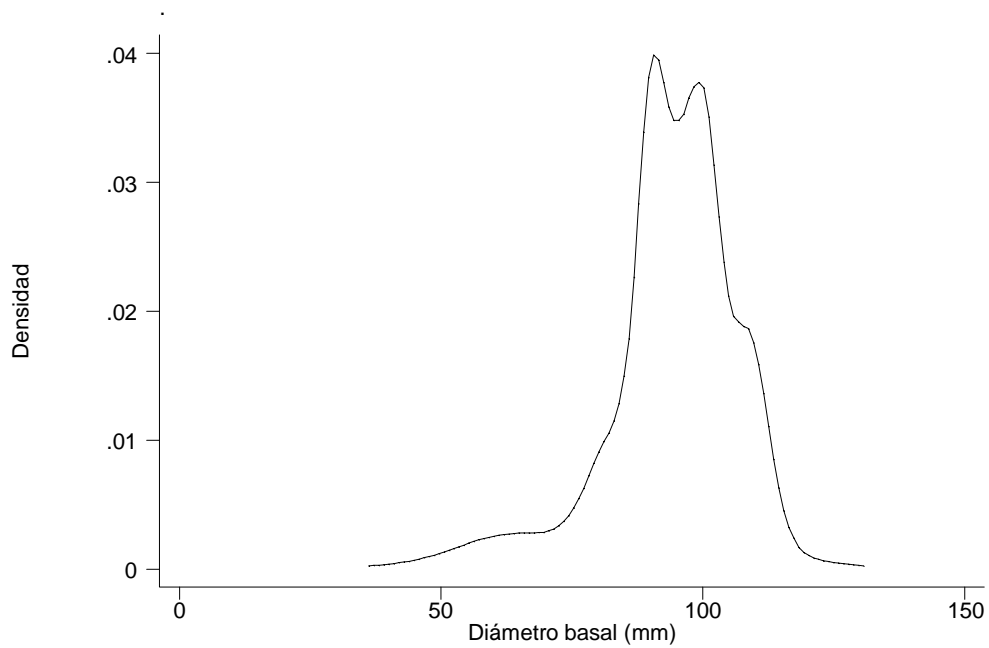


Figura 8.- EDK con amplitud de banda variable y banda óptima de Silverman (2.79) para el diámetro basal (kernel gaussiano y 100 puntos de cálculo).

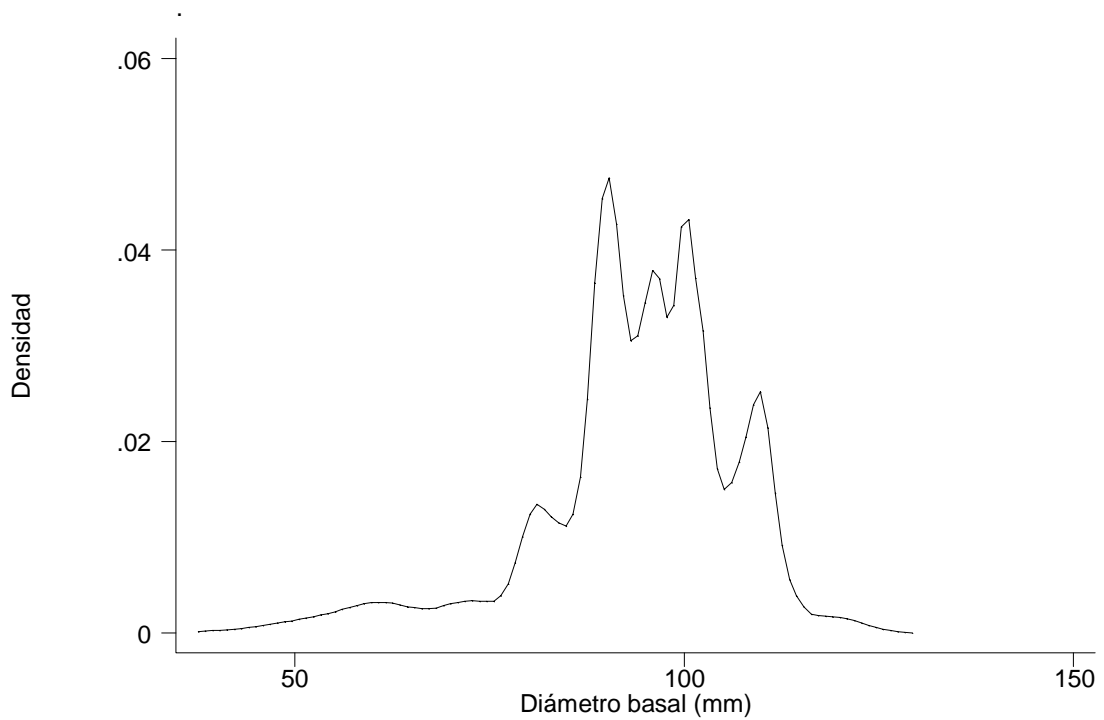


Figura 9.- EDK con amplitud de banda variable y banda de regla empírica (óptima/2 = 1.3) para el diámetro basal (kernel gaussiano y 100 puntos de cálculo).

En primer lugar la banda sobresuavizada indica sesgo negativo y por lo menos dos grupos. La amplitud óptima claramente muestra el sesgo negativo y con la banda de la regla empírica (mitad de óptima) se resalta además del sesgo negativo, la multimodalidad de los datos. Se tiene que el cuerpo principal de datos está compuesto por tres modas centrales principales y dos laterales menores. Asimismo, existen unos pocos datos a valores menores y un pequeño grupo a mayores. Se aplicaron también los EDKs de amplitud de banda variable y los resultados se presentan en las figuras 8 y 9. Se destaca la disminución de variabilidad en la cola izquierda y la mejor separación de las modas en el intervalo de concentración de los datos. Finalmente se utilizó una combinación de EDK con diagrama de caja y bigotes, denominada (por el aspecto de los esquemas resultantes) “diagrama de violín”. Se utilizó un kernel gaussiano y la amplitud óptima de Silverman. Se distinguen el sesgo negativo, la multimodalidad y se hace evidente la incapacidad de los diagramas de caja y bigotes para indicar varias modas (figura 10).

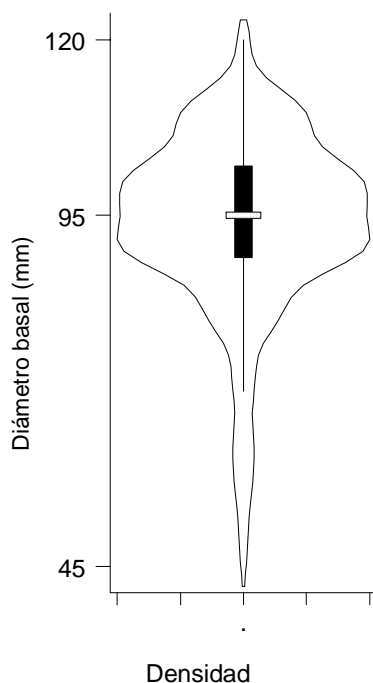


Figura 10.- Diagrama de violín con kernel gaussiano y banda óptima de Silverman (2.79) para el diámetro basal.

Crecimiento

Relación peso total y peso callo:

Asimismo, se determinaron relaciones entre las variables analizadas. En primer lugar, la relación entre el peso total y el peso del callo. El diagrama de dispersión se muestra en la figura 11.

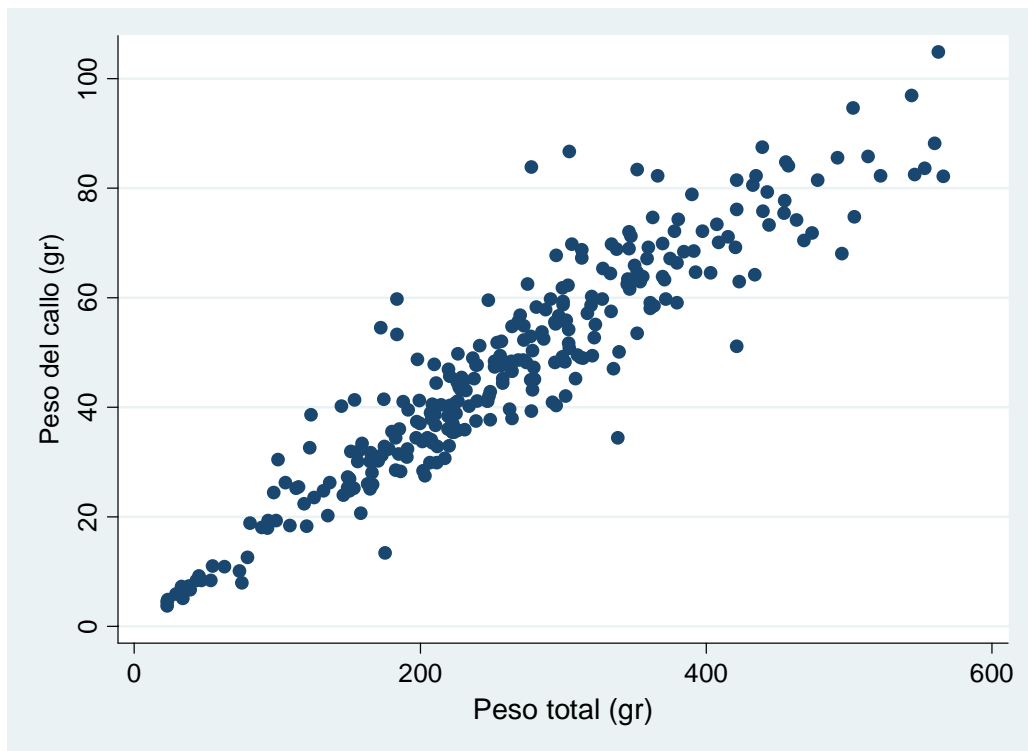


Figura 11.- Diagrama de dispersión entre el peso total y el peso del callo del caracol *A. undosa*.

Se decidió establecer un modelo de regresión (tabla 6) y se dibujó el ajuste (figura 13). Tanto en el gráfico con la línea de ajuste como en la de los residuos estandarizados (figura 14) se notó un efecto de “megáfono abierto”, o sea aumento de la variabilidad con el nivel, por lo que, para corregirlo se modificó la escala de medición a logaritmos.

Tabla 6. Regresión entre peso total y peso del callo						
Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Número de Observación = 287		
Modelo	101174.97	1	101174.97	F(1, 285) =	1814.78	
Residual	15888.93	285	55.75	Probabilidad > F =	0.00	
Total	117063.89	286	409.31	R-cuadrada =	0.86	
				R-cuadrada ajustada =	0.86	
				Error de estimación =	7.46	
Peso callo	Coefficiente	Error estándar	t	P> t	[Intervalo de confianza 95%]	
Peso total	0.16	0.003	42.60	0.000	0.15	0.17
Constantes	4.65	1.09	4.23	0.000	2.49	6.82

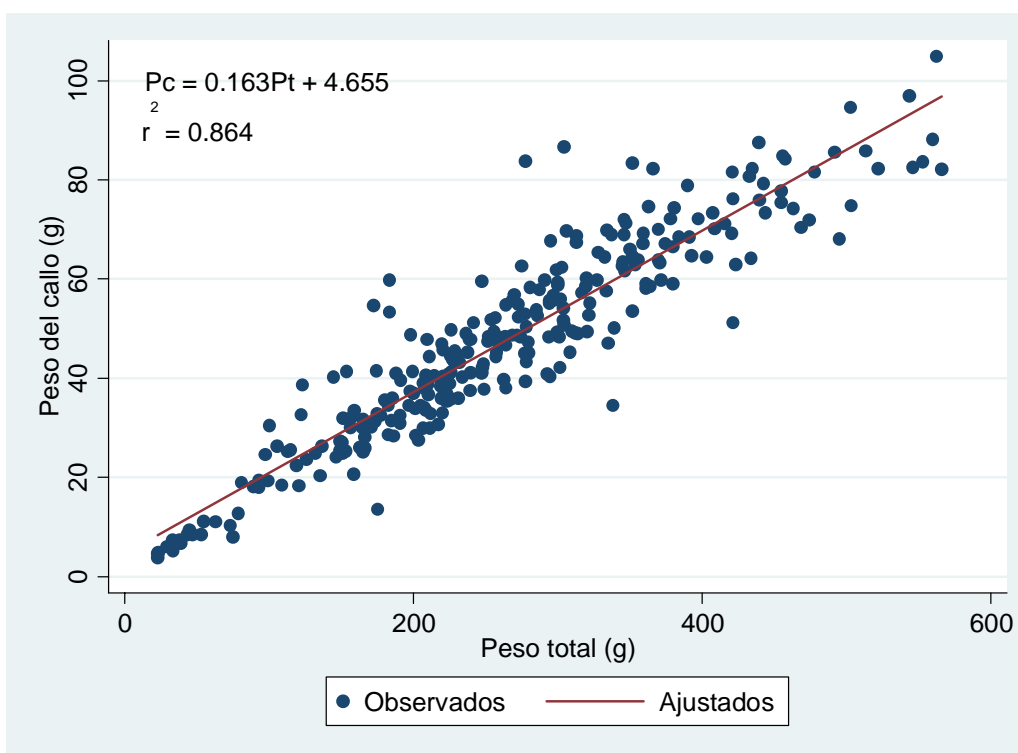


Figura 12.- Diagrama de dispersión y ajuste lineal entre el peso total y el peso del callo del caracol *A. undosa*.

Los resultados de este análisis se presentan en el tabla 7 y la figura 15. En esta escala mejora notablemente el ajuste y el efecto de aumento de varianza disminuye.

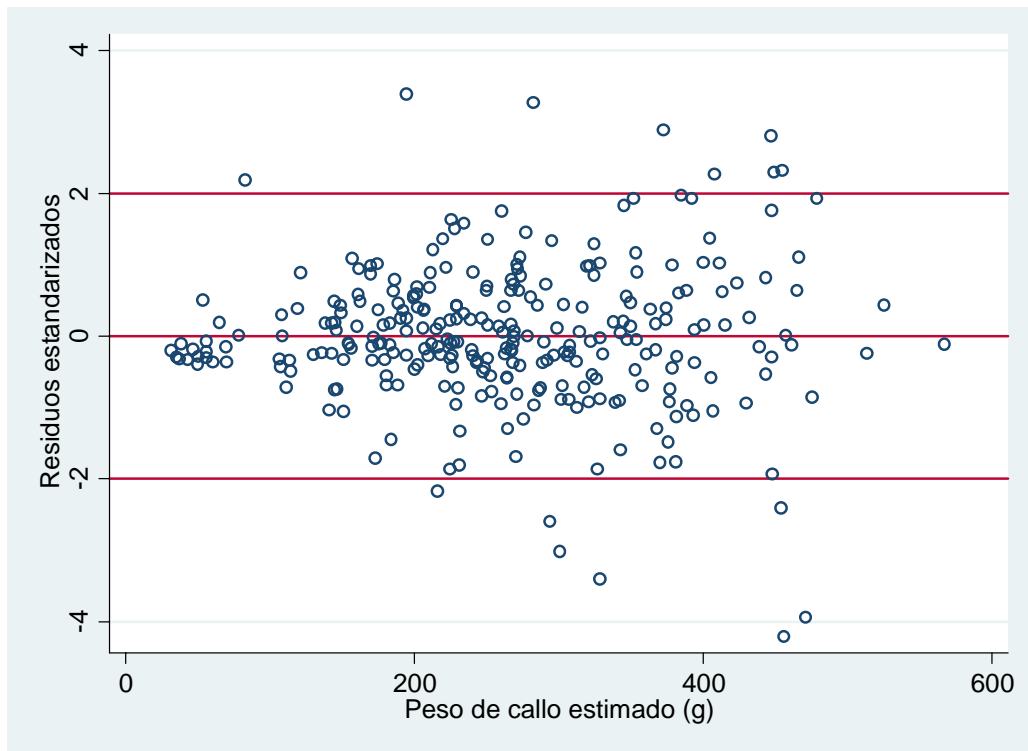


Figura 13.- Gráfico de residuos estandarizados contra valores ajustados entre el peso total y el peso del callo del caracol *A. undosa*.

Tabla 7. Regresión entre valores logarítmicos de peso total y peso callo						
Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Número de observaciones = 287		
Modelo	87.75	1	87.75	F(1, 285) = 3114.08		
Residuos	8.03	285	0.03	Probabilidad > F = 0.00		
Total	95.78	286	0.33	R-cuadrada = 0.91		
				R-cuadrada ajustada = 0.91		
				Error de estimación = 0.17		
Lnpc	Coefficiente	Error estándar	t	P > t	[Intervalo de confianza 95%]	
Lnpc	0.95	0.02	55.80	0.000	0.915	0.982
Constante	-1.43	0.09	-15.38	0.000	-1.615	-1.249

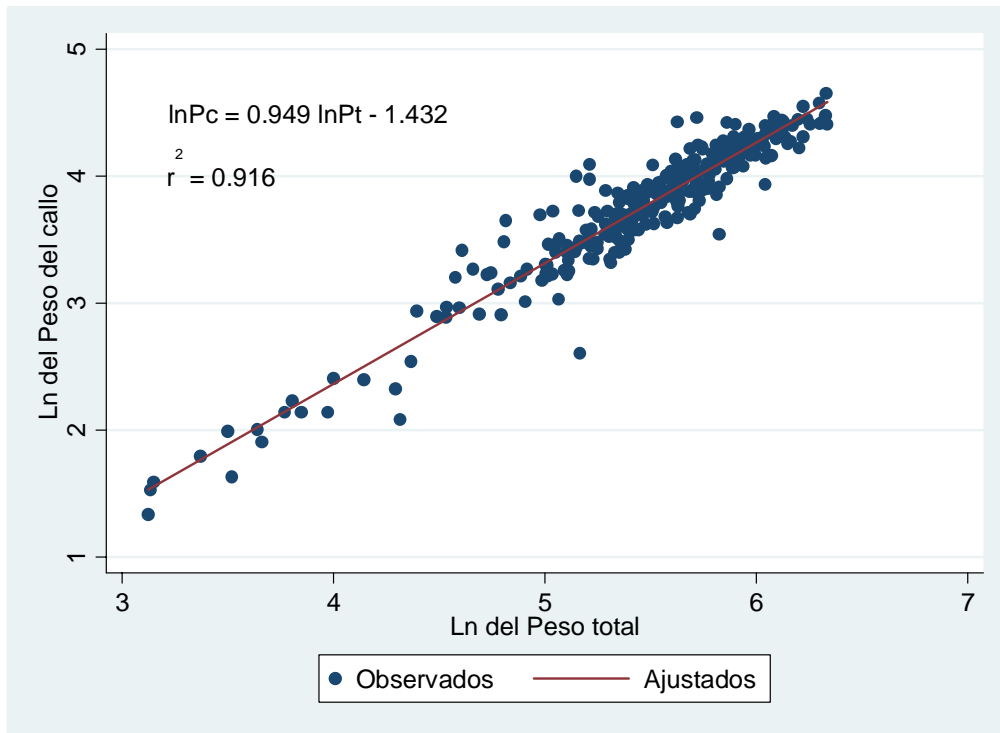


Figura 14.- Diagrama de dispersión y ajuste lineal para valores logarítmicos de peso total y peso del callo del caracol *A. undosa*.

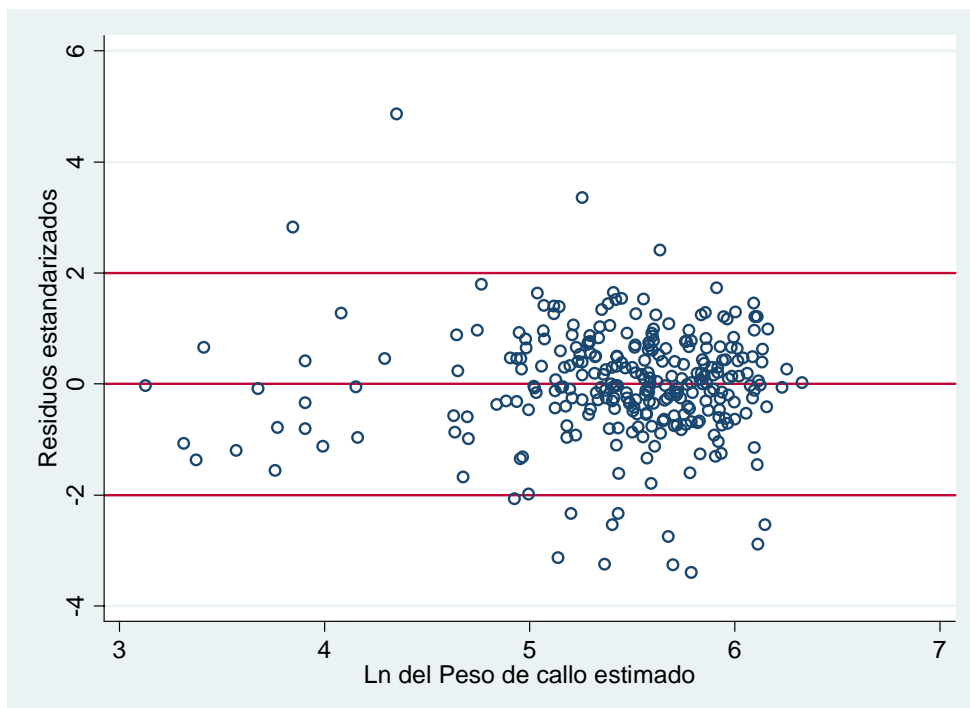


Figura 15.- Gráfico de residuos estandarizados contra valores ajustados entre logaritmos del peso total y el peso del callo del caracol *A. undosa*.

Relación diámetro basal, peso total y peso callo:

Se incluyó también un análisis de correlación entre todas las variables medidas. Primeramente la diagonal inferior de una matriz de gráficos de dispersión (Diagrama de escalera) en la figura 16. En este diagrama se nota claramente la tendencia curvilínea entre los pesos y el diámetro basal. Por lo tanto, antes de establecer la correlación se cambia la escala a valores logarítmicos. El resultado se muestra en la figura 17 y las correlaciones y su significancia estadística se incluyen en la tabla 8. Todas las variables tuvieron correlaciones muy fuertes (mayores a 0.9) y significativas.

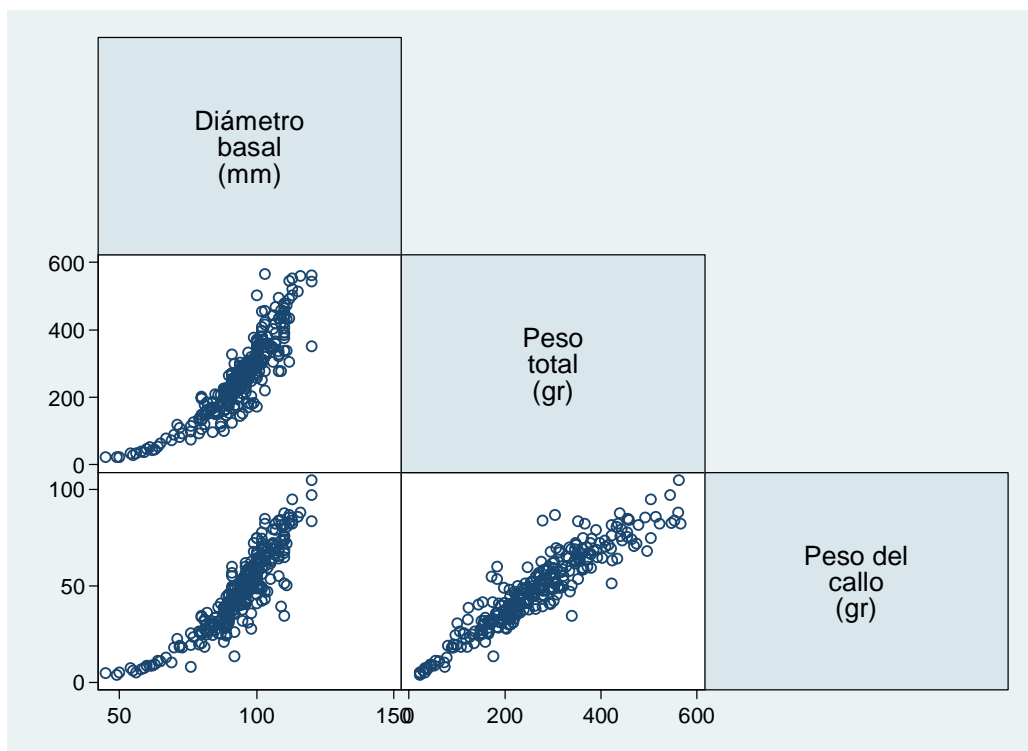


Figura 16.- Matriz de gráficos de dispersión para el diámetro basal, peso total y peso del callo del caracol *A. undosa*.

Los modelos lineales para los pesos (total y de callo) con la longitud (diámetro basal) se presentan en las tablas 9 y 10. Los ajustes en escala original (modelos potenciales) se presentan en las figuras 18 y 19.

Tabla 8. Correlaciones entre las variables medidas y su significancia estadística			
	Ln Diámetro basal	Ln Peso total	Ln Peso callo
Ln Diámetro basal	1.00		
Ln Peso total	0.94 (0.0000)	1.00	
Ln Peso callo	0.94 (0.0000)	0.95 (0.0000)	1.00

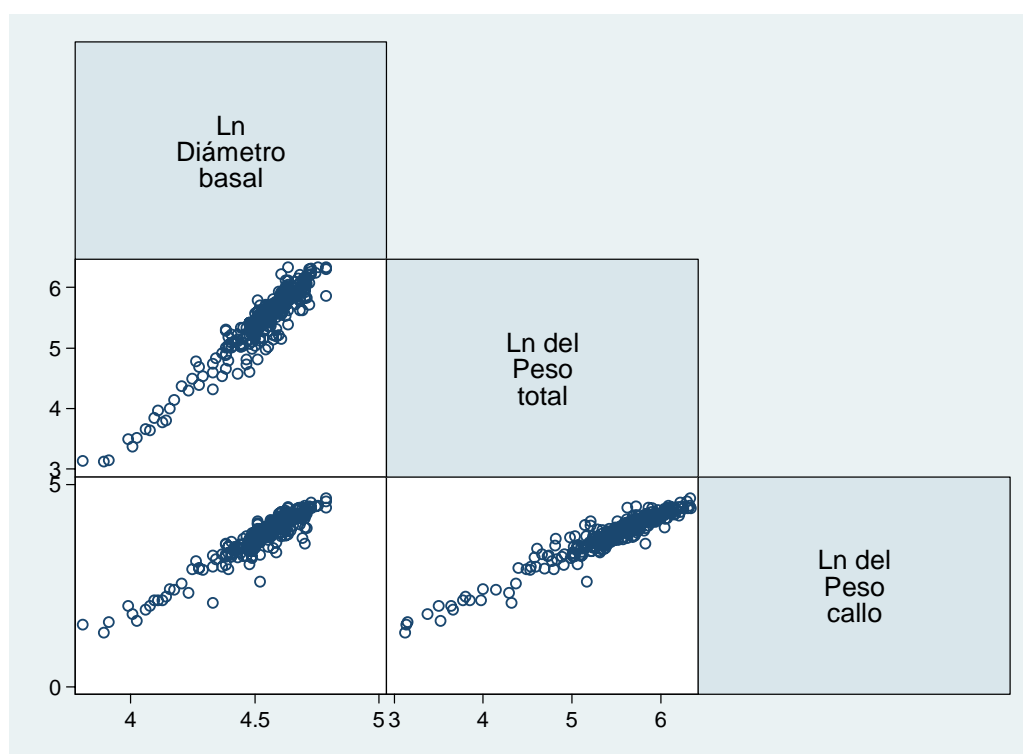


Figura 17.- Matriz de gráficos de dispersión para valores logarítmicos de diámetro basal, peso total y peso del callo del caracol *A. undosa*.

Regresión peso total y diámetro basal:

Para determinar cuánto variaba el peso total (PT) con respecto al diámetro basal (DB) se realizó una regresión entre las dos variables (en escala logarítmica), que resultó en

la cuantificación del 90% de la variabilidad del peso explicado por la variabilidad del DB con una alta significancia.

Tabla 9. Regresión entre valores logarítmicos de peso total y diámetro basal						
Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Número de observaciones = 287		
Modelo	87.83	1	87.83	F (1, 285) =	2618.90	
Residuos	9.55	285	0.03	Probabilidad>F =	0.00	
Total	97.39	286	0.34	R-cuadrada=	0.90	
				R-cuadrada ajustada =	0.90	
				Error de estimación =	0.18	
Lnpt	Coefficiente	Error estándar	t	P> t	[Intervalo de confianza 95%]	
LnDB	3.61	0.07	51.18	0.00	3.47	3.75
_cons	-10.92	0.32	-3413	0.00	-11.55	-10.29

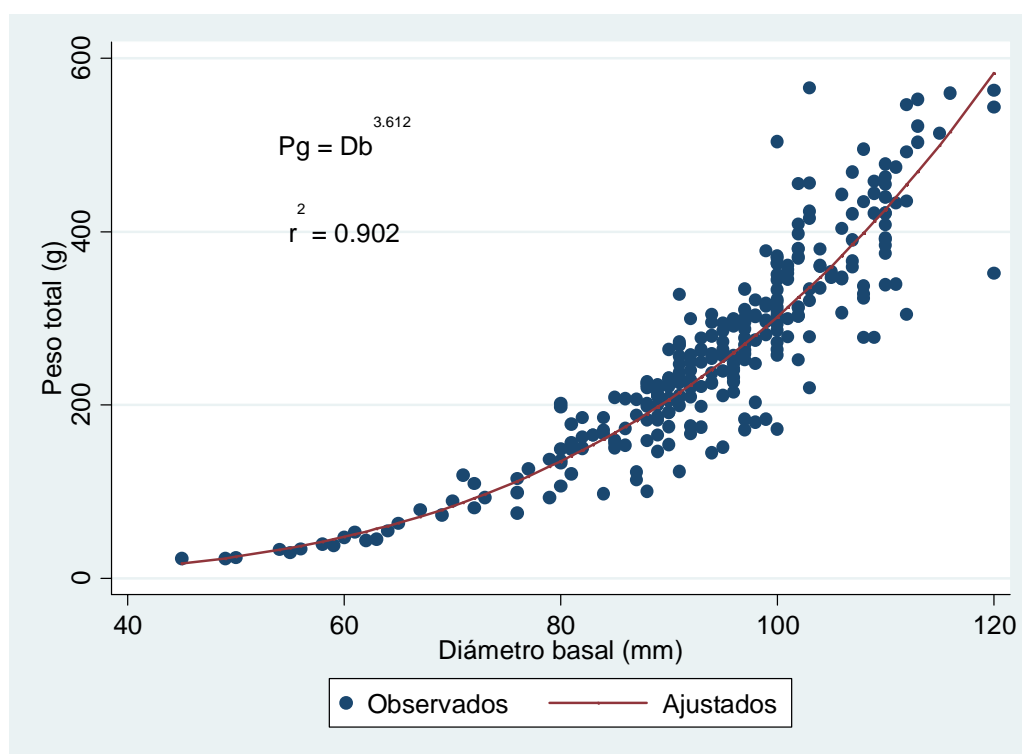


Figura 18.- Diagrama de dispersión y ajuste curvilíneo (potencial) del peso total pt y diámetro basal (DB) del caracol *A. undosa*.

Regresión peso callo y diámetro basal:

Se realizó un ajuste de regresión para las variables peso callo (PC) con respecto al diámetro basal (DB) y se analizó con el coeficiente de determinación la intensidad de

la relación entre las dos variables. Este valor indicó una relación significativa con cerca del 90% de variabilidad del peso del callo explicada por lo que varía el DB (tabla 10).

Tabla 10, Regresión entre valores logarítmicos de peso callo y diámetro basal						
Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Número de observaciones = 287		
				F(1, 285) =	2175.63	
				Probabilidad > F =	0.00	
Modelo	84.68	1	84.68	R-cuadrada =	0.88	
Residuos	11.09	285	0.03	R-cuadrada ajustada =	0.88	
Total	95.78	286	0.33	Error de estimación =	0.19	
Lnpc	Coefficiente	Error Estándar	t	P> t	[Intervalo de confianza 95%]	
LnDB	3.54	0.07	46.64	0.00	3.39	3.69
_cons.	-12.33	0.34	-35.78	0.00	-13.01	-11.65

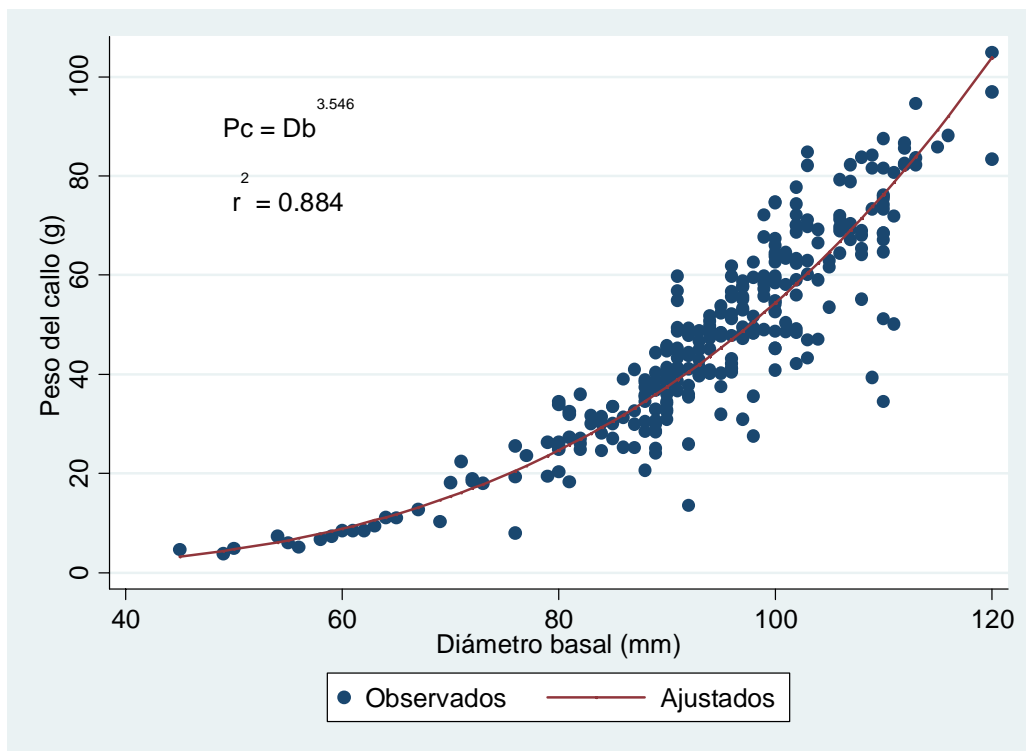


Figura 19.- Diagrama de dispersión y ajuste curvilíneo (potencial) para el peso del callo y el diámetro basal del caracol *A. undosa*.

Análisis del diámetro basal y longitud del opérculo:

Para esta relación se hizo un análisis de regresión lineal simple (por mínimos cuadrados) (tabla 11) seguido por un análisis de regresión funcional (tabla 12, figura 20); ambos análisis se ven representados en el gráfico de la figura 21.

Tabla 11. Regresión entre Diámetro basal y largo del opérculo						
Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Número de Observación = 147		
Modelo	17211.12	1	17211.12	F(1, 139) =	513.00	
Residual	4663.44	139	33.54	Probabilidad > F =	0.00	
Total	21874	140	156.24	R-cuadrada =	0.78	
				R-cuadrada ajustada =	0.78	
				Error de estimación =	5.79	
Diámetro basal	Coefficiente	Error estándar	t	P> t	[Intervalo de confianza 95%]	
LO	1.65	0.07	22.65	0.00	1.51	1.79
Constantes	30.15	2.85	10.56	0.00	24.51	35.79

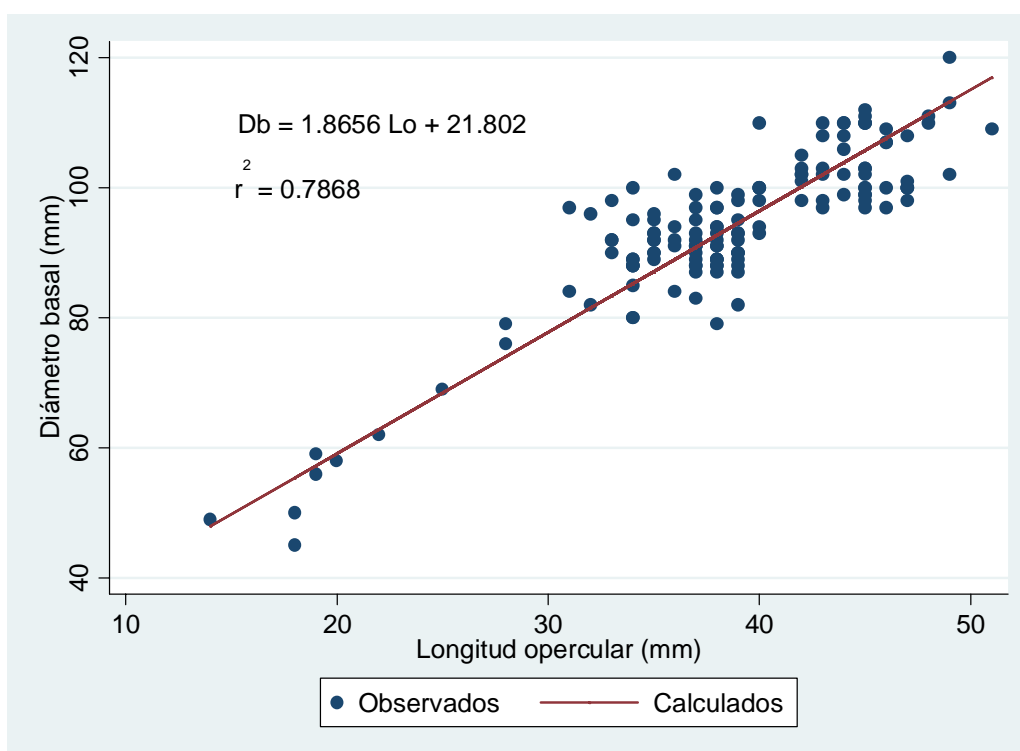


Figura 20.- Gráfica de la regresión funcional entre la longitud del opérculo y el diámetro basal del caracol *Astraea undosa* en la Bocana.

Tabla 12. Parámetros para regresión funcional entre la longitud del opérculo y el diámetro basal de <i>A. undosa</i> en la Bocana		
a'	b'	r^2
21.80	1.86	0.78

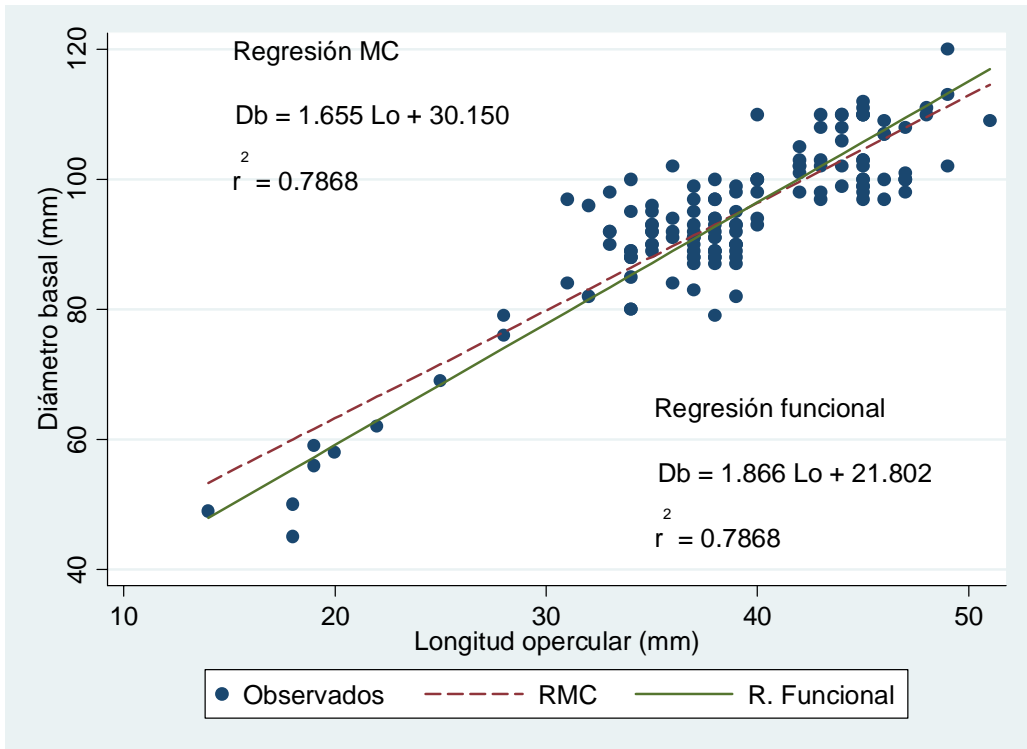


Figura 21.- Gráficas de Regresión simple clásica por mínimos cuadrados (línea punteada) y Regresión Funcional (línea continua) entre el Diámetro basal y la Longitud del opérculo de *A. undosa*.

En esta figura se hace evidente que la regresión funcional parece pasar de manera más cercana por todos los puntos de los datos, en contraste con la regresión simple por mínimos cuadrados que pasa por encima de los valores menores.

Opérculos sin pulir

Del total de individuos medidos, se dispuso de 153 opérculos, los cuales primeramente se analizaron en su parte interna sin periostraco pero sin pulir. Los opérculos se pesaron y midieron en su largo y ancho. Se realizó un resumen estadístico y los resultados se presentan en la tabla 13 que incluye los datos del diámetro basal (DB), peso total (PT) y el peso callo (PC) de los individuos que tenían estos opérculos.

Opérculos					
Variable	No. de observaciones	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
	147	77	44.31	1	153
Peso	147	7.31	3.24	0.6	18.3
Largo	141	3.84	0.67	1.4	5.1
Ancho	141	2.63	0.50	1.2	3.9
Individuos					
DB	153	93.60	12.88	45	120
Peso total	153	253.01	12.88	22.7	566
Peso callo	153	50.06	54.09	3.8	677.7

Como puede notarse en la tabla 13, no fue posible tomar todas las medidas en los opérculos. Seis de ellos estaban fracturados y un número adicional estaba fragmentados por lo que no fue posible medir ni largo ni ancho.

Edad:

De los 153 opérculos de *A. undosa* por las razones arriba expuestas fue posible analizar 147 en los cuales se observaron de 0 a 11 anillos, siendo los más frecuentes los opérculos con 5 (45) y 6 (41) anillos; sólo se distinguió un opérculo con dos anillos (tabla 14).

Número de anillo	Media del DB (mm)	Desviación estándar	Frecuencia
0	48	2.64	3
1	58.75	2.5	4
2	76	0	1
3	75	5.29	3
4	85	4.24	6
5	91.86	5.79	45
6	94.29	6.82	41
7	101.38	4.92	18
8	104.38	5.88	13
9	101.2	5.84	5
10	110.8	1.30	5
11	109	1	3
Total	93.59	12.44	147

Se decidió ajustar un modelo de regresión no lineal para el incremento del diámetro basal y número de anillos. Se los modelos de von Bertalanffy, Logístico y Gompertz. Los resultados se presentan en las tablas 15 y 16 para von Bertalanffy y función Logística respectivamente. Los valores observados y ajustados para cada modelo se presentan en las figuras 22 y 23 consecutivamente. Ambos ajustes fueron estadísticamente significativos. Para los modelos de von Bertalanffy y Logístico, se tomó el valor del coeficiente de regresión como criterio de elección y su valor ligeramente mayor sugiere como mejor ajuste al modelo Logístico. Para el análisis de los datos con el modelo de Gompertz no se obtuvo ajuste (el algoritmo no convergió a una solución).

Tabla 15. Regresión no lineal para la función de crecimiento de von Bertalanffy						
Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadros medios	Número de observaciones = 147		
Modelo	1305534.14	3	435178.04	F(3, 146) =	12771.04	
Residuos	4906.85	144	34.07	Prob > F =	0.00	
Total	1310441	147	8914.56	R-cuadrada =	0.99	
				R-cuadrada ajustada =	0.99	
				Error de estimación =	5.83	
				Desv. residual =	932.83	
von Bertalanffy Función de crecimiento, diámetro basal a edad $t = L_{\infty} * (1 - \exp(-k * (\text{edad} - t_0)))$						
Radio	Coefficiente	Error Estándar	t	P> t	[Intervalo de confianza 95%]	
L_{∞}	119.67	4.56	26.23	0.00	110.64	128.68
k	0.18	0.02	7.20	0.00	.13	0.23
t_0	-2.75	0.42	-6.53	0.00	-3.58	-1.91
(Errores estándar, valores de P, Intervalos de Confianza y correlaciones son aproximaciones asintóticas)						

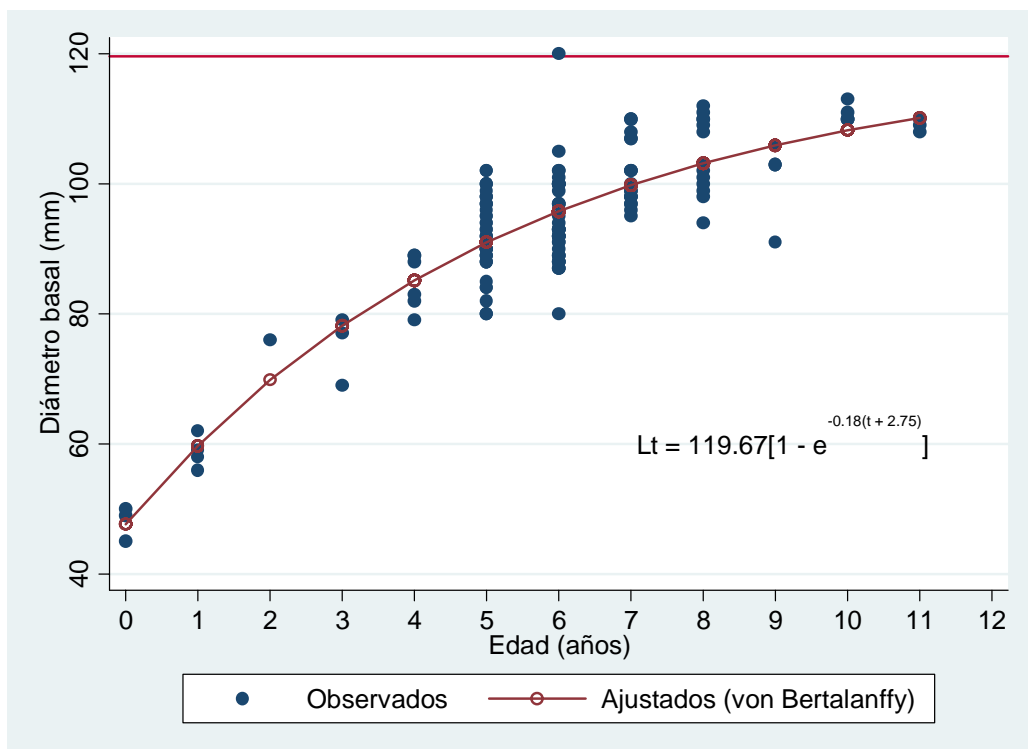


Figura 22.- Función de crecimiento de von Bertalanffy para diámetro basal y edad en opérculos sin pulir de *Astraea undosa* .

Tabla 16. Regresión no lineal para la función Logística						
Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Número de Observaciones = 147		
Modelo	1305496.09	3	435165.36	F (3, 144) =	12672.40	
Residual	4944.90	144	34.34	Probabilidad > F =	0.00	
Total	1310441	147	8914.56	R-cuadrada =	0.98	
				R-cuadrada ajustada =	0.98	
				Error de estimación =	5.86	
				Desv. residual =	933.97	
Función Logística de 3 parámetros, $diabas = L_{\infty} / (1 + \exp(-g(\text{asp} - t_0)))$						
Radio	Coficiente	Error Estándar	t	P> t	[Intervalo de Confianza 95%]	
L_{∞}	112.20	2.58	43.35	0.00	107.09	117.32
g	0.33	0.03	10.81	0.00	0.27	0.39
t_0	0.68	0.20	3.30	0.00	0.27	1.10
(Errores estándar, valores de P, Intervalos de Confianza y correlaciones son aproximaciones asintóticas)						

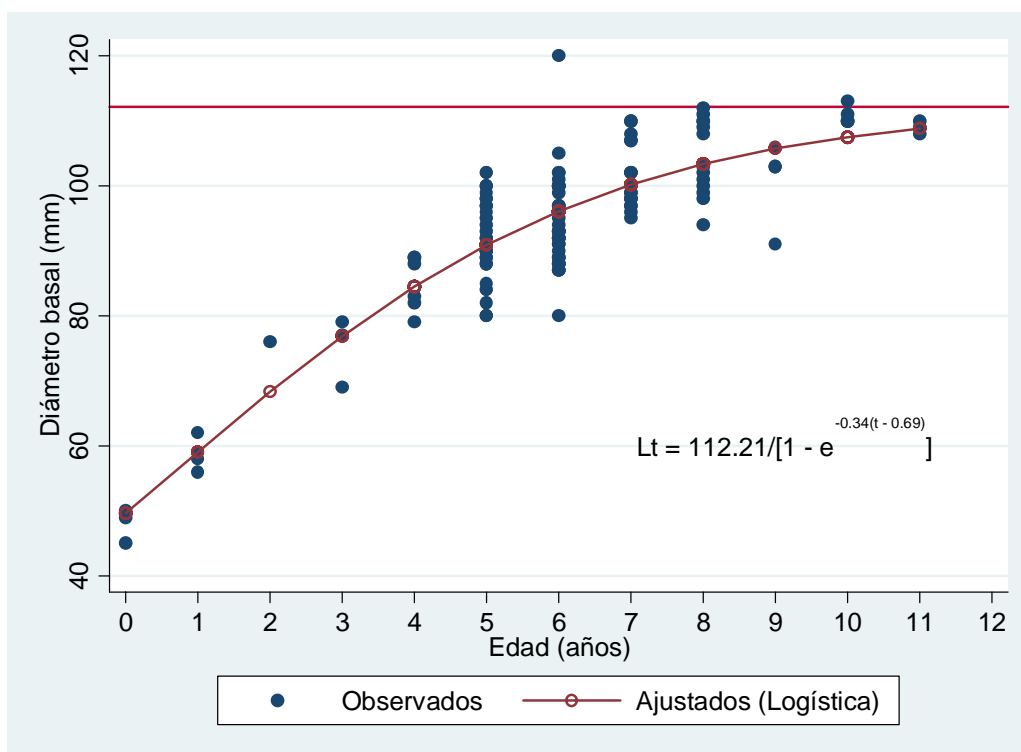


Figura 23.- Función Logística para el diámetro basal y la edad en opérculos sin pulir de *Astraea undosa*.

Una comparación gráfica de estos modelos puede verse en la figura 24. En ella se distingue que, en general, las dos funciones describen el crecimiento de manera muy parecida sobre todo a edades intermedias (5 a 7 años). Pequeñas diferencias se hacen patentes en las primeras y últimas edades. La función de von Bertalanffy es la curva con la asíntota más alta.

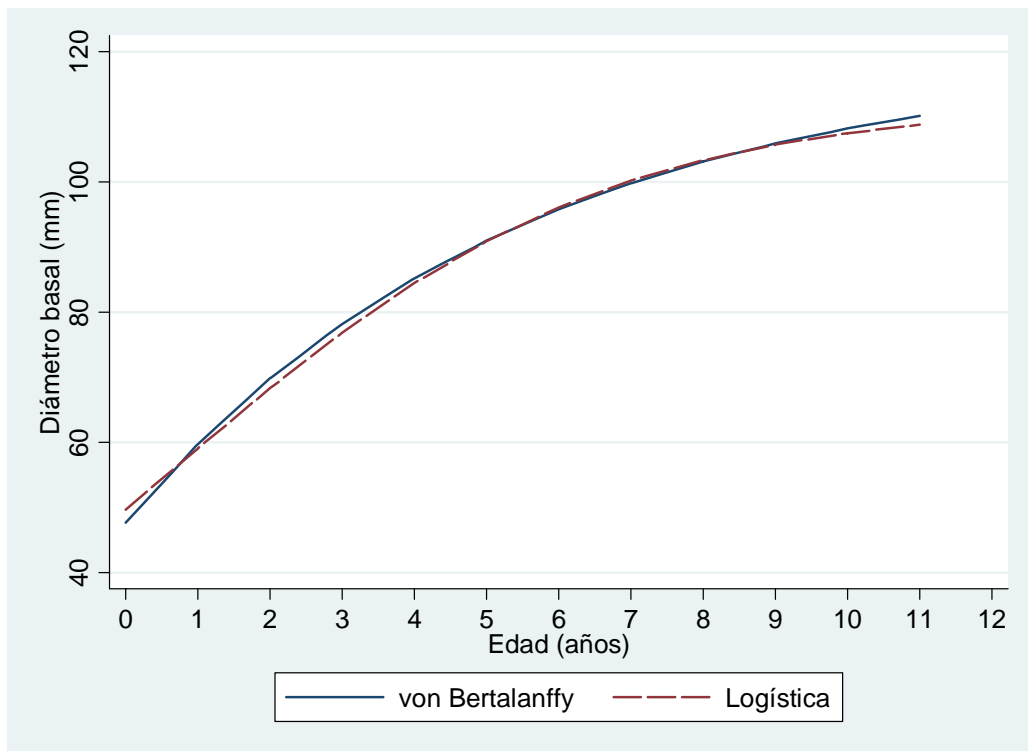


Figura 24.- Gráfico de las funciones de crecimiento de von Bertalanffy y Logística.

Opérculos pulidos

Edad:

En general la observación de los anillos en los opérculos fue posible. Sin embargo, como objetivo de este trabajo se llevó a cabo el pulido de estas estructuras para hacer posible la observación de zonas claras y oscuras por medio de luz transmitida. El engrosamiento central del opérculo hace difícil la observación de los anillos completos. Al devastar dicha estructura se ponen al descubierto de manera mucho más clara estas zonas de incrementos. De aquí en adelante se presentan los resultados obtenidos del análisis de los opérculos pulidos. El promedio de longitud de cada radio se presenta en la tabla 17. El número de radios fue de 1 hasta 11 y los promedios presentaron un incremento gradual (como era esperado).

Número de Radios	Media del radio	Desviación Estándar	Frecuencia
1	1.15	0.28	140
2	1.87	0.32	133
3	2.46	0.30	132
4	2.96	0.30	130
5	3.30	0.29	115
6	3.61	0.37	57
7	3.70	0.41	24
8	3.85	0.39	17
9	3.99	0.42	11
10	3.69	0.12	4
11	3.85	0.00	1
Total	2.67	0.95	905

La distribución de los radios a cada edad se presenta en la figura 25. Puede distinguirse que en general las distribuciones fueron unimodales. En los casos con la indicación de modas adicionales estas fueron mucho menores y una de ellas fue claramente dominante en la mayoría.

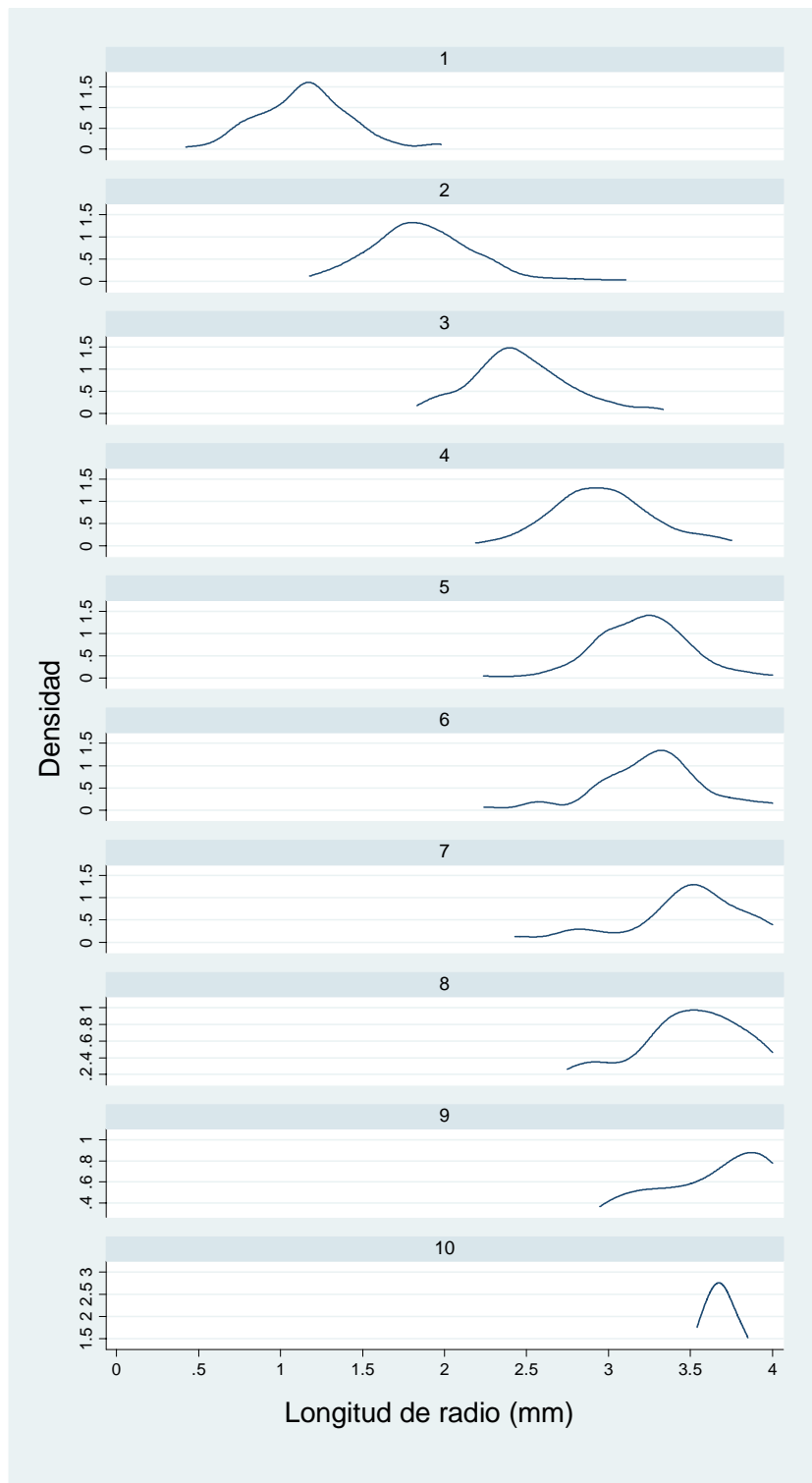


Figura 25.- Estimadores de densidad por kernel de longitud de radio por anillo de opérculos de *Astraea undosa*.

Las modas dominantes de cada grupo se presentan en el tabla 18. El diagrama de dispersión para la longitud de los radios respecto al número de anillo se presenta en la figura 26.

Tabla 18. Modas para anillos de opérculos de <i>Astraea undosa</i> .	
Número de anillo	Moda
1	1.15
2	1.80
3	2.36
4	2.95
5	3.31
6	3.65
7	3.74
8	3.96
9	4.32
10	3.71
11	3.52

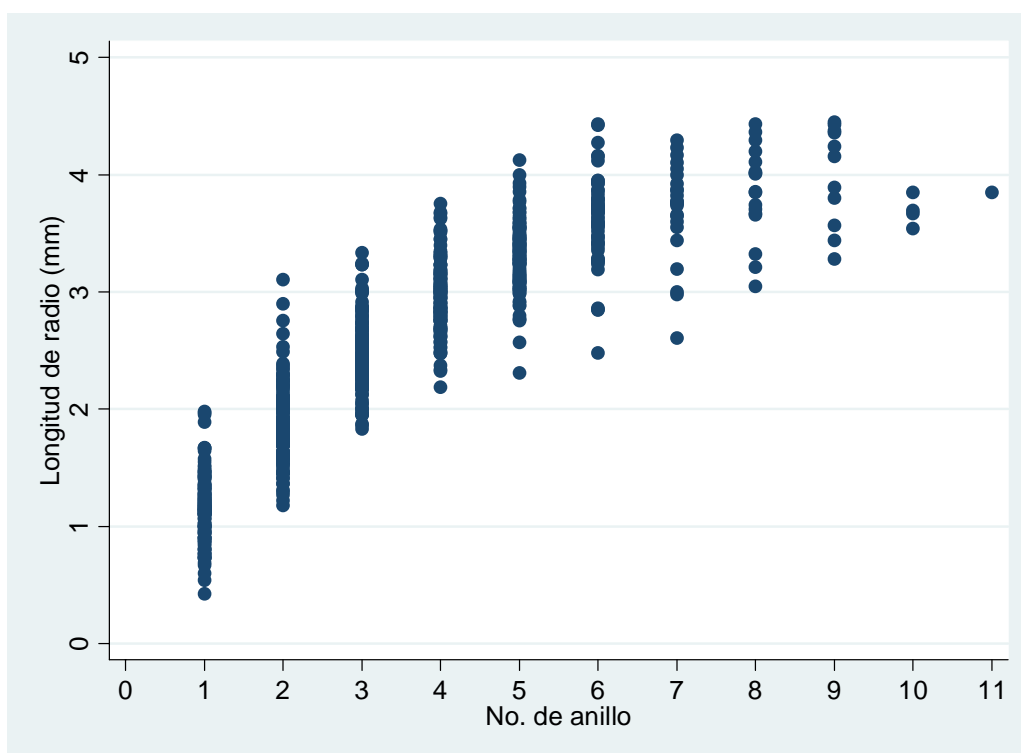


Figura 26.- Gráfico de dispersión de longitud de radio contra número de anillo en opérculos de *Astraea undosa*.

Diámetro basal y edad:

Considerando la periodicidad anual reportada por Gluyas-Millán *et al.* (1999) se presentan los valores medios de diámetro basal por edad en la Tabla 19 y su representación gráfica en la figura 29.

Tabla 19. Resumen de Diámetro Basal (mm) y edad de individuos de <i>A. Undosa</i>			
Edad	Media	Desviación estándar	Frecuencia
1	58.14	6.20	7
2	76.00	0.00	1
3	74.00	7.07	2
4	88.33	6.47	15
5	92.53	5.24	58
6	100.50	5.62	34
7	99.33	7.22	6
8	105.50	4.37	6
9	111.00	5.03	7
10	104.66	6.11	3
11	108.00	0.00	1
Total	93.85	12.5437	140

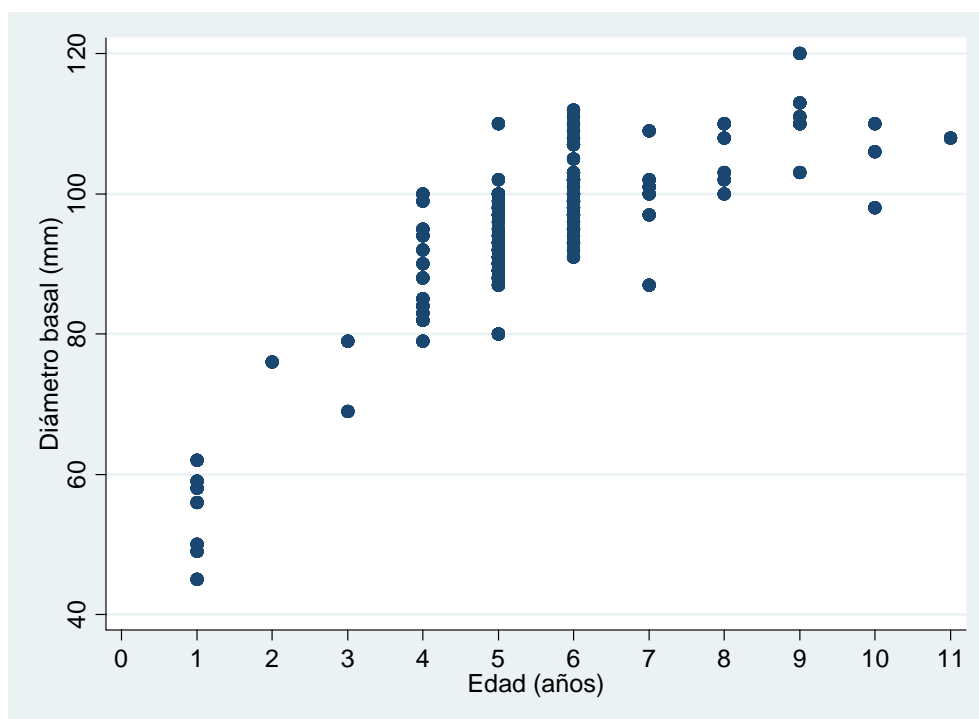


Figura 27.- Gráfica de dispersión del diámetro basal contra la edad de *Astraea undosa*.

Con estos valores se hicieron los ajustes no lineales para las funciones de von Bertalanffy, Gompertz y Logística, cuyos valores se presentan en las tablas 20 al 22 y su representación gráfica en las Figuras 28 a 30.

Von Bertalanffy:

Tabla 20. Resumen estadístico de la regresión no lineal para ajuste de la función de crecimiento de von Bertalanffy para <i>A. undosa</i> .						
Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Números de observación = 140		
Modelo	1250560.2	3	416853.4	F (3, 137) =	12431.74	
Residual	4593.80	137	33.53	Probabilidad > F =	0.0	
Total	1255	140	8965.38	R-cuadrada =	0.99	
				R-cuadrada ajustada =	0.99	
				Error de estimación =	5.79	
				Desv. residual =	886.01	
Función von Bertalanffy, diámetro basal = $L_{\infty} * (1 - \exp(-k * (\text{edad} - t_0)))$						
Longitud total	Coefficiente	Error Estándar	t	P> t	[Intervalo de Confianza 95%]	
L_{∞}	116.31	3.51	33.08	0.00	109.35	123.26
k	0.25	0.03	8.13	0.00	0.18	0.31
t_0	-1.50	0.31	-4.83	0.00	-2.12	-0.89
(Errores estándar, valores de P, Intervalos de Confianza y correlaciones son aproximaciones asintóticas)						

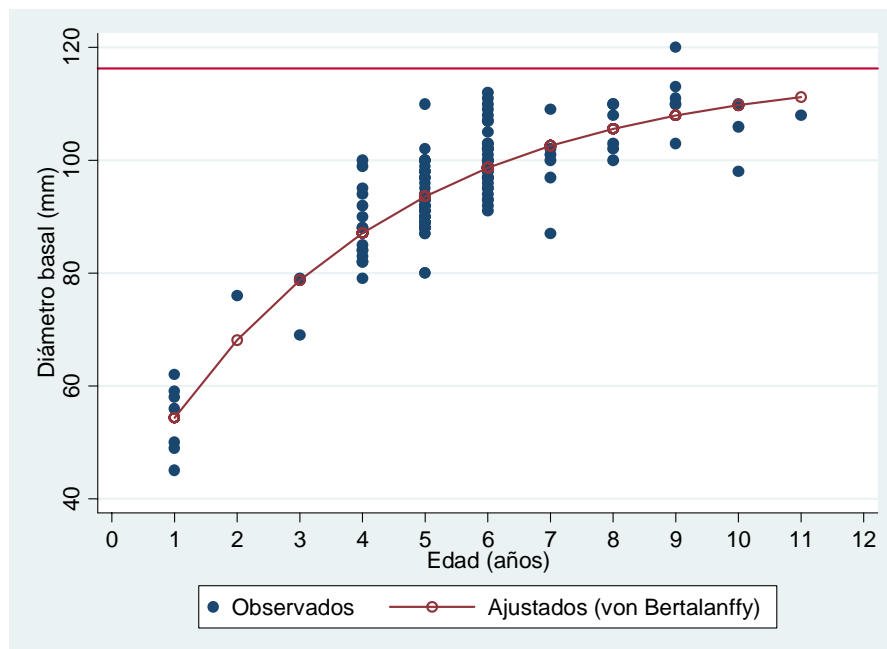


Figura 28.- Representación gráfica de la regresión no lineal de la función de von Bertalanffy del diámetro basal contra edad en años de *Astraea undosa*.

Gompertz

Tabla 21. Resumen estadístico de la regresión no lineal para ajuste de la función de crecimiento de Gompertz en <i>A. undosa</i>						
Fuente	Sumas de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	Número de observaciones = 140 F (3, 137) = 12454.89		
Modelo	1250568.71	3	416856.23	Probabilidad > F = 0.00		
Residual	4585.29	137	33.46	R-cuadrada = 0.99		
Total	1255154	140	8965.38	R-cuadrada ajustada = 0.99		
				Error de estimación = 5.78		
				Desv. residual = 885.75		
Función de Gompertz con tres parámetros: diámetro basal = $L_{\infty} \cdot \exp(-\exp(-g(\text{edad} - t_0)))$						
Longitud total	Coefficiente	Error Estándar	t	P> t	[Intervalo de confianza 95%]	
L_{∞}	113.41	3.70	41.91	0.00	108.06	118.76
g	0.33	0.03	10.18	0.00	0.69	0.39
t_0	0.06	0.18	0.32	0.74	-0.30	0.42
(Errores estándar, valores de P, Intervalos de Confianza y correlaciones son aproximaciones asintóticas)						

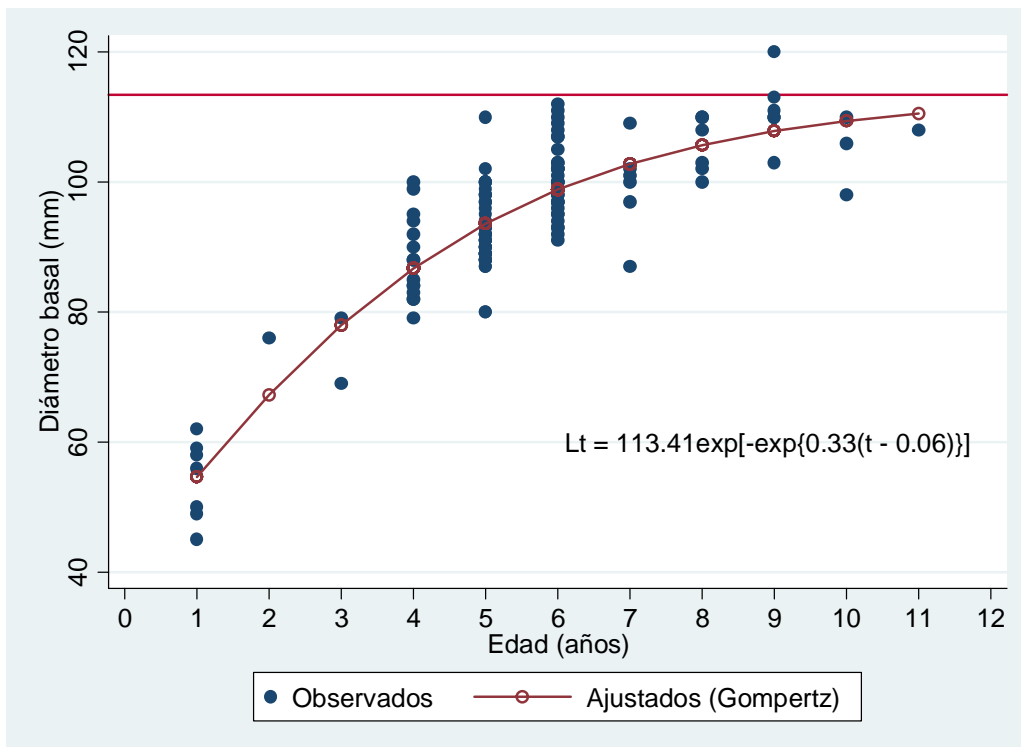


Figura 29.- Gráfica de la función de crecimiento de Gompertz en diámetro basal y edad para *A. undosa*.

Logística

Tabla 22 Resumen estadístico de la regresión no lineal para ajuste de la función de crecimiento de Logística para <i>A. undosa</i>						
Fuente	Sumas de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	Número de observaciones = 140 F(3, 137) = 12441.27		
Modelo	1250563.71	3	416854.569	Probabilidad >F = 0.00		
Residual	4590.29	137	33.577	R-cuadrada = 0.99		
Total	1255144	140	8965.38	R-cuadrada ajustada = 0.99		
				Error de estimación = 5.78		
				Desv. residual = 885.91		
Función Logística de 3 parámetros, diámetro basal = $L_{\infty}/(1+\exp(-g*(edad- t_0)))$						
Longitud total	Coefficiente	Error Estándar	t	P> t	[Intervalo de Confianza 95%]	
L_{∞}	111.4879	2.2467	49.62	0.000	107.045	115.9307
g	0.4201	0.0359	11.70	0.000	0.3491	0.4911
t_0	1.0623	0.1674	6.34	0.000	10.7311	1.3934
(Errores estándar, valores de P, Intervalos de Confianza y correlaciones son aproximaciones asintóticas)						

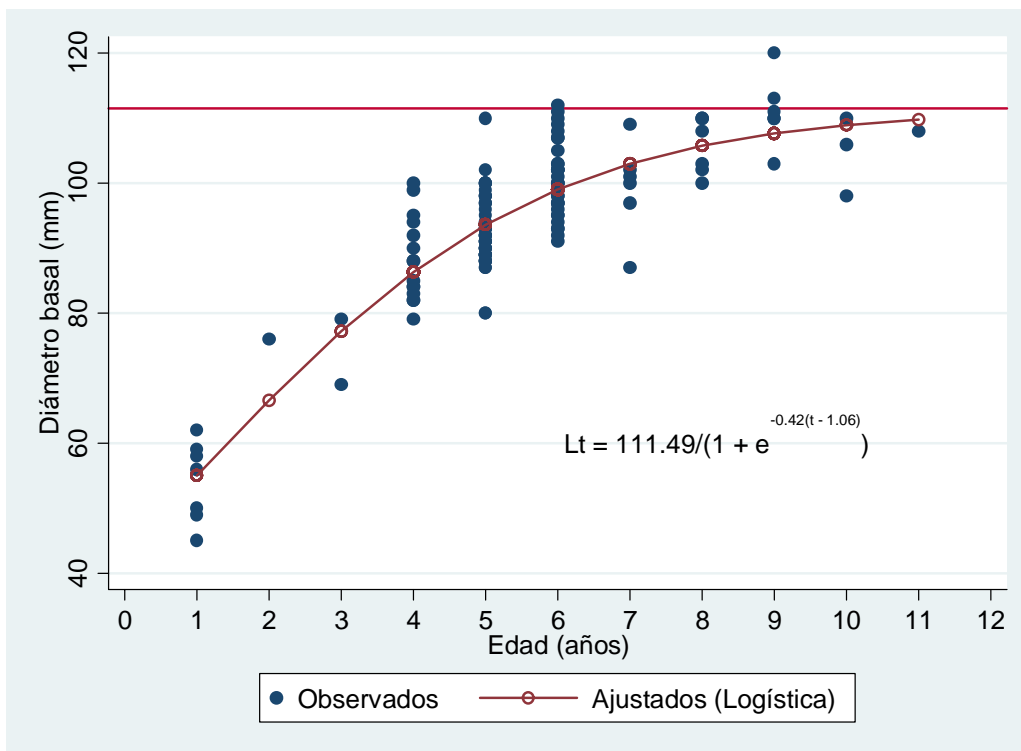


Figura 30.- Representación gráfica de la regresión no lineal del diámetro basal contra la edad de acuerdo a la función de Logística, en *A. undosa*.

De los cuadros estadísticos puede notarse que de acuerdo con el coeficiente de determinación, las tres funciones representan adecuadamente la relación entre el tamaño (diámetro basal) y la edad. En la figura 31 se hace una comparación gráfica de las tres funciones, notándose la similitud cercana de las mismas. La diferencia pudiera notarse por el comportamiento de las curvas en las edades 2 a 4 y después de la 9, en donde la asíntota de von Bertalanffy es la mayor (116.31) y la logística la menor (111.48), quedando el valor asíntótico de Gompertz en el medio (113.41).

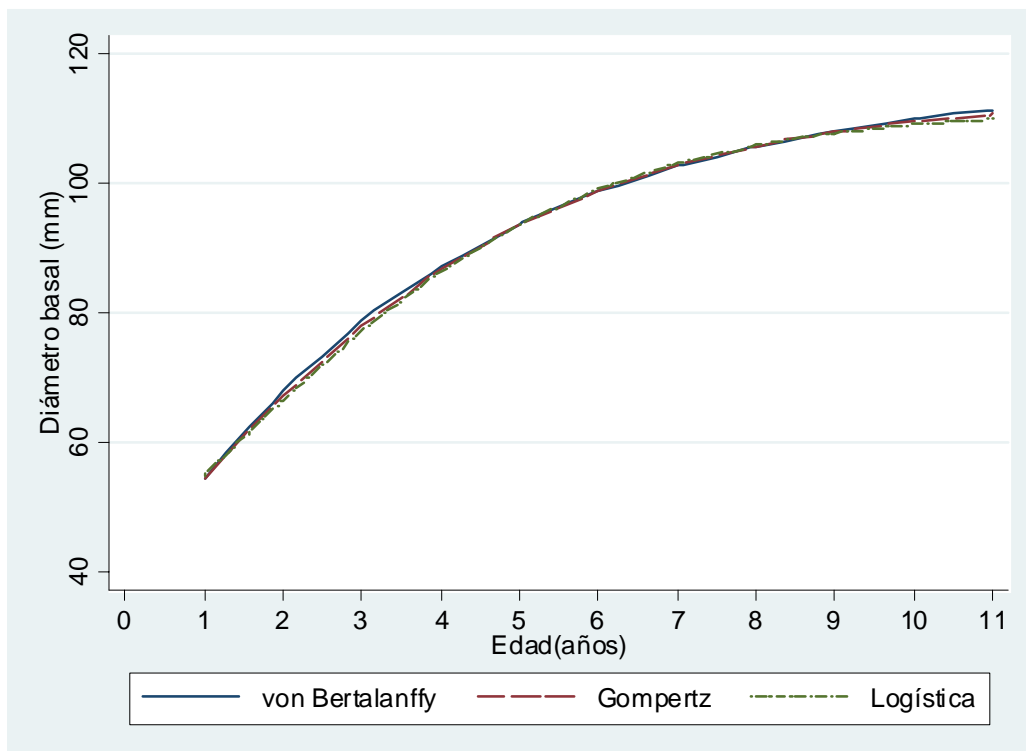


Figura 31.- Gráfico de las funciones de crecimiento de von Bertalanffy, Gompertz y Logística.

PRUEBAS DE COMPARACIÓN DE MODELOS DE CRECIMIENTO

Para la comparación de los parámetros en las funciones de crecimiento de von Bertalanffy obtenidas con los opérculos sin pulir y opérculos pulidos, se utilizaron las pruebas de T^2 de Hotelling (tabla 23) y de razón de verosimilitud (tabla 24).

T^2 de Hotelling

Tabla 23 Prueba de T^2 de Hotelling para comparación de parámetros de las ecuaciones de von Bertalanffy de opérculos sin pulir y opérculos pulidos de <i>Astraea undosa</i> , de La Bocana					
Matriz de varianza-covarianza (S)			Inversa de (S)		
16.69	-1.10	-1.13	.52	88.28	-1.49
	.00	.009		19767.49	-581.63
		.13			33.37
[3.35 -0.06 -1.24] = [P1 - P2]'					
$T^2 = 1572.94$		$T^2_{0.01; 3, 283} = 11.63$		$F_{0.01; 3, 283} = 3.85$	
Intervalo de confianza 99 %					F Crítica
1.71	$\leq L_{\infty 1} - L_{\infty 2} \leq$		5.00	16.04	
-0.07	$\leq K_1 - K_2 \leq$		-0.05	131.83	
-1.39	$\leq t_{o1} - t_{o2} \leq$		-1.09	265.35	

Como el valor calculado (1572.94) es mayor que el de tablas (11.64) se rechaza la hipótesis nula de que los vectores de parámetros de la FCvB estimado a partir de opérculos sin pulir es igual al vector de parámetros obtenidos a partir de opérculos pulidos. Ninguno de los intervalos de confianza (para L_{∞} , k ó t_0) contiene al cero, por lo que los tres parámetros son diferentes. Los valores críticos de F indican que la diferencia con mayor influencia para el rechazo de igualdad es la de las t_0 s, seguida por las k s y en menor grado por las longitudes asintóticas). La conclusión general de la prueba multivariada de la T^2 de Hotelling es que existen diferencias entre los parámetros estimados con opérculos sin pulir con las estimaciones obtenidas a partir de opérculos pulidos.

Razón de verosimilitud

Tabla 24 Prueba de razón de verosimilitud para la comparación de funciones de crecimiento de von Bertalanffy a partir de opérculos sin pulir y pulidos en <i>Astraea undosa</i> , de la Bocana					
Restricciones lineales	Modelos equivalentes	SCR	PRV	gl	P
Ninguna	119.669[1-exp{-0.184(t_{1j} +2.749)}]	9500.657			
	116.309[1-exp{-0.251(t_{2j} +1.507)}]				
$L_{\infty 1} = L_{\infty 2}$	117.479[1-exp{-0.195(t_{1j} +2.615)}]	9512.691	0.363	1	0.547
	117.479[1-exp{-0.261(t_{2j} +1.599)}]				
$k_1 = k_2$	115.222[1-exp{-0.214(t_{1j} +2.361)}]	9597.183	2.901	1	0.089
	120.906[1-exp{-0.214(t_{2j} +1.886)}]				
$t_{o1} = t_{o2}$	115.355[1-exp{-0.218(t_{1j} +2.204)}]	9698.175	5.906	1	0.015
	122.115[1-exp{-0.199(t_{2j} +2.204)}]				
$L_{\infty 1} = L_{\infty 2}$ $k_1 = k_2$ $t_{o1} = t_{o2}$	117.334[1-exp{-0.215(t_j +2.167)}]	10084.25	17.109	3	0.0007

Para el caso de razón de verosimilitud, se observa que al comparar los valores del caso sin restricciones (ecuaciones separadas) con las estimaciones de una sola ecuación el valor de P (0.0007) señala diferencias significativas entre los modelos. Las comparaciones entre los valores correspondientes de L_{∞} no indican diferencias; para los parámetros de curvatura k se tiene una significancia al 1 % (0.089) pero la diferencia entre los valores de t_0 ($P = 0.015$) indican que estos parámetros son significativamente diferentes. Por tanto, en general se tienen diferencias entre los valores obtenidos con opérculos sin pulir y los estimados a partir de opérculos pulidos, sobre todo en los valores de t_0 y k aunque no en L_{∞} . Estos resultados corresponden en lo general con la prueba multivariada de la T^2 de Hotelling, si bien es más estricta al no encontrar diferencias entre las longitudes asintóticas.

Tabla 25. Media, desviación estándar y frecuencia de los diámetros de radios de opérculo de *A. undosa*.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	30	Total
1	1.238 0.1472 7	. . 0	. . 0	. . 0	. . 0	. . 0	. . 0	. . 0	. . 0	. . 0	. . 0	1.7125 0.1956 7	1.4752 0.2971 14
2	1.41 0 1	2 0 1	. . 0	. . 0	. . 0	. . 0	. . 0	. . 0	. . 0	. . 0	. . 0	2.3 0 1	1.9033 0.4528 3
3	0.9669 0.2842 2	1.712 0.4921 2	2.1600 0.1668 2	. . 0	. . 0	. . 0	. . 0	. . 0	. . 0	. . 0	. . 0	2.431 0.1937 2	1.8175 0.6374 8
4	1.162 0.2249 15	1.7606 0.2501 15	2.3540 0.1762 15	2.9326 0.2753 15	. . 0	. . 0	. . 0	. . 0	. . 0	. . 0	. . 0	3.2174 0.2776 15	2.2853 0.7936 75
5	1.1353 0.2813 58	1.8998 0.3087 58	2.4391 0.2929 58	2.9309 0.2623 58	3.2717 0.2207 58	. . 0	. . 0	. . 0	. . 0	. . 0	. . 0	3.4419 0.2426 58	2.5196 0.8500 348
6	1.237 0.3219 34	1.9888 0.3250 34	2.6055 0.2809 34	3.0590 0.3265 34	3.4378 0.2729 34	3.6558 0.2848 34	. . 0	. . 0	. . 0	. . 0	. . 0	3.8858 0.3446 34	2.8301 0.9500 239
7	0.9833 0.1652 6	1.5773 0.2288 6	2.338 0.3118 6	2.945 0.2947 6	3.242 0.3486 6	3.5223 0.3716 6	3.7226 0.3956 6	. . 0	. . 0	. . 0	. . 0	3.88 0.3751 6	2.7763 1.0382 48
8	0.9776 0.2953 6	1.8453 0.2702 6	2.4136 0.2915 6	3.0156 0.2116 6	3.3243 0.1745 6	3.577 0.1602 6	3.7716 0.1556 6	3.8503 0.1454 6	. . 0	. . 0	. . 0	3.9853 0.1418 6	2.9734 0.9998 54
9	1.2442 0.3461 7	2.1042 0.5775 7	2.6531 0.4743 7	3.104 0.4351 7	3.4371 0.4161 7	3.9468 0.3317 7	3.9937 0.2507 7	4.1668 0.2347 7	4.2724 0.1969 7	. . 0	. . 0	4.3791 0.2476 7	3.3301 1.0591 70
10	0.9600 0.1315 3	1.7153 0.2336 3	2.1566 0.2601 3	2.5473 0.3277 3	2.688 0.3509 3	2.8406 0.3550 3	3.0826 0.4287 3	3.6859 0.2605 3	3.55 0.2605 3	3.6859 0.1557 3	. . 0	3.836 0.0557 3	2.7641 0.8882 33
11	1.118 0 1	1.6 0 1	2.178 0 1	2.3239 0 1	2.5720 0 1	2.8499 0 1	3 0 1	3.21 0 1	3.4419 0 1	3.698 0 1	3.852 0 1	3.974 0 1	2.8181 0.8966 12
Total	1.1526 0.2823 140	1.8762 0.3283 133	2.453 0.3047 132	2.2650 0.3048 130	3.3078 0.2914 115	3.6121 0.3703 57	3.7006 0.4129 24	3.8535 0.3957 17	3.9999 0.4250 11	3.689 0.1273 4	3.852 0 1	3.5178 0.6030 140	2.6742 0.9534 904

DISCUSIÓN

Características de *Astraea undosa*.

El diámetro basal (DB) es una medida muy importante, ya que expresa el cambio de la talla con respecto al tiempo Gluyas-Millán *et al.* (2000); también es considerada como una medida práctica para la regulación de la pesquería (Cupul-Magaña y Torres-Moye, 1996). En el estado de Baja California Sur se ha puesto en práctica (de manera provisional) una talla mínima de captura de 90 mm de diámetro basal (Carta Nacional Pesquera, 2004). En el presente estudio se estableció la relación entre el peso total y el diámetro basal (DB), en *Astraea undosa*.

El promedio del DB de los 287 individuos fue de 93.9 ± 12.8 mm (45-120mm) (tabla 1). En estudios de *A. undosa* como los de la localidad Bird Rock, Santa Catalina, CA., donde se establecieron cuatro zonas de acuerdo a la composición de algas se tuvieron los siguientes valores de DB: zona de *Eisenia* (2 a 3 metros de profundidad), 41.30 ± 2.51 mm (19-80 mm), zona de *Lithothrix* (3 a 4 m) 38.72 ± 0.49 mm (11-92 mm), zona de *Sargassum* (4 a 10 m) 35.02 ± 0.57 mm (14-81), zona de *Macrocystis* (de 10 a 12m) 55.26 ± 2.84 mm (23-102 mm) (Alfaro y Carpenter, 1999), donde los valores mínimo, máximo y del promedio del DB son más bajos, lo que indica que los organismos en California fueron más pequeños que los de este trabajo.

En las figuras 1, 2, 3, 5 y en el tabla 2 (diagramas univariados para el DB) se observó una distribución asimétrica con sesgo negativo, parecido a lo obtenido para *A. undosa* por Rodríguez-Valencia *et al.*, (2002) y a la zona B de Gluyas-Millán *et al.*, (1999), ambos estudios en *A. undosa*, pero no así para la zona A que sólo en los meses de agosto y octubre presentaron sesgos negativos Gluyas-Millán, *et al.*, (1999).

En el diagrama de caja y bigotes (figura 4) se observó también la distribución asimétrica negativa y con este diagrama se distinguen los casos extraordinarios.

El resumen de letras (tabla 3), confirmó como de casos extraordinarios a los individuos más pequeños. Estos casos fueron indicados también mediante la comparación de la pseudosigma de cuartos con la desviación estándar (9.68 contra 12.80, respectivamente).

La investigación en detalle de la distribución de los datos se lleva a cabo por medio de histogramas. Para los datos de diámetro basal (DB), el ancho óptimo de intervalos de Scott (1979) fue de 6.79 el cual proporcionó 12 intervalos de clase (tabla 5). El histograma resultante (con origen en 45) resaltó el sesgo negativo y sugirió la existencia de multimodalidad (figura 5).

A diferencia de los histogramas tradicionales, los estimadores de densidad por kernel, en vez de considerar intervalos establecidos a partir de un punto de origen, utilizan intervalos centrados en cada dato o en los puntos en los que se desea realizar la estimación de la densidad y de esta forma se tienen estimaciones independientes de un origen. En el histograma se utiliza una función cuadrada para cada uno de los datos; los EDKs por su parte pueden utilizar funciones de variación gradual respecto al punto de estimación, por lo que sus resultados son más suaves (Salgado-Ugarte, 2002).

El análisis en mayor detalle de la distribución por medio de los estimadores de densidad por kernel (gaussiano) corroboró el sesgo negativo y la multimodalidad. Para determinar el ancho de banda se aplicó la regla sobreesuavizada (figura 6), en el cual se empezó a observar el sesgo negativo; en el EDK con la banda óptima de Silverman (figura 7) se mostró con claridad el sesgo negativo y se empieza a observar la multimodalidad y finalmente la regla empírica de la mitad de óptima (figura 8) permite reconocer el sesgo negativo y la multimodalidad (tabla 5).

Los EDKs de amplitud de banda variable (figuras 9 y 10), estimadores que pueden considerarse como de los mejores métodos para investigar la distribución de los datos (Simonoff, 1996), destacaron la disminución de variabilidad en la cola izquierda y la mejor separación de las modas en el intervalo de concentración de los datos. (Salgado-Ugarte, 2002). Esto podría ser el resultado de haber utilizado una muestra proveniente de la captura comercial, ya que los buzos prefieren (y deben) capturar a los individuos más grandes.

Los EDKs (de ancho fijo) combinados con diagramas de caja y bigotes, denominados (por el aspecto de los esquemas resultantes) “diagramas de violín” se utilizaron con kernel gaussiano y amplitud óptima de Silverman. Estos diagramas también denotaron el sesgo negativo, la multimodalidad y por otra parte, el contorno de densidad (frecuencia) señala la limitación de los diagramas de caja y bigotes para indicar varias modas, ya que sin dicho contorno, la caja y los bigotes no permiten visualizar la existencia de varias modas (figura 11). La existencia de varias modas de tamaño indica, de manera indirecta la presencia en la muestra de organismos de distintas edades, lo que se corrobora al analizar las marcas de crecimiento en opérculos.

Crecimiento.

El crecimiento es un parámetro básico para el análisis de las pesquerías, ya que implica el incremento en biomasa en la población Gómez Márquez (1994).

En el caso del callo es utilizado como principal indicador comercial para del *A. undosa* y esta comenzó con 400 t en 1989 y se mantuvo en promedio de 200 t Gluyas-Millán *et. al.* (1999) y para el 2007 fue de 187 t (Anuario Estadístico de Baja California Sur 2008), el peso del callo en *A. undosa* se encuentra mencionado en el

estudio de Gluyas-Millán *et. al.* (1999), pero no reportan análisis de este a pesar de que este peso es un indicativo de la exportación y comercialización del caracol. Aún así no se encuentra análisis de esta variable y para el caso del peso total tampoco existen reportes de análisis para *A. undosa*.

En las relaciones de correlación y regresión entre las variables analizadas, en primer lugar, la relación entre el peso total y el peso del callo, donde la figura 12 nos muestra el gráfico de dispersión nos llevó a establecer un modelo de regresión con estimadores significativos (tabla 6) y se dibujó el ajuste (figura 13), Tanto en el gráfico con la línea de ajuste como en la de los residuos estandarizados (figura 14) se notó un efecto de “megáfono abierto”, o sea aumento de la variabilidad con el nivel.

Esto condujo a realizar un análisis en escala logarítmica del peso total y peso del callo, cuyos resultados se muestran en la tabla 7 y la figura 15. Los valores obtenidos mostraron un mejor ajuste con mayor significancia estadística. La escala mejora notablemente el ajuste y el efecto de aumento de varianza con el nivel desaparece.

Esto se observa en el gráfico de residuos estandarizados contra los valores ajustados entre logaritmos del peso total y el peso del callo (figura 16) en el cual ya no se observó el efecto de megáfono abierto y los valores residuales muestran una distribución homogénea aleatoria alrededor del cero.

La relación encontrada $PC = 0.24PT^{0.95}$ ($F = 3114$, $P < 0.05$) indica que el peso del callo representa aproximadamente del 17 al 19 % del peso total capturado, es decir casi una quinta parte del peso del organismo es la porción consumible.

En el diagrama de escalera de la figura 18 (diagonal inferior de una matriz de gráficos de dispersión) se nota claramente la tendencia curvilínea entre los pesos y la

del diámetro basal. Por tanto, antes de establecer la correlación está indicado un cambio en la escala a valores logarítmicos. El gráfico resultante (figura 19) mostró un comportamiento lineal de las variables. La matriz de correlación correspondiente (tabla 9) presenta correlaciones muy fuertes (mayores a 0.9) y altamente significativas entre los valores logarítmicos del diámetro basal, peso total y el peso callo.

Para el caso de la regresión en peso (total, callo) y diámetro basal (figura 20) las variables mostraron, como es de esperar, una relación curvilínea directamente proporcional. Para llevar a cabo la regresión se utilizó la escala logarítmica para las variables del peso total y diámetro basal y los resultados de la tabla 10 mostraron estimadores significativos. Los estimadores vueltos a su escala original se muestran en el ajuste curvilíneo de la figura 20. Para el modelo lineal del peso del callo y el diámetro basal, los valores de la regresión en la escala logarítmica (tabla 10) muestran un ajuste altamente significativo. El ajuste en la escala original muestra el modelo potencial de manera muy clara entre el peso total y el diámetro basal en *A undosa* (figura 20).

Para ver la relación entre las variables diámetro basal y el largo del opérculo se realizó un análisis de regresión clásica de acuerdo con Gluyas-Millán *et al.* (1999). Se observó que los valores de la ordenada al origen (*a*) tanto en la zona A y B de Bahía Tortugas resultaron estar por encima del de la Bocana; para el caso de la pendiente (*b*) el de la Bocana está por encima de los de las zonas A y B en Bahía Tortugas; por otro lado, el valor del coeficiente de determinación (r^2) en la Bocana fue el mayor, indicando una relación más cercana entre el diámetro basal y largo del opérculo en la Bocana que en zonas estudiadas de la Bahía Tortugas (tabla 26).

Tabla 26. Comparación de los estimadores de los parámetros de la regresión lineal simple de <i>A. undosa</i> de La Bocana con zonas (A y B) de Bahía Tortugas.			
Localidad/Estimador	<i>A</i>	<i>b</i>	<i>r</i> ²
La Bocana	1.86	30.15	0.7868
Bahía Tortugas (zona A)	2.10	11.08	0.60
Bahía Tortugas (zona B)	2.09	12.67	0.63

Para cuantificar la relación de la longitud del opérculo con el diámetro basal se realizó una regresión funcional (Ricker, 1973). En comparación con otras localidades estudiadas por Gluyas-Millán, *et al.* (2000), observamos en la tabla 27 que la constante *a'* de la Bocana es la más alta de las zonas de estudio, a diferencia de valor de *b'* que en la Bocana es el menor de todos. Aunque el valor de *r*² en la Bocana es el menor, es significativo, indicando que si existe relación entre la variables. La representación gráfica de los datos y las líneas de regresión se presentan en las figuras 21 y 22. Como se comentó brevemente en la parte de resultados, la línea funcional pasa más cerca de todos los puntos observados, tanto a valores menores como intermedios y mayores.

Tabla 27. Estimadores de los parámetros de la regresión funcional para la relación entre la longitud del opérculo y el diámetro basal de <i>A. undosa</i>			
Localidad	<i>a'</i>	<i>b'</i>	<i>r</i> ²
Bocana	21.8021	1.88656	0.7868
Mallarrimo	15.49	2.07	0.96
Isla Natividad	14.34	2.11	0.97
Bahía Tortugas (2000)	13.16	2.12	0.97
Bahía San Cristóbal	14.52	2.09	0.95
Bahía Asunción	14.11	2.05	0.89

Según Ricker (1973), la regresión predictiva (regresión clásica) produce estimaciones menores de la pendiente poblacional, mientras menor es el intervalo de datos considerados y en contraste, la regresión funcional produce estimaciones similares independientes del intervalo de datos analizados (Juárez-Romero y Searcy-Bernal, 1994). Así las estimaciones obtenidas tienen un sesgo menor y es lo que se denota con los valores obtenidos de las regresiones. Estos resultados concuerdan con el estudio hecho por Balbontín y Fischer (1981) donde analizaron sus datos con la regresión clásica y después funcional y vieron un mejor ajuste de sus datos en la funcional. Esto también se ve corroborado en la gráfica en la figura 22 de las regresiones clásica y funcional. El valor de r^2 es el mismo para las dos regresiones ya que es un valor simétrico Ricker (1973), sin embargo, la línea de ajuste de la regresión funcional pasa más cerca de los puntos a todo lo largo del intervalo de valores de longitud opercular, incluso para los pequeños.

Estimación de la edad

La importancia asignada a la determinación de la edad, deriva del hecho de que mediante ella se llega a definir la longevidad de las especies, identificar las clases anuales que componen un efectivo (stock), determinar la edad de madurez y el reclutamiento de la especie (Gómez-Márquez, 1994).

Opérculos sin pulir.

El primer análisis para la determinación de la edad se hizo con los opérculos sin pulir, en los cuales los anillos se observaron con luz transmitida. El método de la determinación de la edad por medio de la lectura de los anillos en las conchas de los moluscos ha sido más utilizado en los bivalvos como en los casos de Brousseau (1979 y 1984), Marchitto *et al.* (1998), Sola (1997), Maximovich y Guerassimova (2003);

unos pocos en las líneas de crecimiento de las conchas de los gasterópodos (Williamson y Kendall, 1981; Cledón *et al.*, 2005) y otros menos en las líneas de crecimiento en los opérculos (Kideys, 1996).

Para el caso de *Astraea undosa* se considera que su opérculo presenta un crecimiento lento en la formación de una capa hialina, la cual ocurre principalmente durante la primavera y el verano y un periodo de crecimiento rápido el cual forma una capa opaca que ocurre durante los meses del otoño e invierno. Tales diferencias de crecimiento parecen ser causadas por su ciclo reproductivo (Cupul-Magaña y Torres-Moye, 1996), quienes deducen la formación de anillos anuales. También otra validación por parte de Gluyas-Millán, *et al.* (1999), sugiere la formación de marcas de crecimiento anuales.

De los 153 opérculos se registraron individuos con edades estimadas de 0 a 11 años, siendo los más frecuentes aquellos con 5 (45 individuos) y 6 anillos (41 individuos), seguidos por las edades 7 con 18 individuos y 8 anillos con 13 individuos (tabla 14). Esto indicó que la captura se ajusta al reglamento de pesquerías para esta especie que establece un mínimo de 90 mm de DB (Singh-Cabanillas, 1996). Los gráficos de los modelos de crecimiento de von Bertalanffy y Logística (tablas 15 y 16; figuras 23 y 24) muestran la concentración de individuos de estas edades con valores intermedios de tallas (entre 80 y 100).

Por lo arriba expuesto en cuanto a la validación de las marcas, se asumió que cada anillo se formó en un año. En el caso de los opérculos sin pulir (153 especímenes) se observaron de 0 a 11 anillos, lo cual concuerda con el trabajo realizado en los organismos de *A. undosa* de la Costa Occidental de la Península de Baja California Gluyas-Millan *et al.* (2000). En el reporte de estos autores, los organismos más pequeños eran de 0 años y sólo se encontraron en Isla Navidad (edad mínima semejante a la encontrada en este trabajo) y los de mayor edad (11 años cómo

los encontrados en el presente trabajo para *A. undosa* en La Bocana), ocurrieron sólo en Bahía Tortugas. Para las localidades de Mallarrimo, Bahía San Cristóbal y Bahía Asunción las edades más pequeñas reportadas resultaron de 1 año y los mayores de 12; aun así las clases de edad obtenidas en el presente trabajo están registradas en las localidades antes mencionadas. Lo mismo se observó en el estudio realizado en Punta Banda, Baja California (Cupul-Magaña y Torres-Moye, 1996), con *Astraea undosa* donde se observaron individuos con 0 años de edad como las de este trabajo en La Bocana, pero no así para la edad mayor de 12 años de crecimiento, como los individuos de la Costa Occidental de la Península de Baja California. La edad más pequeña de 2 años se registró en la Bahía Tortugas (Gluyas-Millán *et al.*, 1999), así como la edad mayor de 12 años para la zona B. Sin embargo, se observaron edades de 11 años en la zona A, al igual que en este estudio. Su pudo observar que las edades obtenidas en este estudio mediante la lectura de los opérculos sin pulir se encuentran dentro de las clases de edad antes reportadas en los trabajos citados (tabla 14).

Los datos de edad y tamaño (diámetro basal) fueron utilizados para el ajuste de los modelos de von Bertalanffy, Logístico y Gompertz mediante regresión no lineal. En el caso de los opérculos sin pulir, la convergencia sólo se logró en los primeros dos modelos (tablas 15 y 16). Los parámetros estimados fueron semejantes y ambos presentaron ajustes significativos. Si se considera al coeficiente de determinación como criterio de elección de modelo, el modelo de von Bertalanffy (0.99) resultó mejor en contraste con el Logístico (0.98) (figuras 23 y 24) si bien con una diferencia mínima.

Para observar mejor el desempeño de los dos modelos se hizo una comparación gráfica (figura 25). En ella se distingue que durante las primeras edades la función Logística da valores ligeramente mayores; a edades intermedias ambos modelos se hacen equivalentes y a edades mayores la función de von Bertalanffy proporciona valores de tamaño ligeramente mayores que los de la Logística. Sin embargo, en

términos generales, ambos modelos representan adecuadamente el crecimiento de la especie.

Opérculos pulidos

En general la observación de los surcos superficiales (marcas de crecimiento) de los opérculos fue posible. Sin embargo, como objetivo de este trabajo se llevó a cabo el pulido de estas estructuras para hacer posible una mejor observación de zonas claras y oscuras por medio de luz transmitida. El engrosamiento central y las crestas del opérculo hicieron difícil la observación de algunas zonas en los opérculos sin pulir. Al desbastar las crestas y pulir los opérculos reduciendo su grosor, se puso al descubierto, de manera mucho más clara, las zonas hialinas y opacas, tal como el trabajo realizado por Cupul-Magaña y Torres-Moye (1996) donde también se pulieron los opérculos. De los 287 datos morfométricos de *A. undosa*, sólo se pudieron utilizar 140 opérculos y en el transcurso del trabajo se rompieron dos los cuales no pudieron incluirse en el análisis de la longitud de radios. De aquí en adelante se presenta la discusión de los resultados obtenidos del análisis de los opérculos pulidos. El promedio de longitud de cada radio (tabla 17) muestra un incremento paulatino excepto para las edades mayores, donde el tamaño varió más que nada por el reducido número de ejemplares de edades mayores.

Las edades estimadas con los opérculos pulidos fueron de 1 hasta 11. Este método esclerocronológico nos permitió ver mejor los anillos y medir las longitudes de los radios con mayor facilidad, en relación con los opérculos sin pulir; a éstos no se les distinguían en algunos casos el primer anillo. Una vez con los opérculos pulidos se vieron bien y los que tenían 0 anillos se les observó 1, así que todos los opérculos tuvieron un primer anillo. Las frecuencias de las edades mayores se registraron a los 5 con 58 individuos y 6 años con 34 individuos con medias de 92.56 mm y 100.50 mm de DB respectivamente (tabla 19), lo cual mostró de nueva cuenta que los individuos

(si bien hubieron organismos de 4 años con 15 individuos con 88.3mm de DB promedio), estuvieron en general dentro de la talla mínima de captura para *Astraea undosa*. (Singh-Cabanillas, 1996).

El número de radios de 1 hasta 11 (tabla 17) fue semejante al encontrado por Gluyas-Millán *et al* (1999) en Bahía Tortugas, donde en la zona A se encontraron para la zona A (edad mayor de 11 años), semejantes a las edades mayores de este estudio con opérculos pulidos. En los casos de los promedios presentaron un incremento gradual (como era esperado que ocurriera). Puede notarse que los valores medios del primer y radios muestran valores con mayor separación que en los siguientes. La separación entre los promedios se fue haciendo menor para edades intermedias y a las mayores edades se registró fluctuación debido al reducido número de ejemplares (tabla 17). Lo anterior indica que la información es adecuada para la estimación de modelos de crecimiento asintótico (von Bertalanffy, Gompertz, Logístico).

Lo arriba citado resulta diferente con lo reportado en Punta Banda por Cupul-Magaña y Torres-Moye (1996), ya que estos autores encontraron, tanto en machos como hembras 12 anillos y los promedios para radios siempre fueron incrementando (sin fluctuaciones como en el presente estudio)

La distribución de los radios a cada edad por estimadores de densidad por kernel de longitud del radio por anillo de los opérculos de *A. undosa* (figura 26) tiene la utilidad de servir como una forma de comprobar la realización de una lectura apropiada (Morales-Nin, 1992). Si las marcas son consistentes y la lectura es adecuada, es de esperar que los radios medidos sigan una distribución unimodal. En este estudio puede distinguirse que, en general, las distribuciones obtenidas con los EDKs, los cuales son estimadores más eficientes que los tradicionales histogramas (Salgado-Ugarte, 2002; Salgado-Ugarte *et al.* 2005) fueron unimodales. En los casos con la indicación de modas adicionales estas fueron mucho menores y una de ellas fue

claramente dominante en la mayoría excepto para los anillos 9 en donde se observó una bimodalidad con aproximadamente la misma frecuencia para cada moda. No obstante, es posible apreciar la tendencia al aumento paulatino de las marcas periódicas.

Al analizar el comportamiento de las modas dominantes de cada grupo representadas en el tabla 18 se hizo notorio el valor menor para los 10 y 11 anillos en comparación con la moda del grupo con 9. Esto puede atribuirse al reducido tamaño de muestra (4 y 1 individuos). El diagrama de dispersión para la longitud de los radios respecto al número de anillo representado en la figura 29 muestra lo anterior de manera clara: los puntos de los individuos con 10 y 11 anillos están al nivel de los valores menores de ejemplares con 9 anillos. Esto indica la necesidad de obtener muestras adicionales para tener una mejor representación de los organismos de estas edades.

En el resumen de diámetro basal y la edad de los individuos de *A. undosa* (Tabla 19) se observó que la estructura total de muestreo fue dominada por caracoles de 4 a 9 años y la de mayor frecuencia fue de 5 años seguida por 6 años y en las clases de edad de 2 y 11 fueron las de menor frecuencia. De acuerdo con el estudio realizado con *A. undosa* en Punta Banda por Cupul-Magaña y Torres-Moye (1999), la mayor frecuencia de edades fue en las clases 4 a 10 y las de menor frecuencia de 11 y 12 años que son las últimas clases de edad. Lo anterior es ligeramente diferente de lo encontrado en el presente estudio; aun así los valores de la Bocana están dentro de los valores de Punta Banda.

En otro estudio realizado en 1997 en Bahía Tortugas Gluyas-Millán *et al.* (1999) también con *A. undosa*, las edades intermedias resultaron ser las más dominantes (de 5 a 9 años) para las dos zonas consideradas. Por lo tanto las clases de edad, el promedio del DB en ambas zonas (de 3 a 10 años) están por debajo de los

promedios del DB de este trabajo, sin embargo se observó que los valores estuvieron entre los 2 años en la zona B y a los 11 años de la zona A, lo que denota que una semejanza con los resultados de la Bocana ya que están dentro de los valores de las zonas A y B de Bahía Tortugas.

Para la Costa Occidental de la Península de Baja California Gluyas-Millán *et al.* (2000) reportaron promedios de DB de *A. undosa*, donde las primeras clases de 0 a 6 años están por debajo y las últimas edades de 10, 11 y 12 por arriba de los de La Bocana. Este no es el caso para las edades de 8 y 9 en Malarrimo, la de 7 años en Isla Natividad y 7,8 y 9 en Bahía tortugas, valores que son similares a los del presente trabajo (tabla 19).

En el estudio de la Isla San Jerónimo, Baja California Rodríguez-Valencia *et al.* (2002) reportan un promedio de diámetro basal de 68.4 mm, el cual, de acuerdo al trabajo de Gluyas-Millán *et al.* (1999) corresponde a individuos menores de 5 años de edad y es semejante a los individuos de un año de edad de la Bocana (este estudio).

La gráfica de la dispersión de los datos del diámetro basal y la edad de la figura 28, sugiere un incremento asintótico, propio para ajustar modelos como von Bertalanffy, Gompertz y Logístico. Asimismo es el resultado de la proporcionalidad en la relación proporcional positiva entre el opérculo y el diámetro basal (figura 21, tabla 11) lo que justifica la utilización del opérculo en la estimación de la edad de *A undosa*, tal como es en el caso de los trabajos reportados sobre la misma especie por Gluyas-Millan *et al.* (1999).

En el análisis de la regresión no lineal para la función de crecimiento de von Bertalanffy (tabla 18), se observó que los parámetros son estadísticamente significativos. Con un valor de $L_{\infty}= 116.3093$, $K = 0.2509$ y $t_0= -1.5068$. Esto difiere con los resultados de Cupul-Magaña y Torres-Moye (1996), donde los caracoles de *A.*

undosa fueron más pequeños con valores de: $L_{\infty} = 103.43$, $k = 0.1243$ y $t_0 = -0.32294$ (machos) y $L_{\infty} = 100.58$, $k = 0.1005$ y $t_0 = -0.6420$ (hembras). El intervalo de tallas menores considerado por estos autores parece ser la causa de estas diferencias.

En el estudio realizado por Gluyas-Millán *et al.* (2000), fue notable que los individuos de *A. undosa*, en varias localidades resultaron ser más grandes ya que sus valores fueron para Malarrimo: $L_{\infty} = 167.84$, $k = 0.103$ y $t_0 = -1.36$; Isla Natividad: $L_{\infty} = 172.72$, $k = 0.102$ y $t_0 = -1.58$; Bahía Tortuga: $L_{\infty} = 175.1$, $k = 0.100$ y $t_0 = -1.23$; Bahía San Cristóbal: $L_{\infty} = 170.44$, $k = 0.095$ y $t_0 = -1.52$; Bahía Asunción: $L_{\infty} = 168.23$, $k = 0.089$ y $t_0 = -1.69$. Lo cual de acuerdo con lo observado los valores de la Bocana en este estudio quedan intermedios.

Pruebas de comparación de los modelos e crecimiento:

Una comparación gráfica de las funciones mencionadas arriba se muestra en la figura 32. En ella se aprecia claramente lo mencionado con anterioridad. Las curvas de Cupul-Magaña y Torres-Moye (1996) describen el crecimiento de organismos pequeños y las de Gluyas-Millán *et al.* (2000) tienen longitudes asintóticas mayores. A edades intermedias éstas se interceptan con las curvas del presente estudio, sin embargo a edades menores y mayores las diferencias se acentúan. En cuanto a las curvas de este estudio obtenidas con opérculos sin pulir y pulidos se aprecia que la diferencia se da a edades menores, lo que hicieron notar tanto la prueba multivariada de T^2 de Hotelling como de razón de verosimilitud al destacar a t_0 como el parámetro con mayor influencia en la diferencia.

Puede destacarse que los ajustes de las funciones Gompertz y Logística (tablas 21 y 22; figuras 29 y 30 respectivamente), fueron significativas y con valor elevado de coeficiente de determinación. Por lo tanto se puede afirmar que los tres modelos considerados son adecuados para describir el crecimiento de *A. undosa* en La Bocana,

BCS. En un estudio de edad y crecimiento con otra especie de gasterópodo *Neptunea arthritica* Suzuki, *et al* (1996), aplicaron los modelos de Gompertz y Logístico, también se ajustaron bien para sus datos siendo mejor el modelo Logístico. Para esta misma especie en otro estudio (Miranda *et al.*, 2008) aplicaron los tres modelos (von Bertalanffy, Gompertz y Logístico) los datos se ajustaron bien, sin embargo en este caso el modelo que mejor se ajustó fue el de Gompertz.

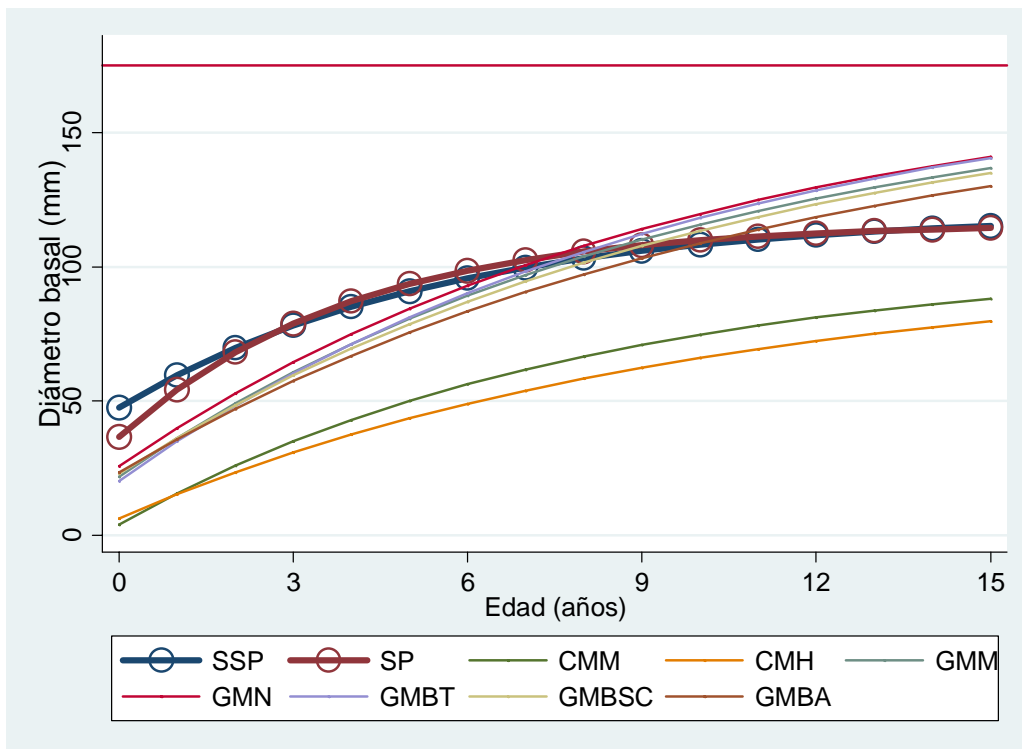


Figura 32. Comparación gráfica de las ecuaciones de von Bertalanffy de este estudio (círculos) con las obtenidas por otros investigadores. SSP (este estudio sin pulir; SP (este estudio pulidos); CMM (Cupul-Magaña y Torres-Moye, machos); CMH (Cupul-Magaña y Torres-Moye hembras); GMM (Gluyas-Millán Malarribo); GMN (Gluyas-Millán, et al. Natividad); GMBT (Gluyas-Millán et al. Bahía Tortugas); GMBSC (Gluyas-Millán, et al. Bahía de San Cristóbal); GMBA (Gluyas-Millán et al. Bahía Asunción).

La comparación gráfica de las funciones de crecimiento de von Bertalanffy, Gompertz y Logística (figura 31), permite apreciar la semejanza de los ajustes a pesar de las diferencias en las longitudes asintóticas: el de von Bertalanffy fue el mayor (116.31) seguido por el de Gompertz de (113.41).y al final el de la función Logística (111.48).

En la tabla 25 se incluyen a la, media aritmética, desviación estándar y frecuencia de los diámetros de radios de opérculos de *A. undosa*, los cuales mostraron que el valor más alto de frecuencia de los diámetros de radios fue de 58 mediciones hasta los 5 años y con 115 en total contaban con este anillo seguido por el radio 6 con 34 mediciones de seis años en total, lo cual nos indicó que el mayor número de mediciones de la muestra tenían entre hasta 5 y 6 años. Respecto a la los valores de la media se observaron con mejor detalle que en el cuadro 17, que reveló un aumento en la media del radio 9 y una disminución en los radios 10 y 11, lo cual se atribuye por la cercanía entre sí de los últimos anillos. A pesar de haber observado en los 133 opérculos el segundo anillo solo se contó con un organismo de esas edad, lo mismo sucedió para el caso del radio 11 en cual solo de observó un individuo de esta edad en la muestra.

La prueba de T^2 de Hotelling indicó diferencia significativa entre las funciones (sin pulir y pulidos). Las diferencias fueron claras para las t_0 y los valores de K y en menor grado para las longitudes asintóticas. Al observar de intervalos de confianza para las diferencias se tuvieron los siguientes: L_{∞} ($1.7137 \leq L_{\infty 1} - L_{\infty 2} \leq 5.0055$), k ($-0.0781 \leq k_1 - k_2 \leq -0.0553$) y t_0 ($-1.3922 \leq t_{01} - t_{02} \leq -1.0928$); en ninguno de ellos se incluye al cero lo cual nos indicó la existencia de diferencias estadísticas significativas (Bernard, 1981; Salgado-Ugarte, *et al.* 2005) entre las funciones de crecimiento. Lo anterior sugiere que las estimaciones de tiempo cero y parámetro de curvatura son menores y la longitud asintótica es mayor con las lecturas de opérculos

sin pulir. Al observar los valores críticos de F_0 , se tiene que el parámetro con mayor influencia en la diferencia es la t_0 , seguida del parámetro de curvatura (k) y finalmente la longitud asintótica.

Las pruebas de razón de verosimilitud de manera similar indicó la existencia de diferencias significativas en las funciones de crecimiento. La comparación de las verosimilitudes del modelo sin restricciones con el modelo de ecuaciones separadas indicó una clara diferencia significativa. El valor de prueba para los siguientes casos mostró diferencias para t_0 (al 5% de significancia) y para k (al 1%). La comparación entre las longitudes asintóticas no mostró diferencias significativas.

De esta manera, ambas pruebas indican la diferencia entre las ecuaciones obtenidas por los métodos, si bien la razón de verosimilitud es más estricta para el rechazo de la hipótesis nula de igualdad en el vector de parámetros.

Lo anterior y considerando la mayor claridad en la observación de las marcas y la mayor precisión en la estimación de las edades, lleva a considerar que, no obstante la mayor cantidad de trabajo involucrada en el pulido, la lectura de los opérculos así procesados es una mejor opción en los estudios de la edad y el crecimiento de *Astraea undosa* y que bien vale la pena el mayor esfuerzo empleado.

CONCLUSIONES

El diámetro basal (DB) de los 287 individuos de *Astraea undosa* fue de 45 a 120 mm con promedio de 93.916 ± 12.8 mm; en promedio las dimensiones registradas se encuentran dentro de las normas de talla mínima de captura legal (90 mm).

El DB presentó una distribución asimétrica con sesgo negativo con casos extraordinarios menores. Esto hace evidente que la muestra, proveniente de la captura comercial, podría estar dirigida a organismos más grandes y que sólo se colectaron algunos especímenes de tamaño pequeño.

Los EDKs para el DB confirmaron el sesgo negativo y mostraron también una distribución multimodal, lo que indicó la existencia de grupos de organismos con tallas (y edades) semejantes.

Las relaciones peso total PT – DB diámetro basal indican un crecimiento alométrico positivo (mayor crecimiento en peso que en talla)

En el análisis de los residuos estandarizados de la relación peso-diámetro, se notó un efecto de “megáfono abierto”, lo que nos llevó a establecer un modelo de regresión con transformación logarítmica con lo cual los valores cumplieron con los requerimientos para el análisis de regresión (linealidad y homoscedasticidad) y el ajuste obtenido fue adecuado y altamente significativo.

Se mejoraron los resultados de la correlación entre todas las variables (peso total, peso callo y DB) con el cambio de escala a valores logarítmicos. En esta escala se cumplieron con los requerimientos de linealidad para el análisis de correlación.

La relación entre DB y la longitud del opérculo (LO) fue lineal con un ajuste estadísticamente significativo tanto por la regresión lineal ordinaria (RLO) de mínimos cuadrados como con la regresión funcional. Sin embargo, la mayor pendiente de la regresión funcional (1.86) y menor ordenada al origen (21.80) hicieron que la línea de ajuste pasara por encima de los puntos con valores menores de DB y LO, a diferencia de la recta la RLO que pasó por encima de estos valores.

Se utilizaron dos métodos esclerocronológicos básicos: lectura de opérculos sin pulir (observación de marcas superficiales con luz reflejada) y lectura de opérculos pulidos (observación de marcas interna con luz transmitida) como intentos para identificar anillos de crecimiento en los opérculos de *Astraea undosa*.

La observación de los anillos de crecimiento en los opérculos de *Astraea undosa* sin pulir mostró edades de 0 a 11 años.

Las clases de edad más representativas se encontraron de 5 a 11 años con diámetros basales mayores a los 90 mm, lo que cumple con la talla mínima de captura (90 mm)

Las clases de edad obtenidas en este estudio se encuentran dentro de las reportadas en trabajos anteriores.

Tomando como criterio el coeficiente de regresión obtenido en el ajuste de los modelos de crecimiento, von Bertalanffy: $L_t = 119.669[1 - \exp([-0.184\{t + 2.749\})]$ con $r^2 = 0.996$ fue el mejor ajuste, seguido por la función Logística: $W_t = 112.209/[1 + \exp(-g\{t - 0.687\})]$, $r^2 = 0.986$. No se tuvo convergencia en el ajuste del modelo de Gompertz, por lo que no fue posible ajustar este modelo a los datos.

En los opérculos pulidos, el número de radios fue de 1 hasta 11. Esto difirió de lo obtenido con opérculos sin pulir, ya que los anillos que no se veían en los opérculos

sin pulir se hacían evidentes una vez pulidos y los que parecían no tener anillo a trasluz mostraron al primero. De esta manera todos los opérculos tuvieron al menos un anillo cerca de la espira.

Las distribuciones de los radios a cada edad en general fueron unimodales, y la moda de cada grupo se fue incrementando al aumentar el número de anillo, lo que indica lo apropiado de las lecturas.

La mayor frecuencia estuvo dada en individuos de 5 y 6 radios con DB mayores a 90 mm, lo que indicó el cumplimiento de la talla mínima de captura para *A. undosa* (Singh-Cabanillas, 1996).

En los ajustes no lineales para los opérculos pulidos, de acuerdo con el valor de diámetro basal asintótico, el mayor fue el von Bertalanffy $L_t = 116.309[1 - \exp\{-0.251(t+1.507)\}]$, seguido por el de Gompertz $L_t = 113.4106 \exp[-\exp(-0.334\{t - 0.0601\})]$ y finalmente el del Logístico $L_t = 111.488/[1 + \exp(-0.422\{t - 1.063\})]$, todas con un coeficiente de determinación r^2 de 0.98.

La prueba multivariada de Hotelling (Bernard, 1981) indicó que la función de crecimiento de von Bertalanffy obtenida a partir de las lecturas de los opérculos sin pulir fue estadísticamente diferente de la función de von Bertalanffy obtenida de las lecturas en opérculos pulidos. La diferencia estuvo marcada (valores críticos de F) por la diferencia de las t_0 , seguidas de los parámetros de curvatura (k) y finalmente por las longitudes asintóticas. Esto sugiere estimaciones diferentes del crecimiento inicial y de los parámetros de curvatura y no tanto de las longitudes asintóticas a partir de los opérculos sin pulir y pulidos.

La prueba de razón de verosimilitud concordó con la prueba multivariada de T^2 , indicando diferencias significativas entre las funciones en general y para las t_0 s y k s de

los modelos en ese orden de influencia. La prueba no detectó diferencia entre las longitudes asintóticas.

Lo anterior, junto con la mejor observación de las marcas de crecimiento después del pulido llevan a recomendar (a pesar del mayor trabajo) el tratamiento de los opérculos para obtener estimaciones más precisas (basadas en mejores mediciones de radios) del crecimiento.

Con el equipo adecuado y la práctica en la ejecución del pulido este aumento del costo para obtener la información es compensado por la información más detallada obtenida.

BIBLIOGRAFÍA

- Abbott R.T. 1974. *American Seashells the Marine Mollusca of the Atlantic and Pacific Coasts of North America*. Second edition, Editorial Van Nostrand, NY USA, 663 p.
- Adegoke O.S. 1973 Mineralogy and biogeochemistry of calcareous operculi and shell of some gastropoda. *Malacologia*, 14: 39-46.
- Aguilar R.R., M.G. Torres y H.A. Almanza. 1990, Análisis cualitativo de la dieta macroalgal del caracol *Astraea undosa* Wood 1828, en Punta Banda, Baja California, México, *Ciencias Marinas*, 16(4): 111-120.
- Alfaro C.A. y C.R. Carpenter. 1999. Physical and biological processes influencing zonation patter of a subttial population of the marine snail, *Astrea (Lithopoma) undosa* Wood 1828. USA., *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 240: 259-283.
- Anuario Estadístico de Baja California Sur 2008, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Sistemas Nacional de Información Estadística y Geográfica (SNIEG).
- Balbontín F. y W. Fischer. 1981. Ciclo y Fecundidad de la merluza, *Merluccius gary*, en la costa de Chile. *Revista de Biología Marina*, vol. 17(3): 285-334.
- Barnes, R.D. 1985. *Zoología de los invertebrados*. 4ª ed. Interamericana. México: 335-403.
- Belmar-Pérez, J., S.A. Guzmán del Próo e I. Martínez-Morales. 1991. Madurez gonádica y ciclo reproductor del caracol panocha (*Astraea undosa* Wood, 1828; Gastropoda: Turbinidae) en Bahía Tortugas, B.C.S. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, 18(2): 169-187.
- Bernard, D.R. 1981. Multivariate analysis as a means of comparing growth in fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 38: 233-236.
- Bourgeois B., C.E. Payri y P. Bach. 1997. Studies of age and growth of the gastropod *Turbo marmoratus* determined from daily ring density. *Coral Reef Sym.* 2:1351-1356.
- Brousseau D.J. 1979. Analysis of growth rate in *Mya arenaria* using the von Bertallanfy equation, *Marine Biology*, 51: 221-227.

- Brousseau D.J. 1984. Age and growth rate determinations for the Atlantic ribbed mussel, *Geukensia demissa* Dillwyn (Bivalvia: Mytilidae), *Estuaries*, 7(3): 133-241.
- Checa G.A. y P.A. Jiménez-Jiménez. 1998. Constructional morphology, origin and evolution of the gastropod operculum. *Paleobiology* 24(1): 109-132.
- Chen M.H. y K. Soong, 2002 Estimation of age sex-changing coral-inhabiting snail *Coralliphila violácea* from the growth striae on opercula and a mark-recapture experiment. *Marine Biology* 140: 337-342.
- Cledón M., T. Brey, P.E. Penchaszadeh y W. Arntz, 2005, individual growth and somatic production in *Adelomelon brasiliana* (Gastropoda; Volutidae) off Argentina, *Marine Biology*, 147: 447-452.
- Cupul-Magaña, F.G. y G. Torres-Moye, 1996. Age and growth of *Astraea undosa* Wood (Mollusca: Gastropoda) in Baja California, Mexico. *Bulletin of Marine Science*. **59**: 40-497.
- Fischer W., F. Krupp, W. Schneirders, C. Sommer, K.E. Carpenter y V.H. Niem. 1965. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca, Pacífico-Centro Oriental, Vol. I: Plantas e Invertebrados, FAO, Roma: 646 p.
- Gluyas-Millán M.G., C. Quiñonez-Velazquez, J.A. Massó-Rojas y 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* 25(1):91-106.
- Gluyas-Millán, M.G., C. Quiñonez-Velázquez, y J. Talavera-Maya. 2000. Parámetros poblacionales del caracol *Astraea undosa* (Wood, 1828) en la costa occidental de la península de Baja California. *Ciencias Marinas* 26(4): 643-658.
- Gluyas-Millán, M.G., C. Quiñonez-Velázquez, y J. Talavera-Maya. 2002. Effect of El Niño 1997-1998 on the snail *Astraea undosa* (Wood, 1828) population along the Baja California Coast. *Journal of Shellfish Research*, 21(2): 931-934.
- Gluyas-Millán M.G. 2004. Biología y dinámica poblacional del la macarela *Scomber japonicus* del Golfo de California, Tesis de doctorado, Facultad de Ciencias, UNAM, México, 151 p.
- Gómez Márquez J.L. 1994. *Métodos para determinar la edad en los organismos acuáticos*. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM, México, 89 p.

- Durazo R. y T. Baumgartner. 2002. Evolution of oceanographic conditions off Baja California: 1977-1999, *Progress in Oceanography*, 54:7-31.
- Halliday, E.B.B. 1991. The Natural History and Ecology of *Astraea undosa* in a Southern California Kelp Forest. Tesis de Maestría, University of California.
- Härdle, W. 1991. *Smoothing techniques. With implementations in S.*, Nueva York: Springer-Verlag, 387 pp.
- Hickman S.J. 1981. Evolution and function of asymmetry in the archaeogastropod radula. *The Veliger*, 23(3):189-194.
- Houssay F. 1884. Reserches sur l'opercule et les glandes du pied des gastéropodes. *Archives de Zoologie expérimentale et générale* 2:171-288.
- Ilano S.A., A. Ito, K. Fujinaga y S. Makao. 2004. Age determination of *Buccinus isaotakii* (Gastropoda: Buccinidae) from the growth striae on operculum and growth under laboratory conditions. *Aquaculture* 242: 181-195.
- Juárez-Romero R. y R. Searcy-Bernal. 1994. Modelo de crecimiento de von Bertalanffy para la almeja Pismo (*Tivela Stuztorum*), a partir de datos de edad-longitud de capturas comerciales, *Ciencias Marinas*, 20(1): 81-92
- Kato, K., H. Wada y K. Fujioka. 2003. The application of chemical staining to separate calcite and aragonite minerals for micro-scale isotopic analysis. *Geochemical Journal*, 37: 291-297.
- Keen, M. 1971. Sea shells of tropical west America. Stanford University Press, California. p. 353-355.
- Kessel E. 1942. Über Bua und Bildung des Prosobranchier Deckels, *Zeitschrift Morphologie und Ökologie der Tiere* 38:197-250.
- Kideys A.E. 1996. Determination of age and growth of *Buccinum undatum* L. (Gastropoda) off Douglas, Isle of Man, *Helgoländer Meeresunters* 50:353-368
- Kimura, D.K. 1980. Likelihood methods for the von Bertalanffy growth curve. *Fishery Bulletin*, 77(4): 765-776.
- Lynn R.J. y J.J. Simpson. 1987. The California current system: the seasonal variability of physical characteristics. *Journal of Geophysical Research*, 92:12947-12966.

- Marchitto T.M. Jr, G.A. Jones, G.A. Goodfriend y R.C. Weidman. 2000. Precise temporal correlation of Holocene mollusk shells using Sclerochronology, *Quaternary Research* 53, 236-246.
- Morales-Nin, B. 1992. Determination of growth in bony fishes from otolith microstructure. FAO Fisheries Technical Paper (FAO) No. 322. Roma: 57 p.
- Panfili J., H. De Pontual, H. Troadec y P.J. Wright (Eds.). 2002. *Manual of fish sclerochronology*, IFREMER-IRD, Brest, France: 463 p
- Maximovich V.N. y V.A. Guerassimova. 2003. Life history characteristics of the clam *Mya arenaria* in White Sea, *Helgoland Marine Research*, 57: 91-99.
- Miranda M.R., K. Fujinaga y S. Nakao. 2008, Age and growth of *Neptunea arthritica* from growth marks in the operculum, *Marine Biology Research*, 208; 4: 224-235.
- Morris, P.A. 1969. *A field guide to Pacific coast shells. Including shells of Hawaii and the Gulf of California*. 2^a ed. Houghton Mifflin Co. Boston, EUA: 64-65; Lámina 32.
- Murray, S.N., R.F. Ambrose y M.N. Dethier. 2006. *Methods for Performing Monitoring, Impact, and Ecological Studies on Rocky Shores*. MMS OCS Study 2001-070. Coastal Research Center, Marine Science Institute, University of California, Santa Barbara, California. MMS Cooperative Agreement Number 14-35-0001-30761. 217 p.
- Pechenik J.A. 2004. *Biology of the invertebrates*, Mc GrawHill, Quinta edición, N.Y. 608 p.
- Ricker, W.E. 1973. Linear regressions in fishery research. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 30: 409–434.
- Rodríguez-Valencia J.A., F. Caballero-Alegría, F. Uribe-Osorio y A. Arano-Castañón. 2002. Abundancia y asociaciones de dos gasterópodos (*Astraea* y *Haliotis*) comercialmente importantes en Isla San Jerónimo, Baja California, México, *Ciencias Marinas*; 28(1): 49-66.
- Salgado-Ugarte, I.H. 1992. *El análisis exploratorio de datos biológicos. Fundamentos y aplicaciones*. ENEP Zaragoza UNAM y Marc editores, México, 250 p.
- Salgado-Ugarte, I.H. 1995. Nonparametric methods for fisheries data analysis and their application in conjunction with other statistical techniques to study

- biological data of the Japanese sea bass *Lateolabrax japonicus* in Tokyo Bay. Tesis de Doctorado en Biociencia Acuática, Universidad de Tokio, Japón, 389 p.
- Salgado-Ugarte, I.H. 2002. *Suavización no paramétrica para análisis de datos*. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM, México, 138 p.
- 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, México, 240 p.
- Scott, D.W. 1992. *Multivariate density estimation: Theory, practice and Visualization*. John Wiley & sons, Nueva York, 317 p
- Secretaría de Pesca e Instituto Nacional de la Pesca, 1994. *Atlas pesquero de México*. Instituto Nacional de la Pesca. México: 44-45; 226.
- Seed, R. 1980. Shell growth and form in the bivalvia. In: Rhoads, D.C. y R.A. Lutz (Eds). *Skeletal growth of aquatic organisms. Biological records of environmental change*. Plenum Press, Nueva York, E.U.A. pp. 23-68.
- Silverman, B.W. 1986. *Density estimation for statistics and data analysis*. Chapman & Hall, Londres, 175p
- Simonoff, J.S. 1996. *Smoothing Methods in Statistics*. Springer, Nueva York.
- Singh-Cabanillas J. 1996. Pesquería del caracol panocha en: Casas-Valdez, M. y G. Ponce-Díaz (Eds.). Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur. SEMARNAP, Gobierno del Estado de Baja California Sur, FAO, Instituto Nacional de la Pesca, UABCS, CIBNOR, CICIMAR, CETMAR. Vol. I: 43-58
- 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.
- Sola J.C. 1997, Reproduction, population dynamics, growth and production of Scrobicularian plana DA Costa (Pelecypoda) in the Bidasoa Estuary, Spain, *Netherlands Journal Of Ecology*, 30(4), 183-296 (1997).
- StataCorp. 2009. Stata: Release 11. Statistical Software. College Station, TX: StataCorp LP.

- Suzuki K., T. Hiraishi, K. Yamamoto y K. Nashimoto. 1996, Age determination and growth analysis based on size-frequency histograms of the whelk *Neptunea arthritica* in Shiruishi, Hokaido. *Nippon Suisan Gakkashi* 62: 225-9 (en japonés, con resumen en inglés).
- Talavera Maya, J., P. Sierra Rodríguez, Ma. G. Gluyas Millán, R.G. Hernández Valenzuela, Ma. del C. Fajardo-León, E. Morales-Bojórquez, J.A. Massó-Rojas, M.O. Muciño-Díaz, J.A. Vélez-Barajas y F. Caballero-Alegría, 2000. Caracol panocha In: Cisneros-Mata, M.A., L.F. Beléndez-Moreno, E. Zárte-Becerra, Ma. T. Gaspar-Dillanes, L. del C. López-González, C. Saucedo-Ruíz y J. Tovar-Avila (Eds.) Sustentabilidad y pesca responsable en México. Evaluación y Manejo 1999-2000. Instituto Nacional de la Pesca, México: 367-388.
- Taniguchi I. y L. Rogers-Bennett. 2001. Wavy Turban Snail, California's Living Marine Resource: A status report, California Department of Fish and Game pp 140-141.
- Vermeij G.J. y S.T. Williams. 2007. Predation and the geography of opercular thickness in turbinid gastropoda. *Journal of Mollusca Studies* 73:67-73.
- Wilbur K.M. 1985. *The Mollusca, Evolution* Vol. (10), Department of Zool. Duke University, Durham, North Carolina, Editorial Academia Press. IND. Orlando USA, 32-37 p.
- Wilbur, K.M. y G. Owen. 1964, Growth. Pages 211-242 in K.M. Wilbur y C.M. Yonge, editors. *Physiology of Mollusca. Volume 1*. Academic Press, New York, New York, USA.
- Williamson P., M.A. Kendall. 1981, Population age structure and growth of the rochid *Monodonta lineata* determined from shell rings, *Journal of the Marine Biological Association of United Kingdom*, 61: 207-247.

ANEXO



Figura 33.- Foto: opérculo de *Astraea undosa* de “La Bocana” Baja California Sur, sin pulir en el cual se puede denotar que los últimos anillos no se observan bien con la luz transmitida.



Figura 34.- Foto: opérculos de *Astraea undosa* de “La Bocana” Baja California Sur (izquierda con las crestas pulidas y derecha sin pulir).

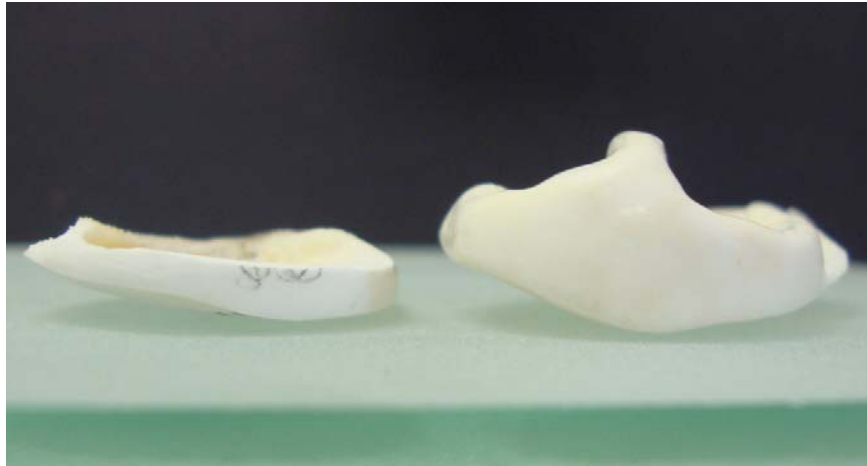


Figura 35.- Foto: opérculos de *Astraea undosa* de “La Bocana” Baja California Sur (izquierda con las crestas pulidas y derecha sin pulir).



Figura 36.- Foto: opérculo de *Astraea undosa* de “La Bocana” Baja California Sur, con un anillo, el cual corresponde a un año de edad.



Figura 37.- Foto: opérculo con dos anillos de crecimiento de *Astraea undosa* de “La Bocana”, Baja California Sur



Figura 38.- Foto: opérculo de *A. undosa* con tres años de edad, de “La Bocana” Baja California Sur

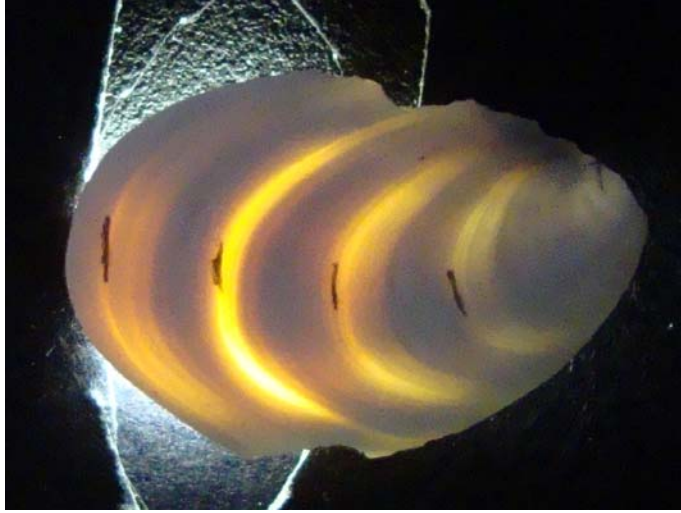


Figura 39.- Foto: opérculo con cuatro anillos de crecimiento de *A. undosa*, “La Bocana” Baja California Sur



Figura 40.- Foto: opérculo de *A. undosa* con cinco anillos de “La Bocana” Baja California Sur



Figura 41.- Foto de opérculo de *A. undosa* de “La Bocana”, Baja California Sur, con seis anillos de crecimiento y con borde hialino.



Figura 42.- Foto de opérculo de *A. undosa* de “La Bocana” Baja California Sur, con seis anillos de crecimiento y con borde opaco.



Figura 43.- Foto: opérculo de *A. undosa* de siete años de edad, de “La Bocana” Baja California Sur



Figura 44.- Foto de opérculo de *A. undosa* de “La Bocana” Baja California Sur, con ocho anillos de crecimiento.



Figura 45.- Foto: opérculo de *Astraea undosa* con nueve anillos de “La Bocana” Baja California Sur.



Figura 46.- Foto: opérculo con diez anillos de crecimiento de *A. undosa*, “La Bocana” Baja California Sur.



Figura 47.- Foto opérculo en el cual se pudieron observar los ocho anillos de crecimiento.



Figura 48.- Foto del mismo opérculo con el lado externo ya pulido y en el cual se pudieron observar los ocho anillos de crecimiento con luz transmitida.



Figura 49.- Foto del mismo opérculo con el lado externo ya pulido en el cual se pudieron observar con 11 anillos de edad de crecimiento con luz transmitida.

En el caso del opérculo que contaba con 11 anillos de crecimiento al observarse con luz reflejada y debido a la acumulación de los últimos anillos cerca del borde se podían distinguir ocho anillos, posteriormente al pulido y poniendo atención a la zona cerca del borde del opérculo, con luz transmitida se detectaron claramente once anillos de crecimiento.