



CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
DEL NOROESTE, S.C.

Programa de Estudios de Posgrado

**ECOLOGÍA, BIOLOGÍA Y PESQUERÍA DE ALMEJA
DE SIFÓN *Panopea globosa* EN LA REGIÓN
CENTRAL DEL GOLFO DE CALIFORNIA**

T E S I S

Que para obtener el grado de

Doctor en Ciencias

Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales
(Orientación en Biología Marina)

p r e s e n t a

GUSTAVO CORTEZ LUCERO

La Paz, Baja California Sur, Noviembre del 2013

ACTA DE LIBERACION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B. C. S., siendo las 19:00 horas del día 31 del Mes de Octubre del 2013, se procedió por los abajo firmantes, miembros de la Comisión Revisora de Tesis avalada por la Dirección de Estudios de Posgrado del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., a liberar la Tesis de Grado titulada:

"ECOLOGÍA, BIOLOGÍA Y PESQUERÍA DE ALMEJA DE SIFÓN *Panopea globosa* EN LA REGIÓN CENTRAL DEL GOLFO DE CALIFORNIA"

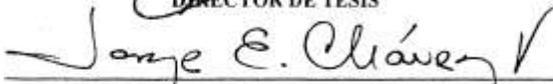
Presentada por el alumno:

GUSTAVO CORTEZ LUCERO

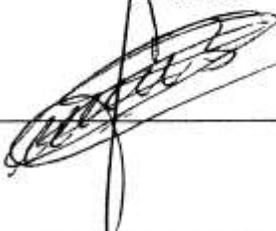
Aspirante al Grado de DOCTOR EN CIENCIAS EN EL USO, MANEJO Y PRESERVACION DE LOS RECURSOS NATURALES CON ORIENTACION EN **BIOLOGÍA MARINA**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron su **APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA

 _____ Dr. Eugenio Alberto Aragón Noriega DIRECTOR DE TESIS	 _____ Dr. José Alfredo Arreola Lizarraga CO-TUTOR
 _____ Dr. Jorge Eduardo Chávez Villalba CO-TUTOR	 _____ Dr. César Augusto Salinas Zavala CO-TUTOR

Dr. Daniel Bernardo Lluch Cota
CO-TUTOR



**DRA. ELISA SERVIERE ZARAGOZA,
DIRECTORA DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

CONFORMACIÓN DE COMITÉS

COMITÉ TUTORIAL

Director

Dr. Eugenio Alberto Aragón Noriega

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste

Co-Tutores

Dr. Daniel Bernardo Lluch Cota

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste

Dr. César Augusto Salinas Zavala

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste

Dr. José Alfredo Arreola Lizárraga

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste

Dr. Jorge Eduardo Chávez Villalba

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste

COMITÉ REVISOR DE TESIS

Dr. Eugenio Alberto Aragón Noriega

Dr. Daniel Bernardo Lluch Cota

Dr. César Augusto Salinas Zavala

Dr. José Alfredo Arreola Lizárraga

Dr. Jorge Eduardo Chávez Villalba

JURADO DE EXAMEN

Dr. Eugenio Alberto Aragón Noriega

Dr. Daniel Bernardo Lluch Cota

Dr. César Augusto Salinas Zavala

Dr. José Alfredo Arreola Lizárraga

Dr. Jorge Eduardo Chávez Villalba

Dr. Luis Brito Castillo (Suplente)

Dr. Eduardo Francisco Balart Páez (Suplente)

RESUMEN

Este estudio describe y delimita diez bancos susceptibles de ser aprovechados en la captura de almeja de sifón *Panopea globosa* en la parte central del Golfo de California. Se comparó la densidad entre bancos y la estructura de pesos y tallas en cada uno de ellos. Se determinó los parámetros de crecimiento de la especie y la talla de primera madurez. El estudio fue motivado porque el conocimiento biológico de esta especie es muy limitado en México. Para determinar la distribución y densidad de la almeja de sifón se realizaron muestreos en una red de estaciones rectangulares desde Bahía San Carlos hasta Bahía de Lobos. Las extracciones se hicieron por buceo semiautónomo y con ayuda de embarcaciones menores de 7m de eslora. En el presente estudio se recolectaron un total de 10,114 organismos con un peso promedio de 997 ± 212 g, resaltando que del total de organismos pesados el 80% estuvo por encima de los 800g. En cuanto a longitud se refiere el promedio fue de 132 ± 12.5 mm, con el 80% de los organismos por encima de la talla mínima legal (130mm) que sugiere el plan de manejo vigente de almeja generosa. La edad fue determinada mediante el método de "piel de acetato". El crecimiento se determinó utilizando un enfoque multi-modelo. Los parámetros de crecimiento individual fueron estimados por medio de cinco modelos:

Von Bertalanffy, Logístico, Gompertz, Schnute y Schnute-Richards. Los parámetros en cada uno de los modelos y su intervalo de confianza fueron calculados por el método de máxima verosimilitud. El modelo que mejor se ajustó a los datos de longitud-edad fue seleccionado utilizando el criterio de información de Akaike AIC (siglas en inglés). Según el AIC el modelo logístico de crecimiento describe mejor el crecimiento de *P. globosa* en esta región. Se encontró que la longitud asintótica de la especie en estudio fue de 123.72 mm (95% CI, 116.3, 128.1) promediando la longitud asintótica estimada con los cinco modelos. La talla de primera madurez que se alcanza a los 94 mm de longitud de concha. Se concluye que la almeja de sifón en la parte central del Golfo de California es una población recientemente asentada. Además, el uso de una talla mínima legal de captura con base en la longitud de concha de 130 mm de almejas de sifón, parece ser inadecuado para la

especie presente en esta área. Siendo una especie recientemente explotada los resultados aquí presentados son importantes para el conocimiento biológico y manejo pesquero.



Dr. Eugenio Alberto Aragón Noriega
Director de tesis

Palabras clave: *Panopea globosa*, ciclo biológico, Golfo de California

Abstract

This study describes and locates ten beds of geoducks *Panopea globosa* in central Gulf of California GCC suitable to be exploited. The density and size and weights structure of the geoducks were compared between beds. Individual's growth parameters and size at first maturity was also established. This study was carry-out mainly because scares biological know of this species in Mexico. In order to determine distribution and density a rectangular network of stations in the GCC were sampled out. The extractions were done semi-autonomous diving and using boats under 7m in length. In the present study we collected a total of 10,114 organisms with an average weight of 997 ± 212 g, noting that the total number of organisms was 80% above 800g. As regards the average length was 138 ± 12.5 mm, stressing that 80% was above the minimum legal size (130mm), which suggests the current management plan for the geoduck. Age was established using "acetate peel" method. Individuals growth was estimate by means of five models; von Bertalanffy, Logistic, Gompertz, Schnute and Schnute-Richards. The parameters in each models and their confidence interval were computed by maximum likelihood method. The best fitted model was selected using Akaike's information criterion AIC. According to the AIC the Logistic growth model better describes the growth of *P. globosa* in this region. The asymptotic length of the shell in cortes geoduck clam *Panopea globosa* off Guaymas (located in the central Gulf of California) was 123.72mm (95%confiden interval, 116.3-128.1) mm by averaging the asymptotic length estimated in five candidates models. Size at first maturity was fond to be 94 mm shell length. The conclusion is that geoduck population in CGC is a recent settled population. In addition the use of a minimum legal size of 130 mm shell length is not an effective management strategy for geoduck clams in this area. Being a recent established fishery the results here presented area very important for biological knowledge and for fisheries management.

DEDICATORIA

A mi familia

A mis padres

Judith Lucero Meza

Marcelo Cortez Campa

A mis hermanos

Jorge

Bibiana

Marcelo

A mis amigos

Joselinne

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT quien me apoyó mediante la beca de manutención 229682 para realizar mis estudios de Doctorado.

Al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) que me aceptó para realizar mis estudios de Doctorado a través de la Dirección de Estudios de Posgrado. A las autoridades y personal de esta dirección, así como a todos los investigadores que la apoyan por medio de la docencia, mi más sincero agradecimiento.

A la Unidad Sonora Campus Guaymas del CIBNOR que me apoyo a través de los proyecto 951-1 y EP0.01 del programa académico “Ecología Pesquera”. El apoyo de los proyectos fue importante para la parte de análisis de muestras, datos y para la escritura de este documento. A las autoridades de la institución mi agradecimiento.

Al Dr. Eugenio Alberto Aragón Noriega, Director del proyecto del cual se desprende este documento de tesis. Gracias por su disposición, apoyo y valiosa colaboración.

A los miembros del comité; Dr. César Augusto Salinas Zavala, Dr. Daniel Bernardo Lluch Cota, Dr. José Alfredo Arreola Lizárraga, Dr. Jorge Eduardo Chávez Villalba, por su asesoría académica y revisión de mi tesis.

Al Dr. Enrique Morales Bojórquez por sus asesorías en el manejo de teoría de información y enfoque multimodelo.

Al Dr. Luis Eduardo Calderón Aguilera quien fue fundamental en mi entrenamiento para el conteo de bandas de crecimiento en conchas. Además de sus atinados consejos y esmerado entrenamiento me facilitó el acceso a su laboratorio de esclerocronología en el CICESE. Gracias Leca por toda tu ayuda

Al M en C Edgar Alcántara Razo, técnico titular de laboratorio de ecología aplicada y pesquerías, por su apoyo y enseñanzas brindadas durante la elaboración del trabajo de tesis en todo momento gracias.

A Víctor Moreno por su ayuda en el procesamiento para la determinación de edad de las almejas.

Al M en C Rolando Cruz Vasquez por su ayuda y apoyo en el procesamiento de las conchas y por las anécdotas compartidas en los muestreos.

Al equipo de mantenimiento (Juan Luis Méndez Mena, Manuel Ricardo Dórame Acevedo, Oscar Francisco Leiva Rosas) por su apoyo incondicional en la elaboración, adaptación y reparación del equipo de muestreo; pero mayormente por su amistad.

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE FIGURAS y TABLAS	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	4
2.1. Generalidades	4
2.1.1 Descripción de cinco especies del género <i>Panopea</i>	7
2.2. Taxonomía	9
2.3. Pesquerías	10
2.3.1 Panorama mundial	10
2.3.2 Panorama nacional	10
III. JUSTIFICACIÓN	12
IV. HIPÓTESIS	13
V. OBJETIVOS	13
5.1. Objetivo general	13
5.2. Objetivos específicos	13
VI. MATERIALES Y MÉTODOS	14
6.1. Descripción del área de estudio	14
6.2. Delimitación de los bancos con presencia de almeja de sifón	15
6.3. Determinación de la densidad en los bancos	17
6.4. Extracción de almejas	18
6.5. Análisis de la estructura de tallas	19
6.6. Relación Longitud-Peso	21
6.7. Determinación de edad	22
6.7.1. Conteo de anillos	26
6.7.2. Razonamiento de la validación de los anillos anuales de crecimiento	28
6.8 Crecimiento	29
6.9 Estadios de madurez	33
6.10 Determinación de la talla de primera madurez	35
VII. RESULTADOS	39
7.1 Delimitación de bancos	39
7.2 Determinación de la densidad	40
7.3 Comparación de la densidad entre bancos	40
7.4 Abundancia	42
7.5. Frecuencias de peso y longitud de almeja de sifón por banco en el Sur de Sonora	44
7.5.1. Frecuencias de peso y longitud en 2008	44
7.5.2. Frecuencias de peso y longitud en el año 2011	50
7.6. Análisis de la relación de longitud total de la concha – peso vivo total para <i>Panopea globosa</i> en los años 2008 y 2011.	59
7.7. Conteo de anillos	64
7.8. Estructura de edad en frecuencia relativa	66
7.9. Estructura de tallas en frecuencia relativa	66

7.10. Modelos de crecimiento	68
7.11. Curvas de crecimiento	69
7.12. Talla de primera madurez de <i>P. globosa</i>	71
VIII. DISCUSIÓN	76
8.1 Distribución espacial	76
8.2. Estructura de tallas y pesos	80
8.3.Relación peso - longitud	83
8.4. Edad y crecimiento	84
8.5.Modelos de crecimiento	88
8.6.Talla de primera madurez	90
IX. CONCLUSIÓN	92
X. LITERATURA CITADA	93
10.1 CITAS ELECTRÓNICAS	101
ANEXOS	102
I Artículo publicado	102
II Artículo sometido	112
III Protocolo de histología	137

LISTA DE FIGURAS

Figura		Pagina
1	Distribución conocida de <i>Panopea</i> spp. en México.	6
2	A) <i>Panopea abbreviata</i> (Valenciennes, 1939), B) <i>Panopea zelandica</i> (Quoy y Gaimand, 1835), C) <i>Panopea japonica</i> (Adams, 1849), D) <i>Panopea</i> <i>generosa</i> (Vadopalas et al, 2010) y E) <i>Panopea</i> <i>globosa</i> (Dall, 1898).	8
3	Almeja de sifón <i>Panopea</i> spp.	9
4	Captura de almeja <i>generosa</i> en los tres principales países productores.	11
5	Capturas comerciales por especie de almeja de sifón en México.	11
6	Área de estudio de almeja de sifón <i>Panopea globosa</i> en la parte central de la costa de Sonora.	14
7	Ubicación de puntos de muestreo.	16
8	Criterio para la definición de un banco.	16
9	Esquema del área de barrido, por el buzo en el fondo marino.	17
10	A) Marcas del sifón en el sustrato, B) Extracción de la almeja, C) Equipo utilizado para la extracción de almeja de sifón.	19
11	Medidas tomadas a los organismos recolectados de <i>Panopea globosa</i> .	20
12	Peso en gramos de los organismos recolectados de <i>Panopea globosa</i> .	20
13	Biometrías realizadas en laboratorio para <i>Panopea globosa</i> , peso y longitud del organismo.	23
14	Marcado de la concha para realizar el corte.	23
15	Secado, marcado y epoxicado de la concha.	24
16	Proceso de corte de la concha de <i>Panopea globosa</i> .	24
17	Proceso de pulido de los anillo de crecimiento de <i>Panopea</i>	25

	<i>globosa.</i>	
18	Proceso de limpieza de impurezas del pulido de los anillos de crecimiento para <i>Panopea globosa.</i>	25
19	Aplicación de la técnica de “ acetate peel ” para la impresión de los anillos de crecimiento de <i>Panopea globosa</i>	26
20	Proceso de lectura de anillos de crecimiento de <i>Panopea globosa.</i>	27
21	Determinación de edad y años firma (AF) para <i>Panopea globosa.</i>	27
22	Validación de edad, usando los años firma (AF) descritos por Blake <i>et al.</i> (2008) para <i>Panopea globosa.</i>	28
23	Biometrías realizadas a las almejas procesadas para análisis de madurez.	33
24	Esquemas para la separación de las gónadas.	34
25	Esquemas para seccionar la gónada.	35
26	Localización de bancos en la zona de estudio.	39
27	Valores promedio de los organismos por banco en el área de estudio.	41
28	Valores promedio de las densidades por m ² por banco en el área de estudio.	43
29	Frecuencias relativas de peso de <i>Panopea globosa</i> en 10 bancos del área central de Sonora.	46
30	Valores promedio para peso en el año 2008 para todos los bancos.	47
31	Frecuencias relativas de longitud de <i>Panopea globosa</i> en 10 bancos del área central de Sonora.	48
32	Valores promedio para longitud en el año 2008 para todos los bancos.	49
33	Frecuencias relativas de peso de <i>Panopea globosa</i> para el año 2011 en 10 bancos del sur de Sonora.	52

34	Valores promedio para peso en el año 2011 para todos los bancos.	53
35	Frecuencias relativas de longitud de <i>Panopea globosa</i> para el año 2011 en 10 bancos del sur de Sonora.	54
36	Valores promedio para longitud en el año 2011 para todos los bancos.	55
37	Comparación interanual de pesos en los 10 bancos de la zona de estudio.	58
38	Comparación interanual de tallas en los 10 bancos de la zona de estudio.	58
39	Variación promedio del peso por banco entre los años 2008 y 2011 en el área de estudio.	60
40	Variación promedio de la longitud por banco entre los años 2008 y 2011 en el área de estudio.	61
41	Relaciones biométricas para el 2008 en los 10 bancos del sur de Sonora.	62
42	Relaciones biométricas para el año 2011 en los 10 bancos del sur de Sonora.	63
43	A) Marcas anuales de crecimiento de <i>Panopea globosa</i> mostrando 12 años de edad. B) Marcas anuales de crecimiento mostrando 20 años de edad. C) Marcas anuales de crecimiento mostrando 9 años edad.	65
44	Estructura de tallas en frecuencia relativa.	66
45	Curvas de crecimiento de los cinco modelos utilizados para evaluar los datos.	70
46	Almeja disectada dejando al descubierto parte de la gónada.	71
47	Las secciones histológicas de las fases reproductivas de las gónadas de hembras y machos de <i>Panopea globosa</i> : Inmaduro (A, F), madurez en desarrollo (B, G), maduro (C, H), parcialmente desovado (D, I), desovado (E), y no diferenciado	72

(J). Fo - folículo, Ct - tejido conectivo, So - ovocito secundario, Mo - ovocito maduro, Ro - reabsorción de ovocitos, Sp - espermatozoides, Sd - conducto de esperma.

48	Frecuencia de gónadas maduras por tallas de <i>Panopea globosa</i> .	73
49	Muestra la longitud de primera madurez para la especie <i>Panopea globosa</i> en la región central del Golfo de California, utilizando el método lineal.	74
50	Longitud de primera madurez para <i>Panopea globosa</i> en la región central del Golfo de California, utilizando el método no lineal ajustado con el criterio de máxima verosimilitud.	75

LISTA DE TABLAS

Tabla		Pagina
I	Etapas de vida y características de <i>Panopea generosa</i> según Goodwin (1976).	5
II	Técnica de deshidratación e infiltración en parafina para crustáceos, utilizada en el laboratorio de histología del DICTUS.	36
III	Número de almejas maduras e inmaduras en la estructuras de tallas, encontradas durante el periodo de muestreo (noviembre 2008- enero de 2011) en la región central del Golfo de California.	38
IV	Valores de números de organismos de <i>Panopea globosa</i> capturados en el área de estudio.	40
V	Diferencias significativas entre los bancos en el área de estudio.	41
VI	Diferencias significativas entre las densidades de los bancos en el área de estudio.	42
VII	Área explotable y Abundancia por banco en el área de estudio <i>Panopea globosa</i> en el área de estudio.	43
VIII	Matriz de probabilidades para peso de todos los bancos en el año 2008.	47
IX	Matriz de probabilidades para longitud de todos los bancos en el año 2008.	49
X	Matriz de probabilidades para peso de todos los bancos en el año 2011.	53
XI	Matriz de probabilidades para longitud de los bancos en el año 2011.	55
XII	Estadística descriptiva de peso en los 10 bancos durante 2008 y 2011.	56
XIII	Estadística descriptiva de tallas en los 10 bancos durante 2008	57

	y 2011.	
XIV	Valores de la ecuación longitud-peso en 2008 y 2011.	64
XV	Cantidad y frecuencia de datos de <i>Panopea globosa</i> obtenidos en la parte central del Golfo de California para calcular la longitud promedio en edades de 2 a 27 años.	67
XVI	Valores de AIC para las estructuras de error aditivo o multiplicativo.	68
XVII	Parámetros de los modelos ajustados a los valores “crudos” y promedio de longitud a la edad de <i>Panopea globosa</i> de la parte central del Golfo de California.	69
XVIII	Valores de AIC, Δ_i , W_i y L_∞ obtenidos de los modelos ajustados con los datos “crudos” y promedios de longitud a la edad para <i>Panopea globosa</i> de la parte central del Golfo de California.	69
XIX	Estimaciones de los parámetros para la ecuación que nos indica las relaciones entre la proporción de almejas maduras y su longitud de concha (LC en mm) de <i>Panopea globosa</i> en Bahía del Sol, Sonora, México.	74

LISTA DE ANEXOS

Anexo		Página
I	Artículo publicado	102
	Cortez-Lucero G., J.A. Arreola-Lizárraga, J. Chávez-Villalba y E. A. Aragón-Noriega 2011. Edad, crecimiento y mortalidad de la almeja de sifón, <i>Panopea globosa</i> (Bivalvia: Hiatellidae) en la región central del Golfo de California, México. Revista de Biología Marina y Oceanografía 46(3): 453-462	
II	Artículo Sometido	112
	Cortez-Lucero G., J.A. Arreola-Lizárraga, J. Chávez-Villalba y E. A. Aragón-Noriega 2013. Determinación de bancos de almeja de sifón <i>Panopea globosa</i> (Bivalvia: Hiatellidae), en la región central del Golfo de California, México. Hidrobiológica SOMETIDO	
III	Protocolo de histología	137

I. INTRODUCCIÓN

Las especies del género *Panopea*, comúnmente conocidas como almeja de sifón (Familia Hiatellidae), tienen una distribución cosmopolita. El género comprende varias especies como *Panopea abbreviata* (Valenciennes, 1839), la cual es endémica del suroeste Atlántico, *P. zelandica* (Quoy y Gaimard, 1835) que se encuentra en el Pacífico suroeste, *P. japonica* (Adams, 1849) que se distribuye desde las Islas Aleutianas a Japón y Corea del Sur, *P. globosa* (Dall, 1898) que se encuentra principalmente en el Golfo de California y Bahía Magdalena en Baja California Sur, y *P. generosa* (Gould, 1850) que se distribuye desde Alaska a Baja California, México. De acuerdo con Coan *et al.* (2000), *P. generosa* es sinonimia de *P. abrupta* (Conrad, 1849). La pesca comercial de la almeja de sifón del Pacífico, se inició en 1970 en el estado de Washington, Estados Unidos y en 1976 en British Columbia, Canadá, donde el promedio de desembarques (2006 a 2010) es de ~1600 t y 1335 t, respectivamente (datos disponibles en www.st.nmfs.noaa.gov y www.env.gov.bc.ca/omfd). Más recientemente, la explotación de las especies de almeja *generosa* se ha extendido hacia el noroeste de México: *P. generosa* a lo largo de la costa del Pacífico en Baja California, y *P. globosa* en el Golfo de California y Bahía Magdalena, B.C.S.

Al inicio de la explotación de la almeja de sifón existía confusión para la clasificación taxonómica de las especies mexicanas, sin embargo, hay una característica muy particular en la cual difieren; el seno paleal. En *P. globosa* su impresión es prácticamente nula mientras que en *P. generosa* el seno paleal es amplio y bien definido (Keen, 1971). Pero fue hasta 2010 cuando esta incertidumbre sobre la clasificación quedó completamente despejada con los estudios genéticos de Rocha-Olivares *et al.* (2010) quienes aportaron la información sobre las diferencias genéticas y clasificación de las especies como *P. generosa* en la costa del Pacífico de Baja California y *P. globosa* en el Golfo de California. Posteriormente Leyva-Valencia (2012) demostró que la especie que se captura en Bahía Magdalena es *P. globosa*, siendo el primer aporte de que esta especie no es endémica del Golfo de California.

Existe escasa información de los aspectos básicos de la biología de ambas especies en México. Esto ha motivado el desarrollo de la investigación científica de las dos especies para adquirir conocimientos biológicos estructurales y funcionales. Lo más importante es la determinación de la edad para poder implementar otros modelos básicos en el manejo pesquero. Para otros congéneres de *P. globosa* se estableció una técnica que fue aplicada por primera vez por Shaul y Goodwin (1982) y validada por Noakes y Campbell (1992), Bureau *et al.* (2002) y McArthur *et al.* (2008). La técnica es conocida en inglés como ‘acetate peel’, la cual ha sido utilizada ampliamente para determinar el crecimiento mediante el conteo de los anillo de crecimiento que consisten en marcas concéntricas opacas e hialinas para un año de crecimiento. También se han establecido los llamados años firma (AF) que son líneas amplias y angostas que se repiten consistentemente en varios organismos (conchas) y que por lo tanto se les puede asignar un año específico. Las conchas de los organismos de un banco o una localidad pueden presentar diferentes AF debido a las diferencias ambientales. La lógica de la exactitud consiste en que se conoce la fecha de recolecta y por lo tanto también se conoce el año que corresponde al anillo de crecimiento más externo, la identificación de los AF, permite entonces determinar con mayor exactitud los años correspondientes a los anillos internos. De esta manera la información obtenida permite determinar la edad del bivalvo que es conocido por su extrema longevidad, alcanzando un récord de 168 años (Bureau *et al.*, 2002).

Si bien existe una gran cantidad de información sobre *P. generosa* de Washington y Columbia Británica (Feldman, 2004), las poblaciones de *Panopea* spp. del noroeste de México, en Baja California y Sonora, son objeto de pesca con un rápido crecimiento, sin embargo, se desconoce la estructura de edades y la tasa de crecimiento de la población, así como los parámetros de crecimiento individual. Este conocimiento es esencial para abordar la base biológica y la idoneidad de tamaño mínimo de captura permisible como una estrategia de gestión y aprovechamiento sostenible (Pauly, 1996; Tijaro-Rojas y Salgado-Cabrera, 2007; Mora *et al.*, 2009). El manejo pesquero de esta especie en México se ha basado en el establecimiento de una talla mínima de captura y de una cuota de extracción por banco susceptible de pesca, pero sin el conocimiento biológico correspondiente. Es importante considerar que los estudios para estimar la biomasa y mortalidad por pesca, se

realizan a partir de modelos basados en la estructura de edad (Bradbury y Tagart, 2000) y la estimación de los parámetros de crecimiento requiere estimaciones precisas de edad.

Hay que añadir también que la regla de control que establece la talla mínima legal de extracción en los 130 mm de longitud de concha no ha considerado aspectos reproductivos, por lo que el conocimiento de la edad y talla de primera madurez se vuelve importante. En el Golfo de California el periodo reproductivo se restringe a los meses de octubre a abril tanto para la parte central (Aragón-Noriega *et al.*, 2007; Arambula-Pujol *et al.*, 2008) como en el Alto Golfo de California (Calderón-Aguilera *et al.*, 2010a). Sin embargo, aún no se ha determinado la edad y talla de primera madurez en ninguno de los dos sitios para los cuales ya se describió el ciclo biológico reproductivo.

Otro aspecto importante en la regla de control para la explotación de almeja de sifón es que la explotación se realizará por banco. La definición de un banco es ambigua y necesita ser precisada, pero más importante es que se deben determinar el número de bancos que puedan ser aprovechados, comparar los aspectos básicos de la especie entre bancos como estructura de tallas, densidad entre otros aspectos.

Es fundamental para mejorar el manejo de la pesquería el generar conocimiento biológico y contribuir en la elaboración de un plan de manejo específico y regional. Particularmente, estimar los parámetros de crecimiento de *P. globosa* del Golfo de California contribuye sin lugar a dudas a plantear estrategias bien fundadas para el aprovechamiento y conservación, ya que la determinación imprecisa puede provocar una sobreexplotación de poblaciones debido a que estos parámetros están relacionados con los procesos biológicos clave como la reproducción. Este estudio se realizó para determinar los bancos susceptibles de ser aprovechados en la parte central del Golfo de California, determinar la edad y talla de primera madurez así como los parámetros de crecimiento de *Panopea globosa* en la parte central del Golfo de California

II. ANTECEDENTES

2.1 Generalidades

La almeja de sifón es un organismo dioico, como la mayoría de los bivalvos, presenta fecundación externa con siete estadios de vida, siguiendo del huevo fertilizado tres estadios de larva (larva trocófora, larva veliger I, larva veliger II), estadio postlarval, estadio juvenil y adulto (Tabla I).

El estadio larval en condiciones naturales puede durar aproximadamente entre 40 y 50 días hasta su asentamiento, después las postlarvas permanecen algunas semanas en la superficie del sedimento, mismas que se alimentan de los depósitos superficiales hasta su metamorfosis. Orensans *et al.* (2000) afirman que al desarrollarse los sifones los juveniles comienzan a excavar en el sedimento, empezando así su crecimiento con alimento en suspensión.

Bradbury *et al.*(2000) señalan que el número de almejas y su distribución está influenciado por el tipo de sustrato que le permite enterrarse, además de varios factores ambientales como la disponibilidad de alimento, la temperatura del agua, la turbidez y las corrientes. Habita en sustratos arenosos, arcillosos, limosos y donde hay gravilla con limos. Por lo general se encuentra enterrada a una profundidad de 0.6-1 m, lo anterior por sus hábitos infaunales no puede establecerse en el sustrato rocoso. Su distribución batimétrica va de la zona intermareal hasta profundidades de 110 m (Straus *et al.*, 2008).

Cuando el sifón de la almeja se extiende sirve para captar alimento y expulsar desechos, y durante el periodo reproductivo expulsa los gametos. El sifón de la almeja puede tener varios pies de largo, puede frecuentemente sobresalir como bastones de la arena durante las mareas bajas, ya que no puede ser retraído dentro de la concha. Cada baja de marea, el cuerpo de la almeja puede estar como mínimo cuatro pies debajo de la arena, requiriendo de tenacidad por parte del organismo para mantenerse en el fondo.

Tabla I. Etapas de vida y características de *Panopea generosa* según Goodwin (1976).

Estadio	Talla	Edad, medida y características
Huevo fertilizado	Hasta 80 μm	Esférica
Larva Trocófora	81-100 μm	<24 h, con la concha formada (semejante a un rombo achatado)
Larva Velíger I	110-165 μm	Concha recta abisagrada, este estadio dura de 2 a 16 días en total.
Larva Velíger II	165-400 μm	Protuberancia en la concha, las dos etapas veliger se llevan a cabo en las edades de 2 a 16 días; las larvas tienen conchas y nadan con el velum.
Postlarva	400-1500 μm	Se adhiere a partículas de sustrato con sus hilos, pero no cava el sustrato.
Juvenil	1.5-7.5 mm de longitud de concha	El pie de la concha no cava activamente; no están sexualmente maduros.
Adulto	75-200+ mm de longitud de concha	Reduce notablemente la excavación activa, sexualmente maduro.

Cuando el sifón se contrae deja una marca parecida a una protuberancia en forma ovalada con dos orificios centrales, lo que permite identificar la ubicación de la almeja. En ocasiones el sifón se contrae de tal manera que no es posible observar las marcas en el sustrato esto se presenta más en los meses de junio a septiembre cuando el fondo marino tiene una visibilidad máxima de 15-20 cm, debido a la gran cantidad de partículas suspendidas en la columna de agua y a las altas temperaturas del ambiente marino.

La almeja de sifón se distribuye desde Norteamérica bajo el fondo intermareal y submareal a 110 m en forma paralela a lo largo de la línea costera desde la Península de Baja California hasta Alaska, y del oeste al sureste de Japón, en México más recientemente en las costas de Baja California Sur y Sonora (Figura 1).

En Canadá particularmente en la provincia de Vancouver, y en los Estados Unidos, en el estado de Washington es donde se explota desde los años setentas y es ahí donde ha tenido el mayor auge esta pesquería. En México era desconocida hasta hace unos años, haciendo los primeros descubrimientos hasta finales de la década de los noventas en las costas de Baja California e iniciando su pesquería en años más recientes bajo el status de pesca de fomento y después como pesca comercial. Por su gran demanda, la almeja de sifón ha adquirido también un alto valor comercial en el mercado especialmente el asiático donde se puede vender entre 10 a 13 dólares por kilo, lo que la ha convertido en una especie de gran interés pesquero (INAPESCA, 2007).

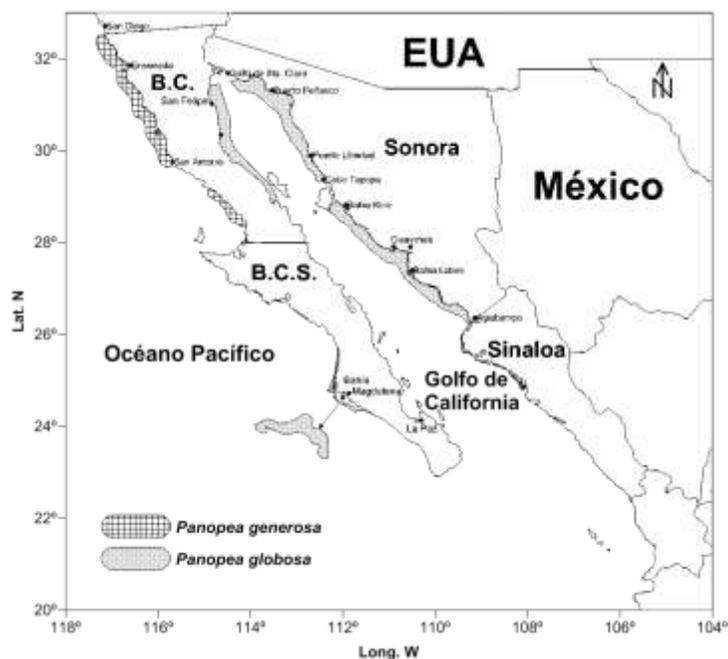


Figura 1. Distribución conocida de *Panopea generosa* y *Panopea globosa* en México

2.1.1 Descripción de cinco especies del género *Panopea*

Panopea abbreviata (Valenciennes, 1939) (Figura 2A), endémica del Atlántico occidental, es conocida también como “southern geoduck” y su nombre común deriva del nombre de Nisqually, el bivalvo infaunal de mayor tamaño en el Mar Argentino. Esta especie llega a 150 mm de largo de la valva y puede llegar a pesar 1.3 kg (Ciocco, 2000). Se distribuye desde la latitud de Río de Janeiro (23 °S) hasta Puerto Deseado (48° S), pero es particularmente abundante en los Golfos San Matías y San José, con una densidad importante (visualmente 8–10 ind m⁻²) en bajas profundidades. En el norte de Patagonia, la pesquería de *P. abbreviata* comenzó bajo un estatus experimental. Entre 3 y 10 ton de almejas vivas fueron capturadas anualmente mediante buceo y usando métodos artesanales (agua a presión inyectada en el sedimento utilizando una motobomba en la embarcación). Durante esta fase exploratoria se han obtenido capturas individuales por unidad de esfuerzo superiores a 50 kg por Buzo⁻¹.h⁻¹ (Morsan y Ciocco, 2004).

Panopea zelandica (Quoy y Gaimand, 1835) (Figura 2B) conocida comúnmente como almeja de aguas profundas o “New Zealand geoduck”. Es una especie grande de moluscos bivalvos marinos de la familia Hiatellidae a la que también se le llama almeja rey o “Gaper” en referencia a que la concha no se han cerrado en los extremos (Powell, 1979). Se puede encontrar en todo el Norte, Sur e Islas Stewart de Nueva Zelanda, se produce principalmente en aguas poco profundas (5-25 m) en la arena y el barro de las playas. Al igual que otros geoducks, se encuentran bajo el fango marino y extiende un sifón 30-45 centímetros por encima de la superficie del sustrato. El sifón contiene dos tubos; el agua es succionada por un tubo y se filtra para la alimentación y luego es expulsada a través del otro (Powell, 1979).

Panopea japonica (Adams, 1849) (Figura 2C). Esta especie tiene una pobre descripción en la literatura, pero es descrita con concha amplia y de gran tamaño, con forma rectangular, las líneas de crecimiento son irregulares, el ligamento de color marrón rojizo, la concha en el interior es blanco y el seno paleal es ancho pero no profundo.

Panopea generosa (Vadopalas *et al.*, 2010) (Figura 2D) pertenece a la Clase Bivalva, Orden Myoida, Familia Hiatellidae y se distribuye en Norte América bajo el fondo intermareal y submareal a 110 m en forma paralela a lo largo de la línea costera desde la

Baja California hasta Alaska, y del Oeste al Sureste de Japón, es muy abundante en Puget Sound, Washington y en la Columbia Británica, donde el stock submareal soporta la pesquería comercial (Campbell *et al.*, 1998). Existe para este recurso diferentes presentaciones que van desde producto vivo hasta enlatado o congelado, un gran mercado potencial, siendo principalmente de exportación a países asiáticos.

Panopea globosa (Dall, 1898) (Figura 2E). Esta almeja es muy similar a *P. generosa*, por lo que suelen confundirse, presentan concha delgada y frágil con forma cuadrática redondeada en ambos extremos, en diferentes intensidades de gris, de claro a oscuro, valvas entre abiertas. Existe una característica para diferenciar a una especie de la otra, el seno paleal en *P. generosa* es casi nulo mientras que en *P. globosa* el seno paleal es amplio (Keen, 1971).

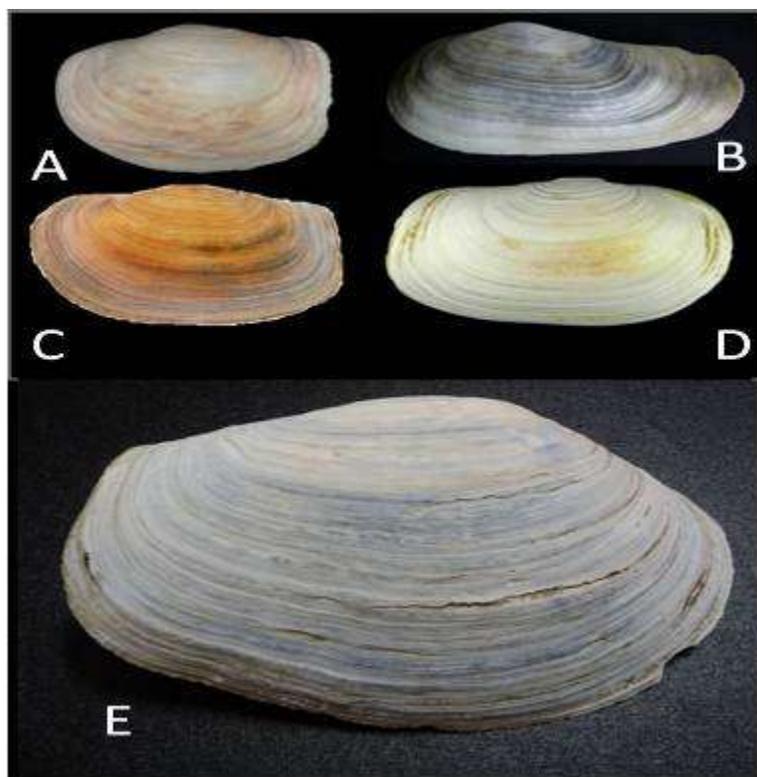


Figura 2.-A) *Panopea abbreviata* (Valenciennes, 1939). B) *Panopea zelandica* (Quoy y Gaimand, 1835). C) *Panopea japonica* (Adams, 1849). D) *Panopea generosa* (Vadopalas *et al.*, 2010). E) *Panopea globosa* (Dall, 1898).

2.2 Taxonomía

La ubicación taxonómica de la almeja de sifón *Panopea globosa* (Figura 3) de acuerdo con ¹ITIS Report es:

Reino: Animalia

Phylum: Mollusca

Clase: Bivalva

Subclase: Heterodonta

Orden: Myoida



Superfamilia: Hiatelloidea

Familia: Hiatellidae

Género: *Panopea* (Menard, 1807)

Especie: *Panopea globosa*
(Dall, 1898)

Figura 3. Almeja de sifón *Panopea* spp.

¹ Integrated Taxonomic Information System, National Museum of Natural History, Washington, D.C. (<http://www.itis.usda.gov/>)

2.3. Pesquerías

2.3.1 *Panorama mundial*

La pesquería de almeja *generosa* se inició en 1970 en el estado de Washington, Estados Unidos y posteriormente en la provincia de Vancouver, British Columbia, Canadá en 1976. En 1988 se registró por primera vez capturas de almeja *generosa* en Nueva Zelanda y en 2004 en Argentina. Sin embargo estos dos últimos países no han desarrollado una pesquería comercial. En México la pesca comercial inició hasta 2004. En British Columbia se registraron 1,402 toneladas en promedio anual para los años 2004-2008, mientras que en Washington promedio anual fue 1,297 toneladas para el mismo periodo. En México se capturó una producción promedio de 937 ton de 2004 a 2008, pero en el periodo 2006-2008 la captura reportada fue de 1,200 toneladas por año (Calderón-Aguilera y Aragón-Noriega, 2011). A pesar de lo anterior el estado de Washington ha registrado capturas por arriba de 1,300 toneladas en los dos últimos años de registro. Los principales países productores de almeja *generosa* son Estados Unidos, México y Canadá, en ese orden de importancia (Figura 4).

2.3.2 *Panorama nacional*

En México, particularmente en el Golfo de California, se hacen los primeros descubrimientos de almeja *generosa* a fines de la década de los noventa y a inicios del año 2000 surgen los primeros grupos de pescadores interesados en explorar la posibilidad de aprovecharla; no fue hasta 2002 cuando empieza su explotación en el Golfo de California bajo el régimen de pesca de fomento y hasta 2004 como pesca comercial. Es hasta el año 2012 cuando se publica de manera oficial el plan de manejo para la pesquería de almeja *generosa* en Baja California (SAGARPA, 2012). La pesquería de almeja *generosa* que ocurre en Baja California, es soportada por las especies *Panopea generosa* y *P. globosa*, llamadas comúnmente almeja “*generosa*”, “trompa de elefante”, “chiluda”, o “geoduck”: Éstas se explotan comercialmente, la primera en el litoral occidental (costa del Pacífico) y la segunda en el oriental (parte del Golfo de California) de dicho estado. El recurso en 2006 generó aproximadamente 93 empleos directos, con una captura en el Pacífico de 275,352

kg y en el litoral oriental de 1,037,586 kg de peso vivo. Participan en la captura 10 permisionarios con 31 equipos. La información oficial de capturas de ambas costas hasta diciembre de 2011 muestra que la captura más importante es la del Golfo de California (Figura 5). En Sonora sería una pesquería pionera de esta especie, lo que la hace sumamente atractiva y con un gran potencial de explotación de encontrarse los bancos requeridos.

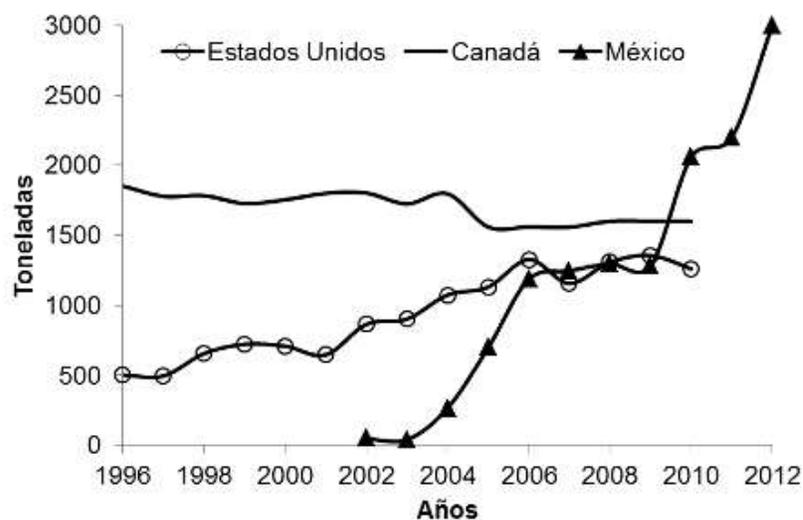


Figura 4. Captura de almeja *generosa* en los tres principales países productores (modificada de Aragón-Noriega *et al.*, 2012)

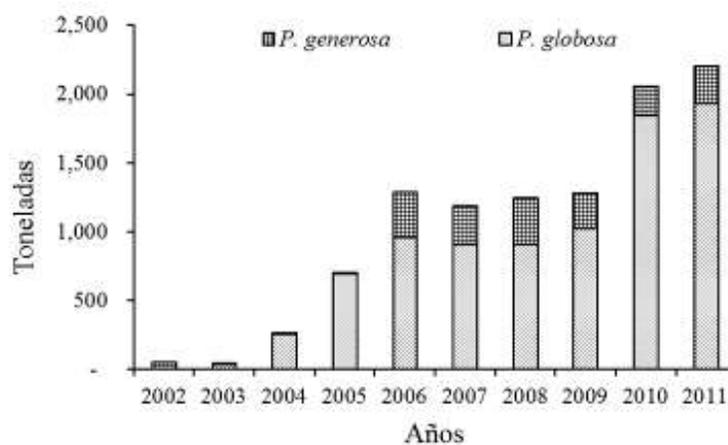


Figura 5. Capturas comerciales por especie de almeja de sifón en México.

III.- JUSTIFICACIÓN

En Sonora ha crecido el interés de muchos pescadores locales por aprovechar la almeja de sifón al grado de que se han otorgado nuevas áreas a los solicitantes cubriendo así el sur del estado (de Bahía de Kino hasta la bahía de Agiabampo) hasta los límites con el estado de Sinaloa. La autoridad (SAGARPA-CONAPESCA) utiliza como estrategia de manejo pesquero una regla de control que considera tres puntos importantes para el manejo:

- 1.- Permiso de pesca basado en cuota por banco aprovechable.
- 2.-Talla mínima legal de captura de 130 mm.
- 3.-Tasa de explotación en fase de fomento de 0.5% y de 1 % en pesca comercial.

La cuota se asigna utilizando la siguiente ecuación:

$$CP_{t+1} = [(Ab_t - AbTML_t) - CP_{t-1}]xTE \quad (\text{ecuación 1})$$

Donde: CP_{t+1} es la captura permitida en el tiempo $t+1$ en el banco “ i ”; Ab es la abundancia total estimada del banco “ i ” al tiempo t ; $AbTML$ es la abundancia estimada para los organismos menores a la talla mínima legal al tiempo “ t ”; CP_{t-1} es la captura realizada en el año $t-1$ en el banco “ i ”; TE es la tasa de explotación constante aplicable a la abundancia de organismos que tienen tallas de captura superior a la mínima legal.

Lo que busca la administración pesquera es evitar la sobrexplotación del recurso y que se dañe a las comunidades que dependen de él. La disminución de la población de almejas será medida desde la abundancia estimada y debido a que se desconoce la densidad de equilibrio de la población, será tomada como referencia para evitar que las densidades disminuyan demasiado rápido; así mismo, las cuotas de captura se estimarán por banco para evitar que la disminución de dichas densidades sean en grandes extensiones poblacionales a consecuencia de una baja en la reproducción, aumentos en su mortalidad natural y como resultado de condiciones ambientales adversas a la especie. Para todo lo anterior es necesario generar conocimiento biológico básico como edad y talla de primera madurez, tasa de crecimiento y evaluación constante de la densidad y abundancia en los bancos que se encuentren en la costa de Sonora.

IV.- HIPÓTESIS

La población de almeja de sifón *Panopea globosa* que habita en la parte central del Golfo de California presenta rasgos en su dinámica poblacional que hacen suponer que el plan de manejo actual requiere ajustes basados en los parámetros poblacionales propios de esta región.

V.- OBJETIVOS

5.1.- OBJETIVO GENERAL

- Establecer las bases biológicas y ecológicas para el aprovechamiento sustentable de la almeja de sifón, *Panopea globosa* en la parte central del Golfo de California.

5.2.- OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar y delimitar los bancos con presencia de almeja de sifón en el sur de Sonora.
- Determinar la densidad y abundancia de almeja de sifón por banco en el sur de Sonora.
- Determinar la estructura de tallas y pesos de almeja de sifón por banco.
- Determinar la edad de las almejas que se capturan en el sur de Sonora.
- Determinar los parámetros de crecimiento de la almeja de sifón en el sur de Sonora.
- Definir la talla de primera madurez de la almeja.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Descripción del área de estudio

La zona de estudio y recolección de organismos abarca desde San Carlos Nuevo Guaymas hasta la porción media de la isla de Bahía de lobos; comprende un área total de 1,429, 216 km² y debido a la isobata de los 30 m el área explotable se reduce de manera considerable hasta 721, 692.5 km², el polígono se encuentra localizado entre las coordenadas extremas “27.35 a “27.94 y “110.6 a 111.2 (Figura 6).

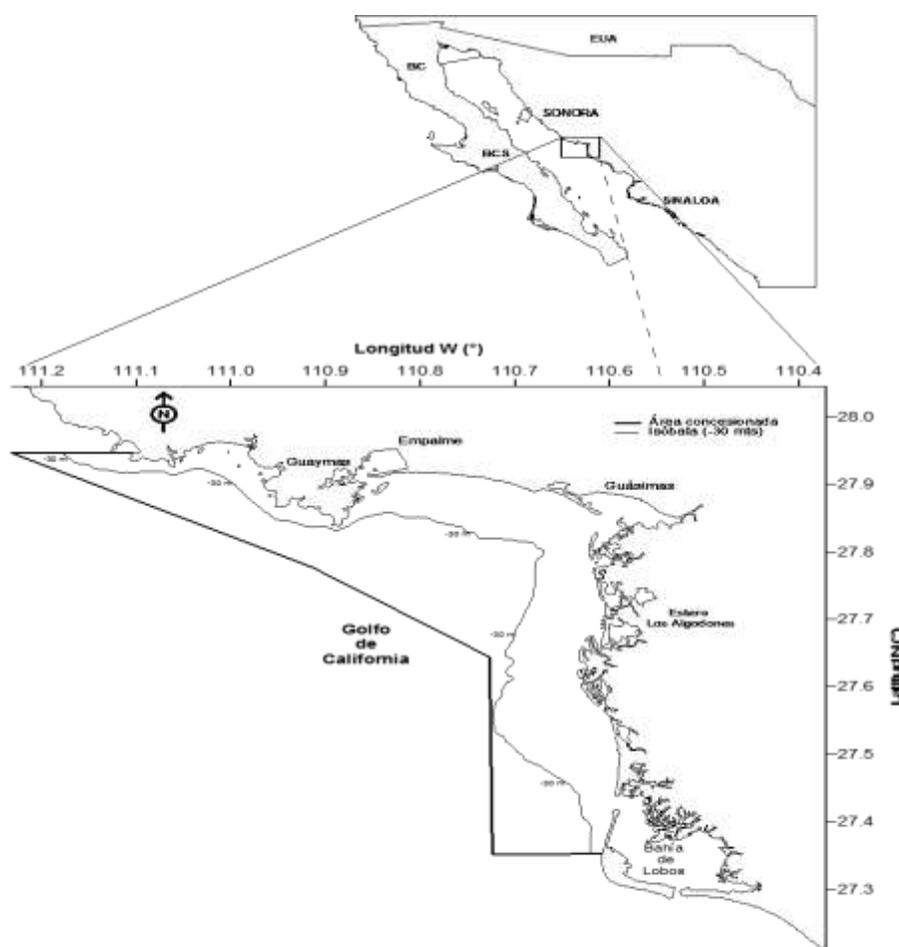


Figura 6. Área de estudio de almeja de sifón *Panopea globosa* en la parte central de la costa de Sonora.

6.2 Delimitación de los bancos con presencia de almeja de sifón

En el área a estudiar se determinó la batimetría del lugar, después fue trazada la línea de la isobata de los 30 metros, a partir de ésta se realizó la localización de los puntos rectangulares de muestreo (Figura 7) de 1,000 x 500 m, en cada cruce de las líneas trazadas se registra su posición con la ayuda de un sistema de posicionamiento global GPS (por sus siglas en inglés) y el buzo hizo una caída registrando presencia ó ausencia de almeja.

En la Figura 8, podemos observar los criterios con los cuales es definido un banco. La línea amarilla indica la costa. Los círculos rellenos indican cuadrantes positivos o con presencia de organismos, mientras que los círculos vacíos representan cuadrantes vacíos o sin presencia de organismos. La línea roja indica el contorno del banco. Obsérvese que dentro del banco puede haber puntos vacíos, mientras que el contorno puede estar definido por batimetría y/o porque en todo el trayecto no se encontraron cuadrantes con puntos positivos. El punto más somero normalmente es después de la rompiente y el más profundo es de 30 m.

Siguiendo los criterios de que la zona de concentración de organismos cuente con una estructura poblacional común y definida por su densidad o algún otro criterio característico como su estructura de tallas o edades según el Plan de Manejo (CONAPESCA, 2007).

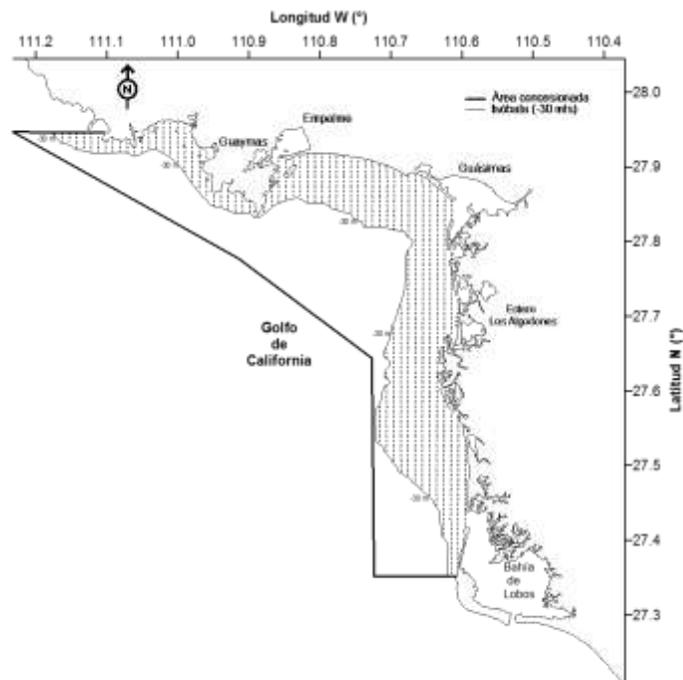


Figura 7. Ubicación de puntos de muestreo.

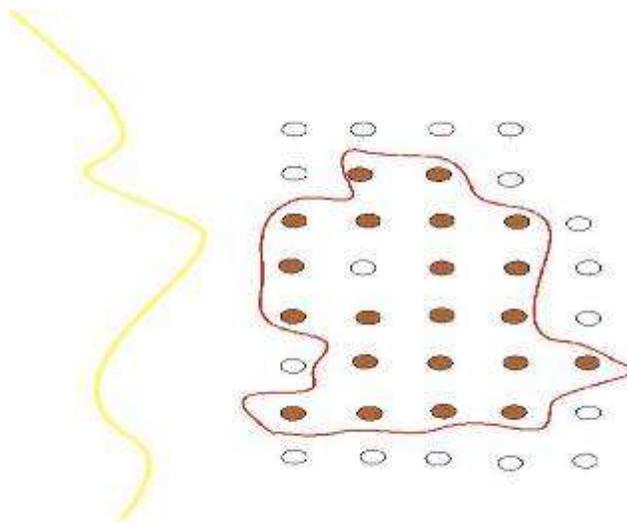


Figura 8.- Criterio para la definición de un banco.

6.3 Determinación de la densidad en los bancos

Posteriormente de que quedaron definidos los límites de los bancos, en el interior de cada uno de ellos se trazaron líneas de 250 x 250 m y se realizaron caídas de buzo en cada vértice. En estas caídas de buzo se colocó una línea, que consistió en extender una cuerda de 25 m de longitud sobre el fondo marino, en los extremos tuvo fijo un peso de 10 kg atados a estructuras llamadas muertos, además de poseer una cuerda que mide 1 m, misma que empleó el buzo para recorrer una línea como se muestra en la Figura 9. Del punto A-B del lateral derecho y B-A del lateral izquierdo; con lo anterior se realizó un barrido de 50 m². El buzo contó las almejas presentes en esa línea con 1 metro a cada lado (50 m²), ya sea observando el sifón o la marca de éste en el substrato (Figura 10A, 10B).

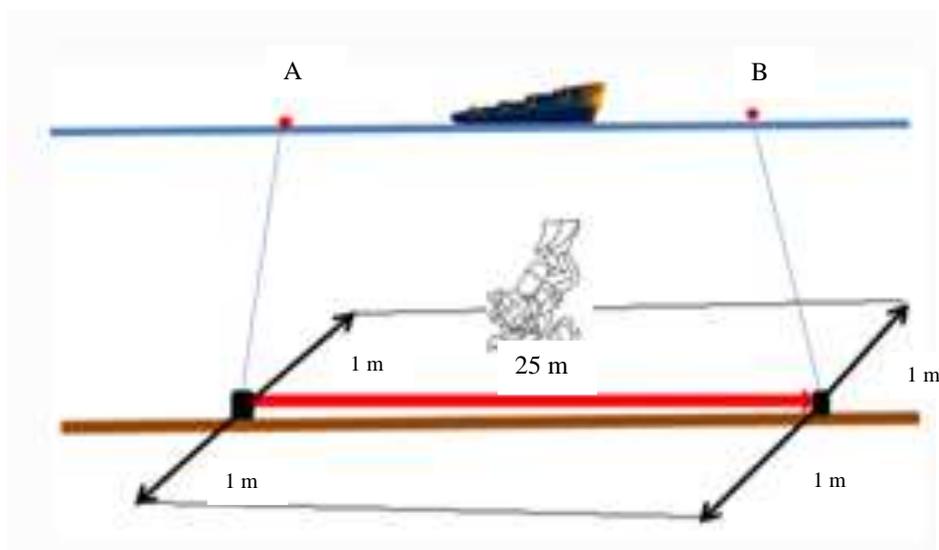


Figura 9.- Esquema del área de barrido, por el buzo en el fondo marino.

Para la evaluación de densidad y abundancia se utilizaron los datos nominales; estos consistieron en los organismos observados por el buzo en cada cuadrante de 50 metros cuadrados tomados en cada banco. Con estos datos se realizaron las comparaciones entre bancos: Posteriormente estos mismos datos fueron divididos entre el área del cuadrante (50 m²) para obtener el valor de densidad en términos de organismos por metro cuadrado

(org/m²). A estos datos también se les aplicó los mismos análisis estadísticos que a los valores nominales para obtener las comparaciones de densidad entre bancos en esta magnitud que es más comúnmente reportada en la literatura. Límite: 3 organismos por cuadrante, es decir, 0.06 org/m²

6.4. Extracción de almejas

La extracción de la almeja de sifón se realizó con embarcaciones menores de fibra de vidrio de 20 a 22 pies de eslora, equipadas con motor fuera de borda de capacidad variable (50 a 115 HP), remos, jabas para la colocación del producto y un compresor de aire para buceo semiautónomo (“hooka”), el cual es operado por un motor de gasolina de 5 a 7 HP. También se utilizó una motobomba de agua para la remoción del sustrato y la extracción de la almeja de sifón. En su captura intervinieron tres pescadores, el buzo, cabo de vida y el bombero. El primero extrajo el recurso, el cabo de vida es el que suministró el aire y se comunicó con el buzo con un cabo sujeto a la jaba; y el bombero manejó la embarcación hacia los bancos de captura. Por lo general el buzo trabajó a una profundidad no mayor a 30 m, en su búsqueda localizó las marcas (Figura 10A, 10B) ocasionadas por el sifón de la almeja. Debido a que su sifón se contrae y extiende hacia la superficie del sustrato deja una huella en forma de orificio, lo que sirve de referencia para localizarla. Posteriormente y utilizando una motobomba (Figura 10C) se extrae la almeja. La motobomba utiliza agua a presión y desentierra al organismo, mismo que se deposita en jabas. Una vez en la embarcación, se manipuló el organismo con cuidado de no romperlo y de uno a uno se colocó en los viveros a los que se les estuvo cambiando constantemente el agua para mantenerlas en buen estado.

Los muestreos se llevaron a cabo cada mes, desde diciembre de 2008 a noviembre del 2011, las campañas se programaron dependiendo de las condiciones ambientales tales como: viento y marea, además de esto se tomó en cuenta la disponibilidad del permisionario para hacer uso del equipo de trabajo (recurso humano y logístico) para realizar la etapa de prospección.



Figura 10.- A. Marcas del sifón en el sustrato, B. Extracción de la almeja, C. Equipo utilizado para la extracción de almeja de sifón.

6.5 Análisis de la estructura de tallas

Los parámetros biométricos (longitud, alto y ancho en centímetros) se determinaron a cada uno de los organismos extraídos, con ayuda de un ictiómetro y el uso de un vernier con una precisión de 0.1 mm. Las medidas se tomaron según se aprecia en la Figura 11. El peso total y de las partes blandas en gramos se obtuvieron con una balanza granataria de una precisión de 0.1 g (Figura 12).

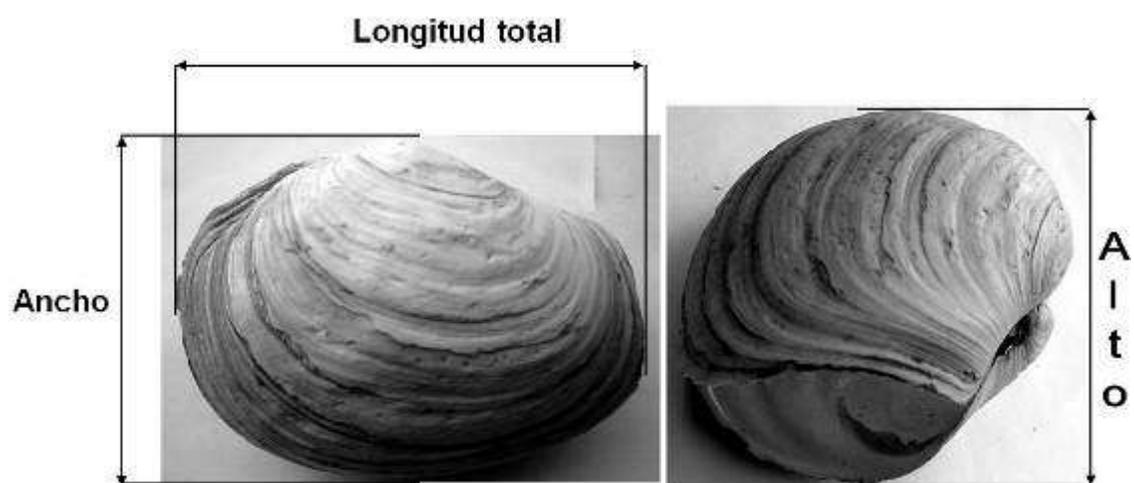


Figura 11. Medidas tomadas a los organismos recolectados de *Panopea globosa*.



Figura 12. Peso en gramos de los organismos recolectados de *Panopea globosa*.

Los análisis estadísticos realizados sobre longitud y peso se hicieron para evaluar si existen diferencias entre los distintos bancos delimitados. Para esto se utilizó el programa STATISTICA. Primeramente se hizo el análisis de varianza de una vía con la prueba F de Fisher para obtener las posibles diferencias entre los bancos. Después, al arrojar diferencias la prueba F se procedió a realizar un análisis a posteriori donde se optó por utilizar una prueba de Tukey, es decir una prueba múltiple que calcula las diferencias entre bancos y su significancia. La salida del programa STATISTICA para esta prueba es una matriz de probabilidades (Turkey Test) que compara los diferentes tratamientos (bancos) en forma global. Todas las pruebas fueron realizadas con un 95% de confianza.

6.6 Relación Longitud-Peso

Para describir la relación entre la longitud y peso se utilizó una ecuación potencial (Sparre y Venema 1992):

$$PT = a * LT^b \quad (\text{ecuación 2})$$

Donde: PT= peso total, LT= longitud total.

La ecuación se ajustó a los datos combinados para obtener los valores de los coeficientes a y b . Datos de LT y PT se transformaron logarítmicamente para ajustar de manera lineal la ecuación y resolverla a través de mínimos cuadrados. Se realizó una prueba t a la pendiente de la relación LT-PT respecto de 3 (crecimiento isométrico) para determinar el tipo de crecimiento. El valor de t se obtuvo a partir de la fórmula descrita por Walpole (Zar, 1996).

$$t = (\beta_1 - \beta_2) / S_b \quad (\text{ecuación 3})$$

Donde: t = Estadístico t de Student; β_1 = Valor de pendiente obtenido en la relación longitud-peso; $\beta_2 = 3$ (crecimiento isométrico); S_b = Error típico del estimado.

Cuando el resultado es igual a 3, se determina que el crecimiento es simétrico. En los resultados contrarios se concluyó que presentan un crecimiento asimétrico.

Posteriormente, se realizó una prueba t para determinar la significancia de los valores obtenidos.

6.7 Determinación de edad

Procesamiento de las conchas

La edad de las conchas se estableció usando una técnica aplicada por Shaul y Goodwin (1982), Bureau et al. (2002) y validada por Noakes y Campbell (1992) y McArthur et al. (2008). La técnica es conocida en inglés como ‘acetate peel’, la cual ha sido usada ampliamente y se puede determinar mediante el crecimiento de los anillos los cuales están marcados en las conchas. El procedimiento consiste en tomar los datos biométricos como longitud total, peso y altura, extraer los tejidos del interior de la almeja, recuperar las valvas y limpiarlas completamente, después dejarlas secar durante 24 horas (Figura 13). Una vez hecho esto se toma la valva izquierda y se marca con un lápiz #2 desde el umbo para poder hacer visual el área de crecimiento (Figura 14). La zona marcada es cubierta con una capa delgada de epóxico, el cual sirve para que la superficie de la valva no se astille y evitar una posible quebradura perdiendo así las líneas de crecimiento durante el corte (Figura 15). A este proceso se le llama curado, después de éste las conchas están listas para el corte. Éste se hace por el lado izquierdo de la línea para no perder el primer año de crecimiento (Figura 16). La superficie plana es pulida aplicando una presión suave durante 20 a 30 segundos, removiendo las estrías causadas durante el proceso anterior. Una superficie lustrosa indica un pulido exitoso (Figura 17). Las líneas de crecimiento son resaltadas aplicando una gota de ácido clorhídrico al 5%, después de 15 a 20 segundos se limpia con agua destilada dejando reposar durante 12 horas (Figura 18). Las líneas de crecimiento son grabadas en un acetato previamente suavizado con una gota de acetona previo al contacto con la zona de las líneas de crecimiento, las cuales se obtienen presionando sobre un objeto blando (borrador). Después de 5 minutos es removido de manera suave y el acetato es colocado entre 2 porta objetos (Figura 19). La muestra es observada en el microscopio y evaluada para su lectura. Una vez procesada la muestra, se

obtiene una fotografía digital. Se cuentan las líneas de crecimiento por dos diferentes personas y se envió el archivo fotográfico al “Pacific Biological Station” ubicado en Nanaimo, Canadá para una tercera lectura. La estimación de la edad es basada en el conteo de anillos marcados obtenidos mediante el proceso mencionado anteriormente y donde cada anillo representa un año de edad. De esta manera simplemente se contabilizan todos y se hace una determinación de la edad.



Figura 13. Biometrías realizadas en el Laboratorio para *P. globosa*, Peso y Longitud del organismo.



Figura 14. Marcado de la concha para realizar el corte.



Figura 15. Secado, marcado y epoxicado de la concha.



Figura 16. Proceso de corte de la concha de *P. globosa*.



Figura 17. Proceso de pulido de los anillo de crecimiento de *P. globosa*.



Figura 18. Proceso de limpieza de impurezas del pulido de los anillos de crecimiento para *P. globosa*.

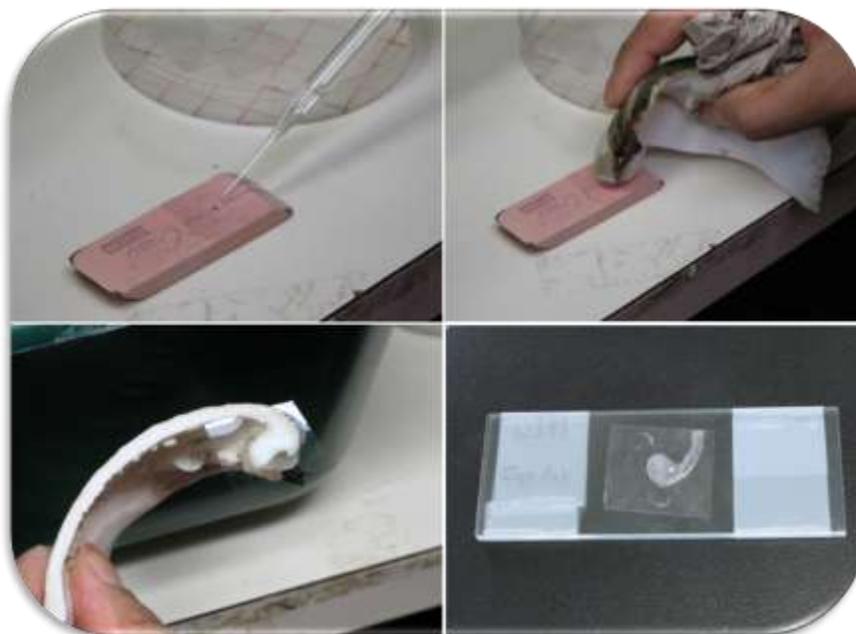


Figura 19. Aplicación de la técnica de “ acetate peel ” para la impresión de los anillos de crecimiento de *P. globosa*.

6.7.1. Conteo de anillos de crecimiento

El conteo de anillos de crecimiento se realizó con el uso de un microscopio. Se puso especial atención en obtener conteos exactos y precisos. Para asegurar la exactitud se usó la técnica conocida como “crossdating” (Black, 2008). Ésta consiste en contar por primera vez las líneas hialinas de crecimiento de verano desde el extremo hacia el origen del umbo (Figura 20). Por cada muestra de conchas se debe tratar de identificar (primero en los acetatos mejor hechos) lo que se conoce como “años firma” (AF), que consisten en líneas de crecimiento amplias y angostas que se repiten consistentemente en varias conchas y que por lo tanto se les puede asignar un año específico. Las conchas de banco o una localidad pueden presentar diferentes AF debido a los microclimas. Posteriormente, se realiza una segunda lectura usando los AF como referencia para confirmar la edad. La lógica de la exactitud consiste en que se conoce la fecha de colecta y por lo tanto también se conoce el año que corresponde al anillo de crecimiento más externo, la identificación de los AF,

permite determinar con mayor exactitud los años correspondientes a los anillos internos (Figura 21).



Figura 20. Proceso de conteo de anillos de crecimiento de *P. globosa*.

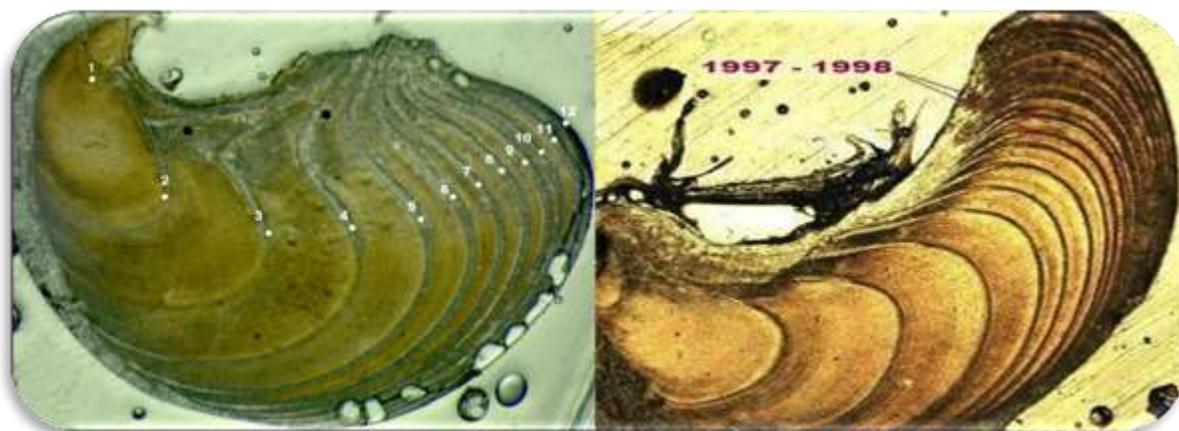


Figura 21.- Determinación de edad y años firma (AF) para *P. globosa*.

Para asegurar la precisión en el conteo de anillos de crecimiento, cada concha fue revisada analizada por dos personas. Ambos lectores recibieron entrenamiento en dos ocasiones en las técnicas de “acetate peel” y “crossdating” por expertos del Fisheries and Oceans Canada Fish Ageing Laboratory, Pacific Biological Station at Nanaimo, British Columbia, Canadá.

6.7.2. Razonamiento de la validación de los anillos anuales de crecimiento

Es necesario validar que las bandas de crecimiento observadas y contadas corresponden a incrementos anuales. Aunque Shaul y Goodwin (1982) realizaron esta validación para *P. generosa*, esto no se ha hecho para *P. globosa*. La técnica de “crossdating” ha sido usada para obtener lecturas exactas de edad (validación de edad) en organismos longevos como peces y bivalvos bajo el supuesto que el medio ambiente sincroniza los incrementos del crecimiento y que por lo tanto produce (en organismos del mismo sitio) patrones consistentes de bandas estrechas y amplias a las que se les conoce como años firma (AF) y que pueden ser asignadas a un año específico (Black *et al.*, 2005; Black *et al.*, 2008 Figura 22).

Con base a lo anterior, se supone que si una concha con un número de anillos A_x , tiene un año marca S_x (amplio o angosto) que se puede asignar a un año específico, y que si otra concha recolectada un año después con un número de anillos A_{x+1} muestra el mismo año marca S_x entonces podemos concluir que las banda observadas representan incrementos anuales en *P. globosa*.

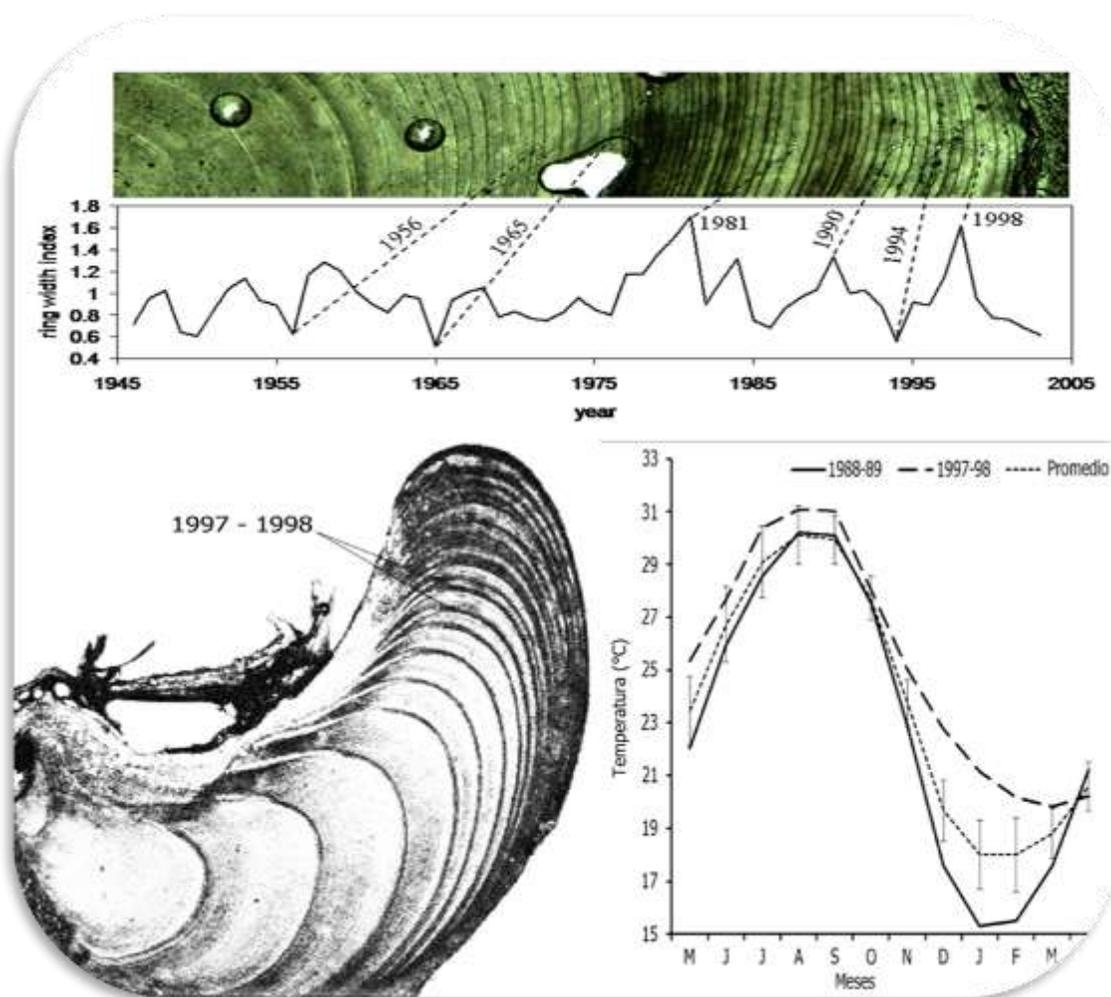


Figura 22. Validación de edad, usando los años firma (AF) descritos por Blake et al, 2008.
Para *P. globosa*.

6.8 Crecimiento

Se seleccionó un conjunto de modelos candidatos que se ajustaron a los datos de longitud a la edad de *P. globosa*. Los modelos incluyen al modelo de crecimiento de von Bertalanffy (MCVB), el modelo de Gompertz, el modelo logístico (Ricker 1975), el caso uno del modelo desarrollado por Schnute (1981), y el modelo de Schnute y Richards (1990) y se describen a continuación:

El MCVB que se representa por la ecuación:

$$L(t) = L_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)}) \quad (\text{ecuación 4})$$

El modelo logístico:

$$L(t) = L_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)})^{-1} \quad (\text{ecuación 5})$$

El modelo de Gompertz descrito por la ecuación:

$$L(t) = L_{\infty} e^{-\left(\frac{1}{k_3}\right)e^{-k_3(t-t_2)}} \quad (\text{ecuación 6})$$

El modelo de Schnute y Richards (1990) descrito por la siguiente ecuación:

$$L(t) = L_{\infty} (1 + \delta e^{k_4 t^{\nu}})^{1/\gamma} \quad (\text{ecuación 7})$$

Para todos estos modelos los parámetros evaluados se describen como:

$L(t)$	longitud a la edad t
t	edad a la longitud $L(t)$
L_{∞}	longitud promedio de un organismo muy viejo (longitud asintótica)
k	determina la rapidez para alcanzar L_{∞} (parámetro de curvatura)
t_0	edad hipotética a la cual la longitud del organismo es cero.
k_2	tasa relativa de crecimiento
t_1	punto de inflexión de la curva sigmoidea
t_2	es $\frac{\ln \lambda}{k_3}$
λ	es la tasa de crecimiento relativa inicial teórica a la edad cero (unidades de año ⁻¹)
k_3	es la tasa de decaimiento exponencial de la tasa de crecimiento relativa (unidades de año ⁻¹)
δ, ν, γ	son parámetros adimensionales
k_4	tiene unidades de año ⁻¹

El modelo de Schnute adquiere cuatro formas matemáticas. En este estudio usamos el caso uno del modelo cuando $\lambda \neq 0, \rho \neq 0,$

$$L(t) = \left[l^\rho + (\delta^\rho - l^\rho) \frac{1 - \exp^{-\lambda(\tau - \tau_1)}}{1 - \exp^{-\lambda(\tau_2 - \tau_1)}} \right]^{\frac{1}{\rho}} \quad (\text{ecuación 8})$$

- τ_1 es la menor edad en el conjunto de datos.
 τ_2 es la mayor edad en el conjunto de datos.
 λ es una tasa constante relativa de la tasa relativa de crecimiento. Es un parámetro a estimar.
 ρ es una tasa de incremento relativa de la tasa relativa de crecimiento. Es un parámetro a estimar.
 l tamaño a la edad τ_1 . Es un parámetro a estimar.
 δ tamaño a la edad τ_2 . Es un parámetro a estimar.

Para el modelo de Schnute que no calcula el parámetro L_∞ en su estimación directa se debe aplicar la siguiente ecuación

$$L_\infty = \left[\frac{\exp^{\lambda\tau_2\delta^\rho} - \exp^{\lambda\tau_1 l^\rho}}{\exp^{\lambda\tau_2} - \exp^{\lambda\tau_1}} \right]^{\frac{1}{\rho}} \quad (\text{ecuación 9})$$

Según lo propuesto por Schnute (1981) y cuyos parámetros ya fueron definidos líneas arriba.

Los datos se ajustaron a cada uno de los diferentes modelos de crecimiento antes mencionados con la función de máxima verosimilitud con el algoritmo de Newton (Haddon 2001).

$$LL = \frac{n}{2} [\text{Ln } 2\pi + 2 \text{Ln}\sigma + 1] \quad (\text{ecuación 10})$$

Considerando

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (\text{Ln}(\mathbf{Lt}_{obs}) - \text{Ln}(\mathbf{Lt}_{esp.}))^2}{n}} \quad \text{Para error multiplicativo (ecuación 11)}$$

$$\sigma = \sqrt{\sum \frac{(Lt_{obs} - Lt_{esp.})^2}{n}}$$

Para error aditivo (ecuación 12)

Decisión del mejor modelo: La selección del modelo se llevó a cabo a través de una forma corregida del AIC (Burnham y Anderson, 2002). Esta corrección se realiza si la razón n/k es menor a 40. Para eso se toma en cuenta el modelo con la mayor cantidad de parámetros. Se asume que las desviaciones están normalmente distribuidas con varianza constante. El modelo con el menor valor de AIC_c ($AIC_{c, \min}$) fue el seleccionado como el mejor.

$$AIC_c = AIC + (2k(k + 1)/(n - k1)) \quad (\text{ecuación 13})$$

$$IC = 2LL + (2k) \quad (\text{ecuación 14})$$

Donde:

LL es la es la verosimilitud logarítmica negativa.

n es el número de observaciones.

k es el número de parámetros en el modelo.

Se calcularon para todos los modelos las diferencias entre los AIC_c de cada modelo y el AIC_c menor o mínimo:

$$\Delta_i = AIC_{c,i} - AIC_{c,\min} \quad (\text{ecuación 15})$$

Para cada modelo se calculó la plausibilidad (el peso de la evidencia a favor del modelo i) a través de la “ponderación del criterio de información Akaike” como se describe a continuación:

$$w_i = \frac{\exp(-0.5\Delta_i)}{\sum_{i=1}^5 \exp(-0.5\Delta_i)} \quad (\text{ecuación 16})$$

Siguiendo un enfoque de inferencia multi-modelo, se determinó L_{∞} “promedio” de todos los modelos candidatos y usando los correspondientes W_i para ponderar.

$$\bar{L}_{\infty} = \sum_{i=1}^5 w_i L_{\infty,i}^{\wedge} \quad (\text{ecuación 17})$$

De igual manera se calculó el error estándar y el intervalo de confianza al 95 % de la longitud asintótica promedio:

$$\hat{L} = \pm t_{d.f.,0.975} E.Std. \left(\hat{L}_{\infty} \right) \quad (\text{ecuación 18})$$

Donde:

$$E.Std.(\bar{L}_{\infty}) = \sum_{i=1}^5 w_i \left(var(L_{\infty,i}^{\wedge} g_1) + (L_{\infty,i}^{\wedge} - \bar{L}_{\infty})^2 \right)^{1/2} \quad (\text{ecuación 19})$$

6.9 Estadios de madurez

Los organismos recolectados fueron llevados al laboratorio en hieleras y posteriormente pasados a recipientes para realizarles las biometrías correspondientes (Figura 23). Estos organismos fueron colocados en charolas de laboratorio para su manejo y procesamiento, donde se procedió a eviscerarlos cuidadosamente con un bisturí y tratando de no dañar la gónada (Figura 24). Una vez eviscerado; se procedió a retirar la gónada aislando el tejido conectivo, así como el tejido muscular que hubiera quedado adherido a la misma.



Figura 23. Biometrías realizadas a las almejas procesadas para análisis de madurez.



Figura 24.- Esquemas para la separación de las gónadas.

Una vez que se obtuvo la gónada se procedió a seccionarla, empezando con cortes transversales y equidistantes, primeramente el corte es por la mitad y después se procedió a seccionar cada corte en cortes más finos y transversales a la sección del primer corte (Figura 25).



Figura 25. Esquemas para seccionar la gónada

6.10 Determinación de la talla de primera madurez

Los organismos se agruparon en inmaduros (estadios I y II) y maduros (estadios III, IV y V) agrupados en intervalos de 5 mm de longitud total de concha, desde 70 hasta 155 mm (columnas 1 a 3 de la tabla III). Del número total de organismos (maduros e inmaduros) de cada talla se obtuvo la proporción de los maduros (columna 4 de la tabla III). La proporción de almejas maduras en cada talla fue dividida entre la mayor proporción de almejas maduras encontrada en todas las tallas (columna 5 de la tabla III). Esto con el objetivo de representar la proporción de la población reproductiva en cada talla. Ya que se asume que la mayor proporción de almejas maduras en cierta talla representa el porcentaje de la población que se encuentra madura. Debido a que los organismos inmaduros no se pueden diferenciar por sexos se optó por utilizar los datos totales sin separar sexos.

Tabla II. Número de almejas maduras e inmaduras en la estructuras de tallas, encontradas durante el periodo de muestreo (noviembre 2008- enero de 2011) en la región central del Golfo de California.

1	2	3	4	5
Longitud Total (en mm)	Frecuencia	Maduros	Proporción	Proporción Ajustada
70	1	0	0.00	
75	6	0	0.00	
80	6	2	0.33	0.35
85	0	0		
90	6	4	0.67	0.70
95	5	1	0.20	0.21
100	6	4	0.67	0.70
105	19	13	0.68	0.72
110	19	15	0.79	0.83
115	25	23	0.92	0.97
120	36	34	0.94	0.99
125	41	39	0.95	
130	38	34	0.89	0.94
135	36	28	0.78	0.82
140	12	10	0.83	0.88
145	13	11	0.85	0.89
150	5	5	1.00	
155	1	1	1.00	

Finalmente se obtiene una relación entre la longitud total contra las proporciones ajustadas de cada talla y usando el modelo descrito por King (1995):

$$P = \frac{1}{1 + e^{-r(L-L_{50})}} \quad (\text{ecuación 20})$$

de la que se obtiene

$$\ln\left(\frac{1-P}{P}\right) = rL_{50} - rL \quad (\text{ecuación 21})$$

donde: P es la proporción de almejas maduras, r la pendiente de la curva y L_{50} es la longitud de primera madurez o longitud a la cual corresponde el 50% de organismos están maduros.

Posteriormente se graficó $\ln\left(\frac{1-P}{P}\right)$ contra L y usando regresión lineal simple se calculan los valores de los parámetros de ajuste de la línea para posteriormente obtener: $r = -b$ $L_{50} = a/r$

Con esta metodología se obtiene la talla de primera madurez usando el criterio de selección del modelo lineal que se usó por mucho tiempo en la literatura de biología pesquera. La tendencia en biología pesquera es usar métodos no lineales para obtener los parámetros de ajuste de los modelos y para el caso de este estudio se usó la máxima verosimilitud como criterio de ajuste. Se sustituyeron los valores de r y L_{50} en la ecuación de talla de primera madurez, se calculó la proporción de organismos maduros para cada talla. El valor de L_m , se recalculó minimizando la verosimilitud logarítmica negativa (L) con la ecuación

$$-L = - \sum_{i=1}^n \left[m_i * \ln\left(\frac{p_i}{1-p_i}\right) + n_i * \ln(1-p_i) + \ln\left(\binom{n_2}{m_2}\right) \right] \quad (\text{ecuación 22})$$

Donde:

n = es el número de total de organismos de la clase i , y m = es el número de organismos maduros en la clase i .

Tabla III. Características histológicas de los diferentes estadios gametogénicos en hembras y machos.

Estadio gametogénico	Hembras	Machos
Gametogénesis temprana	La pared de los acinos se observa engrosada, con gran cantidad de ovogonias y con algunos ovocitos en desarrollo, ausencia de tejido folicular y presencia amplia de tejido conectivo interfolicular.	Folículos pequeños y dispersos conteniendo células de afinidad basófila presumiblemente espermatocitos en desarrollo, tejido conectivo interfolicular.
Crecimiento	El espacio folicular se ve ocupado por múltiples ovocitos de formas regulares y diferentes tamaños (en desarrollo) siendo los más comunes los previtelogénicos, pared folicular engruesada y ausencia de tejido conectivo interfolicular.	Aumento de tamaño en los folículos y reducción del tejido conectivo interfolicular, espermatocitos visibles.
Madurez	Ovocitos grandes de formas oval o circular dentro del folículo (diámetro ~35 μm), todos con núcleo visible, en algunos se apreció el nucléolo, pared folicular reducida y se detectó poco tejido conectivo interfolicular.	Folículos ampliamente desarrollados con arreglo centrífugo más denso en la periferia y menos denso en el centro, los espermatozoides fueron visibles por sus colas alineadas al centro del folículo, tejido conectivo interfolicular reducido.
Desove	Folículos vacíos con algunos ovocitos pedunculados.	Folículos vacíos, con presencia de escasos espermatozoides en su interior alineados hacia el centro, espacios vacíos entre presencia de tejido conectivo interfolicular.
Reabsorción	Presencia de ovocitos de gran tamaño con bordes difusos (lisis) dentro del folículo, paredes del folículo engrosadas, aparición de tejido conectivo interfolicular, y en algunos casos se detectan amebocitos.	Folículos con su interior difuso, no se identificaron espermatozoides ni espermatocitos, aumento del tejido conectivo interfolicular

VII. RESULTADOS

7.1 delimitación de bancos

Se logró delimitar 10 bancos (Figura 26) desde punta San Carlos hasta la boca norte de Bahía de Lobos. Todos los bancos presentan figuras irregulares y el área determinada para cada uno de ellos es variable y se aprecia en la Tabla IV.

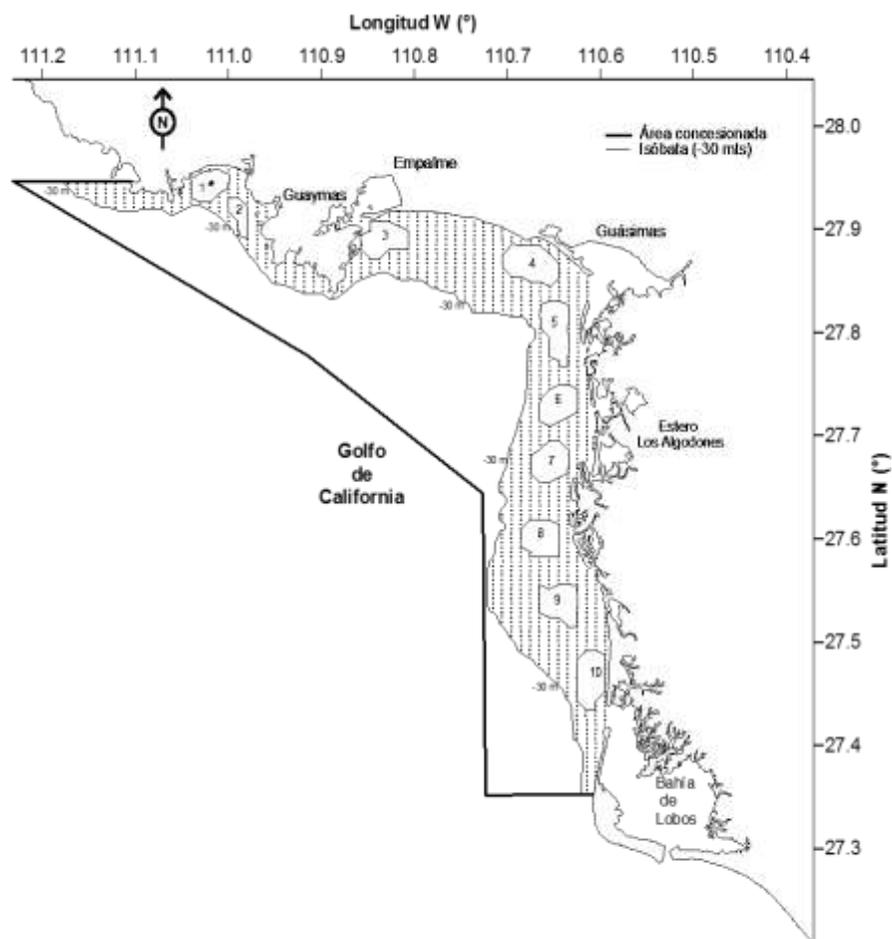


Figura 26. Localización de bancos en la zona de estudio

Tabla IV. Valores de números de organismos de *Panopea globosa* capturados en el área de estudio.

	Máximo	Mínimo	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Banco 1	40	12	25.64	8.87	35%
Banco 2	39	11	25.00	8.19	33%
Banco 3	40	11	25.06	8.86	35%
Banco 4	27	19	23.28	2.34	10%
Banco 5	27	18	22.78	2.63	12%
Banco 6	27	19	22.10	2.47	11%
Banco 7	36	19	24.00	3.20	13%
Banco 8	73	42	59.59	7.10	12%
Banco 9	45	16	34.16	5.99	18%
Banco 10	39	9	25.92	6.52	25%

7.2 Determinación de la densidad

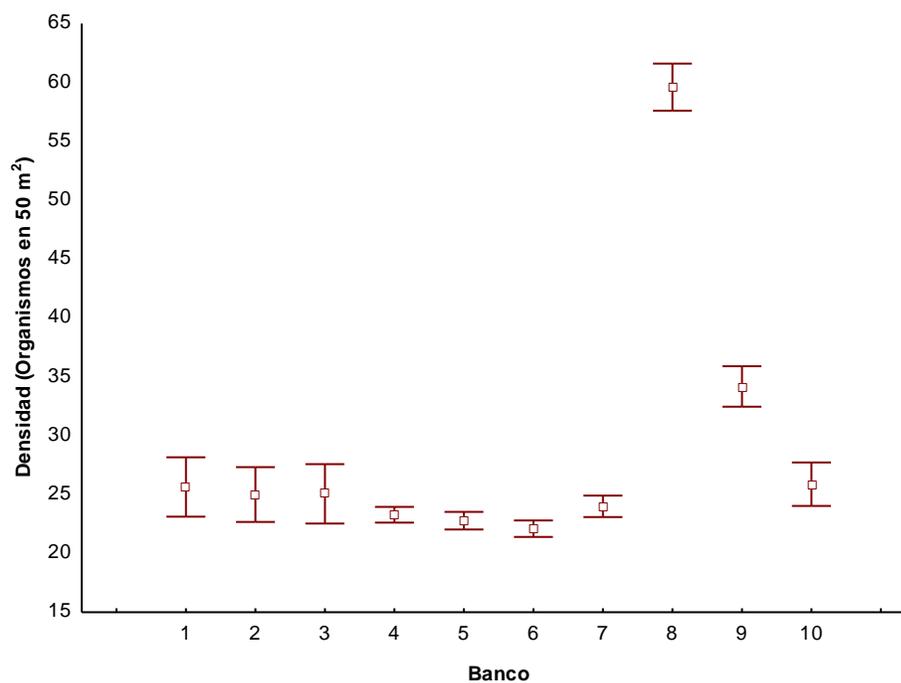
En la Tabla V se presentan los valores promedio, el número máximo y mínimo de organismos observados por inmersión en un cuadrante de 50 m² en cada banco del área de estudio. Los bancos 4 al 8 presentan un coeficiente de variación menor al 15 % por lo que están catalogados como los bancos con distribución más homogénea.

7.3 Comparación de la densidad entre bancos

Al realizar la prueba de análisis de varianza se encontró diferencia significativa ($F_{0.95,9,490}=196$; $P=0.00$). Por lo que se procedió realizar la prueba a posteriori de Tukey y se observó que el banco 8 y 9 son significativamente mayores a todos los demás y diferentes entre sí (Tabla V, Figura 27).

Tabla V.- Diferencias significativas de densidad entre los bancos en el área de estudio.

AÑO 2011 Densidad promedio / Banco	26	25	25	23	23	22	24	60	34	26
B1										
B2	1.000									
B3	1.000	1.000								
B4	0.662	0.930	0.915							
B5	0.379	0.738	0.706	1.000						
B6	0.116	0.359	0.328	0.995	1.000					
B7	0.948	0.998	0.998	1.000	0.993	0.877				
B8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
B9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
B10	1.000	0.999	0.999	0.484	0.234	0.058	0.859	0.000	0.000	

Figura 27.- Valores de densidad promedio (organismos en 50 m²) por banco en el área de estudio.

Con el propósito de tener una visión de la variación de los organismos, pero en términos de densidad (org/m^2), se presentan los valores promedio, el número máximo y mínimo de organismos observados por inmersión por m^2 en cada banco del área de estudio. La Tabla VI nos muestra la matriz de probabilidades para las comparaciones entre las densidades de los bancos correspondientes al área de estudio. Al igual que en el análisis de valores nominales (como es obvio) son los bancos 8 y 9 los diferentes a todos los demás y diferentes entre ellos. En la figura 28 podemos observar los valores promedio de las densidades por m^2 por banco para tener una visión gráfica de los resultados tabulados.

7.4 abundancia

Para determinar la abundancia, dos aspectos importantes deben considerarse; el área explotable y la densidad (org/m^2). Tomando en cuenta estos dos aspectos y asumiendo que todos los organismos estén por arriba de la talla mínima legal de 130 mm; la cuota de captura para los diez bancos delimitados en el área de estudio sería; para la fase comercial 821,455 piezas y para la de fomento 410,728 piezas. Pero como se observa en la tabla VII las cuotas van a ser muy diferentes ya que dependerá de la abundancia de cada banco. En el área de estudio destacó el banco 8 no con la mayor área pero si con la mayor densidad lo que lo convirtió en el banco con mayor abundancia de almeja de sifón.

Tabla VI.- Diferencias significativas entre las densidades de los bancos en el área de estudio.

AÑO 2011 Densidad Promedio / Banco	0.513	0.500	0.501	0.466	0.455	0.442	0.480	1.191	0.683	0.519
B1										
B2	1.000									
B3	1.000	1.000								
B4	0.662	0.930	0.915							
B5	0.379	0.738	0.706	1.000						
B6	0.116	0.359	0.328	0.995	1.000					
B7	0.948	0.998	0.998	1.000	0.993	0.877				
B8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
B9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
B10	1.000	0.999	0.999	0.484	0.234	0.058	0.859	0.000	0.000	

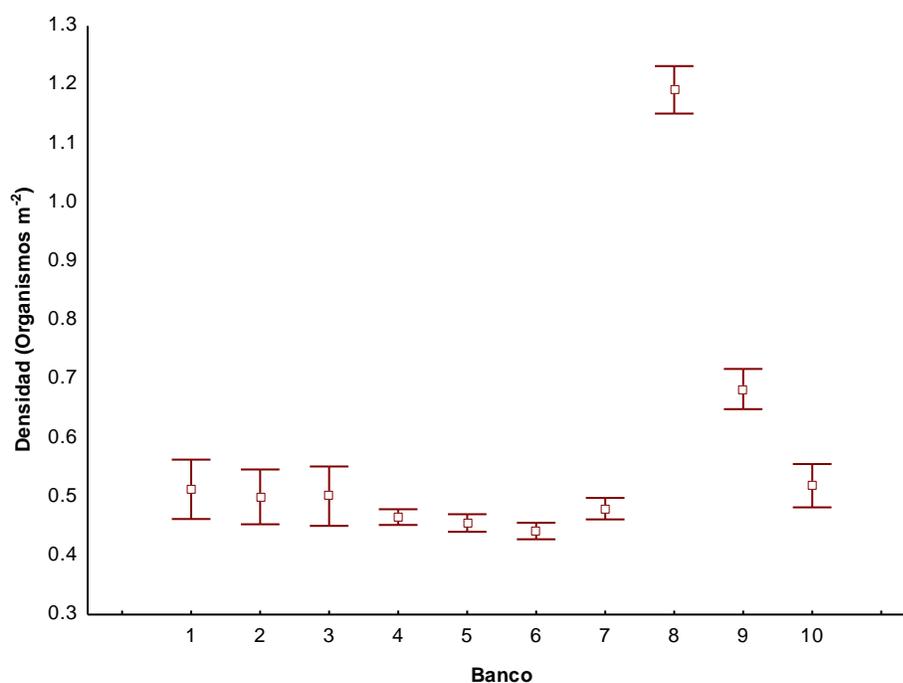


Figura 28.- Valores promedio de la densidad (organismos m⁻²) por banco en el área de estudio.

Tabla VII. Área explotable y Abundancia por banco en el área de estudio *Panopea globosa* en el área de estudio.

Banco	Área (km ²)	Promedio	Máximo	Mínimo
1	11.0	5,640,800	6,181,691	5,099,909
2	5.9	2,950,000	3,217,873	2,682,127
3	14.7	7,367,640	8,089,652	6,645,628
4	20.0	9,312,000	9,571,441	9,052,559
5	16.3	7,426,280	7,663,929	7,188,631
6	14.1	6,232,200	6,425,267	6,039,133
7	14.4	6,912,000	7,167,450	6,656,550
8	14.7	17,519,460	18,098,047	16,940,873
9	14.9	10,179,680	10,674,453	9,684,907
10	16.6	8,605,440	9,205,437	8,005,443

7.5. Frecuencias de peso y longitud de almeja de sifón por banco en el Sur de Sonora

7.5.1. Frecuencias de peso y longitud en 2008

Del análisis realizado a los datos de pesos de almeja de sifón, para los 10 bancos del año 2008 se registraron un total de 14,613 individuos, el peso promedio fue de 972 ± 1.6 g. En cuanto a longitud se encontró que del total de individuos, el 87 % estuvo por encima de la talla comercial (130 mm de longitud total de concha) que sugiere el plan de manejo de almeja de sifón vigente (DOF, 2012). La longitud promedio fue 141 ± 0.109 mm,

La estructura de pesos de los diferentes bancos mostró la siguiente configuración: Los bancos 1,2,3,4 y 9 mostraron su pico máximo en los valores comprendidos entre 600 – 1000 g cargados hacia la derecha del gráfico. Los bancos 5,6 y 7 mostraron una distribución de pesos más homogénea con valores comprendidos entre los 600 – 1000 g, con una inclinación hacia el lado derecho del gráfico, y en los bancos 8 y 10 se observó un pico máximo de 1100 g con una tendencia hacia el lado izquierdo de la gráfica (Figura 29).

El peso menor registrado fue de 100 g y el peso mayor registrado fue de 2,050 g, del total de organismos pesados el 80 % estuvo arriba de los 800 g. Los bancos que tienen los mayores pesos fueron el banco 1 con 1086 ± 2.9 g, el banco 8 con 1057 ± 2.7 g, de ahí sigue el banco 10, con un peso promedio de 1050 ± 2.8 g. Por otro lado los bancos con los pesos más pequeños son el banco 4 con un peso promedio de 611 ± 1.6 g y después el banco 5 con un peso promedio de 676 g. Se realizó una prueba de análisis de varianza para comparar el peso de los organismos de todos los bancos en el año 2008, la cual arrojó diferencias significativas ($F_{0.95,9,14503}=506.17$; $P=0.00$); Si bien se pudo observar que efectivamente algunos bancos mostraban diferencias significativas entre si, en otros fue muy difícil apreciar cualitativamente dichas diferencias si estas estaban presentes (Figura 30) por lo que se procedió a realizar la prueba a posteriori de Tukey donde se confirmó cuantitativamente no solo que efectivamente existían diferencias significativas, sino que también se puede apreciar que los bancos estaban separados en tres grupos principales (chicos, medianos y grandes) en cuanto a peso se refiere.

En el grupo que conformaba los bancos con pesos chicos tenemos a los bancos 2,3,4 y 5 con un peso de 611.64 – 764.89 g, los bancos con pesos medios o medianos están conformados por los bancos 6 y 7 con un peso de 963.07 a 986.89 g respectivamente. El banco 9 que mostró ser diferentemente significativo a todos los demás, pero para efectos de análisis grupal quedó comprendido en el grupo de los pesos medianos con un peso promedio de 921.28 g, mientras que los bancos con pesos grandes con un valor de 1050.5 – 1086.7 g. en promedio, fueron los bancos 1,8 y 10 (Tabla VIII). así concluimos que el banco más chico fue el banco 4 con un peso promedio de 611.64 g. y el banco más grande fue el banco 1 con 1086.7 g. en promedio.

Se registró la mayor talla (longitud total de la concha) en el banco número 10 con una longitud promedio de 145 ± 0.197 mm (Figura 31), seguido del banco 1 con 145 ± 0.186 mm y el banco 8 con 144 ± 0.165 mm, los bancos que registraron las tallas más pequeñas fueron: banco 4 con 114 ± 2 mm y banco 3 con 118 ± 0.5 mm, estos dos últimos se encuentran por debajo de la talla comercial. La longitud menor registrada fue de 77 mm y la mayor de 198 mm.

Así mismo al realizar el análisis estadístico para tallas de los organismos recolectados en el año 2008, se encontraron diferencias significativas ($F_{0.95,9,14503}=137.27$; $P=0.00$; Figura 31). Se pudo observar un patrón similar al de pesos, igualmente estratificado en 3 grandes grupos (chicos, medianos y grandes); ahora, si bien la gráfica nos da una idea de estas estratificaciones, no es apreciable claramente de manera cualitativa (Figura 32); por lo que fue necesario aplicar la prueba a posteriori de Tukey para esclarecer dicha incógnita. Se encontró que efectivamente se estratifica en 3 grandes grupos; el grupo de las tallas chicas comprendido por los bancos 2,3 y 4 con tallas promedio de 114.64 – 121.36 mm, un grupo independiente conformado por el banco 5 con una talla promedio de 125.24 y que por motivos prácticos para su análisis lo incluiremos en el grupo de las tallas chicas; el grupo de las tallas medianas conformado por los bancos 6 y 7 con de talla promedio de 136.73 y 139.42 respectivamente; y el grupo de tallas grandes que incluye a los bancos 1,8,9 y 10 y cuyo rango de tallas es de 142.56 – 145.77 mm (ver Tabla IX).

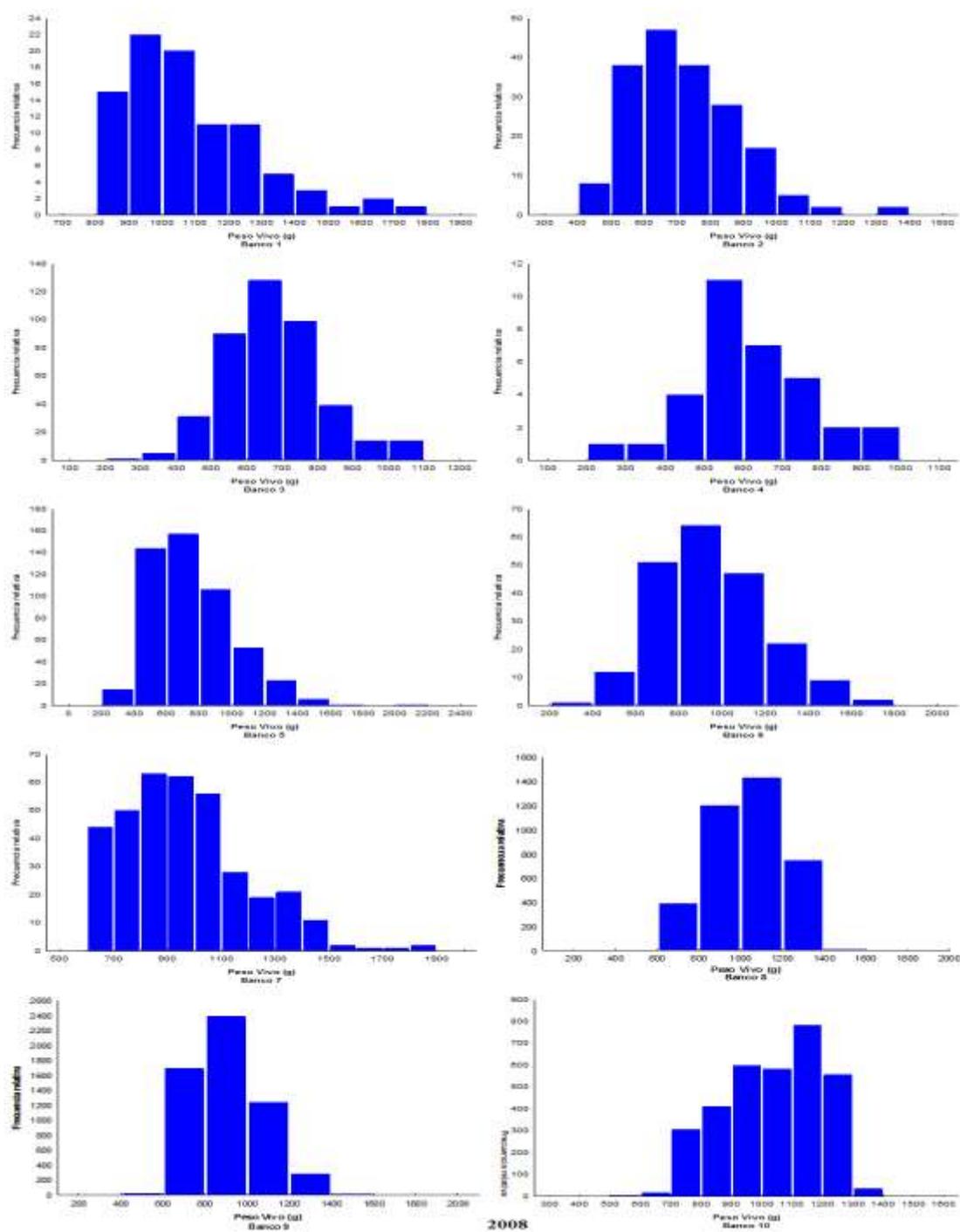


Figura 29.- Frecuencias relativa de peso de *Panopea globosa*, 10 bancos del área central de Sonora.

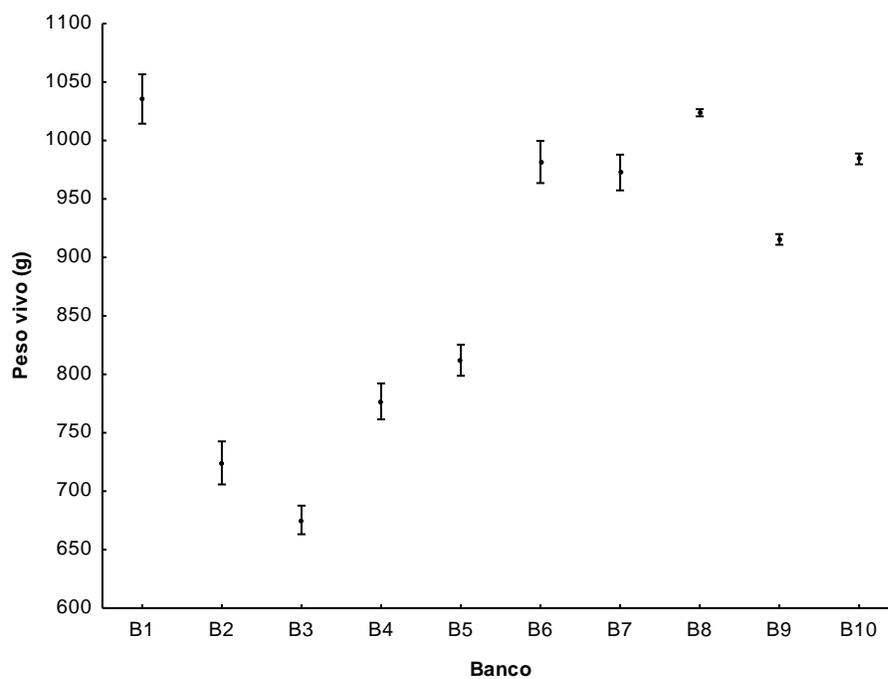


Figura 30. Valores promedio para peso en el año 2008 para todos los bancos

Tabla VIII.- Matriz de probabilidades para Peso de todos los bancos en el año 2008

AÑO 2008										
Peso Prom. / Banco	1086.7	724.3	676.1	611.6	764.9	963.1	986.9	1056.9	921.3	1050.5
B1										
B2	0.000									
B3	0.000	0.053								
B4	0.000	0.021	0.561							
B5	0.000	0.165	0.000	0.000						
B6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000					
B7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.862				
B8	0.841	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
B9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.023	0.000	0.000		
B10	0.626	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.873	0.000	

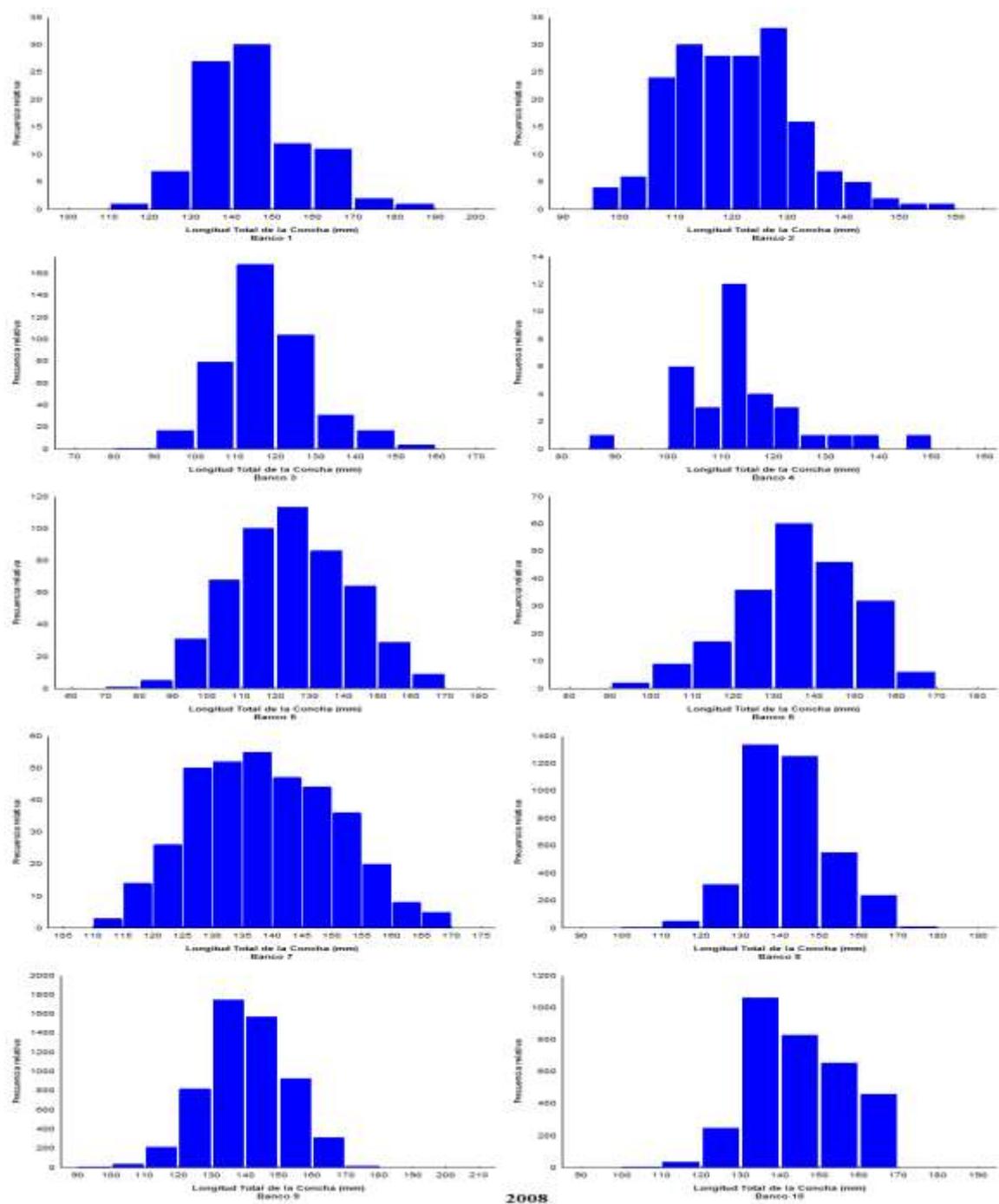


Figura 31.- Frecuencias relativa de longitud de *Panopea globosa*, 10 bancos del área central de Sonora.

Es preciso mencionar que el banco 5, en cuanto a peso; conformaba el grupo de los pesos chicos; en el análisis por tallas paso a conformar un grupo independiente ligeramente mayor al de las tallas chicas; y el banco 9 paso de ser del grupo de peso mediano a un grupo independiente ligeramente menor al grupo de tallas grandes, es decir; confirman estos dos bancos de manera cualitativa, así como de manera cuantitativa que el crecimiento de este organismo es de tipo asimétrico.

7.5.2. Frecuencias de peso y longitud en el año 2011

Con objetivo de conocer el comportamiento de las almejas en el tiempo, se procedió a analizar los mismos bancos en el año 2011 (3 años después del primer análisis) para ver cuál fue el impacto que ejerció la pesquería sobre los organismos en los bancos. Bajo esa premisa se pudo observar que los bancos con organismos de mayor peso fueron el banco 6, con un peso promedio de $1007 \pm g$ seguido por el banco 1 con un peso promedio de $998.4 \pm g$; mientras que los bancos que presentaron los pesos más bajos fueron el banco 3 y 4, presentando un peso promedio de $674.9 \pm g$ y 764.9 respectivamente (ver Figura 33). El análisis estadístico para el peso de los organismos en el año 2011 arrojó diferencias significativas ($F_{0.95,9,17199}=506.17$; $P=0.00$). Se puede observar cualitativamente dos grandes grupos conformados por organismos chicos y organismos grandes (Figura 34). Al realizar una prueba a posteriori de Tukey en el grupo de organismos de pesos chicos ubicamos a los bancos 2,3 y 4 con un peso promedio en valores de $674.89 - 764.89$ g. En el grupo de los pesos mayores asumimos a los bancos 1,5,6,7,8 y 9 con pesos de $961.85 - 1007.2$ g. en promedio, el banco 10 es diferente significativamente a todos los demás con un peso de 908.44 g. pero para cuestiones de análisis lo integraremos al grupo de los pesos mayores .

Para el caso de las tallas el banco que presentó las mayores tallas con una longitud promedio de $148.6 \pm mm$, fue el banco 9; seguido por el banco 8 con una longitud promedio de 143.44 ± 2 mm, mientras que el banco que presentó las menores tallas fué el banco 3 con

118.64 ±mm (Figura 35). Se realizó el análisis estadístico para las tallas de los organismos en el año 2011, el cual arrojó diferencias significativas ($F_{0.95,9,17199}=145.24$; $P=0.00$; Figura 36). Se observaron 3 grandes grupos (chicos, medianos y grandes), por lo que se procedió a aplicar la prueba a posteriori de Tukey. En el grupo de las tallas chicas ubicamos a los bancos 2 y 3 con tallas promedio de 118.64 mm y 121.36 mm. En el grupo medio tenemos los bancos 1,4,5,6,7,8 y 10 con una talla promedio de 125.24 a 143.44 mm (ver Tabla XII).

Para tener un mejor comparativo entre los años 2008 y 2011, se presenta primeramente la estadística descriptiva de los 10 bancos en la zona de estudio para peso (Tabla XIII) y para talla (Tabla XIV). El menor peso promedio, en 2008, se encontró en el banco 4 (612 g). El banco 1 presentó el mayor peso promedio con 1087 g. Para el año 2011 el banco 3 mostró el menor peso promedio (675 g) y el banco 6 presentó el mayor peso promedio (1007 g). Los bancos con mayor variación fueron el banco 4 y el banco 1 con un error estándar de 30.93 y 18.62 respectivamente. En cuanto a talla (Tabla XIV) en el año 2008 observamos que el banco 4 presentó la menor talla con 115 mm y la mayor talla se presentó en los bancos 1 y 10 con una longitud promedio de 146 mm. Los bancos 2,3,4 y 5 estuvieron por debajo de la talla comercial (130 mm). En el año 2011, el banco con la menor talla fue el banco 3 con una longitud promedio de 119 mm y la mayor longitud promedio la presentó el banco 9 con 149 mm.

Para el análisis comparativo se presenta ahora la información de muestras pareadas donde se observaron tanto los valores promedios así como los atípicos y los valores extremos. Primero se muestra la evolución interanual de los pesos de los organismos en la zona de estudio (ver Figura 37). Se realizó un análisis similar para las tallas (Figura 38), donde se pueden observar incrementos y disminuciones para las tallas de los organismos en un mismo banco en relación de un año a otro.

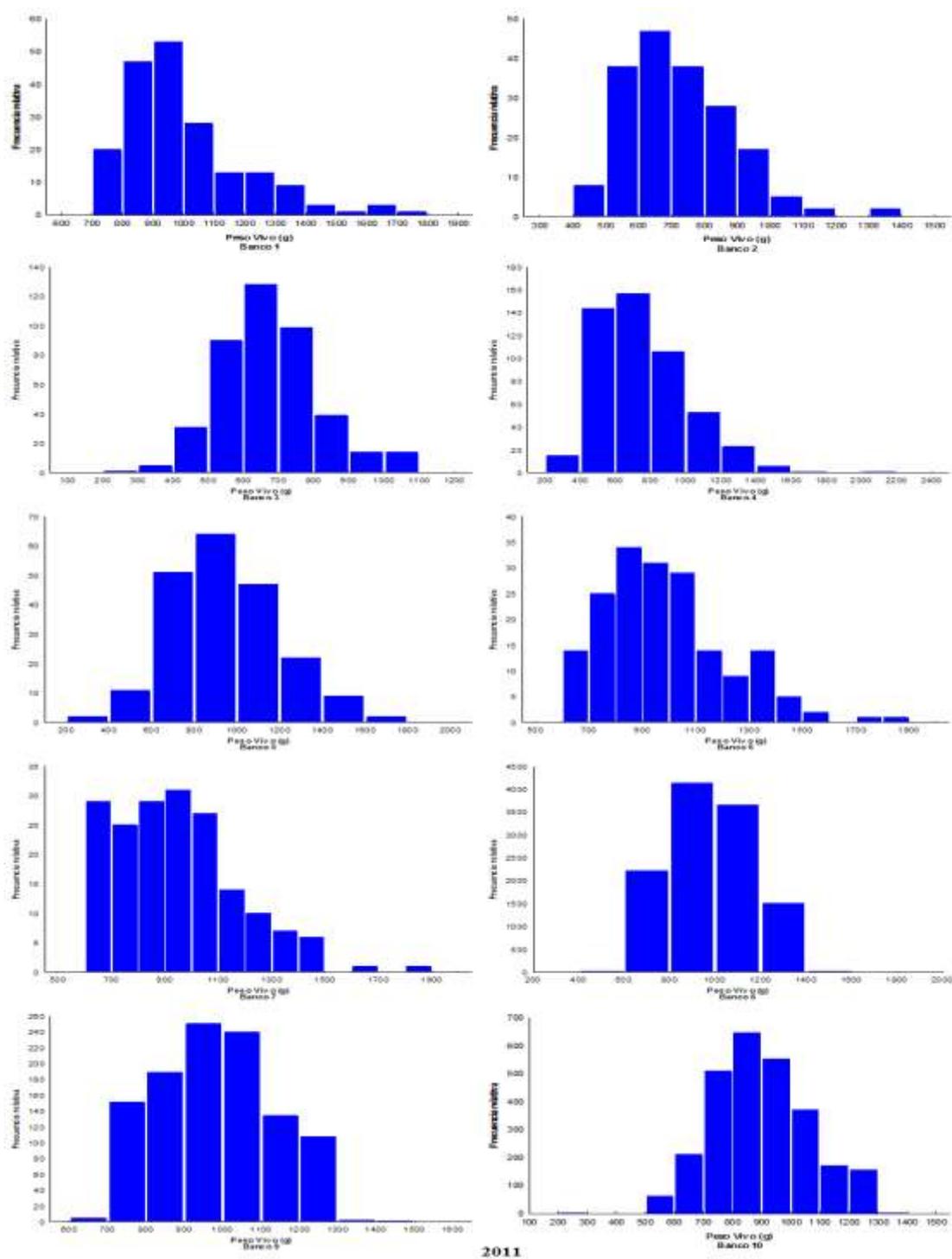


Figura 33.- Frecuencias relativa de peso de *Panopea globosa*, para el año 2011 en 10 bancos del sur de Sonora.

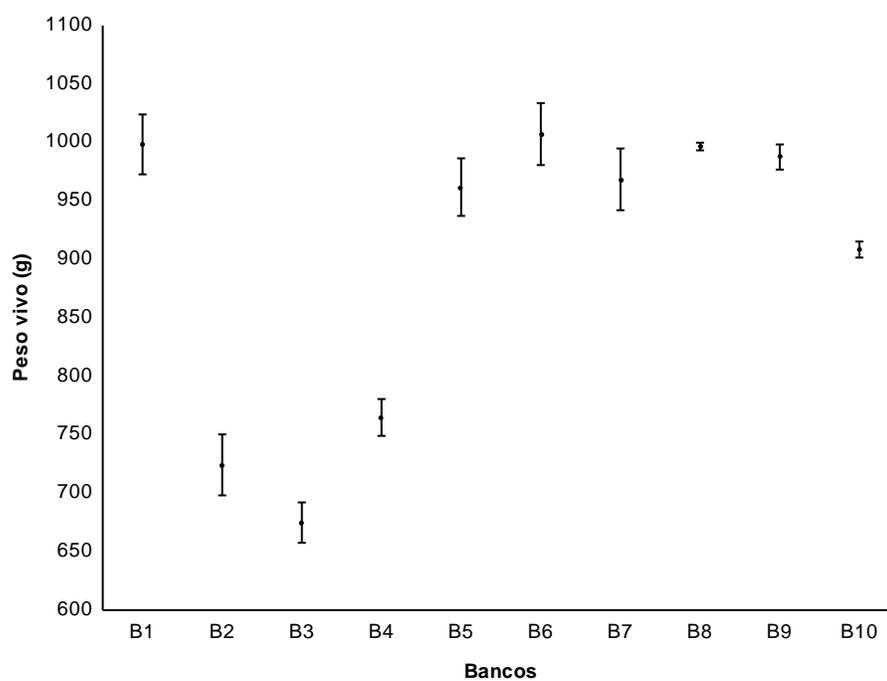


Figura 34.- Valores promedio para Peso en el año 2011 para todos los bancos

Tabla X.- Matriz de probabilidades para Peso de todos los bancos en el año 2011.

AÑO 2011										
Peso prom. / Banco	998.4	724.3	674.9	764.9	961.9	1007.2	968.5	996.6	987.6	908.4
B1										
B2	0.000									
B3	0.000	0.062								
B4	0.000	0.212	0.000							
B5	0.588	0.000	0.000	0.000						
B6	1.000	0.000	0.000	0.000	0.291					
B7	0.852	0.000	0.000	0.000	1.000	0.579				
B8	1.000	0.000	0.000	0.000	0.157	0.999	0.552			
B9	0.999	0.000	0.000	0.000	0.684	0.944	0.951	0.869		
B10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.001	0.000	0.000	

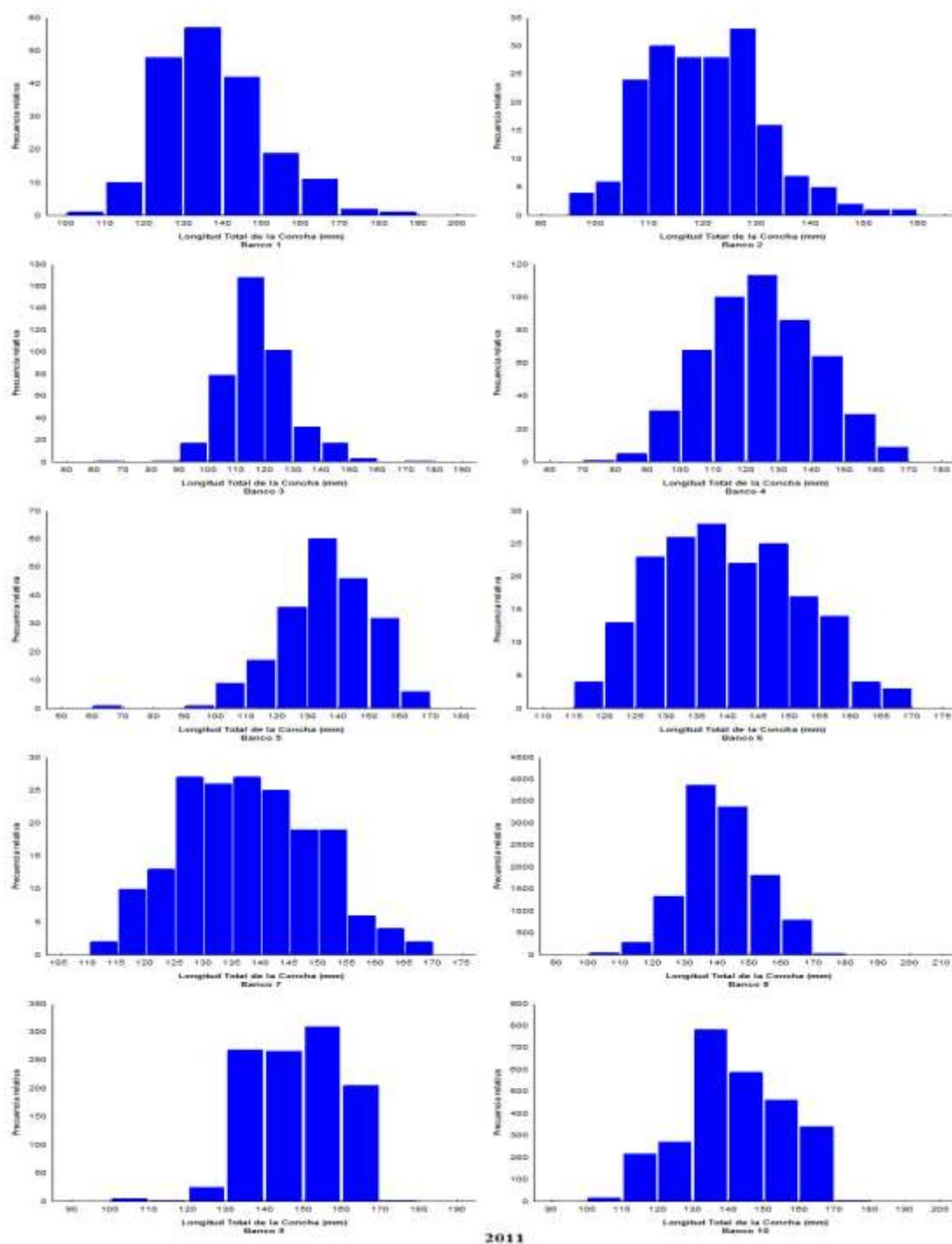


Figura 35.- Frecuencias relativa de longitud de *Panopea globosa*, para el año 2011 en 10 bancos del sur de Sonora.

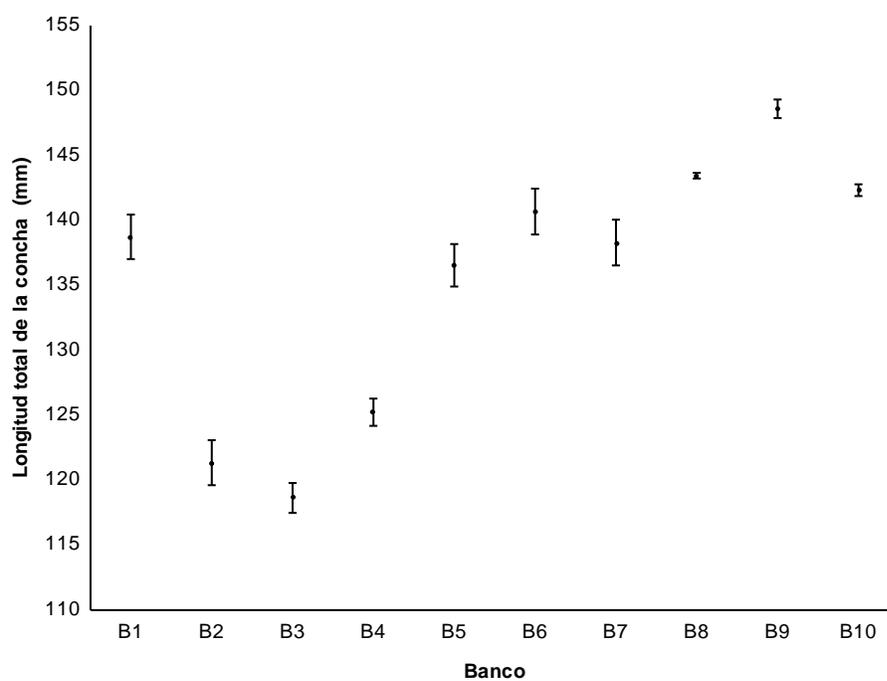


Figura 36.- Valores promedio para Longitud en el año 2011 para todos los bancos

Tabla XI.- Matriz de probabilidades para Longitud de los bancos en el año 2011.

AÑO 2011										
Long. Prom. / Banco	138.7	121.4	118.6	125.2	136.6	140.7	138.3	143.4	148.6	142.3
B1										
B2	0.000									
B3	0.000	0.237								
B4	0.000	0.007	0.000							
B5	0.727	0.000	0.000	0.000						
B6	0.870	0.000	0.000	0.000	0.026					
B7	1.000	0.000	0.000	0.000	0.919	0.685				
B8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.072	0.000			
B9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
B10	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.755	0.001	0.001	0.000	

Tabla XII. Estadística descriptiva de peso en los 10 bancos durante 2008 y 2011.

Año	Banco	Promedio	Desv. Estand.	Mín.	Máx.
2008	Banco-1	1086.69	203.51	808	1732
2008	Banco-2	724.28	166.89	417	1390
2008	Banco-3	676.08	138.17	279	1094
2008	Banco-4	611.64	156.93	252	990
2008	Banco-5	512.31	79.07	292	635
2008	Banco-6	963.07	264.55	352	1800
2008	Banco-7	986.85	236.90	650	1850
2008	Banco-8	1056.91	171.26	100	2230
2008	Banco-9	921.28	161.93	100	1780
2008	Banco-10	1050.49	166.38	450	1450
2011	Banco-1	998.40	198.83	710	1732
2011	Banco-2	724.28	166.89	417	1390
2011	Banco-3	674.89	140.73	126	1094
2011	Banco-4	764.89	265.30	292	2050
2011	Banco-5	961.85	267.47	202	1800
2011	Banco-6	1007.21	239.65	650	1850
2011	Banco-7	968.47	232.50	650	1850
2011	Banco-8	996.55	180.76	100	2230
2011	Banco-9	987.59	151.82	695	1435
2011	Banco-10	908.47	160.12	189	1302

Tabla XIII. Estadística descriptiva de tallas en los 10 bancos durante 2008 y 2011

Año	Banco	Promedio	Desv. Estand.	Mín.	Máx.
2008	Banco-1	145.68	12.48	114	187
2008	Banco-2	121.36	10.73	97	157
2008	Banco-3	118.74	11.08	87	160
2008	Banco-4	114.64	11.56	87	149
2008	Banco-5	121.36	10.73	97	157
2008	Banco-6	136.73	14.08	95	167
2008	Banco-7	139.42	11.76	112	168
2008	Banco-8	144.04	10.17	100	175
2008	Banco-9	142.56	12.29	100	198
2008	Banco-10	145.77	11.31	101	175
2011	Banco-1	138.74	13.06	110	187
2011	Banco-2	121.36	10.73	97	157
2011	Banco-3	118.64	11.63	62	176
2011	Banco-4	125.24	16.95	77	168
2011	Banco-5	136.55	14.78	62	167
2011	Banco-6	140.69	11.68	117	168
2011	Banco-7	138.30	11.65	112	167
2011	Banco-8	143.44	11.40	100	198
2011	Banco-9	148.60	11.49	101	175
2011	Banco-10	142.33	13.69	100	189

Si bien en el comparativo interanual nos permitió poder observar las variaciones en cuanto a peso (Figura 37) y talla (Figura 38) existentes entre el año 2008 y el 2011, se necesitó hacer un análisis más exhaustivo donde pudiéramos apreciar las variaciones en cada banco en el tiempo, tanto para peso como para talla.

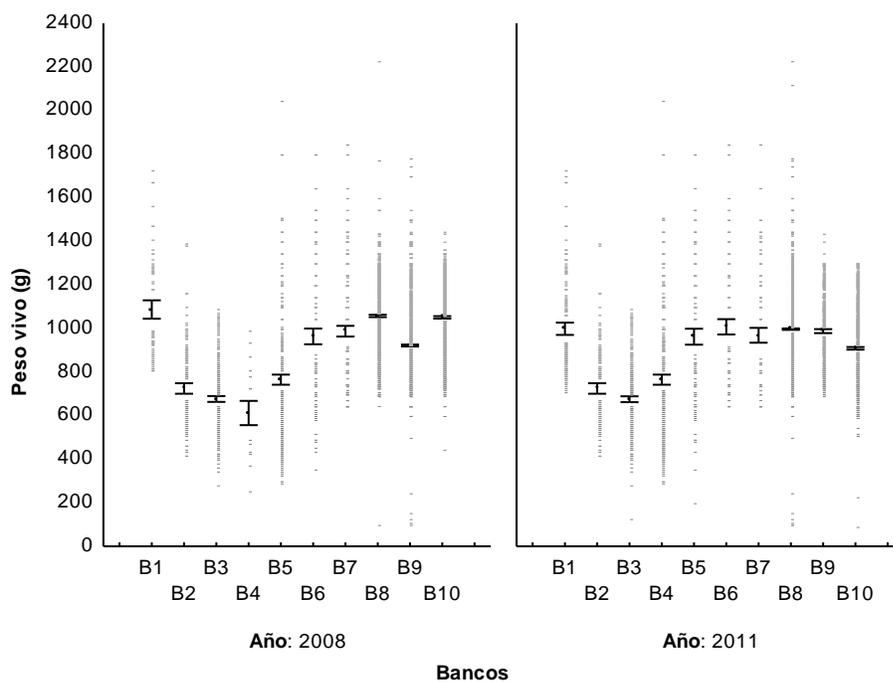


Figura 37.- Comparación interanual de pesos en los 10 bancos de la zona de estudio.

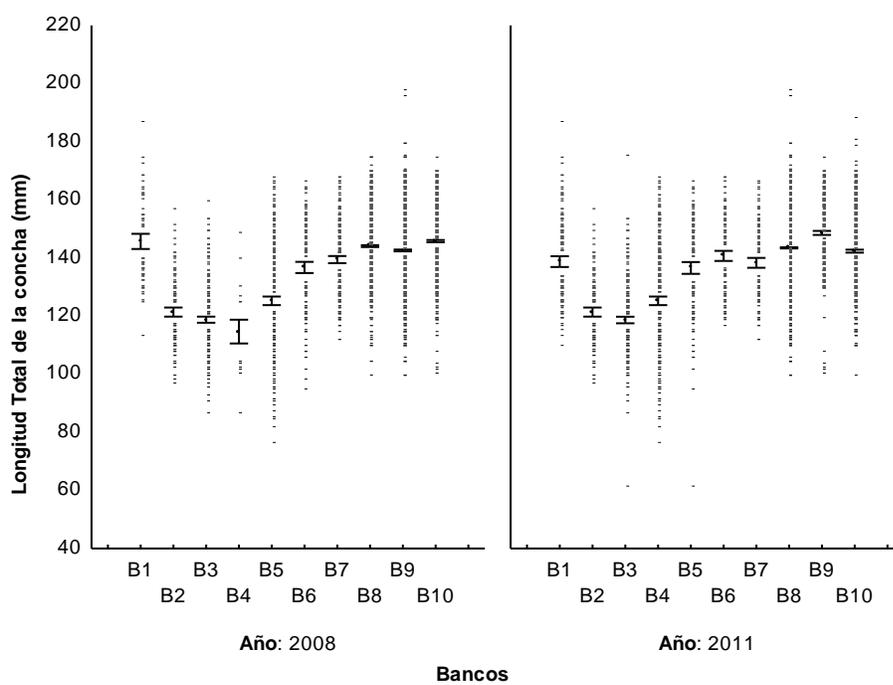


Figura 38.- Comparación interanual de tallas en los 10 bancos de la zona de estudio.

En la Figura 39 podemos observar los gráficos pareados por banco para cada año, a fin de discernir más claramente la evolución de cada banco en el tiempo. En este análisis encontramos que los bancos 1, 4, 6 y 10 disminuyeron en cuanto a su peso promedio, los bancos 3 y 5 se mantuvieron estables sin diferencias significativas entre sí, el banco 2 tuvo un ligero incremento en su peso promedio pero sin que éste fuera significativamente diferente al año 2008, y los bancos 7, 8 y 9 tuvieron un incremento considerable y significativo en su peso promedio.

En el análisis diferencial de la longitud por banco entre el año 2008 y 2011 (Figura 40) observamos que los bancos 1 y 6 tuvieron un ligero decremento significativo en la longitud de la concha, en el banco 4 se observó un decremento en la longitud de la concha pero no fue significativamente diferente con respecto al año 2011; los bancos 3 y 5 permanecieron sin cambio de un año con respecto al otro y los bancos 2, 7, 8, y 9 mostraron incrementos significativos en su longitud de concha.

7.6. Análisis de la relación de longitud total de la concha – peso vivo total para *Panopea globosa* en los años 2008 y 2011.

En la Figura 41 se presentan las relaciones biométricas entre peso y longitud, como se aprecia en el análisis de los 10 bancos estudiados en el año 2008, no se logró observar una típica relación entre peso y longitud, se puede resaltar que las que de todos los bancos los que se acercan a una relación isométrica son los bancos designados como 5 y 6.

Para el año 2011, las relaciones biométricas entre peso y longitud (Figura 42), como se aprecia en el análisis de los 10 bancos estudiados, no es posible observar una típica relación entre peso y longitud, sin embargo los bancos que podrían mostrar una tendencia a una relación isométrica son los bancos designados como 5 y 4.

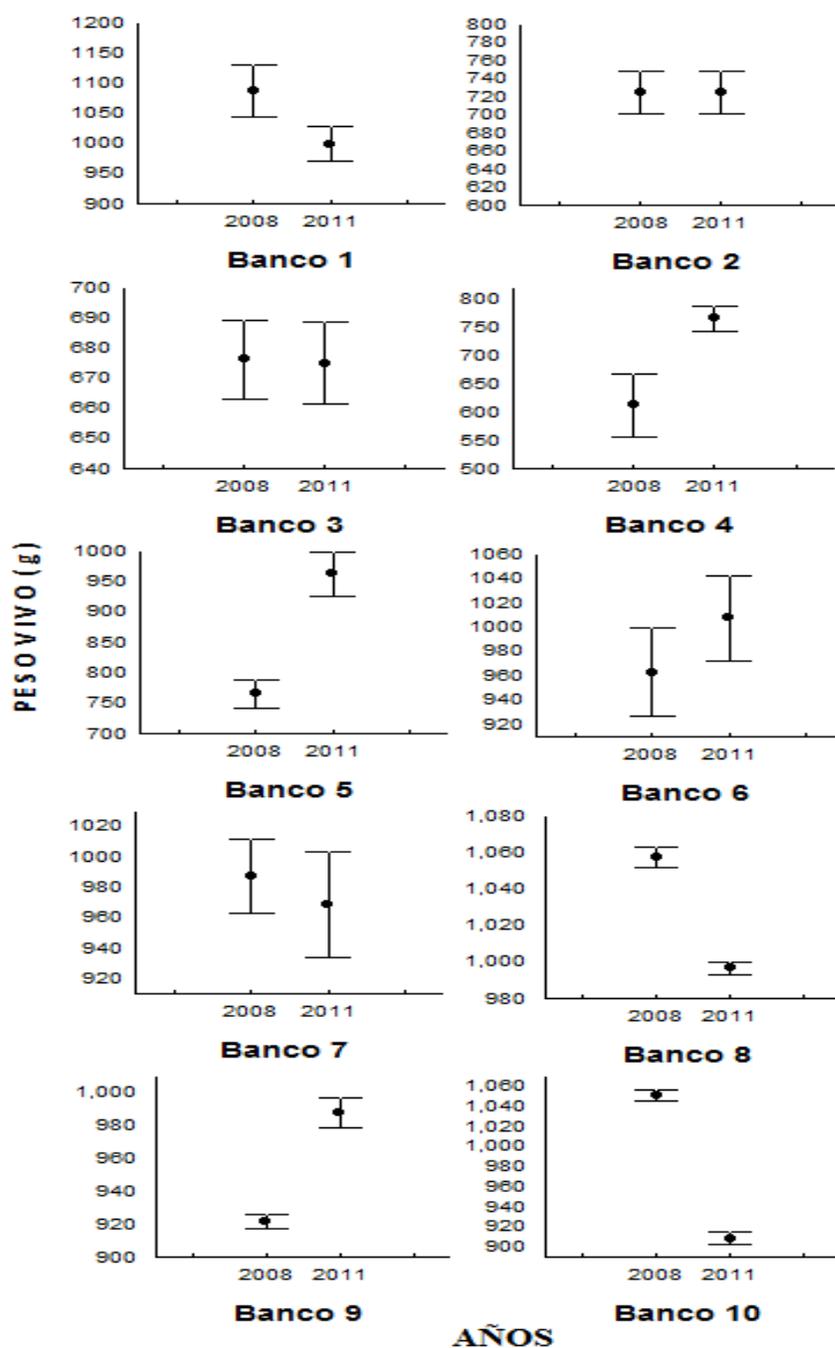


Figura 39. Variación promedio del peso por banco entre los años 2008 y 2011 en el area de estudio.

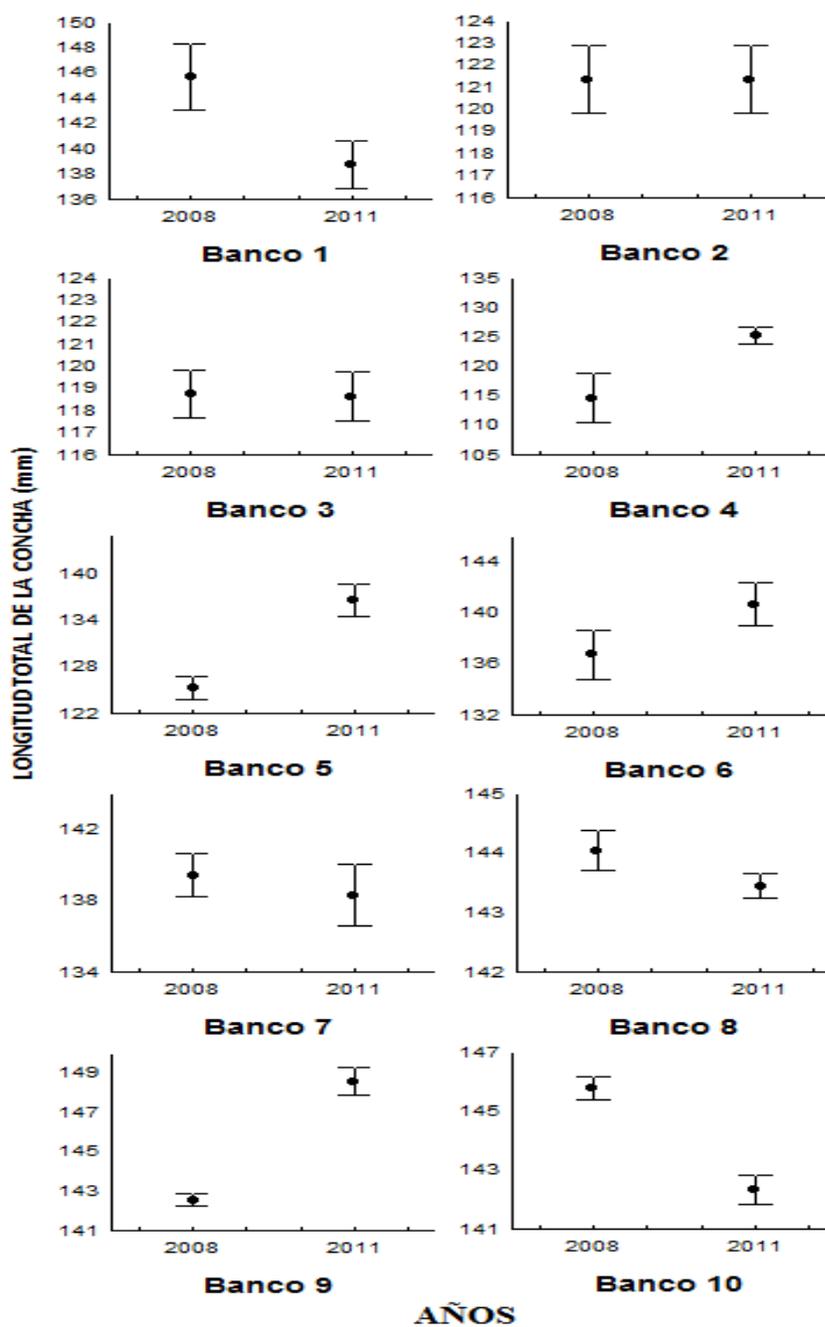


Figura 40. Variación promedio del Longitud por banco entre los años 2008 y 2011 en el area de estudio.

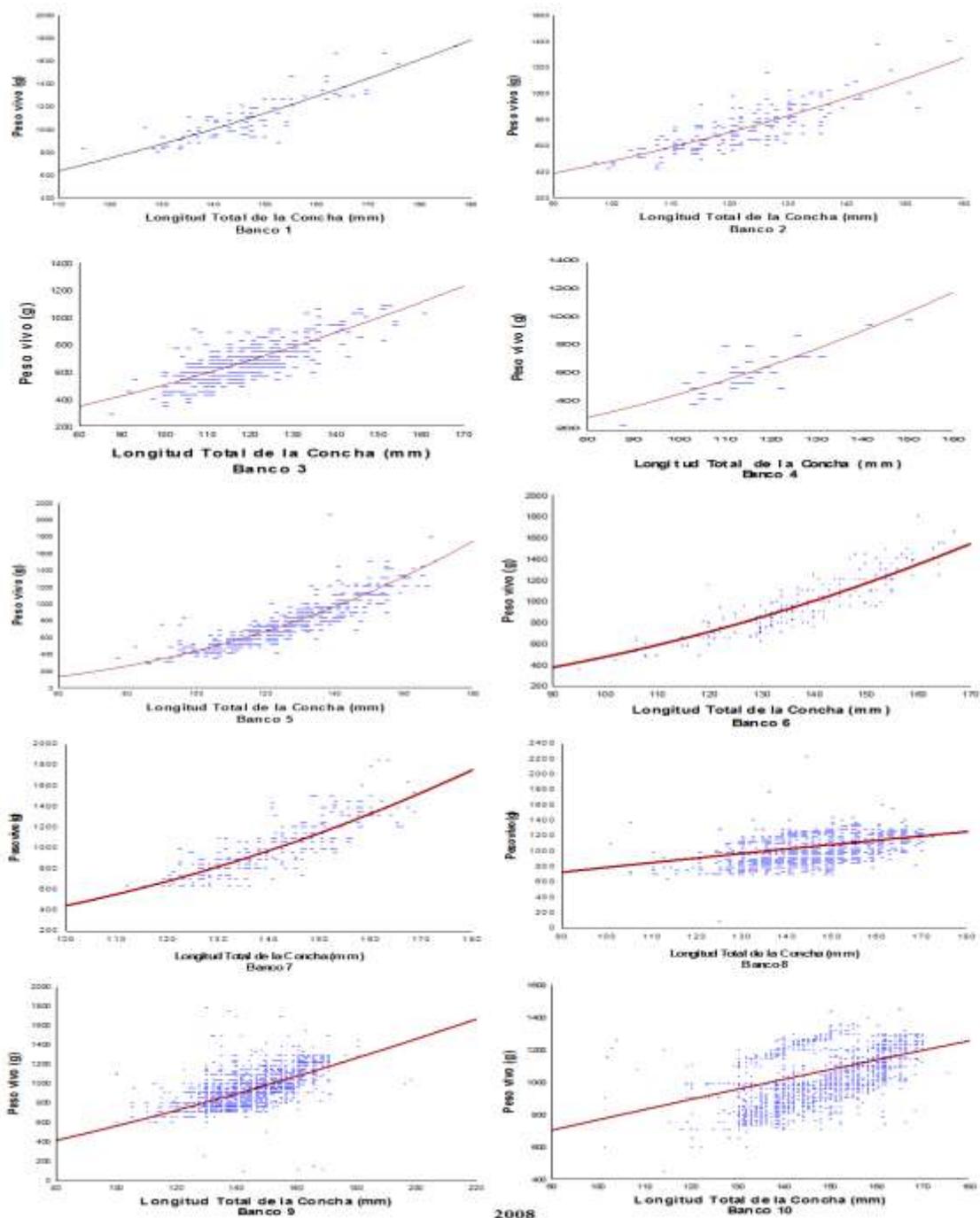


Figura 41.- Relaciones Biométricas para el 2008 en los 10 bancos del sur de Sonora.

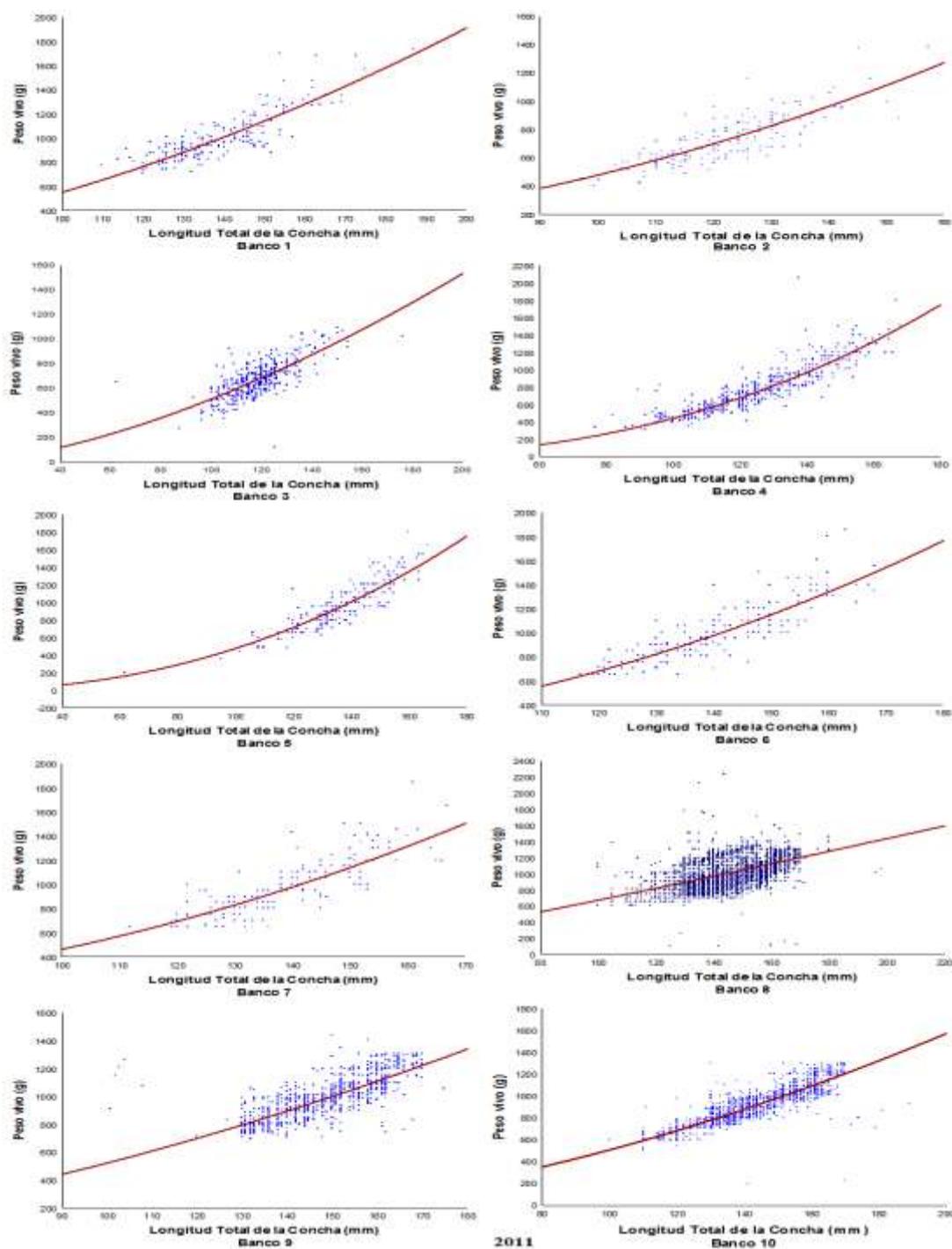


Figura 42.- Relaciones Biométricas para el año 2011 en los 10 bancos del sur de Sonora.

Tabla XIV. Valores de la ecuación Longitud Peso en 2008 y 2011

Año	Banco	b	Error estándar	t	p	Límite inf. De Conf.	Límite sup. De Conf.	
2008	Banco-1	b	1.884	0.111	17.007	0.000	1.664	2.104
2008	Banco-2	b	2.075	0.109	19.114	0.000	1.861	2.289
2008	Banco-3	b	1.679	0.064	26.046	0.000	1.552	1.805
2008	Banco-4	b	2.020	0.230	8.801	0.000	1.552	2.488
2008	Banco-5	b	1.351	0.077	17.519	0.000	1.199	1.504
2008	Banco-6	b	2.217	0.091	24.411	0.000	2.038	2.396
2008	Banco-7	b	2.329	0.080	29.007	0.000	2.171	2.487
2008	Banco-8	b	0.780	0.035	22.185	0.000	0.711	0.849
2008	Banco-9	b	1.372	0.021	66.488	0.000	1.331	1.412
2008	Banco-10	b	0.838	0.032	25.804	0.000	0.775	0.902
2011	Banco-1	b	1.792	0.077	23.232	0.000	1.640	1.945
2011	Banco-2	b	2.075	0.109	19.114	0.000	1.861	2.289
2011	Banco-3	b	1.578	0.068	23.349	0.000	1.446	1.711
2011	Banco-4	b	2.353	0.053	44.613	0.000	2.249	2.456
2011	Banco-5	b	0.018	0.009	2.089	0.038	0.001	0.035
2011	Banco-6	b	2.349	0.115	20.492	0.000	2.123	2.575
2011	Banco-7	b	2.218	0.116	19.140	0.000	1.989	2.446
2011	Banco-8	b	1.098	0.019	58.748	0.000	1.061	1.134
2011	Banco-9	b	1.607	0.039	41.173	0.000	1.531	1.684
2011	Banco-10	b	1.631	0.017	97.587	0.000	1.598	1.664

7.7 Conteo de anillos

De los 267 organismos analizados se muestra el resultado obtenido de los acetatos, en los cuales quedan impresos los anillos de crecimiento que se describieron en el apartado de materiales y métodos; en la figura 43A se puede observar un organismo de 12 años de edad, en la figura 43B se observa una edad de 20 años y en la figura 43C se observa una de 9 años.

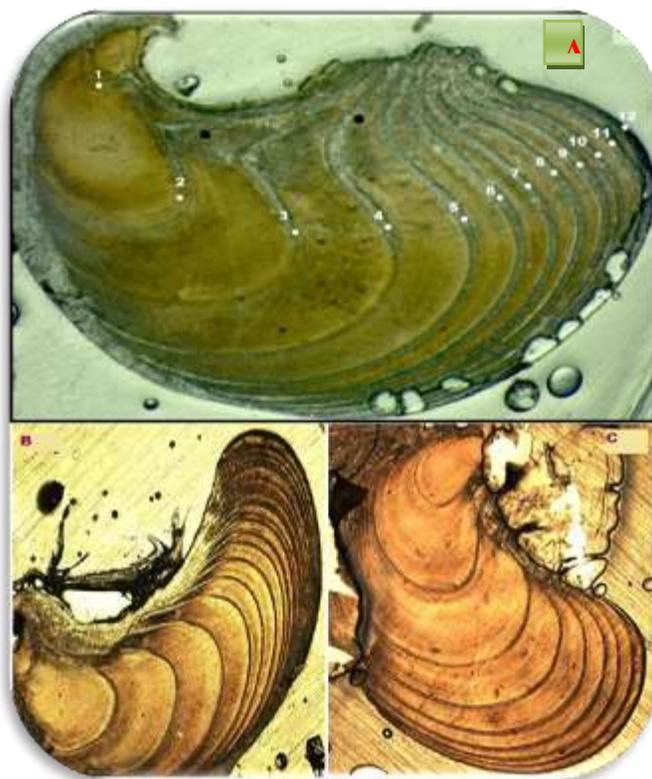


Figura 43 A.-Marcas anuales de crecimiento de *P. globosa* mostrando 12 años de edad. B.- Marcas anuales de crecimiento mostrando 20 años de edad. C.- Marcas anuales de crecimiento mostrando 9 años edad.

7.8. Estructura de edad en frecuencia relativa

Los organismos analizados presentaron una edad que va desde 2 años hasta los 27 años de edad (Tabla XVI). Apareciendo con una frecuencia del 14% organismos de 10 años. El segundo grupo más importante fue el de 12 años, los grupos minoritarios (2%) fueron los de 15,17,18,20 y 24 años.

7.9. Estructura de tallas en frecuencia relativa

En la figura 44 se muestra el histograma de frecuencia relativa de la longitud total de la concha de los organismos a los que se les determinó la edad. Se encontró que la longitud osciló de los 90 mm hasta los 1700 mm. Apareciendo con mas frecuencia (34%) la talla de 140 mm. El segundo grupo más importante es la talla de 130 mm con una frecuencia de 24% y la talla de 150 mm con una frecuencia de 19%. Las demás tallas se encuentran por debajo del 10%.

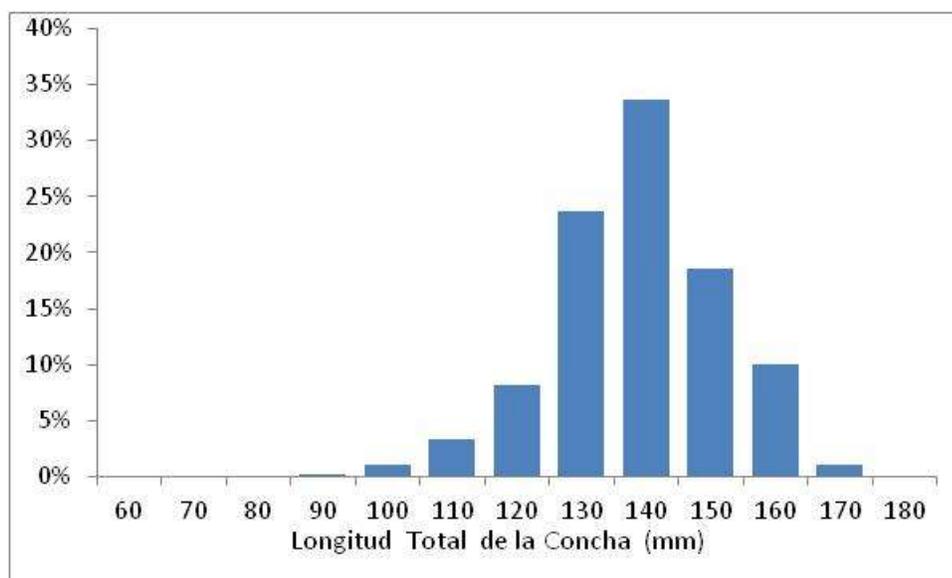


Figura 44. Estructura de tallas en frecuencia relativa.

Tabla XV. Cantidad y frecuencia de datos de *Panopea globosa* obtenidos en la parte central del Golfo de California para calcular la longitud promedio en edades de 2 a 27 años.

Edad (años)	Longitud promedio (mm)	Desviación estándar	Cantidad de	
			datos	Frecuencia (%)
2	66.21	9.6	14	5.2%
3	74.13	18.7	16	6.0%
4	76.98	20.2	18	6.7%
5	94.92	18.5	12	4.5%
6	96.42	19.2	12	4.5%
7	108.75	13.8	16	6.0%
8	113.23	16.3	22	8.2%
9	118.08	16.1	12	4.5%
10	138.67	22.3	36	13.5%
11	117.67	17.4	9	3.4%
12	116.29	12.1	28	10.5%
13	119.31	7.4	13	4.9%
14	119.15	13.1	13	4.9%
15	119.15	11.7	4	1.5%
16	122.67	23.4	15	5.6%
17	110.80	21.7	5	1.9%
18	100.60	12.6	5	1.9%
19	128.33	20.8	3	1.1%
20	129.25	21.3	4	1.5%
21	76.00		1	0.4%
22	109.33	10.1	3	1.1%
23	97.00		1	0.4%
24	109.00	18.6	4	1.5%
27	112.00		1	0.4%

7.10 Modelos de crecimiento

La aplicación de varios modelos matemáticos nos ofrece una mejor perspectiva para comprender el proceso de crecimiento de una entidad biológica, dependiendo de la información con la que son alimentados estos modelos; se optó por realizarlos con datos “crudos”, ya que si se utilizan datos promedio los resultados varían debido a que limitan la variabilidad de los mismos.

Para efecto de seleccionar el mejor proceso para el análisis de los datos en los diferentes modelos, se utilizó el error aditivo y el error multiplicativo de los cuales se obtuvieron sus respectivos valores de AIC como se puede apreciar en la tabla XVII. Obteniendo como el de mejor ajuste el error multiplicativo (menor valor de AIC). Por consiguiente los siguientes análisis se efectuaron considerando únicamente el error multiplicativo.

Tabla XVI. Valores de AIC para las estructuras de error aditivo o multiplicativo

Error	VBGM	Logistic	Gompertz	Schnute-Richards	Schnute
Aditivo	11.36	10.34	22.87	13.11	8.30
Multiplicativo	1.19	1.19	1.27	1.32	1.18

Los parámetros de los cinco modelos utilizados, con la estructura de error multiplicativo, se presentan en la Tabla XVIII. Una vez que se corrieron los modelos y se obtuvo los valores ajustados para cada uno de ellos, se siguió el criterio de información de Akaike. Cada modelo utilizado recibió una ponderación según su representación del crecimiento individual de los datos observados de longitud a la edad de la *P. globosa* de la parte central del Golfo de California. Con lo anterior se estableció una jerarquización de todos los modelos usados y se denominó como ganador el de menor AIC y a su vez mayor ponderación (Tabla XIX).

Tabla XVII. Parámetros de los modelos ajustados a los valores “crudos” de longitud a la edad de *Panopea globosa* de la parte central del Golfo de California.

Modelo	L_{∞}	k_i	t_i	λ	v	δ	γ	p	t
VBGM	122.69	0.345	0.24						
Logistic	122.16	0.496	2.26						
Gompertz	122.36	0.419	1.4						
Schnute-Richards	123.72	2.542			0.0012	-0.03	0.389		
Schnute				2.28		122.11		-23.16	66.51

Tabla XVIII. Valores de AIC, Δ_i , W_i y L_{∞} obtenidos de los modelos ajustados con los datos “crudos” de longitud a la edad, para *Panopea globosa* de la parte central del Golfo de California.

Modelo	K	AIC	Δ_i	W_i (%)	Longitud asintótica (mm)			
					Valor estimado	E.E.	95%IC menor	95% IC mayor
Schnute-Richards	5	-74.7	0.00	100	123.72	1.199		
Gompertz	3	8.9	83.6	0.00	122.37	1.195	116.26	128.07
MCVB	3	159.6	234.3	0.00	122.69	1.188	116.42	128.32
Logístico	3	169.5	244.2	0.00	122.16	1.272	116.63	128.75
Schnute	4	189.0	263.7	0.00	122.12	1.328	116.95	130.49
Promedio					123.72	1.236	120.17	125.04

7.11. Curvas de crecimiento

La figura 45, nos muestra las curvas de crecimiento generadas por los cinco modelos analizados. Se observa que hay un traslape importante de las curvas de crecimiento, pero sobresale la curva de crecimiento del modelo de Gompertz en los primeros 8 años. A su vez es importante señalar que todas representan un rápido crecimiento en los primeros años de vida.

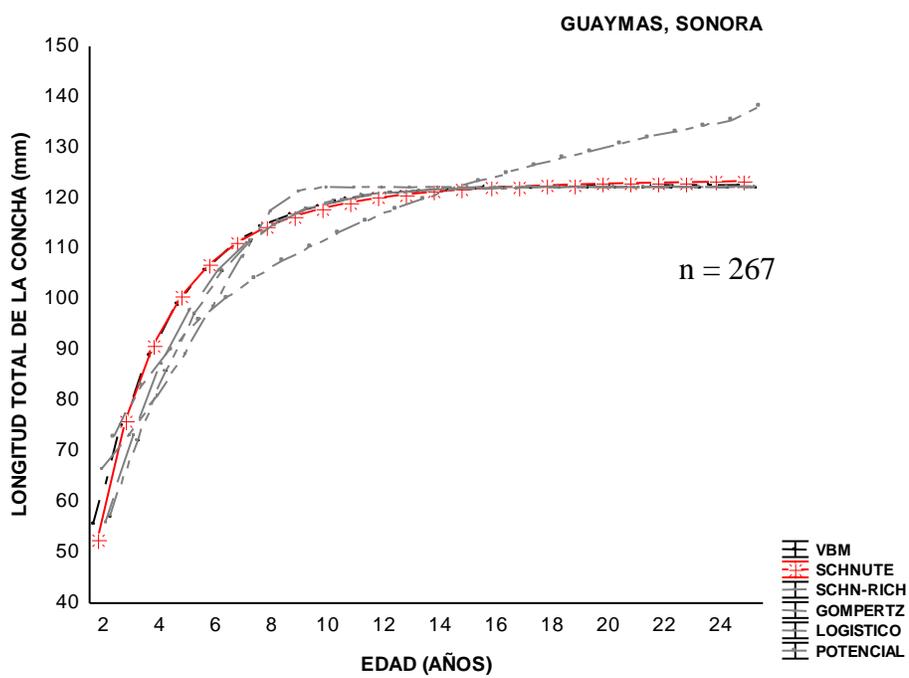


Figura 45.- Curvas de crecimiento de los cinco modelos utilizados para evaluar los datos.

7.12. Talla de primera madurez de *P. globosa*

El sexo entre macho y hembra es difícil diferenciarse a simple vista. La gónada es de color cremoso y forma un conjunto de órganos con el intestino, el estómago y el hígado (Figura 46). Por lo que la diferenciación se hizo de manera histológica. Las fases gametogénicas observadas en los organismos mediante análisis histológico de las gónadas mostraron cinco niveles de: Estadio 0 (indiferenciado), Estadio 1 (Actividad temprana), Estadio 2 (Actividad tardía), Estadio 3 (Madura), Estadio 4 (Parcialmente desovada) y Estadio 5 (Desovado) (Figura 47). El estado gonadal de cada almeja fue descrita de acuerdo a uno de los cinco estadios que mayormente dominaba el folículo seleccionado de cada muestra.

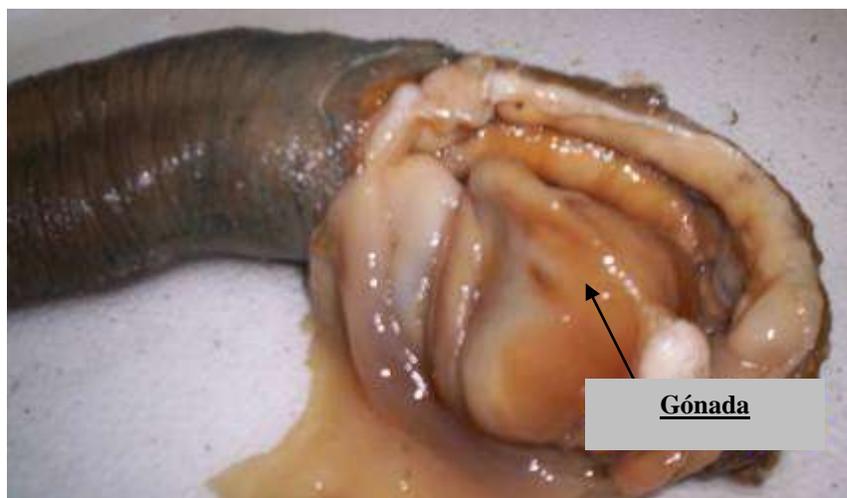


Figura 46. Almeja disectada dejando al descubierto parte de la gónada.

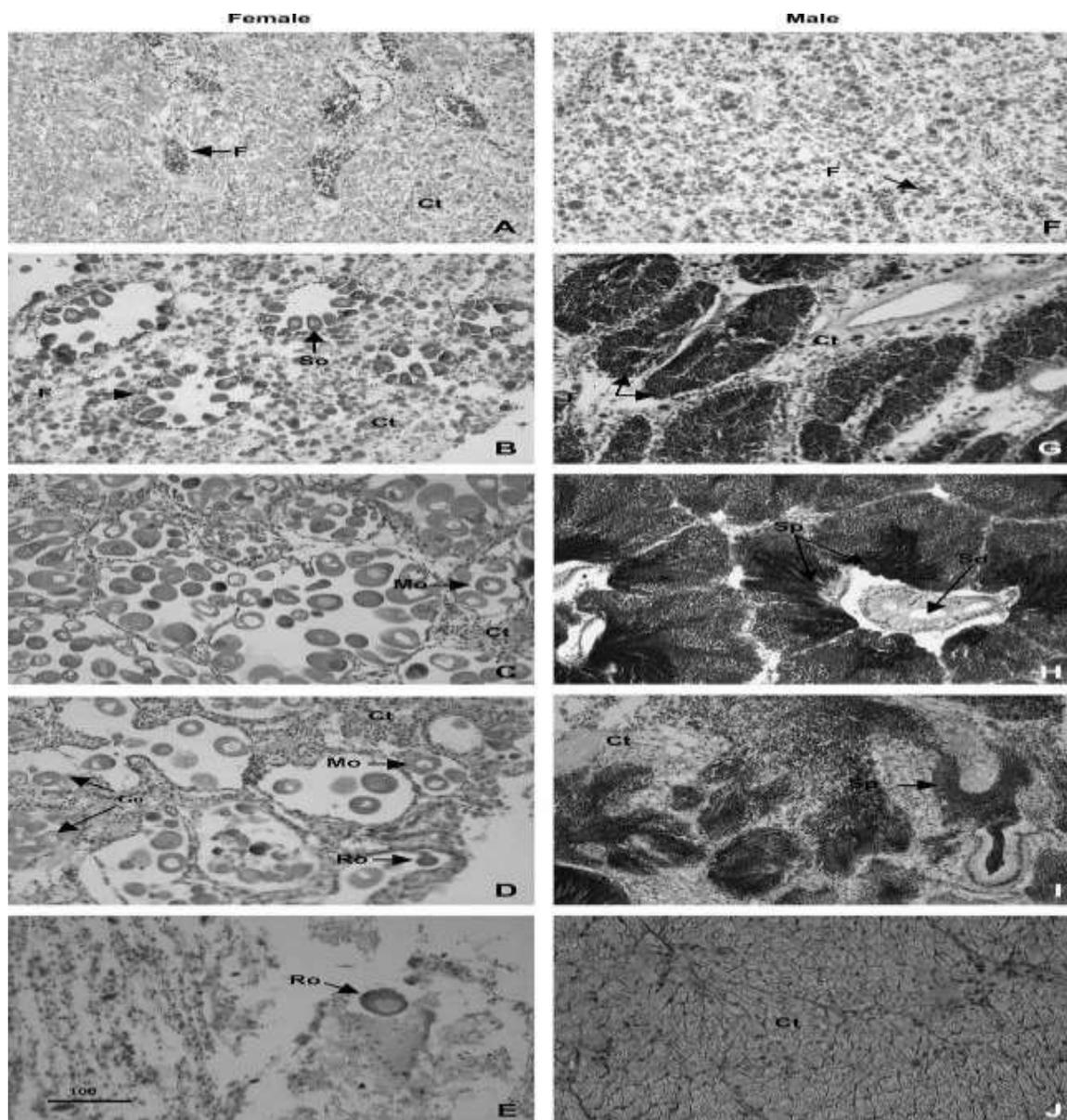


Figura 47. Las secciones histológicas de las fases reproductivas de las gónadas de hembras y machos de *Panopea globosa*: Inmaduro (A, F), Madurez en desarrollo (B, G), maduro (C,H), Parcialmente desovado (D, I), Desovado (E), y no diferenciado (J). Fo, folículo, Ct, tejido conectivo, So, ovocito secundario, Mo, ovocito maduro; Ro, reabsorción de oocitos y Sp, espermatozoides; Sd, conducto de espermia.

Se procesaron histológicamente un total de 275 muestras de gónadas de los cuales se obtuvieron 224 organismos maduros, clasificados en intervalos de tallas a cada 5 mm como se muestra en la Fig. 48. El intervalo de tallas de las almejas fue de 70 mm a 155 mm, pero los maduros se empiezan detectar a partir de la talla de 80 mm ininterrumpidamente hasta la talla de 155 mm. La talla modal fue 125 mm tanto para totales como para maduros. Las siguientes tallas más representativas fueron la de 120 mm y la de 130 mm.

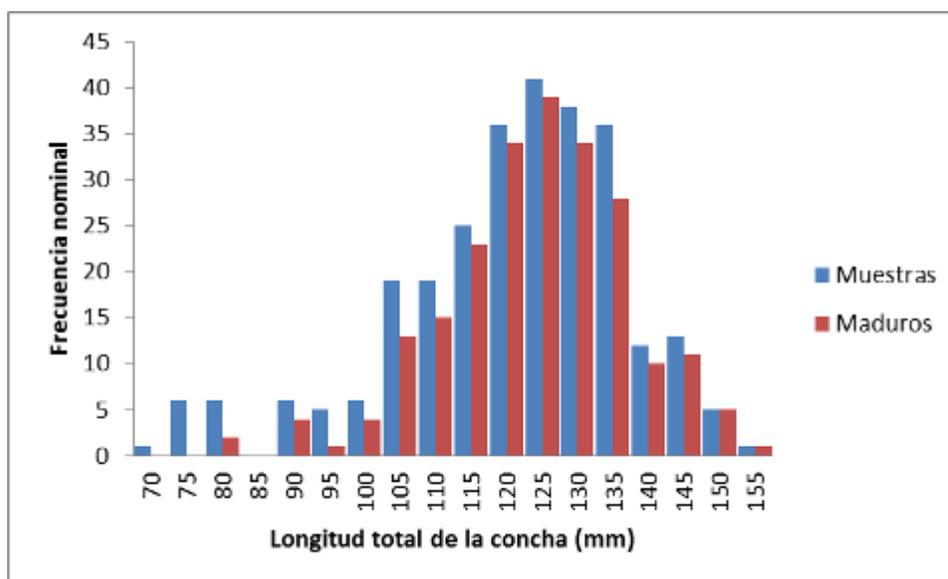


Figura 48. Frecuencia de gónadas maduras por tallas de *P. globosa*

Para la talla de primera madurez se procedió al análisis de datos con dos métodos (lineal y no lineal). El resumen de los parámetros correspondientes se presenta en la Tabla XX. Utilizando el método lineal se obtuvo una talla de primera madurez de 80 mm (Fig. 49). Posteriormente se utilizaron los parámetros de la ecuación lineal como valores semillas para recalculer la L_{50} con el método no lineal y utilizando el criterio de máxima verosimilitud la L_{50} fue de 94mm de longitud de concha (Fig. 50).

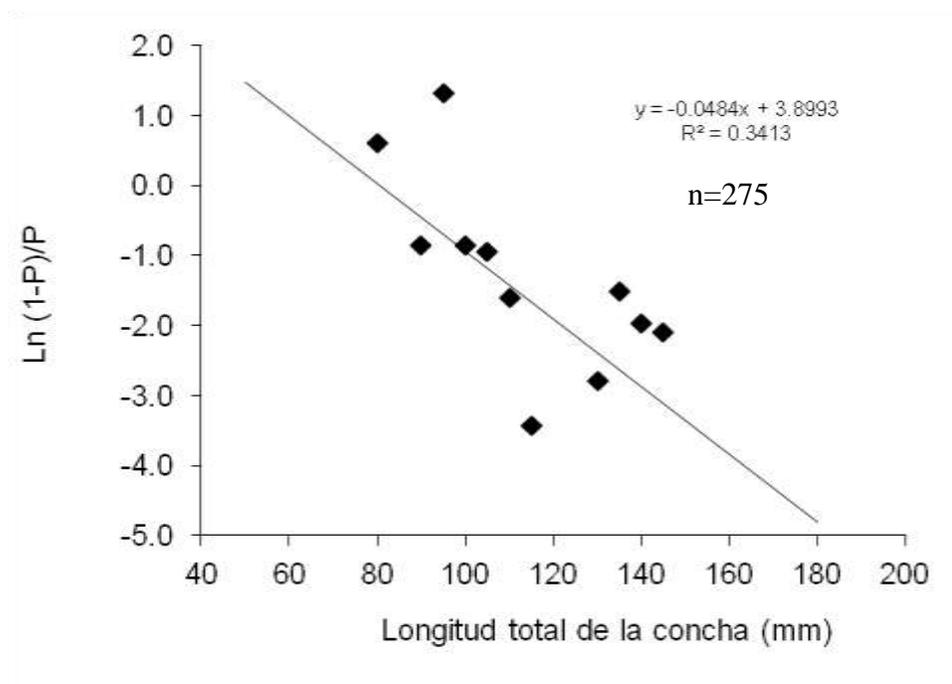


Figura 49.- Muestra la Longitud de primera madurez para la especie *P. globosa* en la región central del Golfo de California, utilizando el método lineal.

Tabla XIX.- Estimaciones de los parámetros para la ecuación que nos indica las relaciones entre la proporción de almejas maduras y su longitud de concha (LC en mm) de *P. globosa* en Bahía del Sol, Sonora, México.

.

	r	L ₅₀	n
Método Lineal	0.0484	80.56	275
No Lineal	0.0567	94.25	275

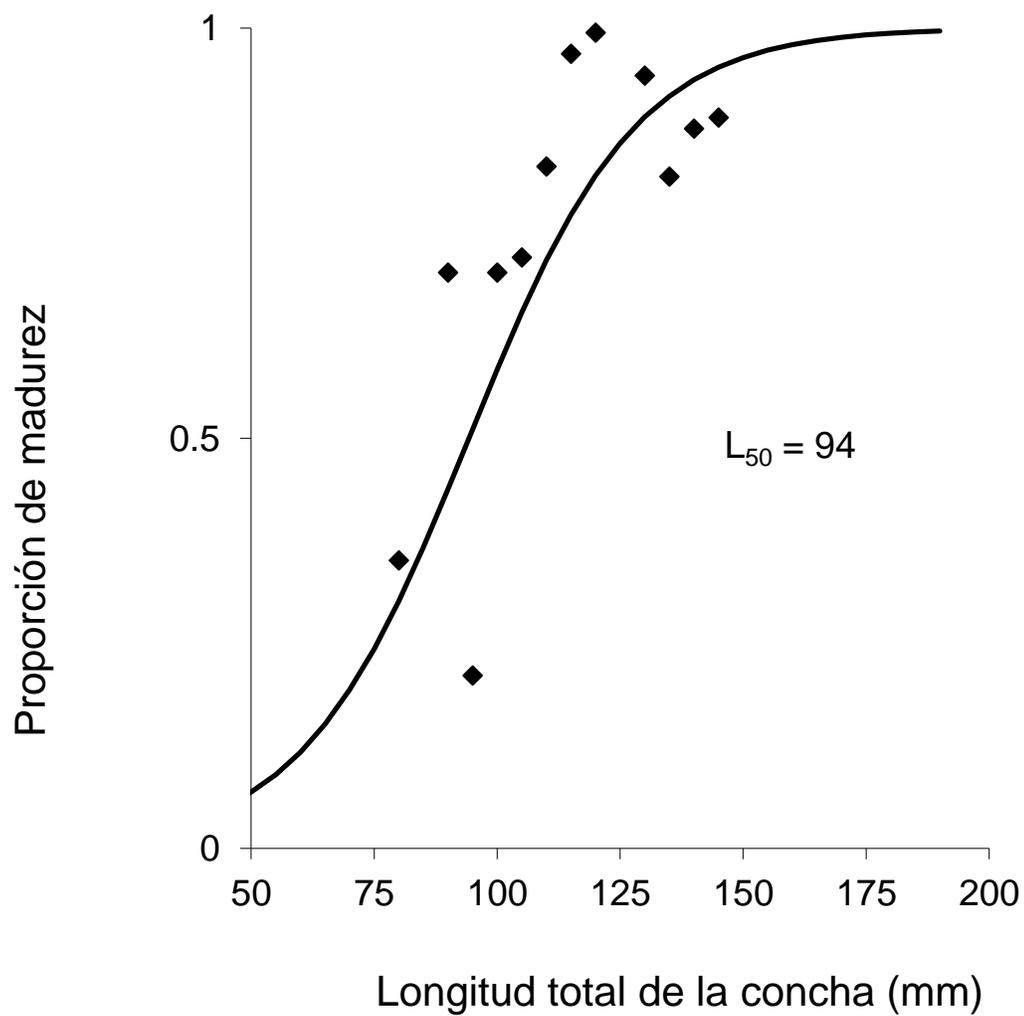


Figura 50.- Longitud de primera madurez para *P. globosa* en la región central del Golfo de California, utilizando el método no lineal ajustado con el criterio de máxima verosimilitud.

VIII. DISCUSIÓN

8.1 Distribución espacial

La distribución espacial de la almeja de sifón es del tipo agregado y con densidades que entre otros factores puede ser que varían de acuerdo al tipo de sustrato. La almeja de sifón es una especie sésil que vive enterrada en el lecho marino y por tanto no tiene movimiento, aun y cuando sea la época reproductiva. Este mismo comportamiento de vivir enterrada y ser especie gonocórica debe ser la respuesta a su distribución espacial de tipo contagiosa o “parches” (Goodwin y Pease, 1991; Bradbury *et al.*, 2000). Ya que el éxito reproductivo dependerá de que sus gametos se encuentren en la columna de agua y la vida gregaria facilita ese encuentro.

Si la respuesta a una distribución espacial de las almejas de sifón *Panopea* spp. está dada por ese comportamiento reproductivo ahora surge la pregunta de qué determina los lugares de asentamiento y las diferencias en la densidad para los distintos lugares de asentamiento. Es posible que la distribución este determinada principalmente por el tipo de sustrato (Bradbury *et al.*, 2000), pero otros factores ambientales que también la afectan son la disponibilidad de alimento, la temperatura del agua, la turbidez y las corrientes (Goodwin y Pease, 1991). En este estudio se localizaron 10 bancos con densidades diferentes y se encontró que los bancos de más al sur de la zona de estudio son los que tienen más alta densidad. La variación de densidad podría deberse a que existen diferencias en el tipo de sustrato como lo reporta Gómez-García (2005) para la zona estudiada. Según Sánchez *et al.* (2009) Los sedimentos de la zona de estudio son de tres grupos principales: (1) arenas finas, que se ubican en el norte de la zona de estudio; (2) arenas limosas, son los que predominan y se encuentran distribuidos en parte central; (3) limos arcillosos, que están confinados a la zona sur. También existe una relación directa entre el tamaño de partícula y la materia orgánica ya que en los sedimentos finos como los limos hay mayor materia orgánica que en los sedimentos más gruesos como la arena. De acuerdo a esto parece que el sedimento de tipo limos arcillosos favorece el asentamiento de las almejas de sifón *P. globosa*, mientras que el sedimento de tipo arenoso es menos factible para su

hundimiento en el sustrato. Este puede estar en relación directa con la capacidad de la almeja para excavar en el fondo marino y sedimentos con grano más grueso pueden dificultar su capacidad para enterrarse. Sin embargo esto es contrastante con lo reportado por Goodwin y Pease (1991) en su descripción de la distribución espacial de la almeja de sifón *P. generosa* es seis regiones de Puget sound, Washington en Estados Unidos Ellos encontraron una densidad de 1.2 ind. m⁻² en sedimentos limosos, 2 ind.m⁻² en sedimentos limo-arenosos y 2.1 ind.m⁻² en sedimentos arenosos. Mencionan que la diferencia fue significativa. Concluyen que la almeja de sifón *P. generosa* es más densa en sustrato limo-arenoso y arenoso. Según los resultados del presente estudios *P. globosa* es más abundante en sustrato limo-arcilloso y difiere de lo encontrado por Goodwin y Pease (1991) para *P. generosa*. Posiblemente porque hay otro factor que quedó fuera del alcance de ambos estudios y que también contribuye en el asentamiento de ambas especies. Goodwin y Pease (1991) proponen que pueda ser la fauna asociada pero también mencionan que esas otras correlaciones puedan ser incidentales. En lo que se coincide para ambas especies es que su distribución es agregada debido a que el sustrato en el cual puedan enterrarse también es heterogéneo.

Bradbury *et al.* (2000) señalan en su estudio que el número de almejas y su distribución está influenciado por el tipo de sustrato que le permite enterrarse, además de varios factores ambientales como la disponibilidad de alimento, la temperatura del agua, la turbidez y las corrientes. Se considera que los stocks de la almeja de sifón presentan una estructura espacial metapoblacional, esto es, varios adultos sedentarios conectados entre sí por la dispersión de larvas meroplanctónicas. Segmentos abiertos de poblaciones, relativamente pequeñas, en la Columbia Británica son definidos como bancos (Bradbury, 2007), cualquier segmento de tales metapoblaciones bentónicas está abierto al reclutamiento larval de otros bancos.

La teoría de metapoblaciones es un concepto que desde los años 60 ha tomado forma y reconocimiento en el ámbito científico. Se definió el concepto de metapoblación

como una población de poblaciones que se extinguen y recolonizan (Levins, 1970). El concepto aplica para situaciones en las que el hábitat en donde se reproducen y prefieren estar los individuos de una población no es homogéneo pero consiste en una serie de parches discretos o islas. Los parches no están completamente aislado entre si, debido a que existe un eventual intercambio de dispersores que llegan a cruzar la distancia entre ellos, sin embargo la distancia es tal, que cada uno tiene una dinámica poblacional propia.

En una revisión de Grimm y Reich (2003) encontraron que del 100% de los trabajos que revisaron 64 % no cubrían los criterios para una metapoblación, mientras que solo el 19 % hacían referencia a extinción local, dispersión y recolonización; 17% solo reportó dispersión y un cuarto de las publicaciones no contenía ninguno de los criterios.

Si la almeja de sifón presenta una distribución con las características de metapoblación, será tema para seguir analizando en futuros trabajos de investigación. En este estudio se han detectado 10 bancos con densidades diferentes y se ha visto que los bancos de más al sur de la zona estudiada son los que tienen más alta densidad. Quizás los criterios establecidos por estos autores surgen de la necesidad de que la definición del concepto no sea tan estricta y por lo tanto permita que más situaciones reales, se puedan estudiar bajo este concepto. Lo que sí es importante señalar para la cuestiones del manejo es que la almeja de sifón se distribuye en bancos y que es muy posible que cumpla los criterios para considerarla como una metapoblación con las implicaciones de administración pesquera que ello implique.

Debido al patrón de distribución presente en estos bivalvos, según INAPESCA (2007) se ha planteado como una estrategia de pesca, que la administración de la almeja de sifón debe de realizarse por banco, comprometiendo así al solicitante a realizar un estudio de investigación para determinar su viabilidad comercial y ubicar en coordenadas geográficas bancos en base a su distribución, esto resultaría benéfico para el solicitante ya

que se estaría cuidando el recurso excluyendo áreas de pesca para la conservación del mismo.

Se entiende por banco la zona de concentración de organismos con una estructura poblacional común y definida por su densidad o algún otro criterio como su estructura de tallas o edades (INAPESCA, 2007). El contorno del banco puede estar definido por batimetría o por que en todo el transepto no se encontraron cuadrantes con densidades adecuadas, o se obtuvo una nula presencia de organismos debido a diferentes variables o barreras físicas; por ejemplo la presencia de un terreno rocoso que impida la sedimentación de las larvas y el crecimiento de los juveniles.

La isobata de los 30 m no define el límite de distribución de la almeja de sifón, pero sí la ubicación de los bancos, ya que ésta puede encontrarse a mayores profundidades dado que su distribución va desde la zona intermareal hasta profundidades de 110 m o probablemente más (Straus *et al.*, 2008). Por cuestiones de seguridad y limitaciones técnicas durante la realización de este trabajo se laboró a profundidades menores a los 30 m. Al hacer la pesquería de almeja de sifón por banco en cada zona es preciso mantener áreas sin extracción para garantizar la renovación del stock de almeja, permitiendo que las larvas y postlarvas se diseminen a través de las corrientes por todo el banco (INAPESCA, 2007).

Aunque en el Golfo de California, esta pesquería está constituida por la especie *P. globosa* y por *P. generosa* en la costa occidental de la Península de baja California (litoral Pacífico). Es posible que por ser congéneres su comportamiento en cuanto a distribución poblacional sea muy similar, ya que *P. generosa* es la misma especie que se explota en las costas de los estados de Washington en Estados Unidos y Vancouver en Canadá. Además de que la revisión hecha por Straus *et al.* (2008) mencionan que *P. generosa* de esos lugares se agrega en parches. Por todo lo anterior es que se le puede considerar como

metapoblación y concluir que su administración como recurso pesquero es correcta al sugerirse el manejo diferenciado por banco de pesca.

8.2. Estructura de Tallas y Pesos

En la presente investigación se realizó el análisis de distribución de frecuencia de talla y peso, en la parte central del Golfo de California. Las tallas encontradas son menores a las reportadas para la misma especie en San Felipe y Puerto Peñasco (Pérez-Valencia, 2013) e incluso para la misma especie en Bahía Magdalena (González-Peláez, 2013) que se encuentra en su límite de distribución templada. Esto no es de sorprender cuando en estudios se han encontrado también variabilidad en cuanto al peso y la talla entre bancos y entre regiones (Goodwin, 1976; Goodwin y Pease, 1991; Hand y Bureau, 2000; Bureau, *et al.*, 2002) y han mencionado que estas diferencias seguramente están relacionadas con factores ambientales locales, a la latitud y a efectos de la pesca, pero se han enfrentado a la dificultad de poder determinar en qué medida contribuye cada uno de los factores, ya que muchos de los estudios se hicieron en banco sujetos a aprovechamiento. Entre los factores que pueden explicar la diferencia entre las tallas y pesos analizados se encuentran los diferentes tipos de sustratos en los bancos, que van desde rocosos, arenosos, lodosos y conchalino. Algunos autores (Goodwin y Peace, 1991) reportan que el tipo de sustrato altera la forma de las conchas, es importante señalar que el tipo de sustrato puede afectar la profundidad a que se entierran las almejas sifón, esto se ve reflejado en la reducción del sifón de la almeja.

De manera individual se encontraron almejas con un peso mínimo de 341 g y un máximo de 1,732 g, una talla mínima de 87 mm y una máxima de 187 mm. Aragón-Noriega *et al.* (2007) en un estudio en la Bahía de Guaymas-Empalme (Sonora) encontraron organismos de *Panopea globosa* con un peso promedio de 533.3 ± 43.1 g y una talla promedio de 147 ± 13.5 mm. El peso total osciló entre 68 g hasta 930 g con una talla mínima de 68 mm y una máxima de 239 mm. Esta comparación indica que el peso de

Panopea globosa en esta área ha presentado un aumento a través de los años, posiblemente debido al incremento observado en la disponibilidad de alimento. Esta explicación parte de algunos estudios que se ha realizado para otros moluscos bivalvos. Tyler (2007) encontró mayores tallas de *Mercenaria mercenaria* en los sitios donde se encontraba una mayor disponibilidad de alimento, sin embargo, mencionan que una eutrofización de las aguas costeras tiene un efecto negativo en las almejas y en otras especies. Nakamura y Kerciku (2000) mencionan la posibilidad de que la biomasa de *Corbicula japonica* puede reducirse si la concentración de fitoplancton disminuye y que el transporte de éste es vital para el aumento de peso ya que como es un organismo sésil necesita que el alimento llegue hacia él. Dame (1996), así como Wildish y Kristmanson (1997), mencionan que el movimiento del agua es crucial para los bivalvos ya que aumenta el oxígeno y encuentro con el fitoplancton así como la eliminación de desechos. La alta variabilidad de las distribuciones de tallas y pesos puede atribuirse a que la pesca de *P. globosa* no es selectiva, ya que el buzo no puede saber que talla presenta la almeja antes de su extracción. Aunque se presentaron valores extremos en cuanto a talla y peso, la ocurrencia fue baja. Duque (1993) menciona que el aumento de la tasa de mortalidad en *Polymesoda solida* puede ser la causa de la baja representatividad en grandes tallas, debido a que los organismos van envejeciendo, y por otro lado los juveniles presentan valvas frágiles. Sin embargo, para *P. globosa* esto no se ve reflejado en los datos ya que se tienen representaciones tanto de almejas de tallas grandes y pequeñas. La mayor mortalidad del género *Panopea* spp. se presenta en etapas larvarias y después del asentamiento disminuye considerablemente. Debe considerarse que al momento de realizar la extracción de los organismos, aquellos que presentan tallas o pesos pequeños, no puede reincorporarse al sustrato, debido a que el organismo a cierta edad pierde el pie el cual le permite enterrarse. Para evitar extraer organismos de baja talla, Gribben y Creese (2005) propusieron para *Panopea zelandica* una relación entre el ancho de los pares de sifones y la longitud, pero a nivel de pesca comercial esto ha sido difícil lograrlo. Andersen (1971) no encontró ninguna relación con la anchura de los sifones y el tamaño de *P. abrupta*, lo cual motiva que se establezcan indicadores que coadyuven en el descarte de individuos pequeños y/o que no cumplan con la normatividad establecida. Las diferencias entre talla y peso encontradas en las diversas áreas del presente

estudio pueden deberse a las condiciones ambientales que han predominado a lo largo de los años en cada sitio. Mendivil-Mendoza (2012) observó menor disponibilidad de alimento en la zona norte del área de estudio del presente trabajo, siendo reflejado en la menor biomasa registrada. Además, se registran las condiciones más frías, lo cual puede explicar las menores tallas registradas. Por otra parte, en las áreas que ha prevalecido una mayor disponibilidad de alimento (área sur) se presentaron los mayores promedios de peso. Asimismo, son las áreas que han presentado temperatura más cálida, consecuentemente presentado mayores promedios de tallas, siendo un resultado similar al descrito por Calderón-Aguilera *et al.* (2010b), quienes reportan que durante un periodo cálido forzado por El Niño propicia un mayor crecimiento para *P. generosa* en Baja California. Esto también se ha reportado para otras especies por diversos autores, tales como Kresten *et al.* (2008) y Nielsen *et al.* (2008), quienes encontraron que la fase positiva de la oscilación decadal del Pacífico (temperaturas cálidas) influye en el crecimiento y por tanto en el aumento de talla de *Panopea abrupta*. Asimismo, Black (2009) menciona que el crecimiento de *Panopea abrupta* se encuentra estrechamente relacionado con el aumento de la temperatura. Para otras clases de bivalvos como *Mercenaria mercenaria* se encontraron diferentes tasas de crecimiento a través de los años de estudio, siendo relacionadas con variaciones en la temperatura, disponibilidad de alimentos y corrientes (Chester *et al.*, 2009). Por otro lado, se debe considerar a las corrientes como un medio de transporte del alimento para *P. globosa*, ya que es un organismo bentónico. Una mayor turbidez puede ser un indicador de corrientes intensas y por ende un mayor transporte de alimento. Coincidiendo con lo descrito por (Goodwin y Pease, 1987; Goodwin y Pease, 1989) los cuales descubrieron que en los lugares donde existen corrientes débiles las almejas presentan menor talla en comparación con aquellos donde se presentaron mayores corrientes ya que reciben mayor alimento, denotando que las variables ambientales son cruciales para el aumento o disminución de talla y peso en *P. globosa*.

Sin embargo, pueden existir otras variables las cuales podrían influir en la diferencia de las tallas de *P. globosa*, como tipo de sustrato, pH, profundidad, entre otras. Wade (1967) encontró que las diferencias de la talla en individuos de *D. denticulatus* se las adjudican al tamaño y naturaleza del grano de la arena, contenido orgánico, al oleaje y otros

factores bióticos que influyen en el desarrollo de las poblaciones del bivalvo. Hoffmann *et al.* (2000) encontraron para *Panopea abrupta* una talla promedio entre 120 a 168 mm en once localidades de Washington, E.U.A., donde las diferencias observadas pueden ser explicadas por factores ambientales tales como el flujo de las mareas intermedia y sustrato arenoso, ya que en éstos se presentaron organismos de mayor talla y en zonas donde el sustrato fue en su mayoría lodo-grava se presentaron las menores tallas. Russell-Hunter (1964) menciona que el pH es muy importante en el crecimiento y formación de las valvas en moluscos, densidad de fitoplancton, entre otros. Los organismos de *Panopea abrupta* que habitan en sustratos compactos como gravilla o arena presentan tallas menores debido a que detienen su crecimiento además de ser susceptibles a depredación (Sloan y Robinson, 1983). Además, a mayores profundidades y sustratos con mezcla de arena y lodo el crecimiento en *P. abrupta* es más rápido (Goodwin y Pease, 1989; Goodwin y Pease, 1991). Según Thórarinsdótti (1999), el rápido crecimiento de *P. generosa* se debe a que habita en aguas profundas ya que no se presentan perturbaciones extremas de las variables ambientales. Otro aspecto a resaltar de la pesquería de *P. globosa* en la parte central del Golfo de California, es que del total de organismos capturados, el 80% estuvo por encima de la talla mínima legal (DOF, 2012), siendo un resultado similar al reportado por Calderón-Aguilera *et al.* (2010b) para *P. generosa* en el Pacífico mexicano.

8.3 Relación peso – longitud

El crecimiento de *Panopea globosa* fue evaluado toda vez que el conocimiento que se tiene sobre la especie es aún mínimo. En la presente investigación se encontró que el crecimiento de *P. globosa* es de tipo asimétrico negativo. Dicha asimetría podría deberse al hábitat, ya que el organismo se encuentra debajo del bentos, situación que podría propiciar modificaciones en su morfología haciendo que las valvas se alarguen de tal forma que pueda incrustarse en el bentos con mayor facilidad, así como alargar el sifón, permitiendo capturar alimento, oxígeno y reproducirse. Goodwin y Peace (1989), mencionan que *P. abrupta* extiende su sifón para expulsar desechos y gametos durante el periodo reproductivo. El crecimiento asimétrico ha sido reportado en otras especies de moluscos

bivalvos como *Tellina planata*, *Tellina nitida*, *Glycymeris violacescens*, *Donax semistriatus* y *Solen marginatus* (Charef *et al.*, 2012). La asimetría negativa es consecuencia del tipo de sustrato (De la hoz-Aristiabal, 2009) el cual hace que la concha sufra modificaciones en su estructura con el fin de adaptarse al medio, así como para evitar la depredación y corrientes (Espoz *et al.*, 2004; Gaspar *et al.*, 2002; Gil *et al.*, 2005).

8.4. Edad y crecimiento

Si bien existe una gran cantidad de información sobre *P. generosa* de Washington y Columbia Británica (Feldman, 2004). Las poblaciones de *Panopea* del noroeste de México, en Baja California y Sonora, son objeto de pesca con un rápido crecimiento por lo que la comprensión de los parámetros de crecimiento individual es tarea obligada para desarrollar estrategias sostenibles de manejo.

En *Panopea globosa* los anillos internos de crecimiento de la concha se muestran como una región angosta y translúcida formada en el invierno y otra región amplia y opaca que se forma de primavera a otoño. Los estudios que se han realizado en otras almejas (Morsán y Ciocco, 2004) sugieren que los patrones translúcidos son determinados por la actividad metabólica asociada con cambios en las temperaturas del fondo marino. En este sentido Shaul y Goodwin (1982) explicaron que la línea de crecimiento que se forma en *P. generosa* es por la disolución del carbonato de calcio debido al metabolismo anaeróbico durante su periodo de inactividad en la época de invierno. La almeja de sifón (Shaul y Goodwin, 1982) del hemisferio norte, así como la del hemisferio sur *P. abbrevita* (Morsán y Ciocco, 2004) retraen su sifón permaneciendo en una aparente condición de inactividad. Para *P. globosa* de la parte central del Golfo de California no existen reportes técnicos ni científicos que avalen o contradigan este hecho, sin embargo por ser un congenero de las especies mencionadas arriba es de esperarse que su comportamiento sea similar. Lo importante de analizar este comportamiento en verano es por las consecuencias que para el crecimiento implica. Este comportamiento inducido por las bajas temperaturas y por la

disponibilidad de alimento debe reflejarse en tasa metabólica.

El método más tradicional para estimar el crecimiento en bivalvos consiste en examinar el conteo de bandas de crecimiento (Richardson y Walker, 1991) para *P. generosa* de Canadá y Washington ya se determinó con exactitud que las bandas de crecimiento son anuales (Shaul y Goodwin, 1982). Lo mismo fue comprobado para *P. abbreviata* de argentina (Morsán y Ciocco, 2004) y *P. zelandica* de nueva zelanda (Breen *et al.*, 1991). En *P. globosa* es el primer estudio sobre crecimiento utilizando cualquier modelo de los que se ha propuesto para el crecimiento individual de los recursos pesqueros. Por lo tanto para este estudio se partio del principio básico del conteo de bandas internas (anillos de crecimiento). Es importante dejar en claro este punto, ya que se vuelve la piedra angular de esta investigación y sustento este hecho en que para otras tres especies del mismo género esta científicamente probado que los anillos se forman anualmente.

La técnica “acetate peel” de contar los anillos de crecimiento para la estimación de edad de las almejas de sifón en el mundo, fue inicialmente validado por dos métodos diferentes (Shaul y Goodwin, 1982) y se utilizó para determinar la edad de *P. generosa* en la Columbia Británica (Bureau *et al.*, 2002, 2003) del Estado de Washington (Goodwin y Shaul, 1984), *P. zelandica* en Nueva Zelanda (Breen *et al.*, 1991) y *P. abbreviata* en Argentina (Morsan y Ciocco, 2004). Además de la validación del método ha sido recientemente demostrada mediante técnicas de datación cruzada, primero desarrollado por medio de dendrocronología, que busca patrones de crecimiento sincrónico de una población objeto de muestreo y utiliza "años firma" AF de una referencia cruzada entre los especímenes de una muestra. (Black, 2009). No hay ninguna razón para suponer que la deposición de anillos de crecimiento interno no se produce durante los meses de invierno en el Golfo de California y, de hecho, los años de la firma estaban claramente identificados y pueden utilizarse para las almejas de esta región. En las almejas analizadas del Golfo de California se encontró que esta técnica puede ser utilizada para las lecturas de anillos y representa una buena medida de crecimiento anual. Los llamados AF se reflejan en las

almejas porque algún evento climático favorable o desfavorable se ha presentado en la zona donde el organismo se encuentra. El Niño Oscilación del Sur (ENOS) ocurrido en 1983-1984 parece tener un efecto favorable para *P. generosa* de Baja California (Calderón-Aguilera *et al.*, 2010b). Las observaciones de estos autores indican que en la almeja de sifón el crecimiento es más rápido durante el período caluroso, y el ENOS mantiene condiciones más cálidas en el agua del mar. La presencia de El Niño de 1997-1998 (Pérez-Arvizu, 2009) puede ser la explicación de que el grupo de 10 años fue el más representado en este trabajo, lo que sugiere mecanismos más complejos que explican la variabilidad del reclutamiento.

Se encontró un grupo modal de 12 años y sólo se puede especular sobre la relación entre éxito en el reclutamiento y el medio ambiente de los efectos de El Niño Oscilación del Sur (ENOS). El ENOS ocurrido en 1983-1984 parece tener un efecto favorable para la *P. generosa* de Baja California (Calderón Aguilera *et al.*, 2010). Parece que en la almeja de sifón el crecimiento es más rápido durante el período caluroso, y el ENOS mantiene condiciones más cálidas en el agua del mar, ya que el Niño de 1997-1998 (Pérez Arvizu, 2009) dieron un fuerte grupo de 11-12 en los resultados de este trabajo, lo que sugiere mecanismos más complejos que explican la variabilidad del reclutamiento.

En el Golfo de California, la longitud asintótica estimada fue de 123.72 mm de longitud total de la concha y se logró a 10 años. Esta longitud asintótica está fuera del intervalo encontrado para *P. generosa* en la Columbia Británica que fue reportado de 129 a 147 mm (Bureau, 2002, 2003; Campbell y Ming, 2003) y la encontrada en el Estado de Washington que fue de 132 a 173 mm (Hoffmann *et al.*, 2000). Por otro lado, la longitud asintótica de *P. globosa* es más grande que la de otras especies de almeja de sifón del hemisferio sur: 106 m longitud total de la concha para *P. abbreviata* (Morsan y Ciocco, 2004) y 116 mm para *P. zelandica* (Gribben y Creese, 2005).

Uno de los propósitos de este estudio fue investigar si la talla mínima legal establecida como de 130 mm, tiene algún significado biológico. Según lo constatado en nuestro estudio de campo, la longitud asintótica es menor que 130 mm, y por lo tanto el límite de tamaño, como talla mínima legal establecida, parece ser demasiado alto. Más importante aún, es el hecho de que la longitud de la concha de la almeja de sifón no puede ser determinado por el tamaño del sifón antes de extraer los individuos del fondo marino. Por otra parte, una almeja de sifón adulta es incapaz de volver a enterrarse ya que al ser retirado del sustrato pierde la protección del mismo, porque esta especie de adulto pierde su apéndice de excavación (Feldman *et al.*, 2004).

Hoffmann *et al.* (2000) afirmaron que el parámetro de crecimiento, k , en el modelo de von Bertalanffy es el factor clave para estimar la tasa de mortalidad por pesca. En este estudio se encontró que el valor de $k = 0.349$ es mayor a los estimados por Hoffmann *et al.* (2000) para el Estado de Washington (0.113 a 0.235) y mucho mayor a los encontrados por Campbell y Ming (2003) en Canadá (0.146 y 0,189). En este caso, el parámetro k es también superior al reportado para la almeja de sifón Hemisferio sur (0.183) en *P. abbreviata* (Morsán y Ciocco, 2004) y muy superior a la reportada (0,16) en *P. zelandica* (Breen *et al.*, 1991). Por lo tanto, el ajuste del modelo de crecimiento a los datos depende de la estructura demográfica de la población estudiada. Normalmente los valores “grandes” de k se encuentran cuando las poblaciones objetivo se componen de individuos más jóvenes (Hoffmann *et al.*, 2000).

Hay muchos ejemplos de *P. generosa* de más de 100 años (Goodwin, 1976; Shaul y Goodwin, 1982; Sloan y Robinson, 1984; Campbell y Ming, 2003). En este estudio, se encontró un organismo de 27 años como el organismo más longevo de la parte central del Golfo de California. Este valor se encuentra muy por debajo a los reportados Sloan y Robinson (1984) quienes encontraron individuos maduros entre 7 y 107 y de edad en machos y 8 a 89 de edad en hembras.

Aquí se hace referencia a las longitudes asintóticas reportadas para las dos especies mexicanas de almeja de sifón. Mientras que Calderón-Aguilera *et al.* (2010b) encontraron la longitud asintótica de *P. generosa* en 135 mm, para *P. globosa* el valor reportado por diversos autores es de ~122 mm (Cortez-Lucero *et al.*, 2011; Cruz-Vásquez *et al.*, 2012). Sin embargo, se reitera que el 80% del total de organismos capturados en la presente investigación superan la talla mínima legal para esta especie, estableciendo así que la mayoría de las capturas en esta región se realiza apegada a la ley.

8.5 Modelos de crecimiento

Otro objetivo de este estudio fue probar diferentes modelos, utilizando la teoría de la información para ajustar el mejor modelo y para determinar la longitud asintótica con la mayor y mejor información posible. En estudios anteriores, los parámetros de crecimiento de otras especies de almeja de sifón se calcularon utilizando un algoritmo basado en el método de mínimos cuadrados (Hoffmann *et al.*, 2000; Bureau *et al.*, 2002; 2003; Campbell y Ming, 2003; Calderón-Aguilera *et al.*, 2010b). En este estudio, en su lugar se utilizó como criterio la máxima verosimilitud, encontrando que el uso de ésta representa una mejor solución para estimar adecuadamente los parámetros de los modelos de crecimiento individual tal como lo propuso Katsanevakis (2006) para otros modelos, pero en general la máxima verosimilitud es una prueba más robusta.

Selección de modelo basado en la teoría de la información ha sido recomendado como una alternativa mejor y más robusta que los enfoques tradicionales (Katsanevakis, 2006; Cerdanars *et al.*, 2011). La ventaja de utilizar el AIC es que los modelos probados pueden ordenarse jerárquicamente según su ajuste a los datos, y que pueden obtenerse los parámetros promedio para un modelo, en este caso de crecimiento individual. Sin embargo, el parámetro promedio deseado (por ejemplo, longitud asintótica), se estima obteniendo la

ponderación de Akaike (Burnham y Anderson, 2002); es decir, la contribución de cada parámetro es ponderada antes de obtener la media del parámetro deseado

El uso de R^2 ajustada y la suma de cuadrados en la selección de modelos no toman en cuenta la estructura del modelo que mejor se ajusta sino la decisión de seleccionar el modelo se basa en la complejidad del mismo modelo. De hecho, R^2 ajustada y la suma de cuadrados tienden a seleccionar el modelo más complejo (Zhu *et al.*, 2009). En contraste, el AIC selecciona el modelo más parsimonioso porque penaliza la adición de más parámetros al modelo.

En este estudio, se compararon los modelos de crecimiento von Bertalanffy (VBGM), Logístico, Schnute, Schnute y Richards, 1990 y Gompertz. Según el AIC, se encontró el modelo de Shnute y Richards como el mejor, mientras que el modelo menos compatible fue el modelo Schnute (Tabla XIX). Aunque el VBGM es el modelo más estudiado y más comúnmente aplicado entre todos modelos de longitud a la edad, su uso como el único modelo de crecimiento no está bien soportado. Con respecto a otros estudios usando los AIC, Baer *et al.* (2011) concluyó que el VBGM no es el modelo óptimo para calcular el crecimiento del Lenguado (*Psetta maxima*). Resultados similares fueron encontrados por Flores *et al.* (2010) en el erizo de mar (*Loxechinus albus*). Está claro que este nuevo enfoque estadístico basado en la teoría de la información se ha vuelto cada vez más popular en la inferencia matemática, pero es muy reciente en estudios biológico-pesqueros, donde ha sido usado por menos durante una década. A pesar de ello, Mundry (2011) sugiere usarlo con precaución en estudios de Ecología y propone una mezcla de la utilización de pruebas de hipótesis nula y criterios de teoría de información en circunstancias específicas. Por lo tanto, se espera que en los estudios pesqueros, el uso de los AIC se convierta en una herramienta común en la selección de modelos, pero todavía se pueden utilizar pruebas de hipótesis nula con suficiente justificación.

8.6 Talla de primera madurez

Se planteó también el objetivo de encontrar la talla de primera madurez para poder discutir sobre las razones que fundamentan una talla mínima legal de 130 mm. Ni en los planes de manejo (Botello-Rubalcaba et al, 2010; DOF, 2012a) ni en la carta nacional pesquera (DOF, 2012b) se presentan los argumentos biológicos que se tomaron para determinar esta talla mínima legal y sólo se aduce al criterio precautorio.

Los métodos lineales fueron utilizados en pesquerías todavía hasta finales de los 80's (Pauly, 1987) como la herramienta básica para obtener parámetros de los modelos que describen los puntos de referencia biológicos básicos, entre los que se encuentra la ecuación de primera madurez. Con la entrada de las computadoras fue más fácil aplicar el algoritmo de Gauss Newton que básicamente es un método iterativo para combinar parámetros y ajustar el modelo bajo una función objetivo que nos brinde un mejor ajuste de la realidad estudiada pero siempre partiendo del datos iniciales también llamados “valores semilla”.

Esas funciones objetivos que se utilizan para aplicar el algoritmo de Gauss Newton pueden ser los mínimos cuadrados o la máxima verosimilitud. Siendo los mínimos cuadrados los más ampliamente utilizados. La verosimilitud es una técnica probabilística que incluso utiliza a los mínimos cuadrados como auxiliar para el cálculo de los parámetros y por tanto se considera más precisa que los mínimos cuadrados. La verosimilitud esta tomando cada vez más auge en la vida moderna del quehacer científico (Cervantes-Hernández *et al.*, 2012). En el presente estudio se aplicaron ambas técnicas y se han presentado los valores para no dejar dudas de la aplicación de todas las herramientas posibles de utilizar, pero definitivamente se ha dejado el valor de talla de primera madurez obtenido con el criterio de máxima verosimilitud que fue de 94.25 mm de longitud de concha.

La talla de madurez reproductiva que se encontró en este estudio fue de 94.25 utilizando el método no lineal. Este valor es más alto de los que se han reportado en *P. abrupta* (Campbell y Ming, 2003). Estos autores encontraron la talla de primera madurez (50% de organismos maduros) de 58.3 mm en Isla Gabriola y 60.5 en Banco Amarillo en Columbia Británica. Esta observación es importante porque Campbell y Ming (2003) así como el presente estudio se realizaron en áreas submareales. Andersen (1971) encontró la talla de primera madurez a 75 mm, pero en la zona intermareal. Tendrías que discutir que implica uno y otro caso en términos reproductivos.

Aunque muy discutido, existe un criterio de que se les debe permitir a los organismos sujetos a explotación reproducirse al menos una vez antes de ser capturados. Sorprendentemente se ha encontrado que no se ha tomado en cuenta ni las tasas de crecimiento ni las tallas de primera madurez reportado para otras especies de *Panopea* hasta ahora para fijar la talla mínima legal. Así que el tamaño legal de 130 mm de longitud de concha no tiene ningún significado en cuanto a talla de primera madurez para *P. globosa* en Baja California o para que el reportado en la literatura, incluso en la zona intermareal.

El resultado obtenido en el presente estudio sobre talla de primera madurez que se alcanza a los 94.25 mm de longitud de concha se puede interpretar como una subexplotación del recurso ya que el plan de manejo determina una longitud mínima de captura del organismo de 130 mm y según lo encontrado en este estudio, a esas tallas almeja *P. globosa* de la parte central del Golfo de California tiene al menos 10 años de estarse reproduciendo, lo cuál nos indica que tal plan de manejo no es el adecuado para esta especie y debería hacerse una revisión del mismo, tomando en cuenta los resultados obtenidos en este trabajo.

IX. CONCLUSIONES

La principal conclusión de este trabajo de tesis es que los organismos de *Panopea globosa* presentes en la parte central del Golfo de California pertenecen a una población joven de reciente asentamiento como se demuestra en los valores de crecimiento ajustados a los diferentes modelos de crecimiento entre ellos von Bertalanffy. Otra conclusión es que la talla mínima legal de captura de 130 mm para la pesca de la almeja de sifón en México, es demasiado grande, porque dicha estrategia de gestión no es adecuada a la biología de estos organismos.

Una vez concluida esta investigación se dio cumplimiento a los objetivos, general y específicos que fueron establecer las bases biológicas para el aprovechamiento sustentable de la almeja de sifón *Panopea globosa* presentes en la parte central del Golfo de California. Partiendo de generar el conocimiento de la talla de primera madures, tasas de crecimiento y evaluación de la densidad en diez bancos que se lograron delimitar. Se acepta la hipótesis de que es necesario el ajuste del plan de manejo para el aprovechamiento sustentable de la almeja de sifón *Panopea globosa* presentes en la parte central del Golfo de California, ya que la población tiene tallas asintóticas por debajo de la mínima legal que establece el actual plan de manejo. Aunado a esto la talla de primera madures puede garantizar una explotación con tallas menores a la citada como mínima legal.

X. LITERATURA CITADA.

- Andersen, A.M. 1971. Spawning, growth and spatial distribution of the geoduck clam, *Panopea generosa* (Gould) in Hood Canal, Washington. PhD Diss., U. of Washington, 133pp.
- Andreawartha, H. G. 1973. *Introducción al estudio de poblaciones animales*. Alhambra, México. 332 p.
- Aragón-Noriega, E.A., E. Alcántara-Razo, L.E. Calderón-Aguilera, y R. Sánchez-Fourcade. 2012. Status of Geoduck clam fisheries in Mexico. *Journal of Shellfish Research* 31(3): 733-738.
- Aragón-Noriega, E.A., J. Chávez-Villalba, P.E. Gribben, E. Alcántara-Razo, A.N. Maeda-Martínez, E.M. Arámbula-Pujol, A.R. García-Juárez And R. y Maldonado-Amparo. 2007. Morphometric Relationships, Gametogenic Development and Spawning of the Geoduck Clam *Panopea globosa* (Bivalvia: Hiatellidae) in the Central Gulf of California. *Journal of Shellfish Research*. 26 (2): 423-431.
- Arambula-Pujol, E M, A. R. García-Juárez E. Alcantára-Razo y E. A. Aragón-Noriega 2008. Aspectos de Biología reproductiva de la almeja de sifón *Panopea globosa* (Dall, 1898) en el Golfo de California. *Hidrobiológica* 18 (2): 89-98.
- Black, B. A. 2009. Climate-driven synchrony across tree, bivalve, and rockfish growth-increment chronologies of the northeast Pacific. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 378:37-46.
- Black, A.B., D.C. Gillespie, McLellan S.E. y C.M. Hand. 2008. Establishing highly accurate production-age data using the tree-ring technique of crossdating: a case study for Pacific geoduck (*Panopea generosa*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 65: 2572-2578.
- Black, B.A., G.W.Boehlert y M.M. Yoklavich 2005. Using tree-ring cross-dating techniques to validate annual growth increments in long-lived fishes. *Can J Fish Aquat Sci* 62: 2277-2284

- Botsford, L.W. y R. C. Hobbs, 1995. Recent advances in the understanding of cyclic behavior of Dungeness crab (*Cancer magister*) populations. ICE Mar. Sci. Symp. 199:157-166.
- Bradbury, A. y J. V. Tagart. 2000. Modeling geoduck, *Panopea abrupta* (Conrad 1849) population dynamics. II. Natural mortality and equilibrium yield. J. Shellfish Res. 19:63-70.
- Bradbury, A., B. Sizemore, D. Rhotaus y M. Ulrich. 2000. Stock Assessment of Subtidal Clams (*Panopea abrupta*) in Washington. Washington D.C. Department of Natural Resources and Washington State Department of Fish and Wildlife. 66 pp.
- Breen, P. A., C. Gabriel y T. Tyson 1991. Preliminary estimates of age, mortality, growth, and reproduction in the hiatellid clam *Panopea zelandica* in New Zealand. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research. 25: 231 – 237.
- Bureau D., Hajas, W., Hand, C. M. y G. Dovey, 2003. Age, size, structure and growth parameters of geoducks (*Panopea abrupta*, Conrad 1849) from seven locations in British Columbia sampled in 2001 and 2002. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. No.2494.
- Bureau, D, W. Hajas, N.W. Surry, C.M. Hand, G. Dovey y A. Campbell. 2002. Age, size structure and growth parameters of geoducks (*Panopea abrupta*, Conrad 1849) from 34 locations in British Columbia sampled between 1993 and 2000. Can. Tech. Rep.Fish. Aquat. Sci. 2413:94 pp.
- Burnham, K.P., y D.R. Anderson, 2002. Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information-theoretic Approach, 2nd ed. Springer, New York.
- Calderón-Aguilera, L.E y E.A. Aragón-Noriega. 2011. Vivir cien años: La almeja *generosa* en el Pacífico mexicano. *Ciencia y Desarrollo* 237(250): 10 -17.
- Calderón-Aguilera, L.E., E. A. Aragón-Noriega, H. Reyes-Bonilla, C.G. Paniagua-Chavez, A.E. Romo-Curiel, V.M. Moreno-Rivera. 2010a. Reproduction of the Cortes geoduck *Panopea globosa* (Bivalvia:Hiatellidae) and its relationship with

- temperature and ocean productivity. *Rev. J. Shellfish Res.* 29:131-141.
- Calderón-Aguilera L.E., Aragón-Noriega E.A., Hand C.M., Moreno-Rivera V.M. 2010b. Morphometric relationships, age, growth and mortality of the geoduck clam *Panopea generosa*, along the Pacific coast of Baja California, Mexico. *J. Shellfish Res.* 29(2): 319-326
- Campbell, A. B., Clap, B., Hand, C. M., Harbo, R, Hume, J. y Sharf G. 1998. Survey of geoduck population density in Gloletas Channel. *Can. Tech, Rep, Fish. Aquat. Sci.* 22:85-90.
- Campbell, A. y M. D. Ming. 2003. Maturity and growth of the Pacific geoduck clam, *Panopea abrupta*, in Southern British Columbia, Canada. *J. Shellfish Res.* 22:85–90.
- Campbell, A., Yeung, C. W., G. Dovey y Z. Zang. 2004. Population biology of the Pacific geoduck clam, *Panopea generosa*, in experimental plots southern British Columbia, Canada. *J of Shell. Res.* Vol. 23: 661-673 p.
- Charef, A., N.Z. Langar, y I.H. Gharsallah. 2012. Stock size assessment and spatial distribution of bivalve species in the Gulf of Tunis. *Rev. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom.* 92 179-186
- Ciocco, N. 2000. Almeja *Panopea*, un nuevo recurso pesquero en el mar Argentino. *Infopesca internacional* 36-39.
- Coan, E.V., P.V. Scott, and F.R. Bernard. 2000. Bivalve seashells of western North America: Marine Bivalve Mollusks from Arctic to Baja California. Santa Barbara Museum of Natural History Monographs 2. 764 pp.
- Cortez-Lucero G., J.A. Arreola-Lizárraga, J. Chávez-Villalba y E.A. Aragón-Noriega. 2011. Edad, crecimiento y mortalidad de la almeja de sifón, *Panopea globosa* (Bivalvia: Hiatellidae) en la región central del Golfo de California, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 46(3): 453-462.
- Cruz-Vásquez, R., G. Rodríguez-Domínguez, E. Alcántara-Razo y E.A. Aragón-Noriega. 2012. Estimation of Individual Growth Parameters of the Cortes Geoduck *Panopea*

- globosa* from the Central Gulf of California using a Multimodel Approach. *Rev. Journal of Shellfish Research*, 3 725–732.
- Dame, R.F. 1996. Ecology of marine bivalves: an ecosystem approach. CRC Press, Boca Raton, Florida 230 pp.
- De La Hoz Aristizábal M.V. 2009. Condición somática de la almeja *Polymesoda solida* (Veneroidea: Corbiculidae) durante el periodo lluvioso, en el Parque Natural Isla de Salamanca, Caribe colombiano. *Rev. Biol. Trop.* 58 131-145.
- Feldman, K., B. Vadopalas, D. Armstrong, C. Friedman, R. Hilborn, K. Naish, J. Orensanz, J. Valero, J. Ruesink, A. Suhrbier, A. Christy y D. Cheney. 2004. Comprehensive literature review and synopsis of issues relating to geoduck (*Panopea abrupta*) ecology and aquaculture production. Washington State Department of Natural Resources, Washington.
- Gómez-García, D.E. 2005. Estudio de sedimentos superficiales en el sistema lagunar de Guaymas, Sonora. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico del Mar No 3. México. 84 p.
- González-Peláez, S. S., Leyva-Valencia, I., Pérez-Valencia, S. A. y Lluch-Cota, D.B. Distribution and Morphological differentiation of geoduck clams *Panopea generosa* and *P. globosa* in Pacific coast of Mexico. Aquaculture 2010 1-5 de marzo 2010. San Diego, California, EUA. Poster:
- Goodwin, C. 1976. Observations on spawning and growth of subtidal geoduck (*Panopea generosa* Gould). *Proc. Natl. Shellfisheries Assoc.* No. 65: 49-58 p.
- Goodwin, C.L. y B.C. Pease. 1987. The distribution of geoduck *Panopea abrupta* (Conrad, 1849), size, density and quality in relation to habitat characteristics such as geographic area, water depth, sediment type and associated flora and fauna in Puget Sound, Washington. Dept. Fish. Prog. Washington. D.C. EEUU. Tech. Rep. 44 pp.
- Goodwin, C. y B. Pease. 1989. Species profiles: life histories and environmental requirements of coastal fishes and invertebrates (Pacific Northwest) Pacific geoduck clam. U.S. Fish. Wildl. Serv. Biol. Rep. 82(11.120). U.S. Army Corps of Engineers, TR EL82-4. 14 p.

- Goodwin, C.L. y B.C. Pease. 1991. Geoduck, *Panopea abrupta* (Conrad, 1849), size, density, and quality as related to various environmental parameters in Puget Sound, Washington. *Rev J. Shellfish Res.*, **10**: 65-77.
- Gribben, P. E. and R. G. Creese. 2005. Protandry in the New Zealand geoduck, *Panopea zelandica* (Mollusca, Bivalvia). *Invertebrate Reproduction and Development*, Vol (44) 119-129.
- Grimm V. y K. Reise 2003. Marine metapopulations: a useful concept?. *Helgol Mar Res* 56:222–228 DOI 10.1007/s10152-002-0121-3
- Hand, C.M. y D. Bureau. 2000. *Quota Options for the Geoduck clam (Panopea abrupta) Fishery in British Columbia for 2001 and 2002*. Canadian Stock Assessment Secretariat. Research Document 2000/163. Canadá. 53 p.
- Hendickx, M.E., R.C. Brusca y L.T. Findley. 2005. Listado y distribución de la macrofauna del Golfo de California. México. Parte 1. Invertebrados. Arizona- Sonora Desert Museum. 429 pp.
- Hoffmann, A., A. Bradbury y C.L. Goodwin. 2000. Modelling geoduck, *Panopea abrupta* (Conrad 1849) population dynamics I. Growth. *J. Shellfish Res.* 19:57-62.
- INAPESCA. 2007. Programa de Investigación para el Seguimiento de la Pesquería de Almeja *Generosa (Panopea spp.)*, Prospección y Evaluación de Nuevas Arreas de Aprovechamiento. Dirección General de Investigación Pesquera en el Pacifico Norte, SAGARPA-CONAPESCA. 16 pp.
- Katsanevaskis, S. 2006. Modelling fish growth: Model selection, multi-model inference and model selection uncertainty. *Fisheries Research* 81: 229-235.
- Katsanevakis, S. y Maravelias D. 2008. Modelling fish growth: multil- model inference as a better alternative to a priori using von Bertalanffy equation. *Fish and Fisheries* 9: 178-187.
- Keen, A.M. 1971. *Sea Shells of Tropical West America. Marine Mollusks from Baja California to Peru*. Stanford University Press. Second ed. EEUU. 1064 pp.
- King M. 1995. *Fisheries biology, assessment and management*. Fishing News Books.

Victoria, Australia. 338 pp

- Levins R (1970) Extinction. In: Gerstenhaber M (ed) Some mathematical questions in biology. American Mathematical Society, Providence, R.I.
- Leyva Valencia, I. 2012. Diferencias morfométricas en dos especies de la almeja *generosa*: *Panopea generosa* (Gould 1850) y *P. globosa* (Dall 1898) y filogenia molecular de cinco especies del género *Panopea*. Tesis de Doctorado, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., CIBNOR, La Paz Baja California Sur. 86 pp
- McArthur, J., R. Khan and D.C. Gillespie. 2008. A guide to processing geoduck shells for age determination using the acetate peel method. DRAFT. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 68pp.
- Mendivil-Mendoza J.E. 2012. Distribución y abundancia de la almeja de sifón *Panopea globosa* (Dall, 1898) en la parte central del Golfo de California. Tesis Maestría, Universidad Autónoma de Sinaloa, Mazatlán, Sinaloa, México. 75 pp.
- Mora C, RA Myers, M Coll, S Libralato, TJ Pitcher, RU Sumaila, D. Zeller, R Watson, KJ Gaston y B Worm. 2009. Management Effectiveness of the World's Marine Fisheries. PLoS Biol 7(6): e1000131. doi:10.1371/journal.pbio.1000131
- Morsán, E. y N. Ciocco 2004. Age and growth model for the southern geoduck, *Panopea abbreviata*, off Puerto Lobos (Patagonia, Argentina). Fish. Res. 69 (3): 343-348 p.
- Noakes, D.J. y A. Campbell. 1992. Use of geoduck clams to indicate changes in the marine environment of Ladysmith Harbour, British Columbia. Environmetrics 3:81-97.
- Orensanz, J., Hilborn R. y A. Parma. 2000. Harvesting Methuselah's clams—is the geoduck fishery sustainable, or just apparently so? Can. Stock Assess. Secr. Res. Doc. No. 2000/175.
- Pauly D. 1996. ITQ: The assumptions behind a meme. Reviews in Fish and Fisheries Biology 6: 109-112.
- Pérez Arvizu, E. M. 2009. Caracterización del ecosistema del Alto Golfo de California por medio de percepción remota y su relación con la captura de camarón azul

- Litopenaeus stylirostris* y *curvina* golfina *Cynoscion othonopterus*. Tesis de Maestría, CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa. Guasave, Sinaloa. 106 pp
- Pérez-Valencia, S.A. y E.A. Aragón-Noriega. 2012. Determinación de biomasa y bancos de la almeja de sifón *Panopea globosa* (Dall, 1898) en una zona virgen del Alto Golfo de California. *Interciencia* 37(9): 651-656.
- Pérez-Valencia, S.A. y E.A. Aragón-Noriega. 2013. Age and growth of the Cortes Geoduck *Panopea Globosa* (Dall, 1898) in the Upper Gulf of California. *Indian Journal of Geo-Marine Science* 42(2): 201-205.
- Powell, A. 1979. New Zealand Mollusca. William Collins Publishers Ltd. 279 pp.
- Ramírez-Félix E. y L. Beléndez-Moreno. 2010. Plan de manejo de almeja *generosa* (*Panopea* spp.) para la apertura de pesca comercial en las costas de Sonora, México. En: Botello-Rubalca M., R. Villaseñor-Talavera y F. Rodríguez-Moreno. *Ordenamiento de pesquerías por recursos estratégicos de México, Tomo 1*. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México, pp 185-207.
- Richardson C. A. y P. Walker. 1991. An analysis of the age structure of the hard shell clam *Mercenaria mercenaria* from acetate peel replicas of shell sections. *ICES J. Mar. Sci.* 50: 493-500.
- Ricker, W. E. 1975. Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Populations, *Bull. Fish. Res. Board Can.* 191:382 p.
- Rocha-olivares A., Calderón-Aguilera L. E., Aragón-Noriega E. A., Saavedra-Sotelo N. C. y Moreno-Rivera V. M. 2010. Genetic and morphological variation of northeast Pacific *Panopea* clams: evolutionary implications. *Journal of Shellfish Research* 29(2): 327-335
- SAGARPA. 2012. Plan de Manejo para la Pesquería de Almeja *Generosa* (*Panopea* spp.) en las costas de Baja California. *Diario Oficial de la Federación*. Publicado el 23 de marzo de 2012:18-51.

- Sánchez, A., S. Aguíñiga, D. Lluch-Belda, J. Camalich-Carpizo, P. Del Monte-Luna, G. Ponce-Díaz y F. Arreguín-Sánchez. 2009. Geoquímica sedimentaria en áreas de pesca de arrastre y no arrastre de fondo en la costa de Sinaloa-Sonora, Golfo de California. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. 61 (1): 25-30.
- Schnute, J. 1981. A versatile growth model with statistically stable parameters. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38: 1128-1140.
- Schnute, J.T. y L.J. Richards. 1990. A unified approach to the analysis of fish growth, maturity, and survivorship data. *Canadian Journal of Fisheries and aquatic Science* 47: 24-40
- Sewell M. 2008. Model Selection. Department of Computer Science University College London.
- Shaul, W. y L. Goodwin. 1982. Geoduck (*Panopea generosa*:Bivalvia) age as determined by internal growth lines in the shell. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 39:632-636.
- Shono, H., 2000. Efficiency of the finite correction of Akaike's information criteria. *Fish. Sci.* 66, 608-610.
- Siddon, C 2007. Evaluation of the Southeastern Alaska Geoduck *Panopea abrupta* stock assessment methodologies. *Alaska Department of Fish and game, special publication No. 07-02, Anchorage.*
- Sloan, N.A. y S.M.C. Robinson. 1984. Age and gonad development in the geoduck clam *Panopea abrupta* (Conrad) from southern British Columbia. *J. Shellfish Res.* 4:131-137.
- Sparre, P. y S.C. Venema. 1992. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Manual FAO Documento técnico de pesca. Roma, Italia 376 pp.
- Straus, K.M., L.M. Crosson y B. Vadopalas. 2008. Effects of Geoduck Aquaculture on the Environment: A Synthesis of Current Knowledge. Reporte técnico. Washington D.C. EEUU. 64 pp.
- Thórarinsdótti, G.G. 1999. Lifespan of two long-lived bivalves, *Arctica islandica* and *Panopea generosa*. *Rev. J. Mar. Biol.*, 19 (1):41-46.

- Tijaro-Rojas R y H Salgado-Cabrera 2007. Efectos de largo plazo de instrumentos de regulación pesquera: Caso de la pesquería del jurel *Trachurus murphyi* (Nichols, 1920) en la zona centro sur de Chile. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*. 36: 49-62.
- Vadopalas, B.; Pietsch, T. W; Friedman, C. S. 2010. The Proper Name for the Geoduck: Resurrection of *Panopea Generosa* Gould, 1850, from the Synonymy of *Panopea abrupta* (Conrad, 1849) (Bivalvia: Myoida: Hiatellidae). *Malacologia* 52(1): 169-173.
- Walpole, R.E. 1982. *Introduction to statistic*. Edit, Macmillan. 521 pp.
- Wildish, D. y D. Kristmanson. 1997. *Benthic suspension feeders and flow*. Cambridge University Press, Cambridge, UK
- Zar, J.H. 1996. *Biostatistical analysis*. Ed. Prentice -Hall. Internacional, Englewood Cliffs. New York. 662 pp.

Citas Electrónicas

[http://www.st.nmfs.noaa.gov/pls/webpls/MF_ANNUAL_LANDINGS.RESULTS_NOAA Fisheries: Office of Science and Technology](http://www.st.nmfs.noaa.gov/pls/webpls/MF_ANNUAL_LANDINGS.RESULTS_NOAA_Fisheries:Office_of_Science_and_Technology)

<http://www.itis.usda.gov/>http://www.fish.govt.nz/en-nz/Fisheries+2030/default.htm?wbc_purpose=Basic

www.env.gov.bc.ca/omfd