

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS



Edad y crecimiento de la raya mariposa *Gymnura marmorata* (Cooper, 1863) del Alto Golfo de California, México.

TESIS

QUE PARA CUBRIR PARCIALMENTE LOS REQUISITOS NECESARIOS

PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRA EN CIENCIAS EN OCEANOGRAFÍA COSTERA

PRESENTA

SANTA RODRÍGUEZ LORENZO

ENSENADA BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

Octubre, 2007

RESUMEN

En el presente trabajo se realizó la primera aproximación en la determinación de edad y crecimiento de *Gymnura marmorata* la cual contribuye a ampliar la información sobre la historia de vida de esta especie. Se recolectaron 167 organismos de *Gymnura marmorata* provenientes de la pesca artesanal de San Felipe, B.C. y la pesca comercial de arrastre de Puerto Peñasco, Son., durante el periodo de junio del 2000 a abril del 2006, de los cuales 105 fueron hembras y 62 machos. La talla máxima fue de 1175 mm en ancho de disco (AD) para hembras y 570 mm AD en machos. Se encontraron diferencias entre las tallas promedio de las hembras y los machos (ANOVA de una vía; $F_{cal}=3.96$; $g.l.=104, 61$ $p=0.00$), siendo de mayor tamaño las hembras. Se determinó que la relación ancho de disco-peso describe un crecimiento alométrico para hembras y machos de *G. marmorata* ($b=3.324$ y $b= 3.383$) respectivamente. La relación AD-radio vertebral fue rectilínea, lo cual sugiere que las estructuras crecen proporcionalmente y son confiables para determinar edad. La edad se determinó por medio del conteo de bandas en las vértebras de la región abdominal, utilizando la técnica de tinción de cristal violeta (Schwartz 1983), para resaltar los anillos de crecimiento. La edad máxima observada fue de 16 bandas para una hembra con un AD de 1175 mm y 6 bandas para machos (535 mm AD). El Porcentaje de Error Promedio (APE) varió de 6.21 a 16.72 por lector. El Porcentaje de Acuerdo (PA) fue de 98.63 para el grupo de edades de ± 3 bandas. Se utilizó el análisis del Incremento Marginal Relativo (IMR) para

verificar la periodicidad de la depositación de las bandas de crecimiento en las vértebras, no se logró determinar el periodo de depositación de una nueva banda. Se trató de buscar una relación de la temperatura superficial del mar con la formación de las bandas de crecimiento, lo cual mostró que no existe una relación de la temperatura en la formación de las bandas de crecimiento de *G. marmorata*. Se estimaron los parámetros de crecimiento (AD_{∞} , t_0 , K) mediante el modelo de Von Bertalanffy, para hembras ($AD_{\infty}=1299.04$; $K=0.110$; $t_0=-2.26$) y para machos ($AD_{\infty}=771.31$; $K=0.113$; $t_0=-4.47$).

ABSTRACT

The age and growth of butterfly rays, *G. marmorata* (Cooper 1863) were estimated by counting rings on the vertebral centrum of 167 individuals (105 females and 62 males). Samples were collected from artisanal fishery at San Felipe Baja California and the commercial fisheries at Puerto Peñasco Sonora, Mexico, from June of 2002 to April 2006. The maximum size (disc width) for females was greater (1175 mm) than for males (570 mm). The relationship between weight and disc width (DW) indicated that *G. marmorata* exhibits allometric growth. The relationship between vertebral radius VR-DW was linear, suggesting that vertebral band formation of butterfly rays provides a continuous record of growth and is suitable for age determination. Assuming that one ring is formed per year, the maximum age for females was 16 years and 6 years for males. The Average Percent Error (APE) was used to assess readers precision and it oscillated between 6.21% and 16.72%. The Percent Agreement (PA) between readers was 98.63% for age ± 3 bands. The periodicity of band formation was assessed using the Marginal Increment Ratio (MIR). Low MIR values were observed during November; however, verification was not possible due to small sample size in October and lack of sample in December. Sea surface Temperature (as an indirect measure of habitat) was not related with band formation and growth. Von Bertalanffy growth parameters were estimated for females ($AD_{\infty}=1299.04$; $K =0.110$; $t_0= -2.26$) and males ($AD_{\infty}=771.31$; $K =0.113$; $t_0= -4.47$).

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS
POSGRADO EN OCEANOGRAFIA COSTERA

“Edad y Crecimiento de la raya mariposa *Gymnura marmorata* (Cooper, 1863) del Alto Golfo de California,
México”

T E S I S

QUE PARA CUBRIR PARCIALMENTE LOS REQUISITOS NECESARIOS
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRA EN CIENCIAS EN OCEANOGRAFÍA COSTERA

PRESENTA

SANTA RODRIGUEZ LORENZO

Aprobada por:



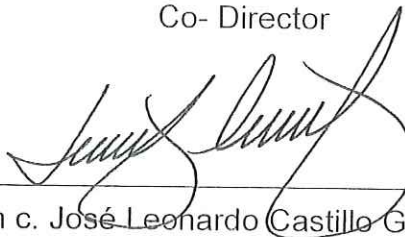
Dra. Gabriela Montaña Moctezuma
Co-Director



Dr. Oscar Sosa Nishizaki
Co-Director



Dr. Eduardo Santamaría-del Ángel
Sinodal



M en c. José Leonardo Castillo Geniz
Sinodal

DEDICATORIA

**A la heroína más grande sobre la tierra a ti. Gracias por enseñarme
a luchar por mis metas, por la templanza para enfrentar las
adversidades. Te agradezco el apoyo incondicional.
¡Fue difícil! subir ésta cuesta, pero se logro la meta.**

GRACIAS

Por todo el amor

Por la vida

MAMI T. A.

**A ti mi querido viejito, por enseñarme la prudencia ante la
vida y fortaleza ante ella.**

GRACIAS

Abue T.A.

**A toda mi familia (TIOS y PRIMOS) por el apoyo y cariño que
sin él ésta meta no sabría a gloria, por lo cual la comparto con
todos ustedes. Gracias a su amor soy parte de algo muy grande que
es esta Familia**

GRACIAS por estar conmigo.

**Solo por el hecho de estar vivos somos
parte de algo grande,
la mayor grandeza es el
respeto a uno mismo
Seamos grandes día con día**

AGRADECIMIENTOS

A la beca **CONACYT No.188767**, sin la cual no hubiese podido continuar mis estudios.

A la Universidad Autónoma de Baja California, Campus Ensenada y al Posgrado de Oceanografía Costera de la Facultad de Ciencias Marinas e Instituto de Investigaciones Oceanográficas, por el apoyo y los conocimientos aportados para mi formación.

Al proyecto Historias de vida, pesca y conservación de los elasmobranquios que habitan la reserva de la biosfera del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado, No. SEMARNAT 2002 CO1-1129.

Al proyecto Caracterización de las poblaciones de *Mytilus californicus* y *Pisaster ochraceus*, especies estructuradas de la comunidad del intermareal rocoso y que son explotadas a lo largo de la costa Pacífico de Baja California. 10 Vª convocatoria Interna de la UABC

Al proyecto validación de las líneas de crecimiento y determinación de edad del erizo morado en Bajamar, Cal. 11 Vª Convocatoria interna de la UABC. No 579.

Al Dr. Oscar Sosa, por el apoyo brindado en todos los aspectos, consejos y preocupación sin ello, la subida en este camino hubiese sido más difícil, gracias por los comentarios y guía para enriquecer mi trabajo.

A la Dra. Gabriela Montaña, por el apoyo brindado en todos los aspectos, a las salidas de desestres el cual fue mucho, también por los comentarios y guía en la redacción para mejorar y enriquecer mi trabajo. ¡La redacción conlleva un arduo trabajo, al cual hay que dedicar mucho tiempo!

Al M. en C Leonardo Castillo Geniz, por los consejos y amistad durante todo el proceso. Y enseñarme que la lucha por los elasmobranchios si da frutos lentos pero seguros, ¡Y si casi me quedo ciega con las micro-vértebras!!

Dr. Eduardo Santamaría del Ángel gracias, por darme luz en la estadística y apoyo en mi necesidad de la temperatura. ¡No lo puedo negar tengo el síndrome Custo!

Dr. Marco David Gaxiola gracias, por enseñarme que la química no es tan horrible como la percibía yo.

A mi familia ensenadense Pao, Polo, Andy, Mariana, Miki, Memo, Iván, Lety, Abraham cada uno apporto cosas muy especiales en mi vida, gracias por todos esos momentos que hicieron que este camino fuese más llevadero.

A ti Pao por estar en los momentos más difíciles me demostraste tu amistad. ¡Y si, pareces mamá!

Gracias a dios tuve la oportunidad de conocer la gran persona que eres. Tus enseñanzas, me enseñaron que soy una persona valiosa, te

agradezco tú confianza y amistad mí sensei. Ese grado de complicidad, realmente si hacemos una buena simbiosis, aunque te pase a fregar sorry mí TBM (Nutria) Mariana. ¡Gracias amiga!

Agradezco a mis compañeros del Laboratorio de Ecología Pesquera (CICESE) Carmen, Kary, Juan Carlos, Moni, Eli, Poncho, Nadia, Miks, Francisco, Yuma, Omar, Eric, kena, por todos esos momentos vividos en el laboratorio y fuera de el, con lo cual el trabajo no fue tan tedioso. Por fin termine con las vértebras y ¡si! se logro la meta, no llegaré con lazarillo al examen.

Se que me adoptaron por ser una rémora, aún así gracias por todos los momentos vividos, en los cuales se descargaba el estrés del día. ¡Aunque me llamanen colada y palera! Gracias Juan Vivas y al Primo que si tiene nombre (Alfredo).

Gracias chicos Jorge, Eli, Haziél, Sandra, Marla, por esos congelados momentos en las pozas de Bajamar, los cuales fueron muy amenos. ¡¡Y bueno algún día me pondré el casco, no mientras este dentro de las pozas sacando erizos!!

A ti que eres uno de mis ángeles, a pesar de la distancia siempre estuviste apoyándome en los momentos más difíciles de éste camino. Mari Gracias amiga TQM.

Tú y Yo comenzamos esta aventura casi juntos, lejos pero siempre me apoyaste en los momentos difíciles, espero haber estado en los tuyos de igual manera Niño, gracias por siempre estar Betito TQM.

Claus (Cabba) se que a pesar de la poca comunicación siempre estuvimos presente una para la otra, es difícil el tomar una decisión pero cuando logras la meta es muy gratificante, ánimo amiga. TQM.

A Todos mis amigos de buceo, el saber que una posada aguardaba cada año acortaba la estancia fuera de casa. ¡Y más la última fiesta, a como se les extraña amigos! Gracias.

A todas ustedes estaféras América, Claudia, Pato, Ere Gracias por siempre estar y acompañarme a lo largo de ésta aventura.

A ti latoso Javier gracias por todos esos correos donde me demostraste tu amor (aja), pero de tenerme bien lejos, eran tan oportunos que me sacaban de la rutina, ¡eran muy buenos!

Seudo cuate al parecer el brindarme tanto apoyo logro que fuera fuerte para terminar este maratón, Gracias Memorias (Memo Gortuño).

A mi segunda familia Ensenadense por todo el apoyo y cariño brindado, se que sin él, terminar hubiese sido muchísimo más difícil y se logro mi meta ¡¡¡**GRACIAS!!!** Sra. Nenita por adoptarme como parte de su familia, Lore y Nenita mi deuda es enorme LQM.

¡¡¡GRACIAS A TODOS !!!

ÍNDICE

RESUMEN	I
ABSTRAC	III
VOTOS APROBATORIOS	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTOS	VI
ÍNDICE	X
LISTA DE FIGURAS	XII
LISTA DE TABLAS	XIV
1.- INTRODUCCIÓN	1
2.- OBJETIVOS	7
3.- MÉTODO	8
3.1.- Área de estudio	8
3.2.- Trabajo de campo	11
3.3.- Trabajo de laboratorio	12
3.5.- Análisis de datos	16
3.5.1.- Estructura por tallas	16
3.5.2.- Relación morfométrica	17
3.5.3.- Relación radio vertebral y ancho de disco	18
3.5.4.- Análisis de Precisión en las lecturas y acuerdo entre lectores	18
3.5.5.- Análisis de validación	19
3.5.6.- Modelo de crecimiento	23
4.- RESULTADOS	25
4.1.- Estructura por tallas	27
4.2.- Relación morfométrica	28
4.3.- Relación radio vertebral y ancho de disco	30
4.4.- Estructura por edades	31
4.5.- Análisis de Precisión en las lecturas y acuerdo entre lectores	32
4.6.- Análisis de validación	35

4.7.- Modelo de crecimiento	42
5.- DISCUSIONES	45
5.1.- Estructura por tallas	45
5.2.- Relación morfométrica	46
5.3.- Relación radio vertebral y ancho de disco	47
5.4.- Estructura por edades	48
5.5.- Análisis de Precisión en las lecturas y acuerdo entre lectores	49
5.6.- Análisis de validación	50
5.7.- Modelo de crecimiento	52
6.- CONCLUSIONES	56
7.- LITERATURA CITADA	57
8.- ANEXOS	64

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Ejemplares de *Gymnura marmorata* (Cooper, 1863), **a)** Macho y **b)** Hembra 2
- Figura 2. Distribución geográfica de *G. marmorata*. Mapa modificado de Mc.Eachran y Nortbartolo Di Siciara, 1995. 2
- Figura 3. Área de estudio Alto Golfo de California. Mapa modificado de Álvarez-Borrego, 2001 (Isobatas de 10, 20 y 30 m.) 10
- Figura 4. Medidas morfométricas realizadas a los organismos de *Gymnura marmorata*: Ancho de disco (**AD**) y Longitud total (**LT**). 12
- Figura 5. Columna vertebral de *Gymnura marmorata*. **a)** Región abdominal, Zona donde se obtuvieron las vértebras. **b)** Diferenciación de las vértebras a lo largo de la columna vertebral. **b-1)** Región Torácica; **b-2)** Región Abdominal; **b-3)** Región caudal a través de la columna vertebral 14
- Figura 6. Localización del corte longitudinal, incluyendo el centro de la vértebra. 15
- Figura 7. Cortadora de baja velocidad ISOMET (Bauhler) y navaja Con borde de diamante 4". 15
- Figura 8. Corte sagital de una vértebra (hembra de 95 cm de AD). (MN) marca de nacimiento; (F) Foco ó centro de la vértebra; (CC) Corpus calcáreum; (IN) intermedialia; (AH) Anillo hialino ó Translucido; (AO) Anillo Opaco y (RV) Radio vertebral, distancia tomada del foco al borde de la vértebra. Fotografía tomada con cámara digital, en el Lab. de Desarrollo larvario de langosta, Dep. de Acuacultura y Biotecnología del CICESE. 16
- Figura 9. Representación grafica de las mediciones para el incremento marginal (IM). RV= radio vertebral; Rn= distancia de la última banda formada; Rn-1= distancia a la penúltima banda completa. 21
- Figura 10. Región en donde fue analizada la temperatura superficial del mar. 23
- Figura 11. Distribución mensual de las muestras de *Gymnura marmorata*. **a)** San Felipe, B.C. y **b)** Puerto Peñasco, Son. 26
- Figura 12. Distribución en el año tipo de las muestras de *Gymnura* 27

marmorata en el Alto Golfo de California.

Figura 13. Estructura por tallas para hembras y machos de <i>Gymnura marmorata</i> reportadas en ancho de disco (AD) en mm.	28
Figura 14. Relación AD- Peso para hembras y machos de <i>Gymnura marmorata</i> .	24
Figura 15. Relación Ancho de disco (AD)- radio vertebral (RV) de la raya mariposa.	30
Figura 16. Estructura por edades para hembras y machos de <i>Gymnura marmorata</i> .	31
Figura 17. Acumulación de anillos sobre el borde vertebral. Hembra de 1150mm AD, No. De bandas 15.	32
Figura 18. Relación de los conteos entre lectores.	34
Figura 19. Análisis del Incremento Marginal relativo (IMR) a través de un año tipo para la población de <i>Gymnura marmorata</i> del Alto Golfo de California.	35
Figura 20. Variación de la formación de las bandas (1, 2, 3) de <i>Gymnura marmorata</i> .	36
Figura 21. Variación en la formación de los anillos a) opacos (rápido crecimiento) b) hialinos (lento crecimiento).	37
Figura 22. Serie de tiempo (anomalías de temperatura) para el Alto Golfo de California, del periodo de 1999 a 2005.	38
Figura 23. Relación del grosor de las bandas de crecimiento de las raya mariposa (<i>G. marmorata</i>) con las anomalías de temperatura del Alto Golfo de California de 1999 a 2005.	39
Figura 24. Relación del grosor de los anillos hialinos (lento crecimiento) con las anomalías de temperatura del Alto Golfo de California.	40
Figura 25. Relación de las anomalías de temperatura del Alto Golfo de California con al grosor de los anillos opacos (rápido crecimiento).	41
Figura 26. Curva de crecimiento de Von Bertalanffy para hembras y machos de <i>G. marmorata</i> .	43

LISTA DE TABLAS

Tabla I. Parámetros de la ecuación alométrica para <i>Gymnura marmorata</i> .	29
Tabla. II. Resultados de precisión en las lecturas de cada lector sobre las vértebras de la raya mariposa. (APE) Porcentaje de Error Promedio; (V) coeficiente de variación; (D) índice de precisión.	33
Tabla. III. Porcentaje de acuerdo (PA) entre lectores, por grupo de edad asignado; frecuencia referida a las diferencias entre las edades (número de bandas) asignadas por cada lector.	33
Tabla IV. Parámetros de la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy.	42
Tabla V. Estimaciones de longevidad para hembras y machos de <i>Gymnura marmorata</i> .	42
Tabla VI. Comparación de los parámetros de crecimiento de <i>G. marmorata</i> con otras especies de rayas (L_{∞} = longitud máxima, K= coeficiente de crecimiento, t_0 = tiempo al cual el organismo tiene una longitud igual a cero).	52

1.- INTRODUCCIÓN

La raya *Gymnura marmorata* (Cooper, 1863) pertenece al orden de los Myliobatiformes (Compagno, 1999) y se conoce con el nombre común de "raya mariposa" o "tortilla"; presenta una forma de disco romboidal más ancho que largo (1.5-2.0 veces la longitud del cuerpo) y una coloración de café a verde olivo. (Beebe y Tee-Van, 1941; Dávila-Ortiz, 2002; Compagno, 1999; Mc. Eachran y Notarbartolo Di Siciara, 1995) (Fig. 1).

G. marmorata presenta una reproducción vivípara aplacentaria (el desarrollo de los embriones se efectúa dentro de los oviductos de las hembras), con un periodo de gestación anual y una fecundidad de 4 a 16 embriones por camada, se alimenta principalmente de peces óseos, crustáceos y cefalópodos. (Beebe y Tee-Van, 1941; Mc. Eachran y Notarbartolo Di Siciara, 1995; Villavicencio-Garayzar, 1993; Dávila-Ortiz, 2002). La raya mariposa se distribuye desde Punta Concepción, Cal., hasta el norte del Perú (Mc. Eachran y Notarbartolo Di Siciara, 1995) (Fig. 2), en México se ha reportado su presencia en Bahía Almejas, BCS. (Villavicencio-Garayzar, 1993; Dávila-Ortiz, 2002), en el Estero de Punta Banda, Ens. BC. (Beltran-Felix *et al.*, 1986), y el Alto Golfo de California (Bueno y Boyer, 1998; Márquez-Farias, 2002).

La captura de *G. marmorata* se realiza en la pesca artesanal de San Felipe, BC. (Chinchorro mantero de monofilamento de 8 a 8.5 de luz de malla) y como fauna de acompañamiento en la pesca de camarón en Puerto Peñasco Son. (Red de arrastre de fondo) (Bueno y Boyer, 1998; Márquez-Farias, 2002).

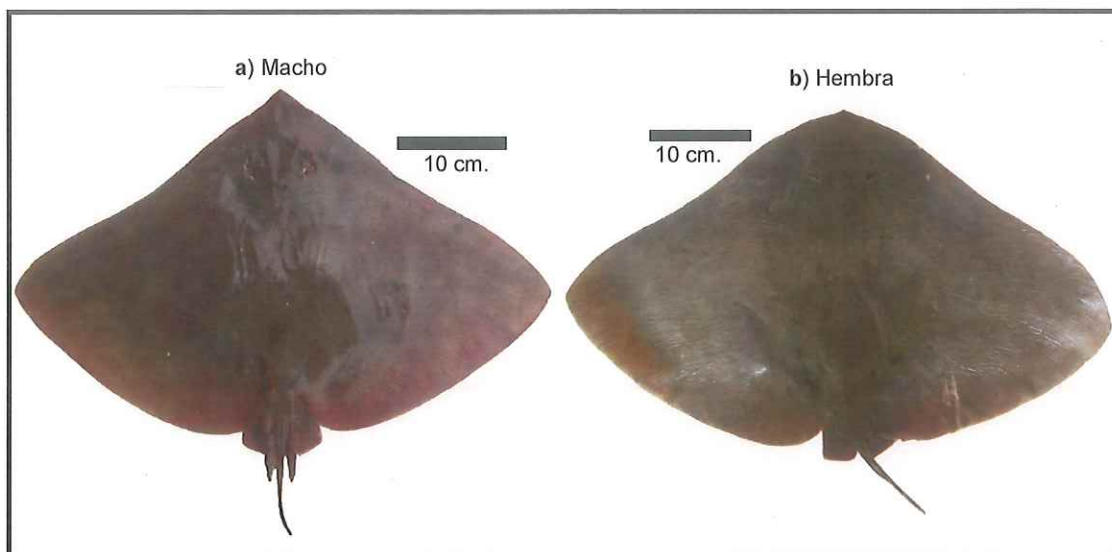


Figura 1: Ejemplares de *Gymnura marmorata* (Cooper, 1863), a) Macho y b) Hembra

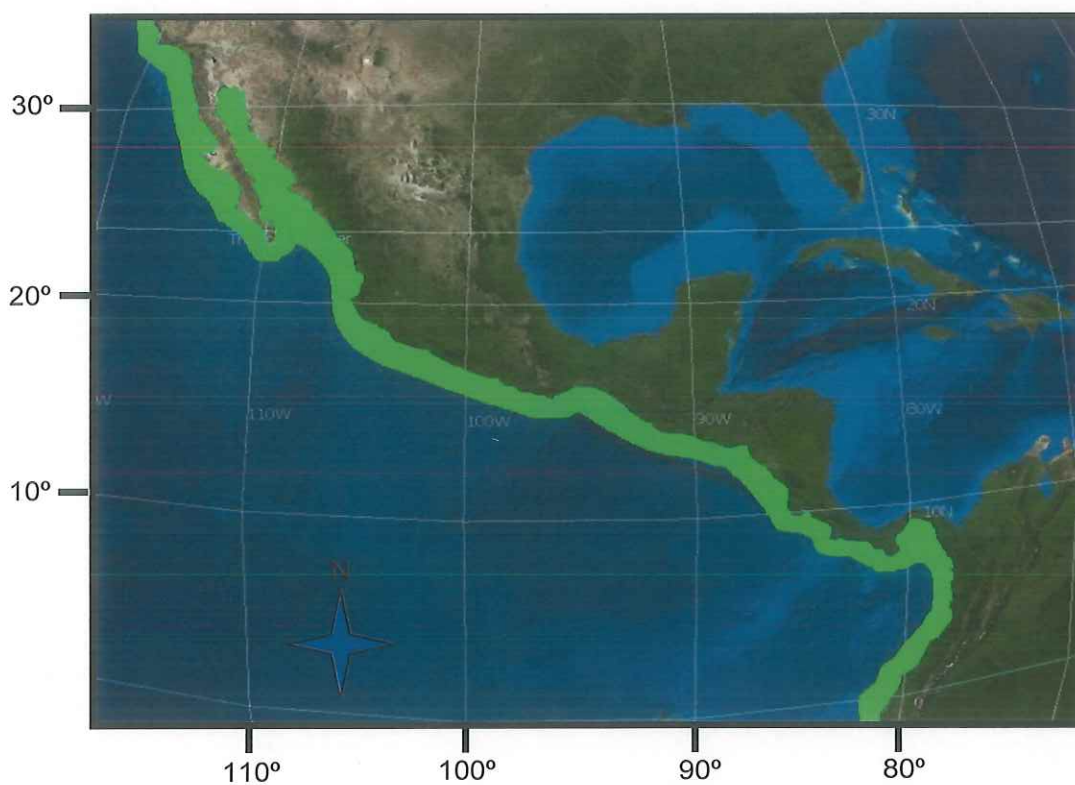


Figura 2: Distribución geográfica de *G. marmorata*. Mapa modificado de Mc. Eachran y Nortarbartolo Di Siciara, 1995.

La pesca de esta especie en el Alto Golfo de California se realiza durante todo el año, de 1986 a 2000 *Gymnura marmorata* representó una captura total del 10.94% de la captura desembarcada, ocupando el quinto lugar en las capturas (Bueno y Boyer, 1998; Márquez-Farias, 2002). Los estudios sobre la biología de *Gymnura marmorata* son limitados y se han enfocado principalmente a su distribución y ciclo reproductivo (Beltran-Felix *et al.*, 1986; Dávila-Ortiz, 2002; Villavicencio-Garayzar 1993). Debido a que es un recurso económico importante es necesario el conocimiento de su edad, crecimiento, longevidad y edad de primera madurez, parámetros que permitirían evaluar el estado de sus poblaciones (Cailliet y Goldman, 2004; Gallenger y Nolan, 1999; Cailliet, 1990).

Los estudios de edad y crecimiento son limitados para el grupo de batiodéos, aún cuando estos iniciaron a principios de siglo sobre la familia Rajidae. Específicamente para *Gymnura marmorata* (Cooper 1863) no existe información sobre edad y crecimiento, por lo que es importante conocer dichos parámetros que contribuyen a conocer la historia de vida de ésta especie.

Para determinar edad en tiburones y rayas se ha utilizado la evaluación de bandas de crecimiento sobre estructuras como vértebras y espinas (Cailliet *et al.*, 1986; Cailliet *et al.*, 2006). En 1921 Ridewood (en Cailliet *et al.*, 1983a) estableció que en los centros de las vértebras existen marcas concéntricas, las cuales pueden ser relacionadas con el crecimiento. En 1949 Haskell (en Cailliet *et al.*, 1983a) implementó el uso de las marcas concéntricas en las vértebras para determinar edad en estos organismos. Estas marcas de crecimiento se

componen por anillos opacos y traslucidos, los cuales forman una banda de crecimiento (Casselman, 1983; Goldman, 2004; Cailliet *et al.*, 1983a) cuya formación está relacionada con la cantidad y calidad del alimento, factores físicos (temperatura, salinidad, oxígeno), así como las condiciones fisiológicas de cada organismo (Casselman, 1983; Cailliet *et al.*, 1986; Cailliet *et al.*, 2006). Estos factores pueden causar modificaciones en el crecimiento estacional de los organismos particularmente los cambios de temperatura en verano e invierno marcan una diferencia en la depositación de las bandas, de tal forma que los anillos opacos se podrían relacionar con un crecimiento rápido (verano) y los traslucidos con un crecimiento lento (invierno) (Casselman, 1983; Cailliet *et al.*, 1983 a; Martin y Cailliet, 1988; Cailliet *et al.*, 2006; Goldman, 2004). Las características ópticas de dichas bandas varían de acuerdo a la fuente de luz y la metodología para resaltarlas (Goldman, 2004; Cailliet *et al.*, 1986; Cailliet *et al.*, 2006; Ferreira y Vooren, 1991).

Para resaltar las bandas de crecimiento se ha experimentado con diferentes técnicas de tinción sobre diversos organismos (tiburones y rayas): 1) Rojo de alizarin en *Carcharias taurus* (La Marca, 1966), *Negaprion brevirostris* (Gruber y Stout, 1983), *Raja binoculata*, *R. rhina*, *Bathyraja parmifera*, *B. interrupta*, *B. aleutica* (Gburski 2005) y en *Raja undulada* (Coelho y Erzini, 2002). 2) Nitrato de plata (reemplaza las sales de calcio), en *Sphyrna lewini*, *Carcharinus obscurus* (Schwartz 1983), así como en varias especies de elasmobranquios de California (Cailliet *et al.*, 1983a y b). 3) Con cristal violeta se han obtenido buenos resultados en especies como *Sphyrna lewini* y *Carcharinus obscurus*

(Schwartz 1983), *Raja binoculata*, *R. rhina*, *Bathyraja parmifera*, *B. interrupta*, *B. aleutica* (Gburski 2005), *Raja brachyura*, *R. clavata*, *R. montagui*, *Leucoraja naevus* (Gallagher *et al.*, 2004); 4) Nitrato de cobalto y sulfuro de amonio en *Mustelus canis*, *Negaprion brevirostris* (Hoenig y Brown, 1988). 5) Inmersión en aceite en *Myliobatis californica* (Martin y Cailliet, 1988); 6) Microtopografía graffiti e inmersión en aceite en *Dipturus laevis* (Gedamke *et al.*, 2005).

Gelsleichter *et al.*, (1998), realizaron experimentos comparando tres diferentes tinciones (cobre, hierro y plomo) en cinco especies de elasmobranquios, una de estas especies fue *G. altavela*. Estos estudios muestran que el éxito de cada técnica depende de cada especie y una modificación insignificante en la técnica puede facilitar la identificación de los anillos.

El asociar un valor cronológico a las bandas de crecimiento tiende a ser un proceso subjetivo, por lo que es necesario validar y verificar la época de depositación de los anillos (Cailliet, 1990; Campana, 2001; Cailliet *et al.*, 2006; Natanson y Cailliet, 1990; Officer *et al.*, 1996, Officer, 1995). La validación se define como la asociación de una edad a cada banda de crecimiento con la finalidad de determinar cuantas bandas se forman por año. Algunos métodos de validación que se han utilizado son: 1) bomba de carbono (datado con ^{14}C) (Campana *et al.*, 2002; Cailliet, 1990), 2) marcaje y recaptura (utilizando químicos como tetraciclina y oxitetraciclina) (Holden y Vince, 1973; Cailliet, 1990; Cailliet y Goldman, 2004). La verificación evalúa la estacionalidad de la depositación de las bandas y se estima mediante el análisis del incremento marginal relativo (Natanson *et al.*, 1995 citado en Cailliet y Goldman, 2004).

Conocer la edad de estos organismos nos permitirá describir su crecimiento; mediante modelos matemáticos, tales como: 1) la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy (VBGF), 2) el de Gompertz (GGF), 3) Logístico y 4) Fabens. Estos modelos permiten una descripción del incremento de la talla a una máxima asíntota (Cailliet, 1990; Cailliet y Goldman, 2004; Haddon, 2001).

El modelo de VBGF es el más utilizado y está basado en un concepto fisiológico, donde la talla del organismo es una respuesta a dos procesos metabólicos: el catabolismo y anabolismo (Cailliet y Goldman, 2004; Cailliet, 1990). Dentro de los parámetros calculados por el modelo se encuentra el coeficiente de crecimiento (K), el cual determina la rapidez del crecimiento de los organismos (Casselman, 1983; Cailliet, 1990; Cailliet y Goldman, 2004; Haddon, 2001). Con este modelo se ha determinado el crecimiento de las especies de elasmobranquios como: *Dipturus laevis* (Gedamke *et al.*, 2005), *Urolophus lobatus* y *U. paucimaculatus* (White *et al.*, 2001; White y Potter, 2005); *Myliobatis californica* (Martin y Cailliet 1988), cuyo crecimiento es lento (K= de 0.09 a 0.38). En *Dasyatis violacea* se comparó el modelo de VBGF y Gompertz (GGF), concluyendo que el modelo GGF proporcionó mejores resultados para estimar la talla de nacimiento (Mollet *et al.*, 2002). En *Mobula japanica* los parámetros de crecimiento se estimaron con tres modelos: VBGF, GGF y Fabens, resaltando que los resultados fueron muy similares entre ellos (Cuevas-Zimbrom, 2007).

2.- OBJETIVOS

Objetivo General:

Determinar edad y crecimiento de la raya mariposa *Gymnura marmorata* mediante el conteo de bandas en las vértebras, con la finalidad de aportar conocimiento sobre su historia de vida.

Objetivos Específicos:

- * Determinar si las vértebras de *Gymnura marmorata* son estructuras confiables para determinar edad.
- * Establecer la estructura de tallas, sexos y edades de *Gymnura marmorata* en organismos capturados en San Felipe, B. C y Puerto Peñasco Son.
- * Establecer si existe un ciclo anual en la depositación de las bandas de crecimiento.
- * Obtener la curva de crecimiento para la especie utilizando las edades estimadas.
- * Determinar si la depositación de las bandas de crecimiento en las vértebras de *Gymnura marmorata* presentan una relación con los patrones temporales de temperatura superficial del mar.

3.- MÉTODO

3.1.- Área de estudio

El área de estudio se localiza al norte del Golfo de California, entre los 31° 00' y los 31° 45' de latitud norte y los 114° 50' y 113° 48' de longitud oeste conocido como Alto Golfo de California (AGC) (Galindo-Beet, 2003). (Fig. 3)

El AGC presenta una forma triangular (Lavín *et al.*, 1998), se encuentra separado por las Islas Midriff, comprende la boca del Delta del Río Colorado, al Oeste limitado por la península de Baja California y al Este por los estados de Sonora y Sinaloa (Lavin y Sánchez, 1999; Álvarez-Borrego, 2000) Abarca un área de 5000 Km², con una profundidad promedio de 200 m, la batimetría es irregular, caracterizada por canales y bajos paralelos a la costa, los cuales forman barras de marea elongadas que se extienden desde la boca del río hasta 50 km al sureste (Álvarez-Borrego, 2000; Galindo-Beet, 2003; Lavin y Sánchez, 1999).

El AGC se caracteriza por presentar una alta evaporación (1.1 m año⁻¹) y limitados aportes de agua dulce del Río Colorado (Lavín *et al.*, 1998; Álvarez-Borrego, 1993 y 2003). Lo anterior provoca altas salinidades superficiales, las cuales presentan variaciones estacionales < 39 ppm en mayo-septiembre y > 37ppm en diciembre-febrero. La temperatura oscila entre los 10°C y los 32°C lo cual marca dos estaciones durante el año (Álvarez-Borrego, 1993 y 2003; Lavín *et al.*, 1998; Lavín y Sánchez, 1999; Helvenston, 1999; Soto-Mardones *et al.*, 1999).

El AGC alcanza prismas de marea de más de 10 m, presenta corrientes de 1.5 m s^{-1} ; por lo anterior durante todo el año el AGC se encuentra bien mezclado. Los vientos en invierno producen una circulación ciclónica y en verano anticiclónica (Álvarez-Borrego, 1993, 2000 y 2003; Lavín y Sánchez, 1999; Lavín *et al.*, 1998).

Como resultado de estos factores la circulación termohalina en el AGC se convierte en un mecanismo natural de fertilización (alto contenido de nutrientes inorgánicos), lo que provoca que esta zona sea altamente productiva (Helvenston, 1999, Álvarez-Borrego, 2000 y 2003).

Las pesquerías que se desarrollan en esta área son: la pesca de camarón, anchoveta, sardina, tiburón, manta las cuales contribuyen significativamente a la economía de la región. (Helvenston, 1999; Bueno y Boyer, 1998). Las comunidades pesqueras más importantes de la zona son San Felipe en Baja California; Santa Clara y Puerto Peñasco en Sonora.

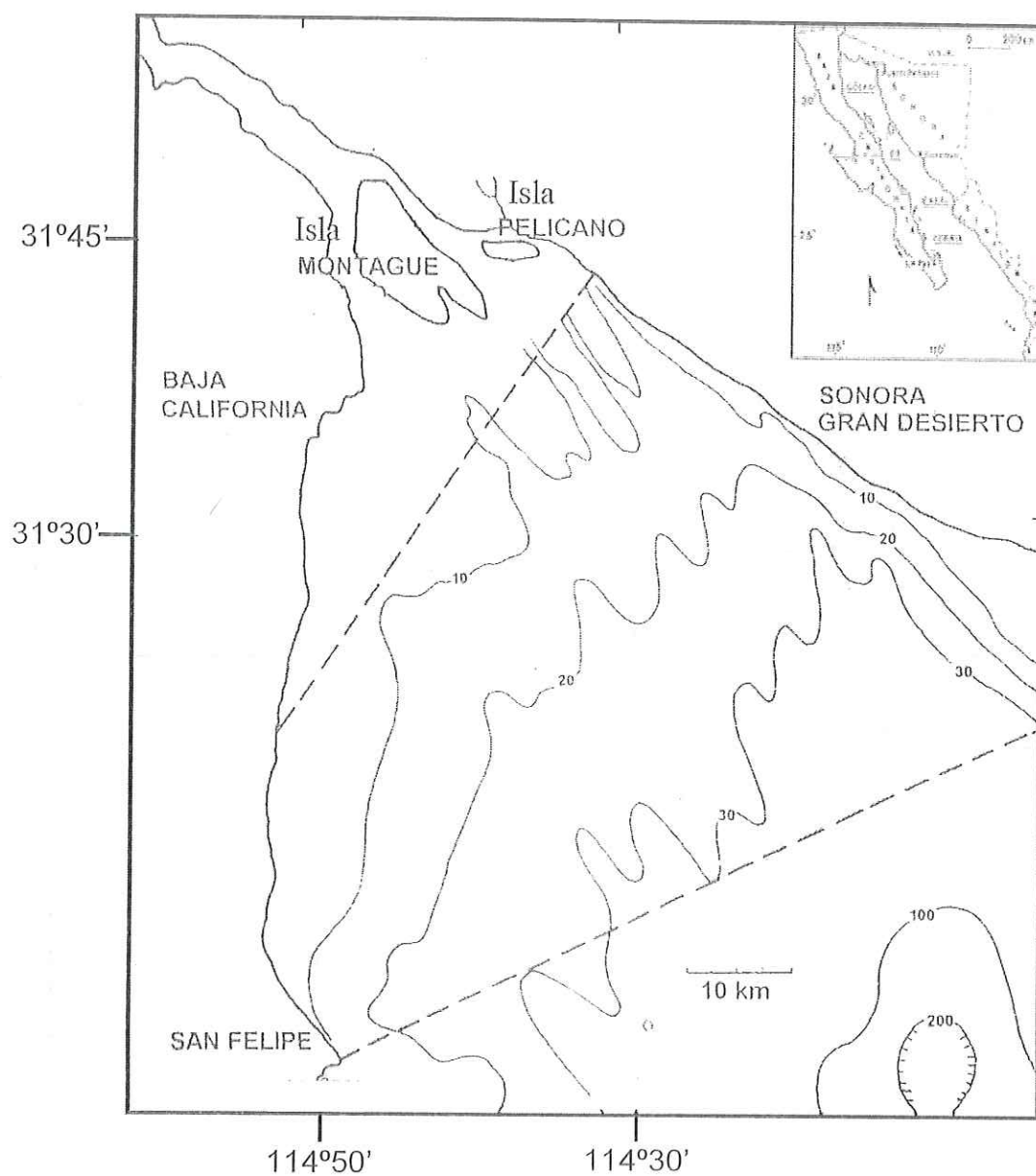


Figura 3. Área de estudio Alto Golfo de California. Mapa modificado de Álvarez-Borrego, 2001. (Isobatas de 10,20 y 30 m).

3.2.- Trabajo de campo

Se recolectaron 167 organismos de *Gymnura marmorata* (identificación de la especie con las claves de Mc. Eachran y Notarbartolo Di Siciara, 1995) en la pesca artesanal de San Felipe, BC. y la pesca comercial de arrastre de Puerto Peñasco, Son., de junio del 2000 a abril del 2006. La mayoría de los organismos se procesaron a bordo de las embarcaciones o en los sitios de desembarco y cuando se obtuvieron ejemplares completos se procesaron en el laboratorio de Ecología Pesquera de CICESE.

Para determinar edad y crecimiento de esta especie Se recolectó una porción de la columna vertebral con la finalidad de obtener las vértebras de mayor tamaño. Las muestras colectadas se transportaron en hieleras y bolsas de plástico etiquetadas, las cuales se congelaron en el laboratorio hasta ser procesadas.

Se consideraron las siguientes medidas 1) AD= ancho de disco (tomada de extremo a extremo de las aletas pectorales que forman el disco), 2) LT = longitud total (tomada desde la punta del rostro nostral al final de la cola), 3) peso (se considero el peso total sin eviscerar de los organismos, con una pesola de 10 Kg) y 4) sexo, la clasificación se realizó mediante la observación de los gonopterigios, órgano reproductor de los machos y la ausencia de estos en las hembras (Fig. 4)

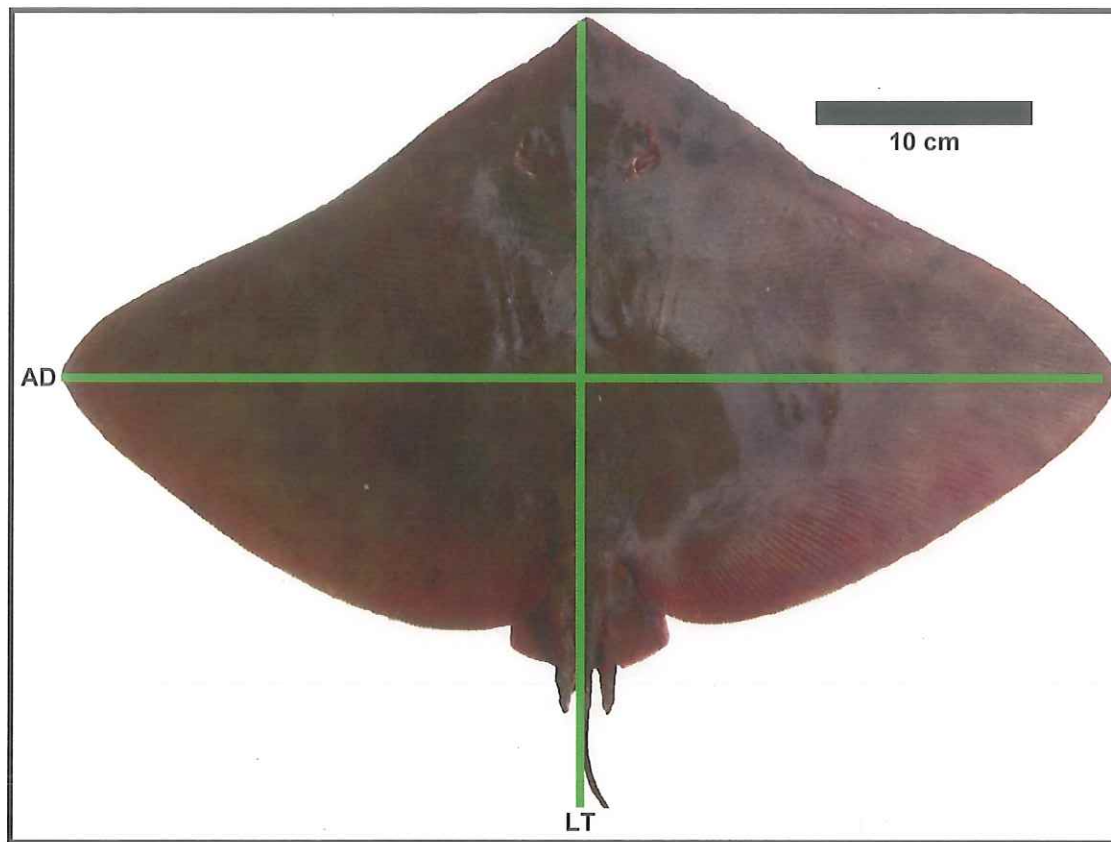


Figura 4. Medidas morfométricas realizadas a los organismos de *Gymnura marmorata*: Ancho de disco (AD) y Longitud total (LT).

3.3.- Trabajo de Laboratorio

Con la finalidad de corroborar que las vértebras de la región abdominal son las de mayor diámetro y pueden ser utilizadas para determinar edad se examinaron las columnas vertebrales completas de los organismos que se transportaron al laboratorio (Fig. 5).

Las vértebras obtenidas de la región abdominal se limpiaron removiendo el tejido conectivo, el arco hemal y arco neural, con ayuda de un bisturí bajo microscopio estereoscópico. Ya limpias las estructuras se conservaron en

alcohol etílico al 70% para posteriormente ser procesadas (Cailliet, 1990; Cailliet *et al.*, 1983a y b; Martin y Cailliet, 1988).

Se realizaron cortes longitudinales de 2 a 3 vértebras (con un grosor de 0.3 a 0.4 mm dependiendo el tamaño de las estructuras), sobre el cual se incluyo el centro ó foco de las vértebras (Fig. 6), con la finalidad de observar los anillos de crecimiento (opacos y hialinos). Los cortes se realizaron, con ayuda de una cortadora de baja velocidad ISOMET (Buehler, con navaja circular de borde de diamante de 4" ,16 cm de diámetro; M3D220-N75M99-1/8) (Fig. 7).

Con la finalidad de resaltar las bandas de crecimiento se utilizaron dos métodos de tinción, rojo de alizarin y cristal violeta al 0.01% (modificación de la técnica de Schwartz 1983), con esta última se observaron mejor los anillos de crecimiento (opacos y hialinos). Los cortes se tiñeron en un periodo de 36 hrs, revisando cada 12 hrs. Este tiempo vario dependiendo el tamaño del corte. Posteriormente se montaron en porta objetos con resina CYTOSEAL.

Con la finalidad de constituir un patrón en la lectura de los anillos sobre el corte longitudinal de las vértebras se identificaron las siguientes partes: 1) corpus calcáreo (CC), considerado sobre los brazos de la vértebra, 2) la intermedialia (IN), se considero como la parte interna de la estructura, 3) marca de nacimiento (MN) definida como el primer cambio de ángulo sobre el corpus calcáreo, 4) Foco (F), centro de la vértebra 5) anillo hialino o traslucido (AH), distinguido por ser de menor grosor y 6) anillo opaco (AO) cuyo grosor es mayor; el conjunto de estos dos anillos forman una banda de crecimiento

(Cailliet *et al.*, 1990 y 2006), con base en lo anterior se realizaron 3 lecturas no consecutivas por cada lector. (Fig. 8).

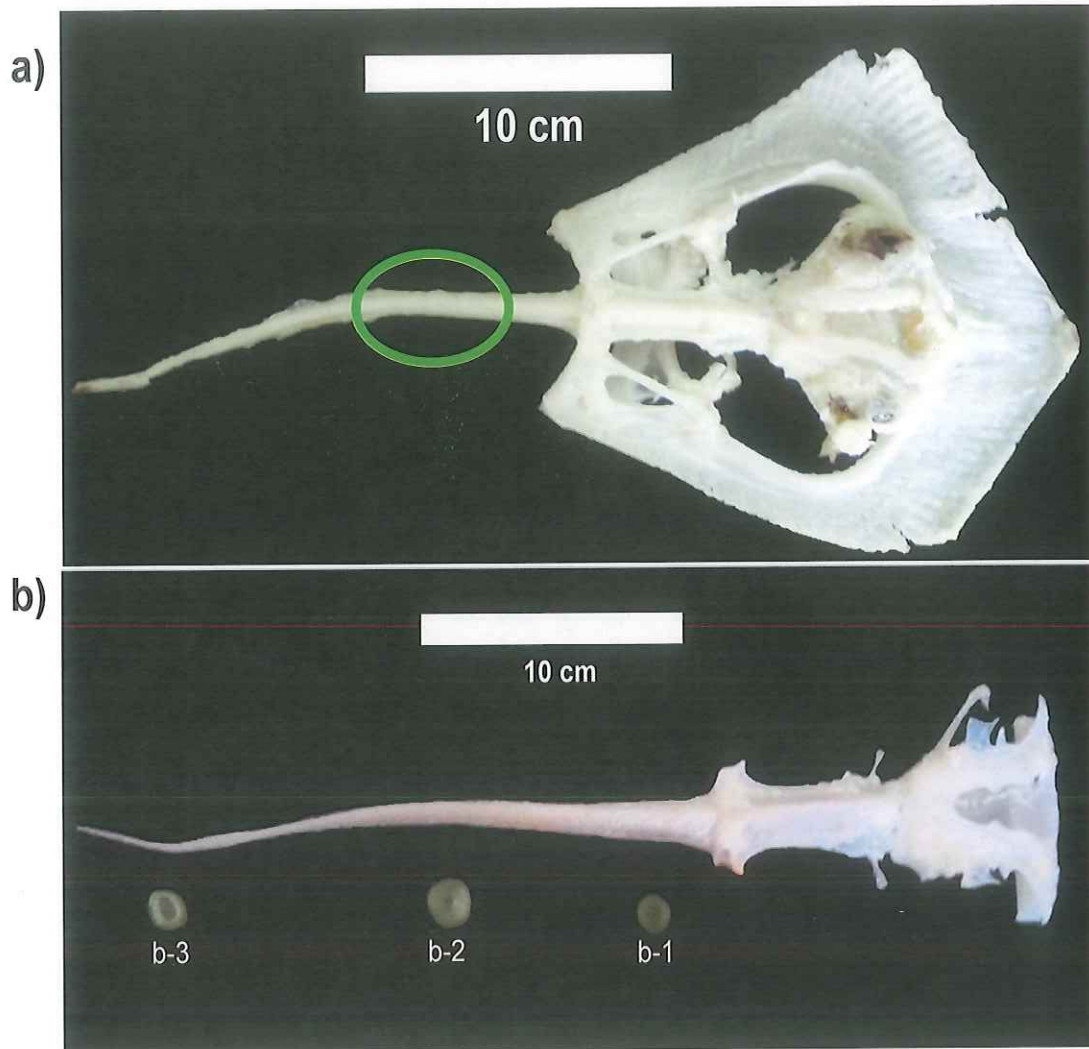


Figura 5. Columna vertebral de *Gymnura marmorata*. **a)** Región abdominal, Zona donde se obtuvieron las vértebras. **b)** Diferenciación de las vértebras a lo largo de la columna vertebral. **b-1)** Región Torácica; **b-2)** Región Abdominal; **b-3)** Región Caudal.

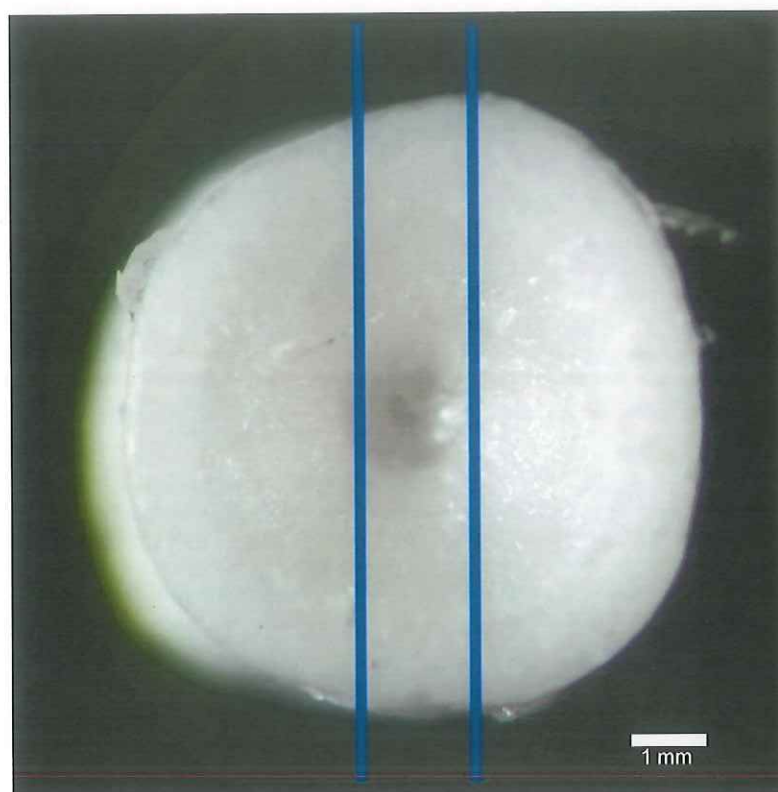


Figura 6. Localización del corte longitudinal, incluyendo el centro de la vértebra.

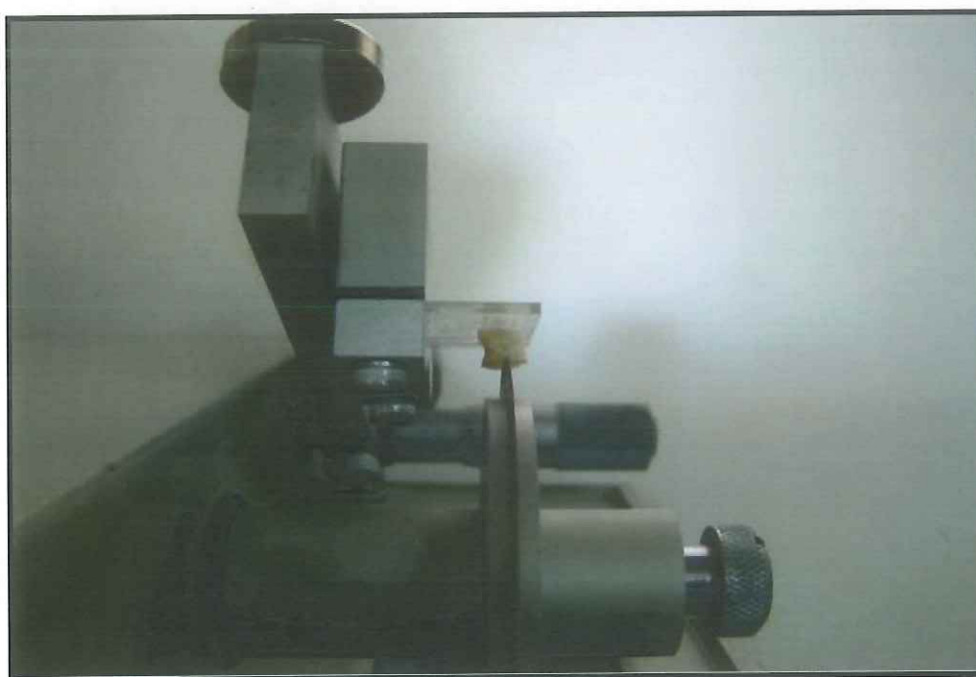


Figura 7. Cortadora de baja velocidad ISOMET (Bauhler) y navaja con borde de diamante 4".

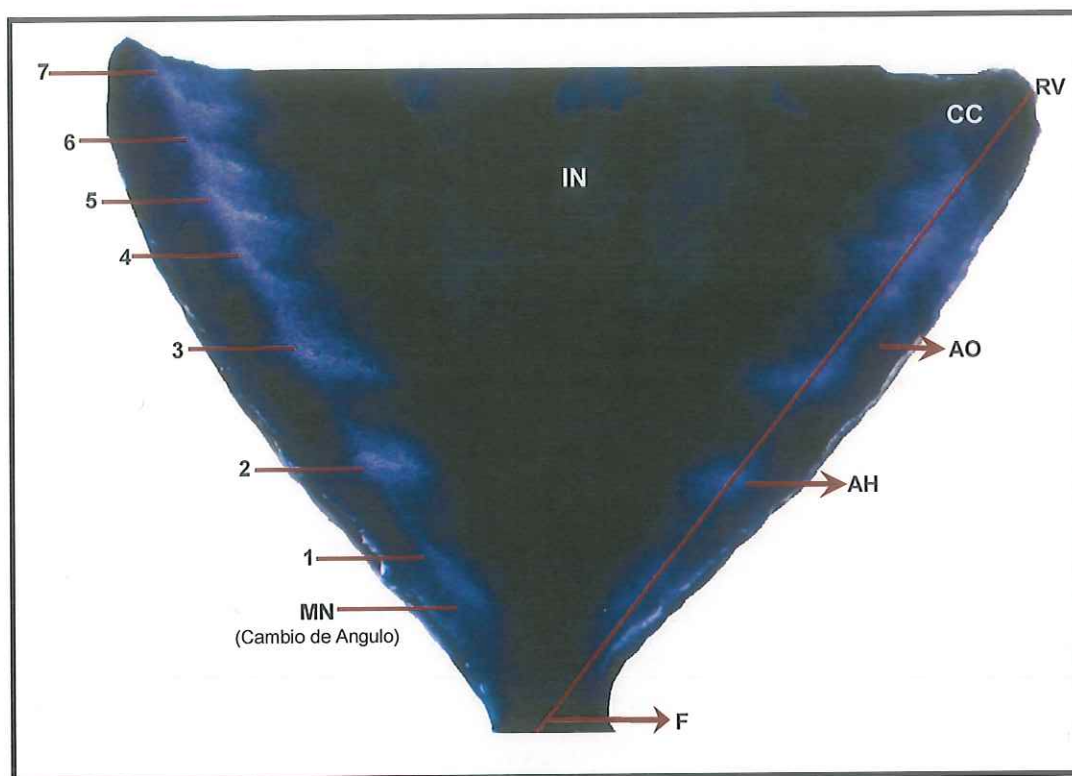


Figura 8. Corte sagital de una vértebra (hembra de 95 cm de AD). (MN) Marca de nacimiento; (F) Foco ó centro de la vértebra; (CC) Corpus calcáream; (IN) Intermedialia; (AH) Anillo Hialino ó Translucido; (AO) Anillo opaco y (RV) radio vertebral, Distancia tomada del foco al borde de la vértebra. Fotografía tomada con cámara digital, en el Lab. de Desarrollo larvario de langosta, Dep. de Acuacultura y Biotecnología del CICESE.

3.5.- Análisis de datos

3.5.1.- Estructura por tallas

La estructura de tallas de hembras y machos de *G. marmorata* se realizó mediante histogramas con intervalos de 50 mm de AD. La estructura de tallas de hembras y machos presentaron una distribución normal ($\chi^2-h=7.26$, $df=8$, $p=0.50$ y $\chi^2-m=11.55$, $df=4$, $p=0.02$), las diferencias se compararon mediante una prueba paramétrica (ANOVA) Se realizó una comparación entre las zonas de muestreo, los datos no presentaron una distribución normal ($\chi^2=58.59$, $df=5$, $p=0.00$) mediante una prueba no paramétrica (Wilcoxon) se realizó la

comparación. Para todas las pruebas estadísticas se utilizó un α 0.05 (Zar, 1999).

3.5.2.- Relación morfométrica

Para determinar la relación Ancho de disco y Peso (**P**) se utilizó una modificación de la ecuación de crecimiento alométrico (Nava-Fuentes, 2005; Busacker *et al.*, 1990; Nikolskii, 1969) esta consistió en utilizar el ancho de disco (AD)

$$P=aAD^b \quad (1)$$

Donde: **P**= peso, **AD**= Ancho de disco total; **a** y **b**= son constantes, **a** es la ordenada al origen y **b** el coeficiente de isometria; el cual se interpreta de la siguiente manera:

Si $b = 3$ el crecimiento es isométrico, esto es que el ancho de disco del cuerpo aumenta proporcional a su peso.

Si $b < 3$ el crecimiento es alométrico negativo, el AD del pez aumenta en talla más rápido que su peso

Si $b > 3$ el crecimiento el alométrico positivo, el peso aumenta más rápido que su AD

Con la finalidad de comprobar la significancia del valor de isometria se realizó una prueba de pendientes y elevaciones "t" de Students a un α 0.05 (Zar, 1999).

$$t = [Sx (n-1)^{1/2} (b-B_0)]/Se \quad (2)$$

Donde: S_x = desviación estándar de los valores de ancho de disco (AD), n = Tamaño de muestra, b = relación de la pendiente entre AD y logaritmo del peso, B_0 = Pendiente a comparar (isométrico=3), S_e = Desviación estándar del estimado.

3.5.3.- Relación radio vertebral y ancho de disco

Sobre los cortes de las vértebras se tomo la medida de radio vertebral (RV) el cual se considero del foco (F) al final del corpus calcáreo (CC) (Fig. 8) (con ayuda de un microscopio estereoscópico de la marca Olimpous, con reglilla (conversión de 0.3 mm). Para establecer la relación de la estructura con el crecimiento del organismo, lo cual se analizó mediante una regresión lineal (Zar, 1999).

$$AD = b_0 + b_1 RV \quad (3)$$

Donde: **AD** = ancho de disco; **RV** = radio vertebral; b_0 y b_1 son constantes que evalúan la pendiente

3.5.4.- Análisis de precisión en las lecturas y acuerdo entre lectores

Para evaluar la precisión entre lectores se utilizó el Porcentaje de Error Promedio (APE), esta variabilidad es expresada en términos relativos, ya que el método asume que la variabilidad de las observaciones de cada organismo individual puede ser un promedio de todo el grupo (IUNC, 2004; Chang, 1982).

$$APE = \frac{1}{R} \sum_{i=1}^R \left(\frac{X_{ij} - X_j}{X_j} \right) \quad (4)$$

Donde: X_{ij} es la i -ésima determinación de edad del j -ésimo organismo, X_j es el promedio de la edad calculada del j -ésimo organismo, R es el número de veces que se determinó la edad.

De esta forma se calculó el coeficiente de variación (V) el cual evalúa la reproducibilidad entre los lectores, donde se considera la desviación estándar como una fracción de la media expresada como porcentaje y se obtiene del reemplazo del promedio de la desviación absoluta en la media aritmética de la edad; el índice de precisión (D) es el resultado del coeficiente de variación entre la raíz cuadrada de las lecturas.

$$V = \frac{\left(\frac{\sum (X_{ij} - X_j)^2}{R(R-1)} \right)}{X_j} \quad D = \frac{V}{\sqrt{R}} \quad (5)$$

Con el método de porcentaje de acuerdo (PA) (Chang, 1982) se evalúa la variabilidad de las lecturas entre lectores y se obtienen de la siguiente ecuación:

$$PA = \left(\frac{LI}{TL} \right) \times 100 \quad (6)$$

Donde: LI es el número de lecturas iguales, TL es el total de lecturas realizadas para cada muestra; además de un análisis de regresión lineal de los conteos entre lectores.

3.5.5.- Análisis de validación

Incremento Marginal

El análisis del incremento marginal relativo (IMR), es un método robusto e indirecto que se aplica para verificar o establecer la periodicidad (mensual o

anual) de la formación de los anillos de crecimiento (hialinos y opacos) La interpretación del IMR indica que a valores de uno la banda de crecimiento (anillo hialino y opaco) esta totalmente formada, mientras que valores de cero la banda esta en formación (Cailliet y Goldman, 2004, Goldman, 2004 Lessa *et al.*, 2006).

$$IMR = \frac{(RV - R_n)}{(R_n - R_{n-1})} \quad (7)$$

Donde: RV = Radio vertebral; R_n = distancia del foco a la última banda completa; R_{n-1} = distancia del foco a la penúltima banda formada.

Para el análisis del IMR en la Fig. 9 se ilustran las mediciones realizadas.

Mediante una χ^2 se comprobó que los datos no fueron normales ($\chi^2=20.88$, $df=7$, $p=0.00$) por lo que las diferencias mensuales del IMR se evaluaron con una prueba no paramétrica (Kruskal Wallis, α 0.05) (ZAR, 1999).

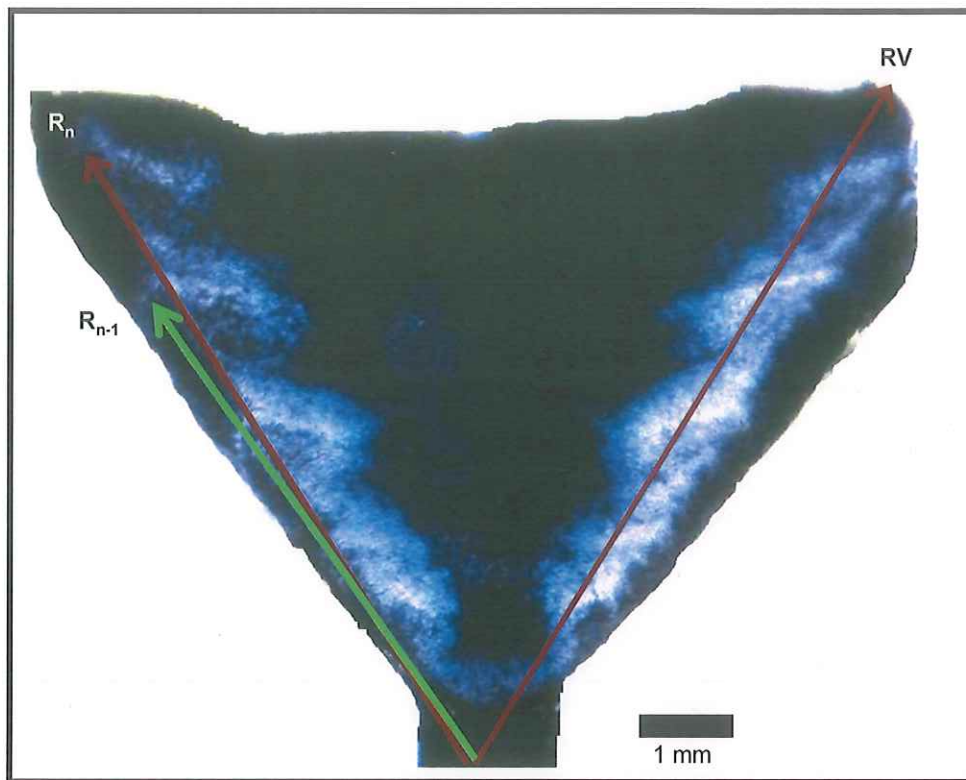


Figura 9. Representación grafica de las mediciones para el Incremento Marginal. RV = radio Vertebral; R_n = distancia a la última banda formada; R_{n-1} = distancia a la penúltima banda completa.

Relación temperatura

Para determinar si existe una relación entre la formación de las bandas de crecimiento y la temperatura de la zona de estudio, se delimitó en primer lugar la zona de captura de *G. marmorata* entre las coordenadas $30^{\circ} 00'$ a $31^{\circ} 50'$ de latitud norte y $-114^{\circ} 00'$ a $-112.5^{\circ} 00'$ de longitud oeste; la malla obtenida fue de medio grado en cada cuadrante (Fig. 10). Se obtuvieron los promedios mensuales de temperatura, mediante imágenes de satélite MODIS. La información obtenida se analizó utilizando un algoritmo OC3, en el Laboratorio de Productividad Primaria, de la UABC.

Con la finalidad de conocer si existen diferencias entre las temperaturas obtenidas de los años 1999-2005, se analizaron las anomalías anuales (irregularidades de la temperatura) utilizando una Transformación Z, la cual detecta valores bajos o altos alrededor del promedio.

$$Z = \frac{\bar{x} - M}{SD / \sqrt{n}} \quad (8)$$

Donde: $\bar{x}$ es el promedio de la muestra; M Hipótesis de la muestra a ensayar; SD Desviación estándar de la muestra; n número de muestra.

Para la relación entre la temperatura y la formación de las bandas se utilizaron únicamente las muestras de vértebras que presentaron una lectura de tres bandas de crecimiento, asumiendo que organismos de estas tallas aún no alcanzan la madurez sexual. De esta forma se asegura que el crecimiento no está afectado por la reproducción.

El grosor de las bandas y anillos (hialinos y opacos) se midió con un microscopio estereoscópico con reglilla (factor de conversión 0.3 mm). Para conocer las diferencias en la formación de las bandas (1, 2, 3) muestras que presentaron una distribución normal ($X^2=8.30$, $df=3$, $p=0.04$) se realizó una ANOVA de una vía (Zar, 1999) Los grosores de los anillos hialinos (H) y opacos (O) no fueron normales ($H= X^2=23.04$, $df=5$, $p=0.00$; $O= X^2=46.14$, $df=6$, $p=0.00$) las diferencias anuales se evaluaron mediante una prueba Kruskal Wallis (α 0.05) (Zar, 1999).

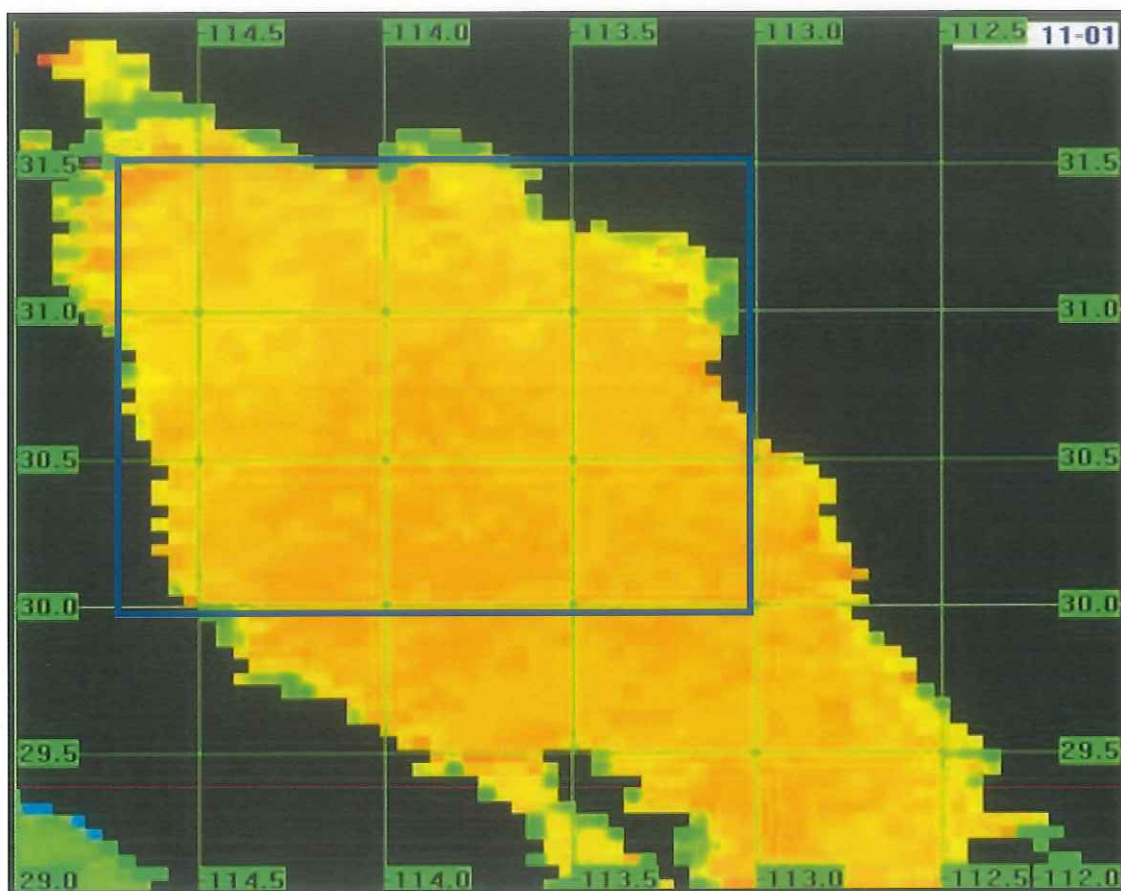


Figura 10. Región en donde fue analizada la temperatura superficial del mar.

3.5.6.- Modelo de crecimiento

Para estimar los parámetros de crecimiento del modelo de Von Bertalanffy (VBGF) (AD_{∞} , t_0 , K) se calcularon utilizando el método de mínimos cuadrados no lineales descrito por Haddon (2001).

Para la comparación de las curvas de crecimiento entre sexos se utilizó el método de análisis de suma de cuadrados residuales (Analysis of Residual Sum of Squares, **ARSS**) propuesto por Chen (1992) (en Haddon, 2001), el cual nos ayuda a determinar si existen diferencia entre los parámetros obtenidos para los sexos y si las curvas son coincidentes (Haddon, 2001).

$$AD_t = AD_{\infty} (1 - e^{-K(t-t_0)}) \quad (9)$$

Donde: AD_t = Ancho de disco pronosticada al t ; AD_{∞} = AD máxima pronosticada por la especie; e = base del logaritmo natural; t = tiempo, t_0 = el tiempo en el cual teóricamente el organismo tiene un AD igual a cero; K = es el coeficiente de crecimiento de la especie.

Con los datos obtenidos se construyeron las curvas de crecimiento para ambos sexos. Para calcular la longevidad se utilizaron los estimadores (Cailliet y Goldman, 2004)

$5 \ln 2/K$ y $7 \ln 2/k$ que representan el 95 y 99 % de AD_{∞} . (10)

4.- RESULTADOS

Se recolectaron 167 organismos de *Gymnura marmorata*, 105 fueron hembras y 62 machos, de la pesca artesanal de San Felipe, B.C (SF) y la pesca comercial de arrastre de Puerto Peñasco, Son. (PP) de junio del 2000 a abril del 2006.

La mayoría de las muestras fue recolectada en San Felipe (90 muestras) en todo el periodo de muestreo y para Puerto Peñasco (77 muestras) de 2003 y 2004. Para SF, el mes de abril presentó la mayor abundancia de organismos (Fig. 11a), y durante los meses de Julio a enero no se obtuvieron muestras. Para Puerto Peñasco el mes de agosto presentó la mayor abundancia de organismos (Fig. 11b) y durante los meses de febrero a marzo no se obtuvieron muestras.

Para tener representados todos los meses del año (año tipo), se juntaron todas las muestras de las 2 localidades. Considerando el año tipo, no se obtuvieron muestras en los meses de octubre y diciembre, siendo el mes de abril el que presenta una mayor abundancia de organismos (Fig. 12).

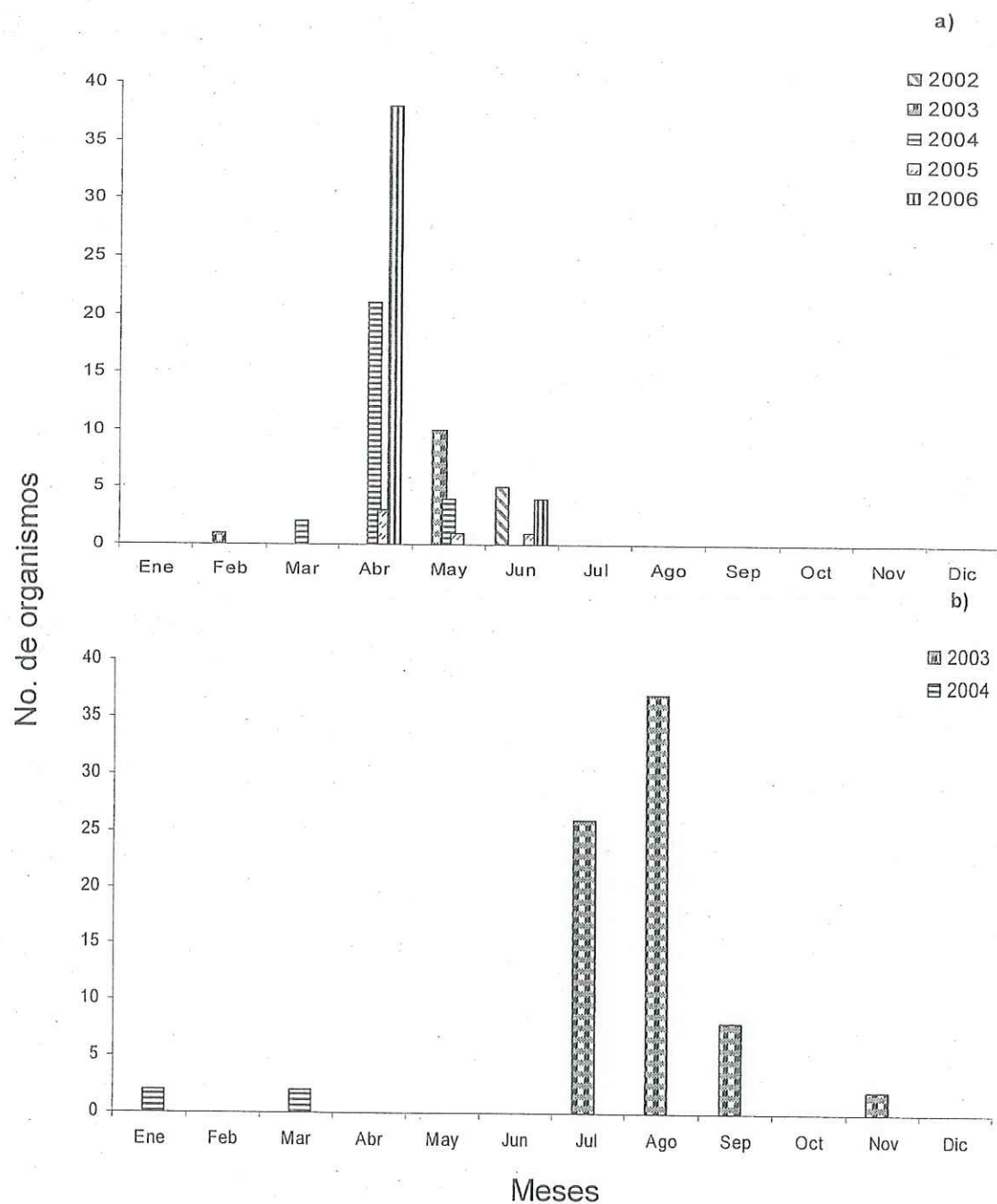


Figura 11. Distribución mensual de la muestras de *Gymnura marmorata*. a) San Felipe, BC. y b) Puerto peñasco, Son.

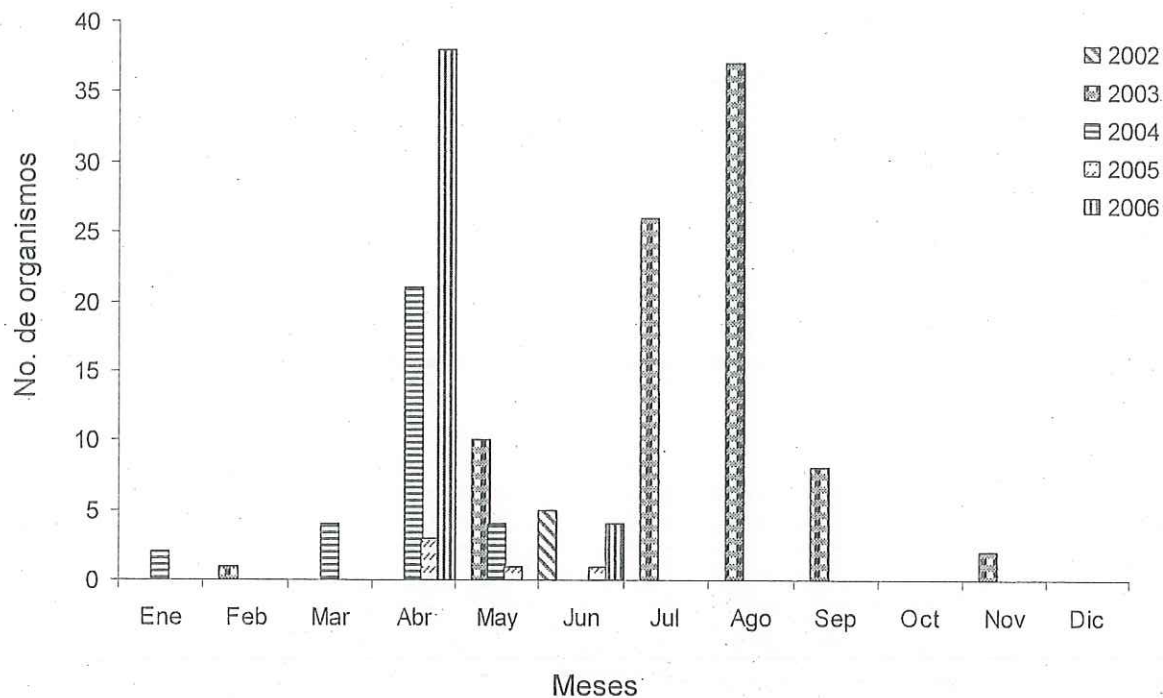


Figura 12. Distribución en el año tipo de las muestras de *Gymnura marmorata* en el Alto Golfo de California.

4.1.- Estructura por tallas

La frecuencia de tallas entre hembras y machos fue diferente (ANOVA de una vía; $F_{cal}=3.96$; $g.l.=104, 61$ $p=0.00$) por lo que se presentan histogramas de tallas para cada sexo.

Las talla promedio de las hembras (714.3 mm Ancho de disco AD) fue mayor a la de los machos (432.8 mm AD). Esta diferencia está dada principalmente por las tallas máximas alcanzadas por las hembras (1175 mm), ya que la talla mínima fue similar en ambos sexos (Fig. 13).

Los resultados mostraron diferencia entre las zonas de muestreo (SF y PP), Wilcoxon ($T=467.00$, $n=77$, $p=0.00$), las diferencias estuvieron dadas por las

hembras de Puerto Peñasco ($X^2=806.2$ g.l.=44 $p=0.00$) (Anexo 1). Estas diferencias pueden estar relacionadas al comportamiento de la especie.

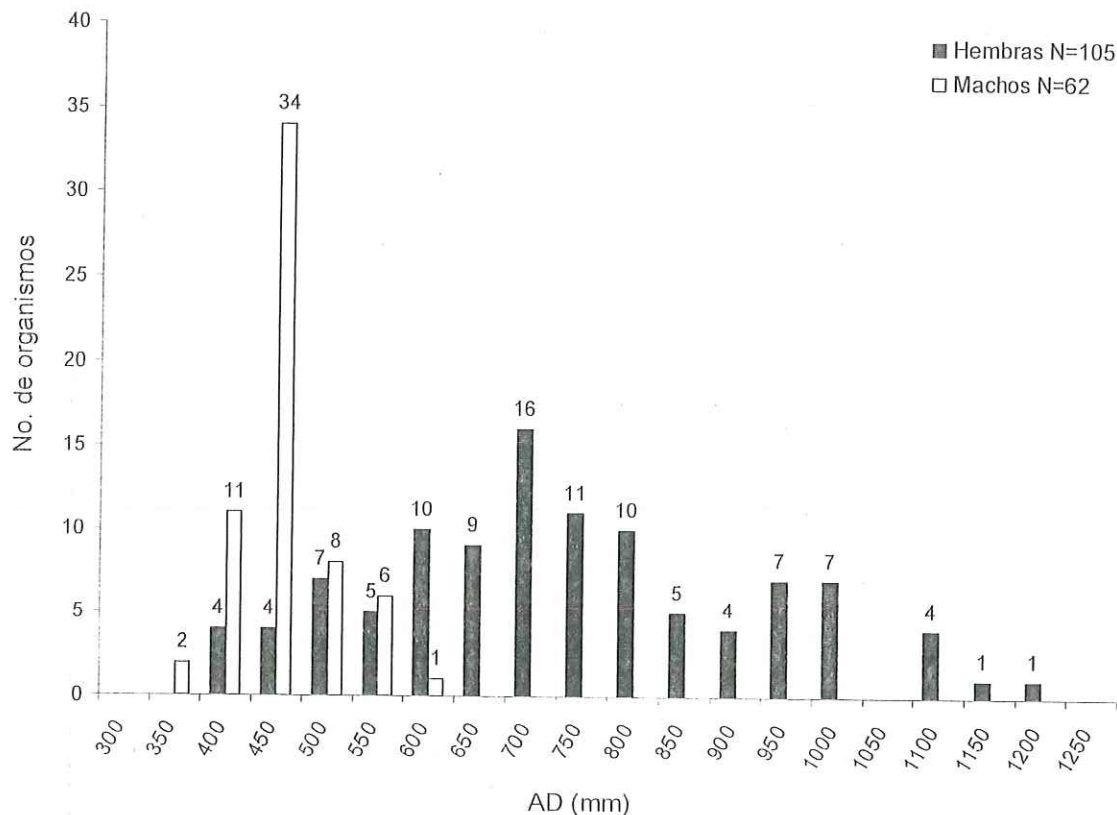


Figura 13. Estructura por tallas para hembras y machos de *Gymnura marmorata*. Los números sobre las barras indican el número de organismos.

4.2.- Relación morfométrica.

La relación Ancho de Disco (AD)–Peso fue similar en hembras ($b=3.324$) y machos ($b= 3.383$) (Tabla 1). Estos valores describen un crecimiento alométrico negativo para la raya mariposa *G. marmorata* (Fig. 14).

Mediante la prueba “t” de Students se comprobó que los valores de b son diferentes del índice de isometría 3 (hembras $t=2.76$ $n=103$ y machos $t=8.26$, $n=60$).

Tabla I. Parámetros de la ecuación alométrica para *Gymnura marmorata*.

Sexos	A	b	R ²	n
Hembras	5×10^{-10}	3.324	0.977	105
Machos	4×10^{-10}	3.383	0.862	65

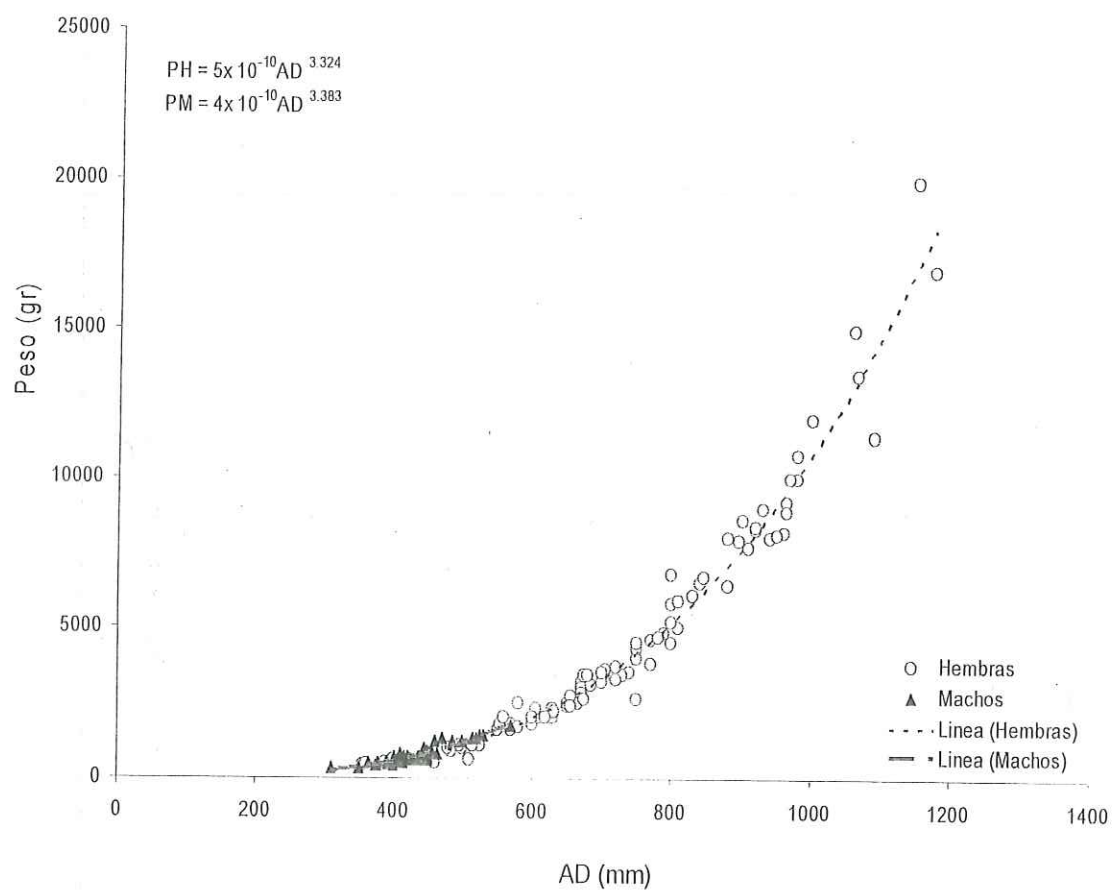


Figura 14. Relación AD–Peso para hembras y machos de *Gymnura marmorata*.

4.3.- Relación radio vertebral y ancho de disco.

La relación Ancho de Disco-Radio Vertebral (AD-RV) fue rectilínea en ambos sexos, sugiriendo que las estructuras son confiables para determinar edad. El coeficiente de determinación fue mayor en las hembras ($R^2=0.8875$) que en los machos ($R^2=0.4638$) (Fig. 15).

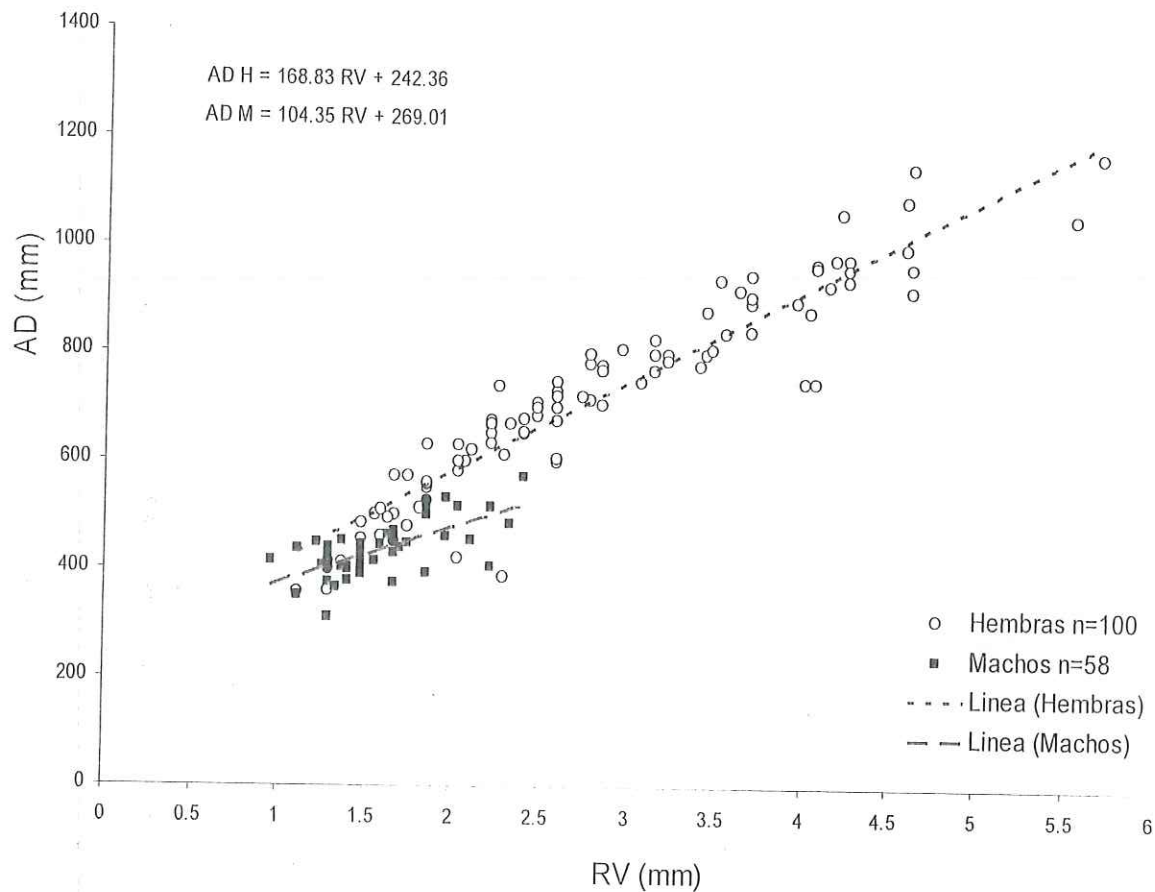


Figura 15. Relación ancho de disco (AD)-radio vertebral (RV) de la raya mariposa.

4.4.- Estructura por edades.

Aproximadamente 45% de las hembras presentaron de 3 a 5 bandas; por el contrario, el 30% de los machos presentó únicamente 2 bandas. La edad

máxima para hembras fue de 16 bandas a un AD de 1175 mm siendo mayor que la observada en machos, la edad máxima se calculo en 6 bandas con un promedio de AD de 535mm. (Fig. 16, Anexo 2).

Se presentó una problemática en el conteo de bandas, dada por la acumulación de anillos en los bordes de las estructuras en organismos de tallas mayores a los 900 mm de AD. (Fig. 17).

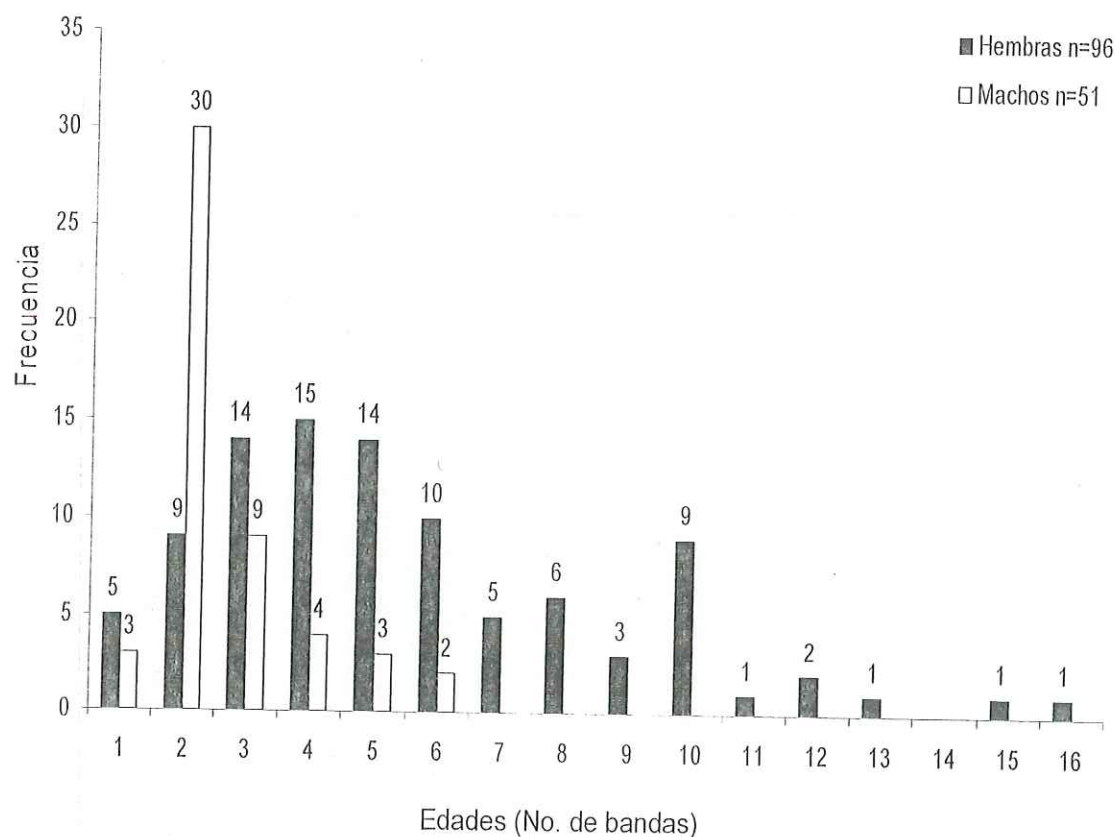


Figura 16. Estructura por edades para hembras y machos de *Gymnura marmorata*. Los números sobre las barras indican tamaño de muestra.

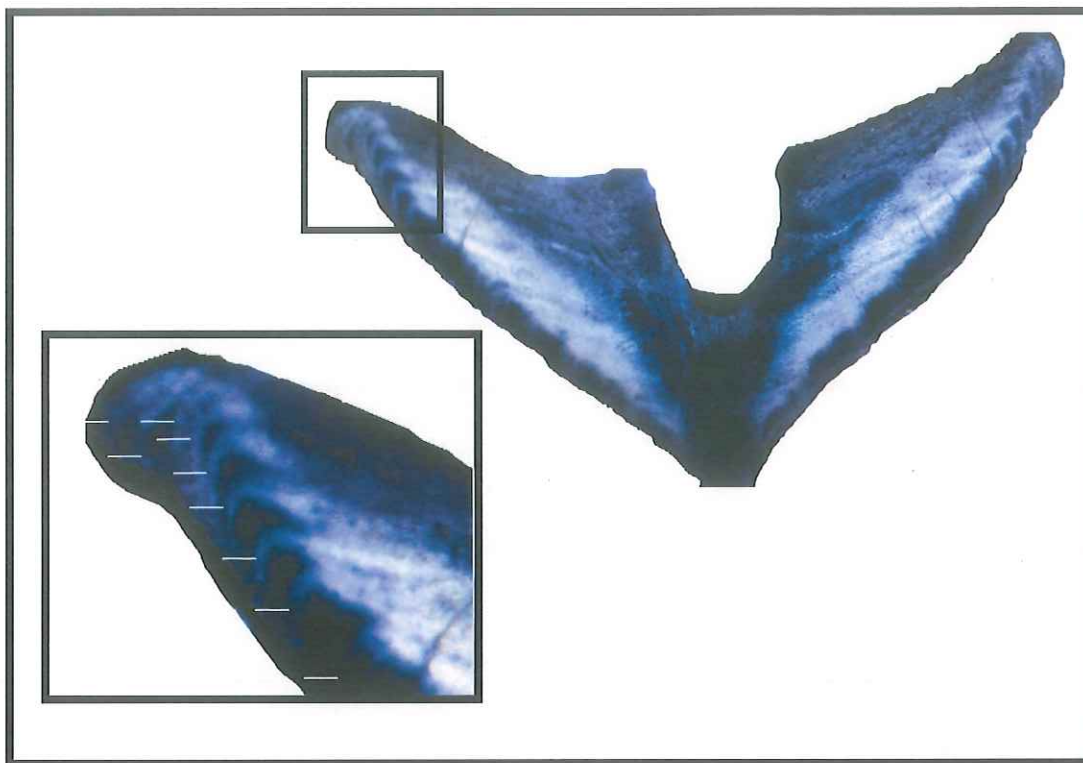


Figura 17. Acumulación de anillos sobre el borde vertebral. Hembra de 1150mm AD, No. de bandas 15. Las líneas blancas indican las bandas de crecimiento.

4.5.- Análisis de precisión en las lecturas y acuerdo entre lectores:

Los resultados de la precisión de cada lector evaluado mediante el Porcentaje de Error Promedio (APE), el coeficiente de variación (V) y el índice de precisión (D) se muestran en la Tabla 2, resaltando que el lector 3 es el que presentó mejor precisión en sus lecturas.

El Porcentaje de Acuerdo (PA) por grupo de edades se presenta en la Tabla 3.

El mayor porcentaje de acuerdo entre los tres lectores fue de 98.63% y se alcanzó en ± 3 bandas.

Los conteos entre cada uno de los lectores se comparó mediante una regresión lineal, presentando el mejor coeficiente de correlación ($R^2 = 0.92$) entre los lectores 2 y 3. La variabilidad entre lectores aumentó al incrementar el número de bandas y es especialmente mayor al analizar organismos mayores a 900 mm (Fig. 18)

Tabla. II. Resultados de precisión en las lecturas de cada lector sobre las vértebras de la raya mariposa. (APE) Porcentaje de Error Promedio; (V) coeficiente de variación; (D) índice de precisión.

Lector	No. De muestras	No. De observaciones	APE	V	D
1	147	3	16.723	0.133	0.076
2	158	3	10.723	0.143	0.083
3	158	3	6.210	0.080	0.046

Tabla. III. Porcentaje de acuerdo (PA) entre lectores, por grupo de edad asignado; frecuencia referida a las diferencias entre las edades (número de bandas) asignadas por cada lector.

Diferencias de edades en número de bandas	Frecuencia	Grupo de edad asignada	PA
-5	0		
-4	1		
-3	2		
-2	8	± 1	79.59
-1	16	± 2	95.01
0	45	± 3	98.63
1	56		
2	15		
3	3		
4	1		
5	0		

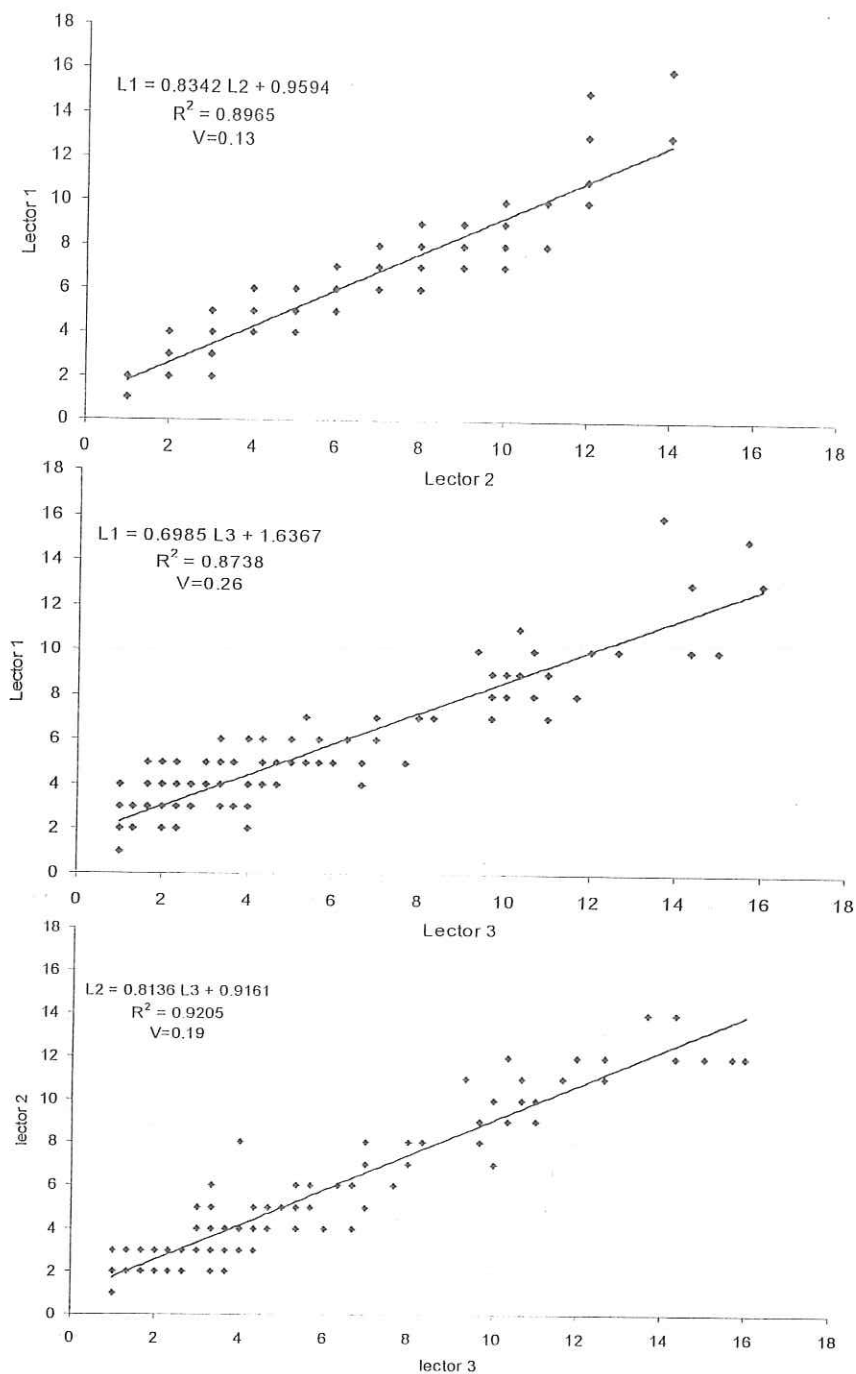


Figura 18. Relación de los conteos entre lectores. V= coeficiente de variación

4.6.- Análisis de validación

La prueba de Kruskal-Wallis comprobó que existen diferencias entre los meses en el Incremento Marginal Relativo (IMR) ($X^2=29.87$, $g.l.=8$, $p=0.00$). Se observa un valor bajo cercano a cero en noviembre, lo cual sugiere la posible formación de una banda en invierno. (Fig. 19).

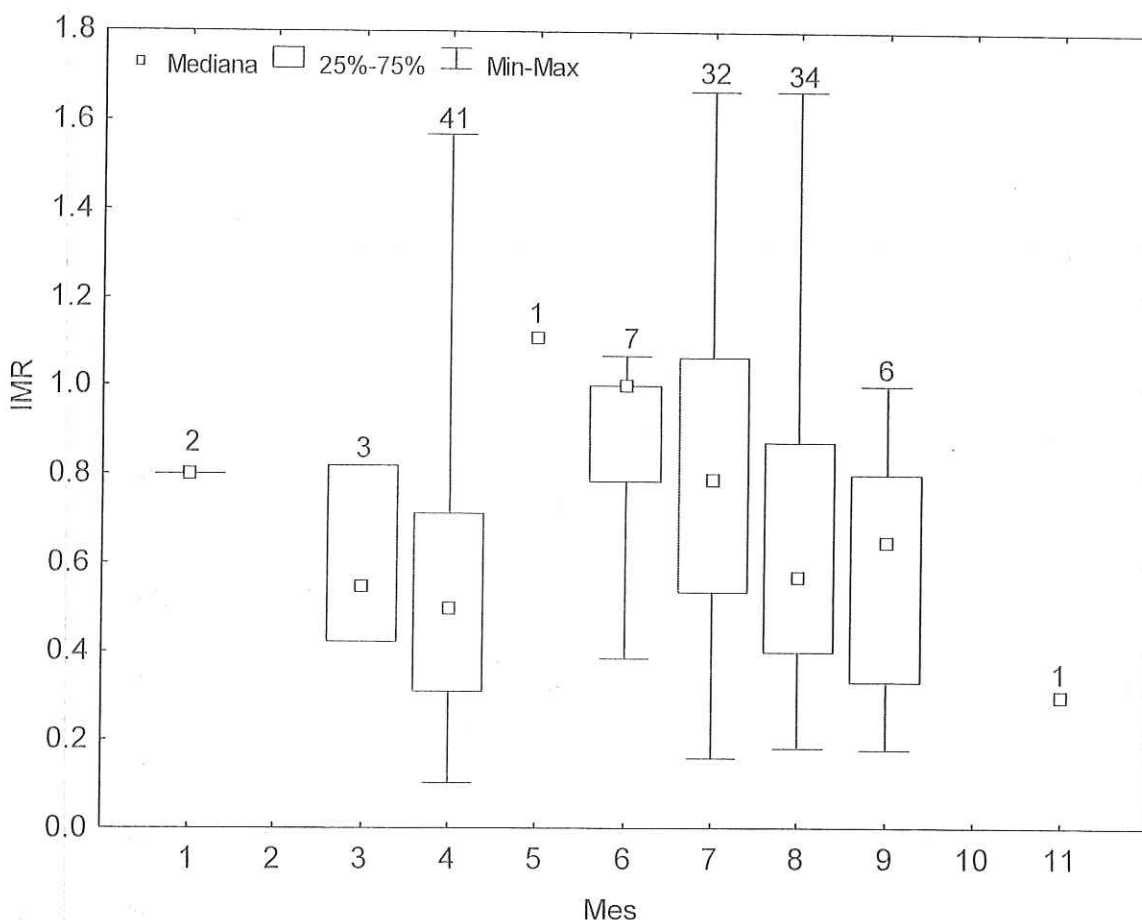


Figura 19. Análisis del Incremento Marginal Relativo (IMR) a través de un año tipo para la población de *Gymnura marmorata* del Alto Golfo de California. Los números sobre las barras indican el tamaño de muestra por mes.

Al analizar la frecuencia de bordes (opacos y hialinos) en las vértebras se observa una tendencia de incremento de los anillos hialinos en los meses de

marzo a junio. Durante julio, agosto y septiembre la frecuencia de los anillos hialinos permanecieron mayores a la frecuencia de los anillos opacos, observándose el pico máximo en noviembre y enero. Estos picos refuerzan la idea de la formación de un anillo anual en le periodo de invierno (Fig. 20)

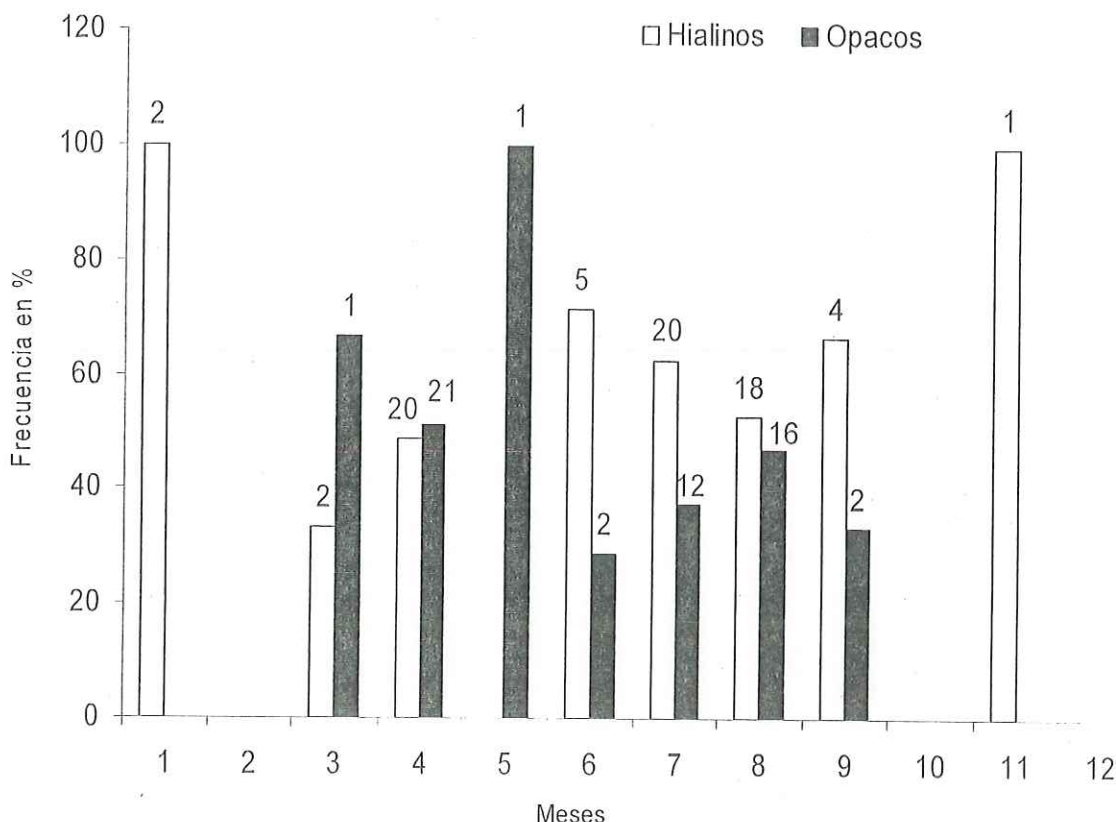


Figura 20. Frecuencia mensual de bordes hialinos y opacos en las vértebras. Los números sobre las barras indican el tamaño de muestra.

Crecimiento de bandas por grupo de edad:

Se presentaron diferencias entre las tres bandas de crecimiento ANOVA ($F=2.97$, $g.l.=60,62$, $p= 0.06$), siendo la segunda banda la que presentó el mayor crecimiento promedio (0.328 mm) (Fig. 21). Esta diferencia se observó

únicamente en el crecimiento de los anillos opacos de la segunda banda
ANOVA ($F=5.05$, $g.l.=60,62$, $p=0.009$) (Fig. 22).

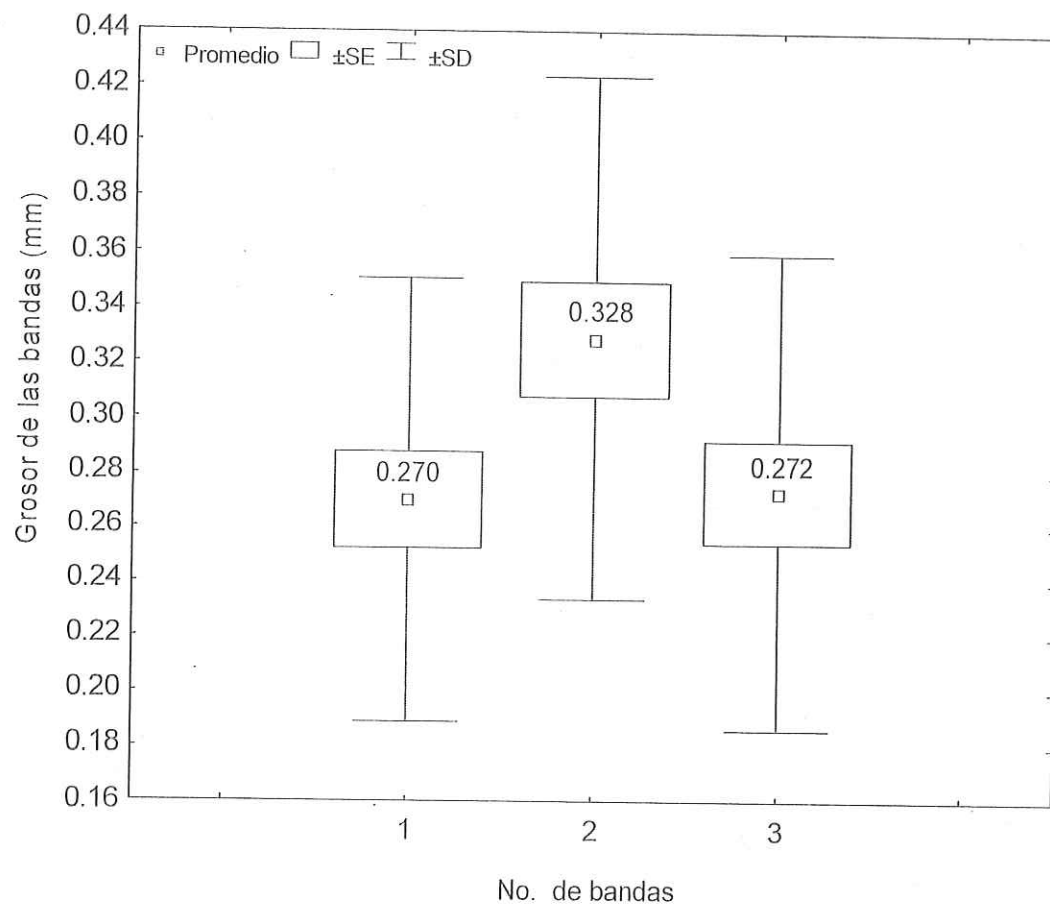


Figura 21. Variación en la formación de las bandas (1, 2 y 3) de *Gymnura marmorata*. Los números dentro de las cajas indican el promedio del grosor de las bandas de crecimiento.

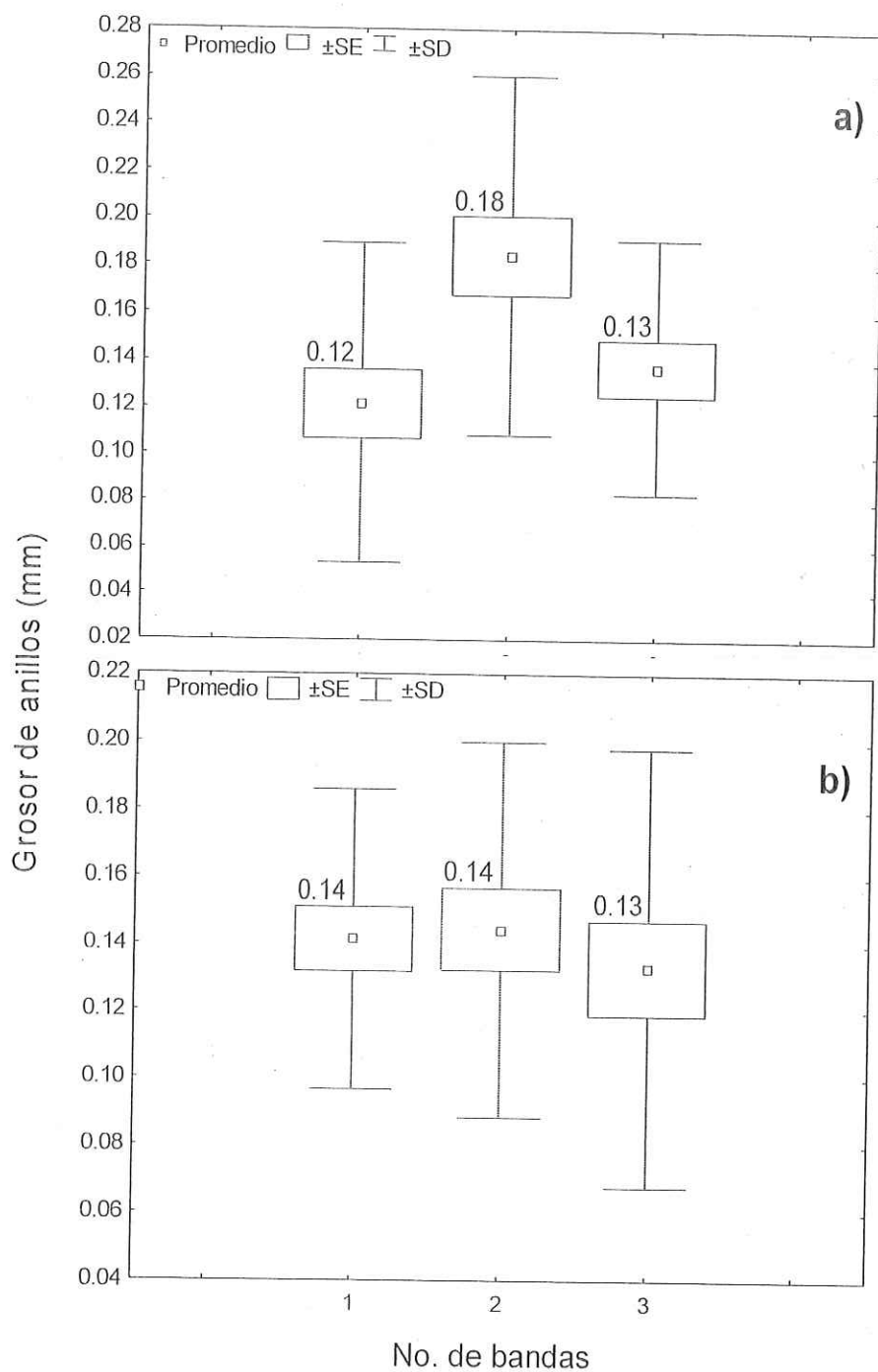


Figura 22. Variación en la formación de los anillos a) opacos (rápido crecimiento) b) hialinos (lento crecimiento) Los números sobre las cajas indican los promedios.

Relación de la temperatura con las bandas de crecimiento:

El análisis del promedio anual de la temperatura del periodo 1999 a 2005, mostró que el 2001 y el 2003 presentaron un promedio mayor al resto de los otros años analizados (Anexo 3). Las anomalías fueron negativas en los años 1999, 2002, 2004 y 2005 (años fríos) y positivas en 2000, 2001 y 2003 (años cálidos) (Fig. 23).

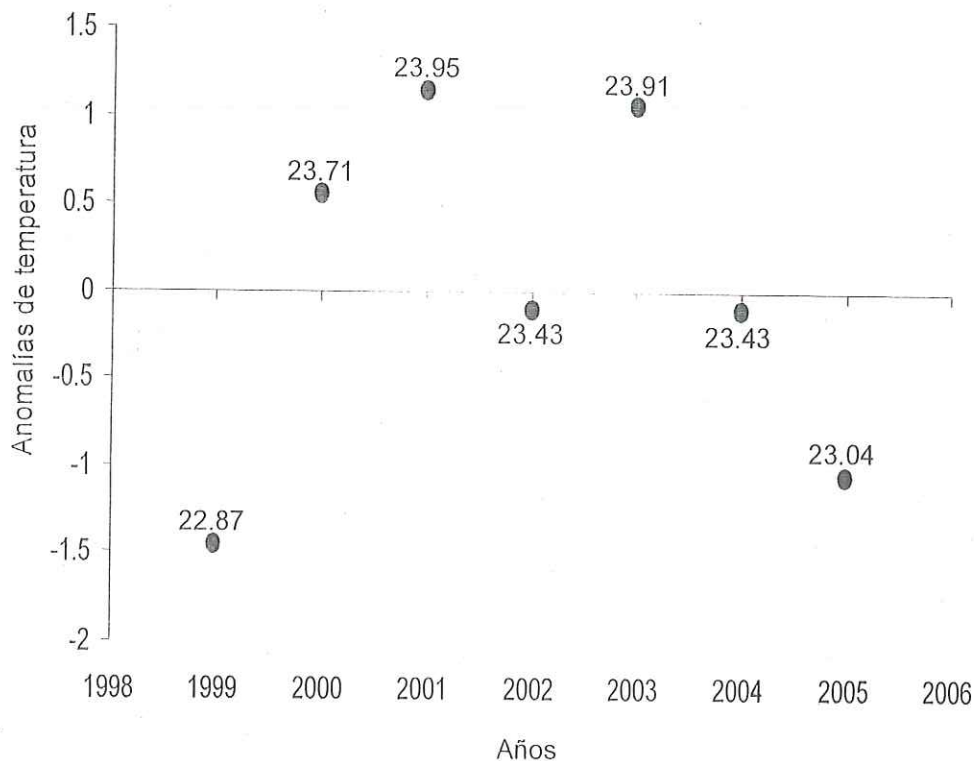


Figura 23. Serie de tiempo (anomalías de temperatura) para el Alto Golfo de California, del periodo de 1999 a 2005. Los números sobre los puntos indican el promedio anual de temperatura.

El grosor anual de las bandas de crecimiento no presentaron diferencias significativas mediante la prueba Kruskal Wallis ($H=9.60$, $g.l.= 6$, $p =0.143$) (Fig. 24). No se observó una tendencia clara entre el crecimiento de las bandas y la temperatura; sin embargo, en el 2001 se observó un mayor crecimiento de las bandas (0.33 mm) el cual coincide con un año cálido. Del mismo modo, en 1999 se observó un crecimiento menor (0.21mm), éste concuerda con el año más frío. Cabe destacar que para este año el número de observaciones es uno, lo cual es poco representativo.

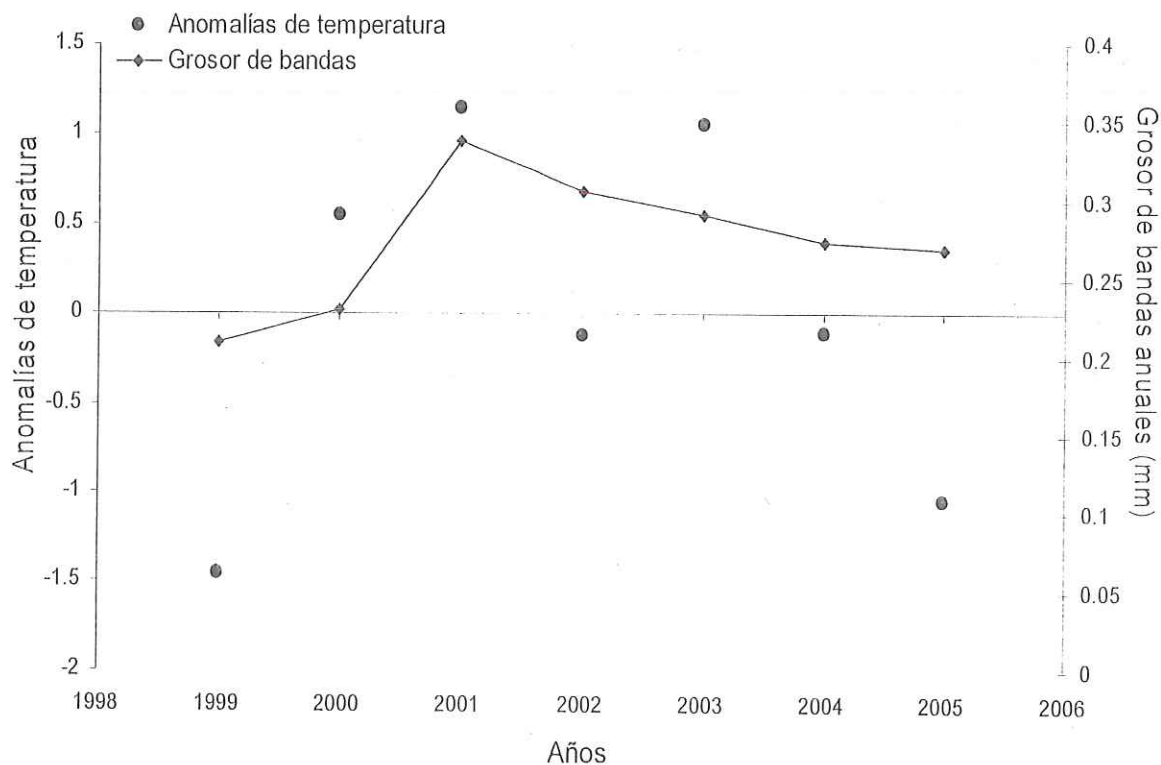


Figura 24. Relación del grosor de las bandas de crecimiento de la raya mariposa (*G. marmorata*) con las anomalías de temperatura del Alto Golfo de California de 1999 a 2005.

A pesar de que el grosor de anillos hialinos (lento crecimiento) fue menor en 1999, la diferencia entre años no fue significativa Kruskal Wallis ($H=2.72$; $g.l.=$

6; $p=0.842$). No fue posible observar una relación clara entre las anomalías de temperatura y el grosor de estos anillos (Fig. 25, Anexo 4)

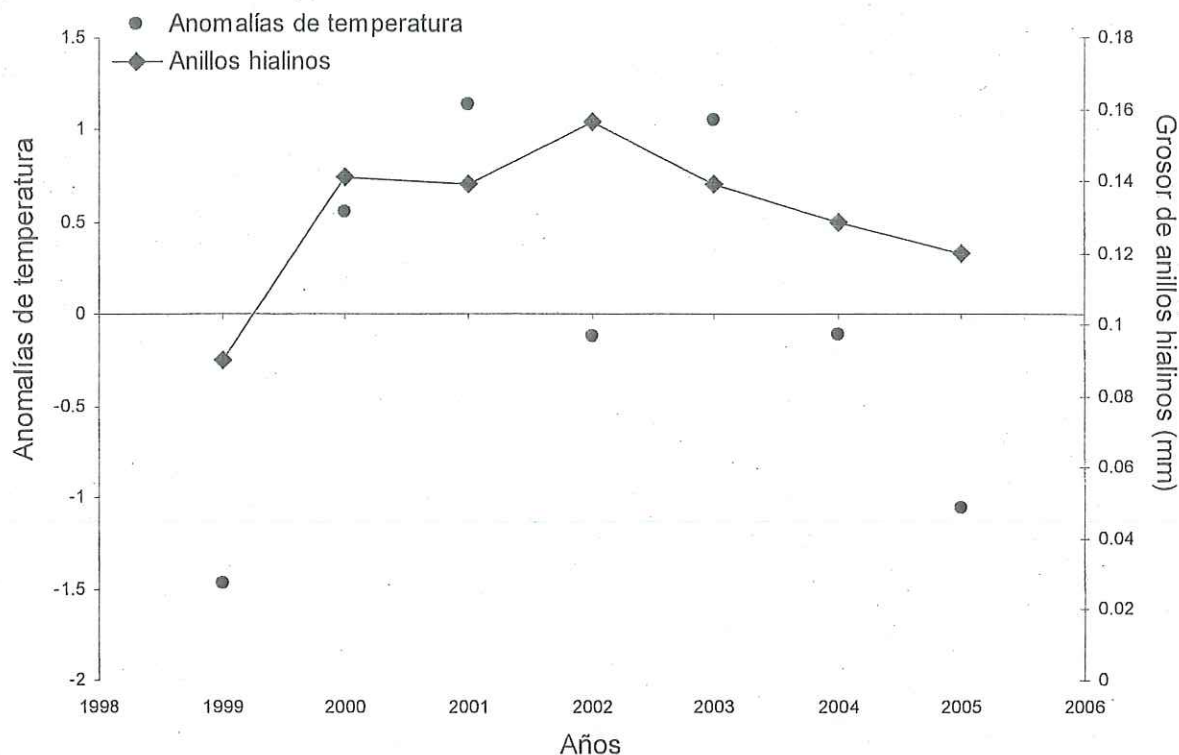


Figura 25. Relación del grosor de los anillos hialinos (lento crecimiento) con las anomalías de temperatura del Alto Golfo de California

La prueba Kruskal Wallis mostró diferencias en el crecimiento anual de los anillos opacos (rápido crecimiento) ($H=15.18$, $g.l.= 6$, $p=0.01$). Se observó un menor crecimiento en 1999 y 2000, aumentando el crecimiento en el año 2001. Los resultados de la relación de la temperatura con el grosor de los anillos opacos no presentaron una tendencia clara a excepción del crecimiento de 2001 que estuvo asociado a mayores temperaturas (Fig. 26, Anexo 4)

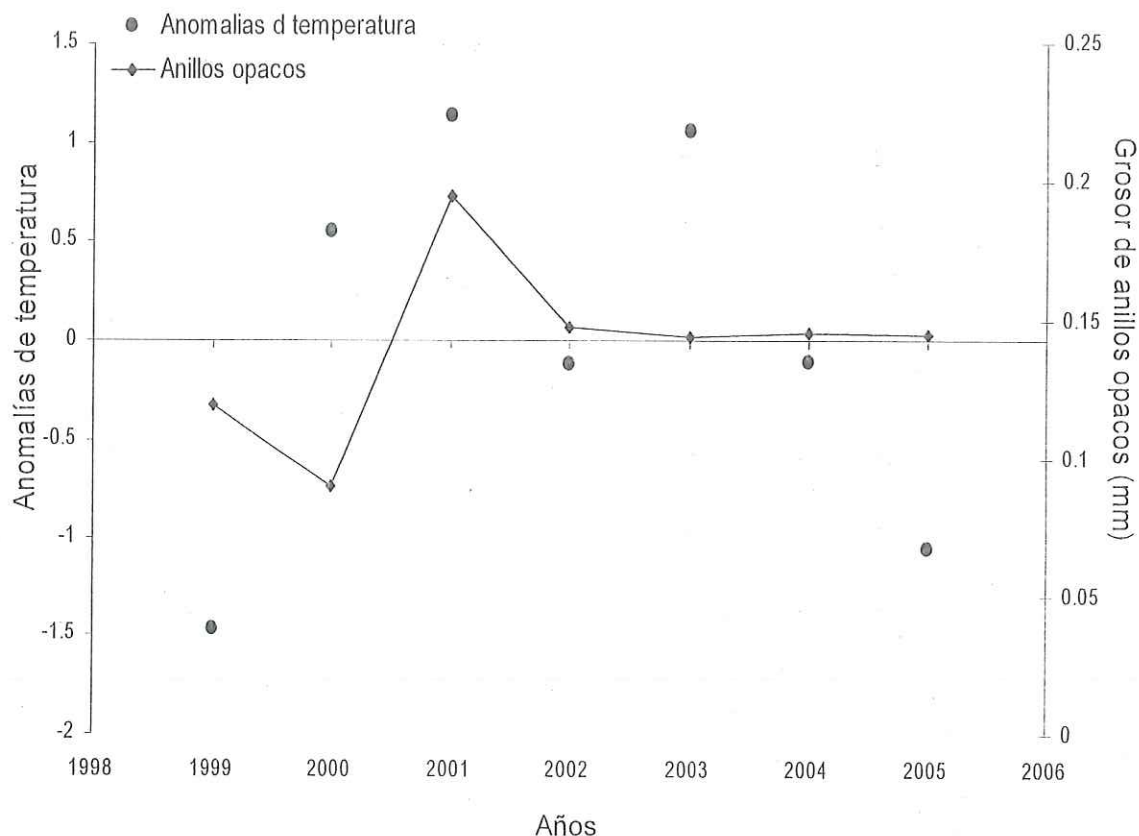


Figura 26. Relación de las anomalías de temperatura del Alto Golfo de California con el grosor de los anillos opacos (rápido crecimiento).

4.7.- Modelo de crecimiento

Suponiendo una anualidad en la depositación de las bandas de crecimiento se estimaron los parámetros para la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy (VBGF) (AD_{∞} , K , t_0) los cuales se calcularon mediante el método de mínimos cuadrados no lineales, siendo esta la mejor aproximación a la curva sobre los datos crudos (Tabla 4). Se realizó el análisis de suma de cuadrados residuales (ARSS) observándose diferencias entre la curva de hembras y machos (Fig. 27). El ajuste a la curva indica que las hembras más grandes (1175 mm AD)

presentarían 16 bandas mientras que los machos grandes (570 mm AD) 6 bandas.

Las estimaciones de longevidad para los intervalos de confianza de 95 y 99% son similares en machos y hembras; esto se debe a que fueron derivados de los valores de la constante de crecimiento (K) (Tabla 5).

Tabla IV. Parámetros de la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy.

Parámetros	Hembras				Machos			
	AD _∞	K	t ₀	n	AD _∞	K	t ₀	n
	1299.04	0.110	-2.26	96	771.31	0.113	-4.47	51

Tabla V. Estimaciones de longevidad para hembras y machos de *Gymnura marmorata*

Estimador	Hembras		Machos	
	95%	99%	95%	99%
Edades en No. de bandas	14.49	20.28	14.42	20.19

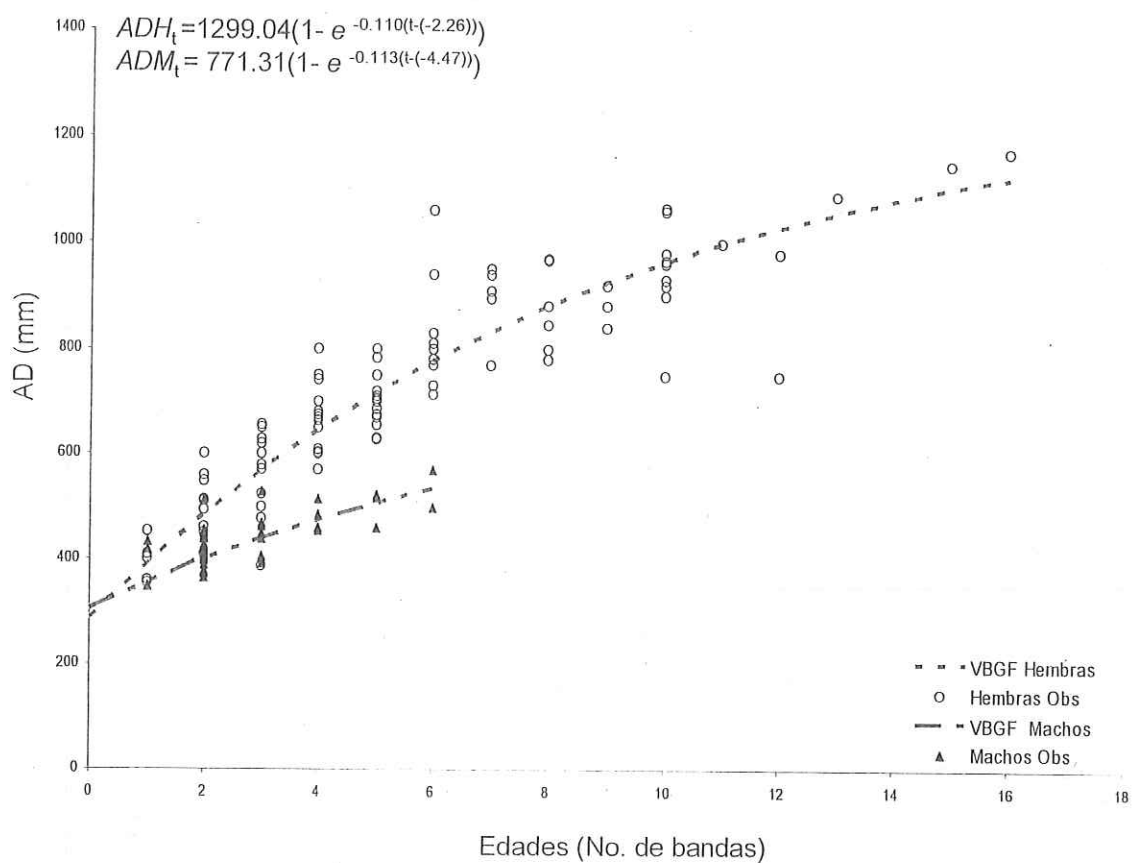


Figura 27. Curva de crecimiento de Von Bertalanffy para hembras y machos de *G. marmorata*

5.- DISCUSIONES

5.1.- Estructura por talla

Las tallas máximas encontradas en San Felipe (SF) y Puerto Peñasco (PP) (570 y 1175 mm AD) fueron menores que las reportadas para esta especie (1500 mm AD) (Beebe y Tee-Van, 1941). La diferencia encontrada entre la talla máxima de las hembras en SF y PP, se puede explicar mediante el comportamiento que presenta la especie. Beltran-Felix *et al.* (1986) y Villavicencio-Garayzar (1993) reportaron que en los meses de mayo a agosto *G. marmorata* entra a la zona costera para reproducirse; después de este periodo disminuye su presencia, quedando únicamente organismos de tallas pequeñas (< 800mm AD). Los organismos de tallas grandes (> 1000mm AD) migran a zonas más profundas. Aunado a lo anterior, la captura en las dos zonas se realiza por métodos diferentes, en San Felipe (SF) se utiliza chinchorro mantero (luz de malla de 8-8.5) y en Puerto Peñasco (PP) red de arrastre; los cuales difieren en la profundidad que operan.

Para el área de SF y PP se observó un intervalo de talla de 355 a 1175 mm AD para hembras y de 310 a 570 mm AD para machos (Fig. 13). Villavicencio-Garayzar, 1993 y Dávila-Ortiz, 2002 para el área de Bahía Almejas reportaron tallas de 1090 a 1220 mm AD para hembras y de 600 a 915 mm AD para machos. Con esto se observa que *G. marmorata* en el Alto Golfo de California podría alcanzar tallas menores que las encontradas en el Pacífico.

La estructura de tallas encontrada está representada por casi toda la población a excepción de neonatos de tallas menores a 300 mm AD, siendo la talla de nacimiento reportada de 145 mm para la especie (Villavicencio-Garayzar, 1993 y Dávila-Ortiz, 2002).

Este análisis también permitió confirmar que dentro del grupo de los batoideos las hembras son de mayor tamaño que los machos (Fig. 13) (Mc. Eachran y Notarbartolo Di Siciara, 1995 y Comapagno, 1999). Estas diferencias también se han observado en otras especies del orden de los Myliobatiformes como *Dasyatis violacea* (Mollet *et al.*, 2002) y *Myliobatis californica* (Martin y Cailliet 1988). La ausencia de machos mayores a 625 mm se puede deber a que las muestras de machos provienen en su mayoría de San Felipe (Anexo 1). En ésta localidad el arte de pesca que se utiliza el chinchorro mantero, que captura organismos en zonas someras. Es probable que, al igual que las hembras, los machos de mayor tamaño habiten zonas más profundas, por lo que no fueron capturados en San Felipe.

5.2.- Relación morfométrica

El crecimiento de una especie se mide por los cambios en la longitud y el peso, por lo que la relación entre estas dos variables provee información sobre la condición del organismo (Jennings *et al.*, 2001; Busacker *et al.*, 1990). El coeficiente b de la ecuación de alometría indica que valores de $b=3$ corresponden a un crecimiento isométrico, es decir, las dimensiones corporales del organismo aumentan de forma proporcional. Valores de $b <, > 3$ sugieren un

crecimiento alométrico, esto es, las dimensiones corporales no aumentan de forma proporcional (Jennings *et al.*, 2001; Busacker *et al.*, 1990; Nava-Fuentes, 2005). Los valores de *b* encontrados en este estudio para *Gymnura marmorata* fueron significativamente mayores a 3 (Fig. 14 y Tabla 1), sugiriendo que el peso de los organismos aumenta más rápido que su talla (crecimiento alométrico). Este crecimiento podría ser característico del orden de los Myliobatiformes, los cuales presentan un Ancho de disco (AD) mayor que la longitud. Otras especies de rayas como *Dipturus laevis* también presentan un crecimiento alométrico (Gedamke *et al.*, 2005).

5.3.- Relación radio vertebral (RV) y ancho de disco (AD).

Dentro de los estudios de edad se hace necesario que las estructuras utilizadas (vértebras y espinas) sean buenos indicadores de un registro continuo del crecimiento, por lo que deben de cumplir tres supuestos: 1) no presentar reabsorción del calcio incorporado, 2) que las bandas de crecimiento sean producto de diferencias en el crecimiento y 3) que exista una relación entre el crecimiento de la estructura y la longitud del organismo (Cailliet, 1990; Casselman, 1983; Cailliet *et al.*, 1983; Martin y Cailliet, 1988)

La relación positiva entre el RV-AD encontrada (Fig. 15), la cual fue de carácter lineal ($R^2=0.88$ en hembras y $R^2=0.46$ en machos) sugiere que la formación de las bandas de crecimiento en las vértebras de los organismos de *G. marmorata* presentan un proceso continuo de depositación, indicando que las vértebras son estructuras confiables para determinar edad en ésta especie.

Esta relación también ha sido observada en especies como *Myliobatis californica* (Martin y Cailliet, 1988) *Mobula japanica* (Cuevas-Zimbrom, 2007) y *Dipturus laevis* (Gedamke *et al.*, 2005), *Amblyraja radiata* (Sulikowski *et al.*, 2005), *Leuoraja ocellata* (Sulikowski *et al.*, 2003).

5.4.- Estructura por edades.

Asumiendo la formación de un anillo de crecimiento al año, se encontró una mayor abundancia de hembras de 4 años y machos de 2 años de edad. Al relacionar el promedio de ancho de disco ($H=669$ mm y $M=414.4$ mm) de los organismos a ésta edad (Anexo 2), con las tallas de primera madurez reportadas por Villavicencio-Garayzar (1993) y Davila-Ortiz (2002) que van de 600 a 800 mm AD para hembras y 405 a 550 mm AD para machos, podemos decir que esta especie madura a una edad de 4 y 2 años, respectivamente.

La edad máxima calculada para la especie fue de 16 años en hembras y de 6 años en machos. Las diferencias encontradas entre la edad de hembras y machos coinciden con lo estimado en otras especies del mismo orden. Para *Myliobatis californica* se determinó una edad de 23 años para hembras y 6 años para machos (Martin y Cailliet, 1988). En *Dasyatis chrysonota chrysonota* se calculó una edad de 14 años para las hembras y 9 para machos (Cowley, 1997). En *Mobula japanica* se estimaron al menos 14 bandas (Cuevas-Zimbron 2007); sin embargo, esta estimación se realizó considerando hembras y machos juntos. Cabe mencionar que en estos estudios no se validó la edad. Edades similares a las encontradas en éste estudio se han encontrado en

Dipturus laevis (11 años para las hembras y 6 años para los machos) (Gedamke *et al.*, 2005). A pesar de que se trata de otra especie, la talla que alcanzan los organismos es similar a *G. marmorata*. En una especie de rayas de mayor tamaño promedio, *Urolophus lobatus*, se estimaron 20 años (White *et al.*, 2001). En estos estudios se realizó una verificación de la edad utilizando el método del incremento marginal (IM). Las discrepancias encontradas entre las diferentes especies es probable que se deban a la problemática de diferenciar los anillos en los bordes de las vértebras de organismos grandes. En el presente trabajo la acumulación de anillos sobre el borde se presentó en organismos mayores a 900 mm AD (Fig. 17).

5.5.- Análisis de precisión en las lecturas y acuerdo entre lectores:

Campana (2001) reporta que en la determinación de edad se pueden presentar 3 tipos de errores: 1) el asociado con la región de donde se obtienen las vértebras que serán datadas, 2) la técnica de tinción utilizada para resaltar las bandas de crecimiento y 3) la variabilidad en las lecturas de los lectores. Las diferencias encontradas entre lectores, calculadas mediante el porcentaje de acuerdo (PA), demuestran la subjetividad en la determinación de la edad. Sin embargo, los valores obtenidos en este trabajo se encuentran dentro del rango de confiabilidad reportado en otros estudios. Campana (2001), después de hacer un análisis con varios lectores, encontró que en vértebras de tiburones los valores promedio del coeficiente de variación (V) son mayores al 10%. En éste trabajo los valores de V oscilaron entre 8% y 14.3%. En este estudio, al

igual que en la mayoría de los trabajos, el porcentaje de error promedio (APE) y el coeficiente de variación (V) se calculan utilizando todas las clases de edad. Debido a la variación que existe entre lectores a medida que aumenta el número de bandas, sería apropiado que éstos coeficientes se calcularan separando las clases de edad. Del mismo modo, Campana (2002) sugiere ésta separación debido a la diferencia que existe entre el crecimiento de juveniles y adultos.

5.6.- Análisis de validación

El Incremento Marginal Relativo (IMR) sugiere que valores cercanos a cero pueden indicar la época de formación de una nueva banda de crecimiento (Lessa *et al.*, 2006, Cailliet, 1990, Cailliet y Goldman, 2004). Los valores obtenidos para *G. marmorata* en este análisis mostraron una disminución, en noviembre, sugiriendo una posible formación de 1 anillo de crecimiento anual. Sin embargo, debido a la falta de muestras en octubre y diciembre, así como al bajo número de muestras en noviembre y enero, es difícil confirmar la formación del anillo en invierno. La formación de un anillo en noviembre concuerda con lo encontrado para otras especies dentro del orden de los Myliobatiformes. Para *U. paucimaculatus* la formación de la banda de crecimiento es en octubre (White y Potter 2005) y difiere con lo reportado para *A. radiata* donde sugieren una posible formación de la banda de crecimiento en agosto-septiembre (Sulikowski *et al.*, 2005) y para *D. chrysonota chrysonota* en junio-julio. Este último estudio se basó en la disminución de la temperatura superficial como

indicador de la formación de la banda de lento crecimiento. Estos estudios muestran la variación que existe en la época de formación de bandas en diferentes especies de rayas. Esto se puede deber a las diferentes zonas que habitan éstas especies, Australia (*U. Paucimaculatus*), Atlántico (*A. Radiata*) y Sudáfrica (*D. Chrysonota chrysonota*), así como la falta de validación en *D. Chrysonota chrysonota*.

Aunque la literatura reporta que los valores de IMR van de 0 a 1, en algunos meses (abril, julio y agosto) encontramos valores mayores a 1. Esto se puede deber a que el crecimiento de la última banda sea mayor que el crecimiento de la penúltima banda. Esto lo observamos durante el segundo año en donde el crecimiento de ésta banda fue mayor que la del primero y tercer años (Fig. 20). También existe un sesgo al mezclar en el análisis organismos chicos y grandes, así como hembras y machos.

La relación de la temperatura superficial con la formación de las bandas (Fig. 23, 24 y 25) no fue clara, se esperaba mayor crecimiento de las bandas en años más cálidos y menor crecimiento en años fríos. La falta de relación encontrada concuerda con lo reportado por Natanson (1993) para *Raja erinacea* en Rhode Island. En ningún estudio de elasmobranquios se ha encontrado una relación directa de la temperatura con la formación de bandas. En peces de agua dulce como la tilapia (Tanaka *et al.*, 1981 en Natanson 1993) y el pez dorado (Mugiya *et al.*, 1981 en Natanson 1993) se ha encontrado que el fotoperíodo es una señal importante en la formación de bandas.

La falta de relación encontrada entre el crecimiento y la temperatura se pueden deber: 1) que la temperatura es un factor que se relaciona indirectamente con el crecimiento a través del alimento (Busacker *et al.*, 1990) y 2) es difícil detectar los cambios de lento y rápido crecimiento en organismos pelágicos, ya que los cambios de temperatura no son tan drásticos como en zonas someras (Ferreira y Vooren 1991). Aunado a esto *G. marmorata* es una especie que alcanza profundidades de 150 m y pasa un periodo corto en zonas someras. Debido a que la temperatura utilizada en este análisis es superficial (3 cm), para poder evaluar el efecto de la temperatura sería necesario tener datos de temperatura a la profundidad que habitan estos organismos.

5.7.- Modelo de crecimiento

Los parámetros de crecimiento calculados por el modelo de Von Bertalanffy (VBFG) (Tabla 4), son coincidentes con los calculados para especies como *Myliobatis californica*, *Urolophus lobatus*, *Mobula japónica*, *Leuoraja ocellata*, *Amblyraja radiata* (Tabla 6).

El modelo calculó un ancho de disco máximo (AD_{∞}) para *G. marmorata* (Hembras = 1299.04 mm y Machos = 771.31 mm) el cual es menor al reportado para la especie (1500 mm AD) (Beebe y Tee-Van, 1941). Esto puede estar influenciado por las tallas máximas encontradas en este estudio para hembras (1175 mm AD) y machos (570 mm AD)

El parámetro t_0 fue considerado dentro de este trabajo como un parámetro de ajuste sin valor biológico. Este se define como un valor que representa la edad

hipotética cuando el organismos tiene un $AD = 0$ (Cailliet y Goldman, 2004). Holden (1974) propone que los valores de t_0 deben de estimar el tiempo de gestación en años. Mollet *et al.*, 2002 realiza un ajuste para estimar t_0 para *Dasyatis violacea*, mencionando que al realizar este ajuste, el modelo predice valores más realistas de t_0 pero se reduce el valor de AD_{∞} . Al comparar los valores de t_0 de *G. marmorata* se observa que fueron mayores que los reportados para otras especies de rayas (Tabla 6).

Tabla VI. Comparación de los parámetros de crecimiento de *G. marmorata* con otras especies de rayas (L_{∞} = longitud máxima, K = coeficiente de crecimiento, t_0 = tiempo al cual el organismo tiene una longitud igual a cero).

Nombre científico	sexos	L_{∞} (mm)	K	t_0	Fuente
<i>Myliobatis californica</i>	Hembras	1587 (AD)	0.099	- 2.059	Martin y Cailliet, 1988
<i>Dasyatis chrysonota</i>	Machos	1004 (AD)	0.229	-1.580	
<i>Dasyatis chrysonota</i>	Hembras	913 (AD)	0.070	-3.65	Cowley, 1997.
<i>Dasyatis chrysonota</i>	Machos	532 (AD)	0.175	-4.48	
<i>Urolophus lobatus</i>	Hembras	248 (AD)	0.369	- 1.35	White <i>et al.</i> , 2001
<i>Urolophus lobatus</i>	Machos	210 (AD)	0.514	-1.18	
<i>Mobula japanica</i>	Sexos combinados	2338.07	0.2771	- 1.676	Cuevas- Zimbron, 2007
<i>Leuoraja ocellata</i>	Hembras	1374 (LT)	0.059	- 1.609	
<i>Leuoraja ocellata</i>	Machos	1218 (LT)	0.074	-1.418	Sulkowski <i>et al.</i> , 2002

<i>Amblyraja</i>	Hembras	1200 (LT)	0.13		Sulkowski <i>et al.</i> ,
<i>radiata</i>	Machos	1270 (LT)	0.11		2005
<i>Gymnura</i>	Hembras	1299.04 (AD)	0.110	- 2.26	
<i>marmorata</i>	Machos	771.31 (AD)	0.113	-4.47	Este estudio

(AD) Ancho de disco y (LT) Longitud total

Dentro de los estudios de edad y crecimiento, el coeficiente de crecimiento (K) es de gran utilidad para comparar el crecimiento de organismos de la misma especie en diferentes localidades, así como entre especies cuando la información de la especie estudiada es limitado (Cailliet y Goldam, 2004, Casselman, 1983), como en *G. marmorata*.

Para elasmobranquios, se han calculado valores bajos de k que corresponden a un crecimiento lento (Cailliet y Goldman, 2004). Holden (1974), propuso valores de K dentro del rango 0.2-0.3 para los batoideos. Estos parámetros fueron calculados para la familia Rajidae la cual presenta una reproducción ovípara. El tipo de reproducción puede modificar las tasas de crecimiento, por lo que Cowley (1997) calcula valores de K entre 0.07-0.45 para especies de rayas que tienen una reproducción vivípara aplacentaria. Los valores de K obtenidos dentro de este trabajo caen dentro de los valores más bajos reportados por Cowley (1997), por lo que se puede sugerir un crecimiento lento para esta especie. Otras especies de rayas también presentan crecimiento lento, a excepción de *Urulophus lobatus* cuyos valores de K para machos sugieren un crecimiento rápido (Tabla 6).

Las hembras y los machos de *G. marmorata* presentaron valores de K muy similares, hembras (0.110) y machos (0.113), siendo que alcanzan anchos de disco muy diferentes (Tabla 6). Esto indica que tanto hembras como machos crecen a la misma velocidad los primeros años (0-6); a ésta edad, los machos alcanzan su talla máxima, por el contrario, las hembras siguen creciendo hasta alcanzar la talla máxima a los 16 años. Al compararlo con especies como *Myliobatis californica* (Martin y Cailliet, 1988) los machos presentan un coeficiente de crecimiento mayor que las hembras pero estas alcanzan una talla mayor.

El presente estudio aportó información sobre la edad y el crecimiento de la raya mariposa *Gymnura marmorata*; parámetros importantes para ampliar el escaso conocimiento sobre la historia de vida de esta especie.

6.- CONCLUSIONES

- * Las vértebras de la región abdominal de *Gymnura marmorata* (Cooper, 1863), son estructuras confiables para determinar edad.
- * Las hembras de *Gymnura marmorata* (Cooper, 1863) son de mayor tamaño que los machos.
- * El análisis del incremento marginal sugiere la formación de un anillo de crecimiento al año en invierno. Estos resultados son preliminares debido al tamaño de muestra y a la falta de muestras en los meses de octubre y diciembre
- * La raya mariposa *G. marmorata* para el Alto Golfo de California tiene una tasa de crecimiento lento, lo que concuerda con lo observado para el grupo de los batoideos.
- * El número máximo de bandas encontrado fue de 16 en las hembras y 6 en los machos; sin embargo, debido a la falta de validación se asumió la formación de una banda por año.
- * No se observó una relación de los patrones de temperatura superficial con la formación de las bandas de crecimiento, en *G. marmorata*.

7.- LITERATURA CITADA

- Álvarez-Borrego, S., 2003. Physical and Biological Linkages between the Upper and Lower Colorado Delta. in *Managing for Healthy Ecosystems*. Lewis Publishers. Rapport, D. J., Lasley W. L., Rolston D. E., Nielsen, N. O., Qualset, C. O. and Damania, A. B. (Eds) 1077-1089
- Álvarez-Borrego, S., 2000. The Colorado River Estuary and Upper Gulf of California, Baja, Mexico. in *Costal Marine Ecosystems of Latin America*. U. Seeliger y B. Kjerfue (Eds). Ecological Studies, Springer, Berlin. Vol. 144: 331-340
- Álvarez-Borrego, S., 1993. Gulf Of California. in B.H. Ketchum (Comp.). Estuaries And Enclosed Seas. Amsterdam. Elsevier Sci Publ. Co. 427-449
- Beltrán-Félix, J.L, M. Gregory-Hamman, A. Chagoya-Guzmán and S. Álvarez-Borrego 1986. Ictiofauna del Estero de Punta Banda, Ensenada Baja California, México, antes de una operación de dragado. *Ciencias Marinas* 12(1): 79-92
- Beebe, W. and J. Tee-Van. 1941. Eastern Pacific expeditions of the New York zoological Society XXVIII. Fishes from the tropical Eastern Pacific (From Cedros Island, lower California, South to the Galapagos Island and Norther Perú) Part 3: Rays, mantas and chimeras. *Zoological*. 26:245-280.
- Bueno, C. R., and Boyer, P. J. T., 1998. Pescando entre Mareas del Alto Golfo de California, una guía sobre la pesca artesanal, su gente y sus propuestas de manejo. *CEDO Intercultural Serie Técnica* (1): 165.
- Busacker, G. P., Adelman, I. R., and Goolish, E. M. 1990. Growth. in: *Methods for Fish Biology*. American Fisheries Society. Shreck, C. B. and P. B. Moyle (Eds). Bethesda, Maryland: 363-382.
- Cailliet, G. M., Smith, W. D., Mollet, H. F. and Goldman, K. J. 2006. Age and Growth Studies of Chondrichthyan Fishes: the need for consistency in terminology, verification, validation, and growth function fitting. *Environ. Biol. Fish.* 77: 211-228.
- Cailliet, G. M., and Goldman, K. J. 2004. Age Determination and Validation in Chondrichthyan Fishes. in *Biology of Sharks and Their Relatives*. Carrier, J.C., J.A., Musick, and M.R. Heithaus, (Eds) CRC Press, Boca Raton, Florida, E.U. 399-447.

- Cailliet, G. M., 1990. Elasmobranch Age Determination and Verification: an Updated Review, in *Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematics, and the Status of the fisheries*, W. S. Pratt, Jr. S.H. Gruber, and T. Taniuchi (Eds). NOAA Tech. Rep. 90: 157-165.
- Cailliet, G. M., R.L. Redtke and B. A. Welden, 1986. Elasmobranch Age Determination and Verification: a Review. in *Indo-Pacific Fish Biology Proceedings of the Second International Conference on Indo-Pacific Fisheries*. T. Uyeno, R. Arai, T. Taniuchi and K Matsuura (Eds). Ichthyological Society of Japan, Tokyo. 345-360
- Cailliet, G. M., L. K. Martin., D. Kusher, P. Wolf and B. A. Welden. 1983a. Techniques for Enhancing Vertebral Bands in Age Estimation of California Elasmobranch. in *Proceedings of the International Workshop on Age Determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes, and Sharks*. E.D. Prince and L.M. Pulos (Eds). U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 8: 157-165
- Cailliet, G. M., L. K. Martin, J T. Harvey, D. Kusher, and B. A Welden. 1983b. Preliminary Studies on the Age and Growth of Blue (*Prionace glauca*), Common Thresher (*Alopias vulpinus*), and Shortfin Mako (*Isurus oxyrinchus*) Sharks From California waters. in *Proceedings of the International Workshop on Age Determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes, and Sharks*. E.D. Prince and L.M. Pulos (Eds). U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 8: 179-188
- Campana, S.E., 2001. Accuracy, Precision and Quality Control in Age Determination, Including a Review of the Use and Abuse of Age Validation Methods *J. Fish Biol.* 59: 197-242
- Campana, S.E., Natanson, L.J. and Myklevoll, S. 2002. Bomb dating and age determination of large pelagic sharks. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 59: 450-455
- Casselman, J.M. 1983. Age and Growth Assessment of Fish From their Calcified Structures-Techniques and Tools: an Updated Review. in *Proceedings of the International Workshop on Age Determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes, and Sharks*. E.D. Prince and L.M. Pulos (Eds). U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 8: 1-17
- Coelho, R. and K. Erzini. 2002. Age and Growth of the Undulate Ray, *Raja undulata*, in The Algarve (Southern Portugal). *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* 82: 987-990

- Compagno, L.J.V. 1999. Systematics and Body form. in: Sharks, Skates, and Rays: the biology of elasmobranch fishes. Hamlett, William C (Ed). Johns Hopkins University Press. Baltimore & London: 1-40
- Cowley, P. D. 1997. Age and Growth of the Blue Stingray *Dasyatis chrysonota* from the South-Eastern Cape Coast of South Africa. *S. Afr. J. Mar. Sci.* 18: 31-38
- Cuevas-Zimbron, E. 2007. Estudio Preliminar de Edad y Crecimiento de la Manta de Espina, *Mobula japanica* (Müller y Henle, 1841). Tesis de Licenciatura. UABC: 85
- Chang, W. and B. 1982. A Statistical Method for Evaluating the Reproducibility of Age Determination. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 39: 1208-1210
- Dávila-Ortiz, J. 2002. Biología Reproductiva de la Raya Mariposa *Gymnura marmorata* (Cooper 1863), en Bahía Almejas, B.C.S., México. Tesis de Licenciatura. UABCS: 38
- Ferreira, B. P. and Vooren, C.M., 1991. Age, Growth and Structure of Vertebra in the School Sharks *Galeorhinus galeus* (Linnaeus, 1758) from Southern Brazil. *Fish. Bull.* 89 (1): 19-31
- Galindo-Beet, M.S., 2003. Larvas y Poslarvas de Camarones Peneidos en el Alto Golfo de California y Capturas de Camarón con Relación al Flujo del Río Colorado. Tesis Doctoral. FC. UABC: 80
- Gallagher, M. J., Nolan, C.P. and Jael, F., 2004. Age, Growth and Maturity of the Commercial Ray Species From the Irish Sea. *E-J of Northwest Atlantic Fishery Science*. 35(10): 22
- Gallagher M. and C.P. Nolan. 1999. A Novel Method for the Estimation of Age and Growth in Rajids Using Caudal Thorns. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 56: 1590-1599
- Gburski, C. 2005. Ageing procesares for big skate (*Raja binoculata*), longnose skate (*Raja rhina*), Alaska skate (*Bathyrāja parmifera*), Aleutian skate (*Bathyrāja aleutica*) and bering skate (*bathyrāja interrupta*) at the Alaske Fisheries Science Center. (http://www.afsc.noaa.gov/REFM/Age/Docs/Skate_Age_Man.pdf)
- Gedamke, T., Du Paul W. D. and Musick J. A. 2005. Observations on the Life History of the Barndoor Skate *Dipturus laevis* on Georges Bank (Western North Atlantic). *E-J. of Northwest Atlantic Fishery Science*. 35(19): 13

- Gelsleichter, J., Percy, A., and Musick J. A. 1998. Evaluation of Copper, Iron and Lead Substitution Techniques in Elasmobranch Age Determination. *J. Fish Biol.* 53: 465-470
- Goldman, K. J., 2004. Age and Growth of Elasmobranch Fishes in: Technical Manual for the Management of Elasmobranchs. Musick, J. A. and Bonfil, R. (Eds). Asia Pacific Economic Cooperation and IUCN Shark Specialist Group Publication: 99-122
- Gruber S. H. and R.G. Stout. 1983. Biological Materials for the Study of Age and Growth in a Tropical Marine Elasmobranch, the Lemon Shark *Negaprion brevirostris* (Poey). in Proceedings of the International Workshop on Age Determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes, and Sharks. E.D. Prince and L.M. Pulos (Eds). U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 8: 193-205
- Haddon, M. 2001. Growth of Individuals. In Modeling and Quantitative Methods in Fisheries. Chapman & Hall/ CRC Press. Boca Raton, FL. 197-246
- Helvenston, L. 1999. Fisheries of the Northern Gulf of California: The Oceanographic and Biological Environmental and Fishery Conservation. <http://www.masgc.org/director/gulfcelfisheries.htm>
- Holden, M. I. 1974. Problem in the Rational Exploitation of Elasmobranch Populations and Some Suggested Solutions. in Sea Fisheries Research. Jones, F. R. (Ed) Halstead Press/ John Wiley & Sons, New York: 117-137
- Holden M.J. and M. R. Vince. 1973. Age Validation Studies on the Centra of *Raja clavata* Using Tetracycline. *J. Cons. Int. Explor. Mer.* 35(1): 13-17
- Hoening, J. M. and Brown C. A. 1988. A Simple Technique for Staining Growth Bands in Elasmobranch Vertebrae. *Bull. Mar. Sci.* 42: 334-337.
- IUNC, 2004. Manual Elasmobranch Fisheries Management Techniques. Musick, J. A. and Bonfil, R. (Eds). Asia Pacific Economic Cooperation and IUCN Shark Specialist Group Publication: 337
- Jennings, S., Kaiser, M. J. and Reynolds J. D. 2001. Marine Fisheries Ecology. Blackwell Science Ltd (Ed) Offices. 178-204
- LaMarca, M. J. 1966. A Simple Technique for Demonstrating Calcified Annuli in the Vertebrae of Large Elasmobranchs. *Copeia*: 351-352

- Lavín, M. F., and Sánchez S. 1999. On how the Colorado River Affected the Hydrography of the Upper Gulf of California. *Continental Shelf Research* 19: 1545-1560.
- Lavín, M. F., Godínez V. M. and Alvarez L. G. 1998. Inverse-Estuarine Features of the Upper Gulf Of California. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 47: 769-795
- Lessa R., Santana F. M., and Duarte-Neto P. 2006. A Critical Appraisal of Marginal Increment Analysis for Assessing Temporal Periodicity in Band Formation Among Tropical Sharks. *Environ Biol. Fish.* 77: 309-315
- Martin, K. and Cailliet, M. G. 1988. Age and Growth Determination of the Bat Ray *Myliobatis californica* Gill, in Central California. *Copeia* 3: 762-773
- Márquez-Farías, F. 2002. The artisanal ray fishery in the Gulf of California: development, fisheries research and management issues, The IUCN/SSC Shark Specialist Group Homepage. <http://www.flmnh.ufl.edu/fish/Organizations/SSG/sharknews/sn14/s>.
- Mc. Eachran, J.D. y G. Notabartolo Di Sciara, 1995. Peces batoideos. Dentro Fischer, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K. E., Niem, V. H. (Ed) Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico central-oriental. Vol. II (I): 745-798
- Mollet H. F., J. M. Ezcurra. J. B. and O sullivan. 2002. Captive Biology of the Pelagic Stringray *Dasyatis Violacea* (Bonaparte, 1832). *Mar. Fresh Water Res.* 53: 531-541
- Nava-Fuentes, J.C. 2005. Crecimiento en dos especies de rayas (*raja undulata* y *raja asterias*) en la costa sureña de España en el año 2000 Tesis Licenciatura UABC 91
- Natanson, L.J. 1993. Effect of Temperature on Band Deposition in the little Skate, *Raja erinacea*. *Copeia* (1): 199-206
- Natanson, L.J. and Cailliet, G. M. 1990. Vertebral Growth Zone Deposition in Pacific Angel sharks. *Copeia* (4): 1133-1145
- Nikolskii, G. V. 1969. Theory of Fish Population Dynamics: as the Biological Background for Rational Exploitation and Management of Fishery Resources. Dr. J. E. S. Bradley (Ed) Oliver y Boyd 68-86
- Officer, R. A, A. S. Gason, T. I. Walker and J. G. Clement. 1996. Sources of Variation in Counts of Growth Increments in Vertebrae from Gummy

- Shark, *Mustelus antarcticus*, and School Sharks, *Galeorhinus galeus*: Implications for Age Determination. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 53:1765-1777
- Officer, R. A., 1995. Vertebral Mineralization Patterns in Gummy and School Sharks and Their Utility for Age Determination. A **Thesis Degree**. Departament of Zoology and school of Dental Science the University of Melbourne.
- Schwartz, F.J. 1983. Shark Aging Methods and Age Estimation of Scalloped Hammerhead, *Sphyrna lewini*, and Dusky, *Carcharhinus obscurus*, Sharks Based on Vertebral Ring Counts.in Proceedings of the International Workshop on Age Determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes, and Sharks. E.D. Prince and L.M. Pulos (Eds). U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 8: 167-174.
- Soto-Mardones, L., S. G. Marinone, Perés-Sierra, A. 1999. Variabilidad Espacio Temporal de la Temperatura Superficial del Mar en el Golfo de California. *Ciencias Marinas*. 25 (1): 1-30
- Sulikowski, J. A., M. D. Morin, S. H. Suk, and W. H. Howell. 2003. Age and Growth of the Winter Skate, *Leuraja ocellata*, in the Western Gulf of Maine. *Fish Bull.* 101: 405-413
- Sulikowski J.A., J. Kneebone, S. Elzey, J. Jurek, P.D. Danley, W. H. Howell, P.C.W. Tsang. 2005. Age and Growth Estimates of the Thorny Skate (*Amblyraja radiata*) in the Western Gulf of Maine. *Fish. Bull.* 103: 161-168
- Villavicencio-Garayzar, C.J. 1995. Distribución Temporal y Condición Reproductiva de las Rayas (Pisces: Batoidei), Capturadas Comercialmente en Bahía Almejas, B.C.S., México. *Revista de Investigación Científica* 6(1-2): 1-12
- Villavicencio-Garayzar, C.J. 1993. Notas sobre *Gymnura marmorata* (Cooper) (Pisces: Dasyatidae) en Bahía Almejas, B.C.S., México. *Revista de Investigación Científica* 5(2): 63-67
- White, W. and Potter I. C. 2005. Reproductive Biology Size and Age Compositions and Growth of the Batoid *Urolophus paucimaculatus*, Including Comparison whit other Species of the Urolophidae. *Mar. and Freshwater research* 56:101-110
- White, W. T., M.E. Platell. and I. C. Potter. 2001. Relationship Between Reproductive Biology and Age Composition and Growth in *Urolophus lobatus* (batoideo: Urolophidae). *Marine Biology* 138:135-147

Zar, J. H., 1999. Bioestatistical Analysis. Cuarta Edición. Prentice- Hall, Inc. New Jersey, EU. 929.

8. - ANEXOS

Anexo 1 Tallas máximas y mínimas de *Gymnura marmorata* en Ancho de Disco (AD) en las zonas de captura del Alto Golfo de California.

Lugar	n	Hembras		n	Machos	
		Max	Min		Max	Min
San Felipe	45	1060	355	45	515	310
Puerto Peñasco	60	1175	410	17	570	350

Anexo 2. Estructura de edades y porcentajes de frecuencia de *Gymnura marmorata* para el Alto Golfo de California

Edades	Hembras		Machos	
	AD prom	Frecuencia %	AD prom	Frecuencia %
1	395.60	5.21	401.67	5.88
2	505.44	9.38	414.43	58.82
3	562.57	14.58	444.22	17.65
4	669.00	15.63	478.75	7.84
5	702.36	14.58	501.67	5.88
6	824.50	10.42	535.00	3.92
7	893.00	5.21		
8	873.33	6.25		
9	880.00	3.13		
10	947.78	9.38		
11	1000.00	1.04		
12	865.00	2.08		
13	1090.00	1.04		
15	1150.00	1.04		
16	1175.00	1.04		

Anexo 3. Descripción de la temperatura anual de 1999 a 2005. para el Alto Golfo de California

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
prom	22.88	23.71	23.95	23.43	23.92	23.44	23.05
median	22.55	23.04	25.06	23.56	23.18	23.08	22.40
min	16.18	16.78	16.09	16.04	17.86	16.42	16.75
max	30.45	31.19	31.13	31.01	31.49	31.03	30.93

Anexo 4. Promedio anual de las bandas y anillos de crecimiento.

Año	Grosor de anillos Hialinos (mm)	Grs. Anillos opacos	Grs. De Bandas de crecimiento	Tem prom Anual.
1999	0.090	0.120	0.210	22.879
2000	0.141	0.090	0.231	23.710
2001	0.139	0.195	0.339	23.951
2002	0.156	0.148	0.306	23.434
2003	0.139	0.145	0.292	23.916
2004	0.129	0.146	0.274	23.436
2005	0.120	0.145	0.270	23.046