



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

“BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DEL PEZ GUITARRA
Rhinobatos productus AYRES, 1856 (CHONDRICHTHYES:
RHINOBATIDAE) EN LA REGIÓN NORTE DEL GOLFO
DE CALIFORNIA, MÉXICO”

TESIS
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
OCEANÓLOGO
PRESENTA
ALFONSINA EUGENIA ROMO CURIEL

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO. DICIEMBRE DE 2004

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA
CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

“BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DEL PEZ GUITARRA
Rhinobatos productus AYRES, 1856 (CHONDRICHTHYES:
RHINOBATIDAE) EN LA REGIÓN NORTE DEL GOLFO
DE CALIFORNIA, MÉXICO”

TESIS
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
OCEANÓLOGO
PRESENTA
ALFONSINA EUGENIA ROMO CURIEL

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO. DICIEMBRE DE 2004

Resumen

La guitarra *Rhinobatos productus*, es un habitante bentónico, poco activo, de los mares tropicales y templados. Se distribuye en el Océano Pacífico desde San Francisco, California, hasta Baja California Sur incluyendo todo el Golfo de California hasta Mazatlán, Sinaloa. Esta especie es importante como recurso pesquero en diversas regiones de la península de Baja California y a lo largo del Golfo de California, debido principalmente a que su población es abundante y puede ser explotada durante todo el año. Para analizar los aspectos reproductivos y de abundancia relativa de la guitarra se realizaron muestreos mensuales durante febrero del 2002 a mayo del 2004 en la pesca comercial en San Felipe, B.C. y Puerto Peñasco, Sonora, México, y se analizaron las bitácoras de captura del barco de arrastre Escama BM-VI (1993-95 y 1999-2003). Se examinaron un total de 583 organismos. La longitud total de las 370 hembras fue de entre 25-120 cm, mientras que para los 213 machos varió de 30-90 cm. La proporción de sexos en organismos de vida libre fue de 1H:0.57M, en tanto que para embriones ésta proporción fue de 1.2H:1M. El crecimiento es isométrico. El desarrollo y calcificación de los gonopterigios y la presencia de líquido seminal en los conductos deferentes sugiere que la madurez en los machos ocurre alrededor de los 67 cm LT. Mientras que el incremento en la talla de ovocitos, glándula oviducal y la presencia de huevos o embriones en los úteros demuestra que las hembras maduran alrededor de los 60 cm LT. El desarrollo ovárico es anual. EL periodo de gestación es aproximadamente de 12 meses, con una fecundidad de 2 a 25 embriones. En la abundancia relativa la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) promedio anual varió entre 45 y 50 kg/hr, con valores bajos en los meses de marzo a mayo y máximos entre julio y febrero. Durante los periodos de 1993 a 1995 y de 1999 a 2003 no se presentó una variación importante en la CPUE.

“BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DEL PEZ GUITARRA
Rhinobatos productus AYRES, 1856 (CHONDRICHTHYES:
RHINOBATIDAE) EN LA REGIÓN NORTE DEL GOLFO
DE CALIFORNIA, MÉXICO”

TESIS
QUE PRESENTA:
ALFONSINA EUGENIA ROMO CURIEL

APROBADA POR:

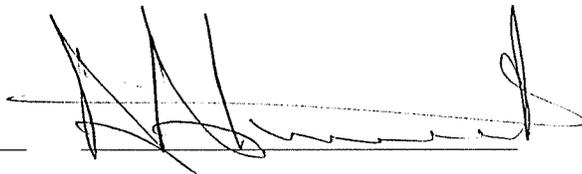
Rodríguez Medrano María del Carmen.

Director de tesis

M.C. María del Carmen Rodríguez Medrano



Sinodal Propietario
Dr. Óscar Sosa Nishizaki



Sinodal Propietario
M.C. José Antonio Almanza Heredia

Dedicatoria

*a mis padres,
a mis hermanos,
a mi esposo e hijo*

Agradecimientos

Agradezco especialmente a mi comité revisor de tesis: M.C. María del Carmen Rodríguez Medrano, Dr. Oscar Sosa Nishizaki y M.C. José Antonio Almanza Heredia, gracias por su amabilidad, consejos y enseñanzas.

Al proyecto Elasmobranchs Fisheries Biology in the Upper Gulf of California de la convocatoria UCMEXUS-CONACYT-CICESE Colorado River Delta and Upper Gulf of California Grant; al proyecto SEMARNAT-2002-C01-1129 del fondo SEMARNAT-CONACYT, y a CICESE por darme la oportunidad, apoyo y todas las facilidades para realizar este trabajo de investigación.

A mis padres María Elena y Jorge que siempre han creído en mí, que hicieron el esfuerzo de darme una profesión y por todos esos momentos difíciles que los hice pasar, los quiero mucho.

A mis tíos Carmen y Chevo que me ofrecieron su hogar cuando decidí emprender el viaje que me trajo hasta aquí.

A la familia Verdiales Soltero que me adoptaron durante cuatro años y me hicieron sentir como si nunca hubiese salido de mi casa.

Muchas gracias a mis compañeros del laboratorio de Ecología Pesquera y anexos: Juan, Leo, Iván, Poncho, Omar, Julio, Jenny, Yuma, George, Moni y Paula gracias por compartir su espacio, consejos, opiniones, cariño y artículos.

A mis amigos del almacén: Arturo, Mili, Yepi y Manuel por hacerme llegar tarde a todos mis laboratorios. A Mary y todas las secretarias de la FCM que siempre me trataron amablemente. A mis profesores que en su momento me hicieron sufrir con sus exámenes y a aquellos que se nos adelantaron en el camino, Gerardo Blanco y Armando Pinal (qepd).

A mis amigos Miriam, Jazz, Felipe, Benja, Katty, Isa, Tuzo, Javier, la familia

Sánchez-Sánchez (Rafa y Alejandro), Hanna, Ely, Zaida y Renata que estuvieron siempre brindándome su amistad en esas noches de desvelo a finales de semestre y en algunas de parranda, y como olvidar a mi amigo Flower. A Gaby y Nicol que soportaron mis achaques en Veracruz. A la generación de los *Orklis* que a final de cuentas pase muchos semestres con ellos, sin menospreciar por supuesto a los *Muluk*. A mis amigos los *monchis*: Javier, Camilo, Memo, Martín y Mahui por esos festejos inolvidables. A Homy, Seco, Aldo, Momo, Hormiga y Keno, que hicieron muy amena la salida de nuditos a San Felipe. Como olvidar a mi compadre Xavier, a Héctor, Fernando y Edgar *chichichi*, por esas comiditas que nunca fallaron.

Un agradecimiento muy especial a César por compartir estos últimos años conmigo y apoyarme en todo momento, por nuestro hijo Nicolás que ha llenado de luz nuestras vidas y por tenerme mucha paciencia cuando yo la he perdido, te amo.

Índice general

Índice de figuras	VIII
1. Introducción	1
1.1. Objetivos	6
1.2. Área de estudio	7
2. Metodología	9
2.1. Composición de tallas	10
2.2. Relación peso longitud	10
2.3. Proporción de sexos	10
2.4. Madurez sexual	11
2.4.1. Machos	11
2.4.2. Hembras	12
2.5. Fecundidad	12
2.6. Abundancia relativa	13
3. Resultados	15
3.1. Composición de tallas	15
3.2. Estructura de tallas	18
3.2.1. Hembras	18
3.2.2. Machos	18
3.3. Relación peso longitud	21
3.4. Proporción de sexos	21
3.5. Madurez sexual	22

3.5.1. Hembras	22
3.5.2. Machos	22
3.6. Desarrollo ovárico	25
3.7. Fecundidad	27
3.8. Desarrollo embrionario	28
3.9. Abundancia relativa (CPUE)	28
4. Discusiones	32
4.1. Composición de tallas	32
4.2. Relación peso longitud	34
4.3. Proporción de sexos	35
4.4. Madurez sexual	36
4.5. Desarrollo ovárico	37
4.6. Fecundidad	37
4.7. Desarrollo embrionario	38
4.8. Ciclo reproductivo	40
4.9. Abundancia relativa	41
5. Conclusiones	44
Literatura citada	46

Índice de figuras

1.1. Pez guitarra <i>Rhinobatos productus</i>	2
1.2. Localización del área de estudio. Región norte del Golfo de California y zonación de la Reserva de la Biósfera del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado.	8
2.1. Aparato reproductor masculino de <i>R. productus</i>	11
2.2. Aparato reproductor femenino de <i>R. productus</i>	13
3.1. Composición de tallas en hembras (H) y machos (M) de <i>R. productus</i> entre 2002 y 2004, en el Golfo de California.	16
3.2. Composición anual de tallas de <i>R. productus</i> ; (a) 2002; (b) 2003; (c) 2004.	17
3.3. Distribución de frecuencia de tallas en general de la; (a) pesca de mediana altura en Puerto Peñasco ; (b) pesca artesanal en San Felipe.	17
3.4. Composición de tallas durante enero, marzo, abril y mayo, durante los diferentes años de muestreo.	19
3.5. Composición de tallas durante junio, julio, agosto, septiembre y noviembre, durante los diferentes años de muestreo.	20
3.6. Relación peso longitud para hembras y machos.	21
3.7. Madurez sexual en hembras; (a) relación entre el diámetro de ovocitos y longitud total; (b) relación entre el diámetro de la glándula oviducal y la longitud total.	23
3.8. Madurez sexual en machos; (a) relación entre la talla de gonopterigios y longitud total; (b) relación entre la talla de testículos y la longitud total.	24
3.9. Talla de primera madurez en hembras y machos de <i>R. productus</i> de la parte norte del Golfo de California.	25
3.10. Desarrollo ovárico en hembras maduras de <i>R. productus</i> ; (a) en relación a los diámetros de ovocitos con respecto al tiempo; (b) en relación al tamaño de la glándula oviducal con respecto al tiempo.	26

3.11. Desarrollo de huevos en ovarios y embriones uterinos con talla promedio de 120 mm LT, en una hembra de 86 cm capturada en el mes de junio.	27
3.12. Relación entre la fecundidad y la longitud materna en la guitarra. . .	28
3.13. Crecimiento mensual de los embriones de <i>R. productus</i>	29
3.14. CPUE en kg/hr de las capturas realizadas por mes durante los años 1993, 1994, 1995 y 1999 en el Escama VI.	30
3.15. CPUE en kg/hr de las capturas realizadas por mes durante los años 2000 al 2003 en el Escama VI.	31
3.16. CPUE en kg/hr por año para las capturas realizadas por el Escama VI.	31

1

Introducción

La clase Chondrichthyes comprende diversos grupos de especies cuya característica principal es que poseen un esqueleto cartilaginoso (Bonfil, 1995); de esta clase se derivan las subclases Holocefalii y Elasmobranchii, siendo estos últimos los organismos de mayor importancia comercial. Los elasmobranquios se dividen en tres grupos: tiburones, peces batoideos y quimeras (Fischer *et al.*, 1995).

A nivel mundial existen alrededor de 450 especies de peces batoideos, agrupadas en unas 17 familias y 56 géneros. En el Pacífico centro-oriental habitan 11 familias, 20 géneros y 42 especies, de las cuales en el Golfo de California se han identificado 9 familias, 15 géneros y 27 especies (McEachran y Notarbartolo di Sciara, 1995). Los peces batoideos o rajiformes comprenden una variedad de grupos taxonómicos conocidos como peces sierra, rayas, peces guitarra, torpedos y rayas eléctricas. Se caracterizan por tener un cuerpo achatado dorso-ventralmente y las aletas pectorales más o menos expandidas y fusionadas anteriormente con los lados de la cabeza. En este grupo se encuentra la familia Rhinobatidae, la cual se conoce comúnmente como peces guitarra.

Los peces guitarra son habitantes bentónicos, poco activos, de los mares tropicales y templados. Viven sobre fondos arenosos o fangosos en costas marinas, estuarinas y ocasionalmente dulces. *Rhinobatos productus* Ayres, 1856 (Fig. 1.1) se distribuye desde San Francisco, California, hasta Baja California Sur incluyendo todo el Golfo de California hasta Mazatlán, Sinaloa (Timmons y Bray, 1997). Son organismos con

tallas que sobrepasan los 150 cm de longitud total y un peso de 18 kg (Villavicencio Garayzar, 1993). Su alimentación se basa principalmente en cangrejos y en menor proporción de peces bentónicos y moluscos bivalvos (McEachran y Notarbartolo di Sciara, 1995).

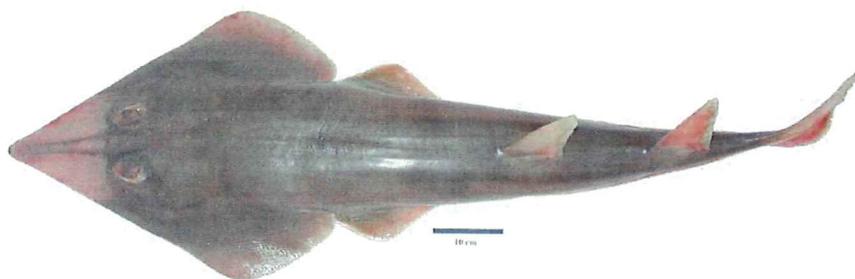


Figura 1.1: Pez guitarra *Rhinobatos productus*.

Con respecto a su reproducción, son vivíparos aplacentados del tipo lecitotrófico, lo que significa que los embriones se desarrollan dentro de los oviductos de la hembra y se alimentan solamente del saco vitelino (Conrath, 2004). La fecundación de los huevos es interna, por introducción de los órganos masculinos (mixopterigios) en la cloaca de la hembra. El tracto urogenital masculino está compuesto por las siguientes estructuras: a) dos testículos, localizados en la parte media abdominal próximos a la columna vertebral; b) el órgano epigonal, que forma células sanguíneas y sostiene a los testículos; c) los ductos eferentes, que conducen el fluido seminal hacia la epididimis, la cual se extiende a lo largo de la columna vertebral y está adherida a la pared visceral desde la parte anterior hasta la posterior del organismo y se divide en superior, media e inferior; d) los ductos deferentes, que son tubos contenidos en la epididimis y funcionan como un almacén temporal del producto seminal recibido de la epididimis superior; e) la vesícula seminal, que termina en una abertura que da cabida al saco sifonal y que tiene como función almacenar el esperma maduro que será eyaculado en la próxima cópula (Castro, 1983). El tracto urogenital femenino está compuesto por: a) los ovarios, localizados en la parte anterior del aparato reproductor; b) el órgano epigonal, que sirve como sostén de los ovarios y forma células sanguíneas; c) el *ostium*,

que está encargado de recibir los óvulos del ovario, canalizándolos por los oviductos hacia la glándula oviducal (d). Este órgano, que separa los oviductos en anterior y posterior, tiene una forma de nudo o corazón con protuberancias en forma de cuernos laterales. Esta especie tiene dos úteros (e), en los cuales se lleva a cabo el desarrollo embrionario; f) la vagina conecta los úteros y la cloaca (g), que es la abertura rectal situada en la parte posterior ventral del organismo (Márquez Farías y Castillo Géniz, 1997).

Estos organismos han sido objeto de diversos estudios referentes a su biología reproductiva, edad y crecimiento (Talent, 1985; Beltrán Félix *et al.*, 1986; Villavicencio Garayzar, 1993; Downton Hoffman, 1996; Timmons y Bray, 1997; Márquez Farías, 2003), distribución temporal (Talent, 1985), ocurrencia (De la Cruz Agüero *et al.*, 1994), abundancia (Herald *et al.*, 1960; Beltrán Félix *et al.*, 1986; Ebert, 1986) y genética poblacional (Sandoval Castillo *et al.*, 2004). Sin embargo, estos estudios se han enfocado solamente a la costa Pacífico de San Francisco, EUA a Baja California Sur y la parte central del Golfo de California.

Guardado France (1976) encontró que la reproducción de *R. productus* en Bahía Magdalena, Baja California Sur sigue un ciclo anual, y presenta abundancias relativas máximas en agosto y mínimas en otoño e invierno. Esto marca un ciclo de migración en el que los organismos entran a la bahía en verano y la abandonan en otoño. Salazar Hermoso y Villavicencio Garayzar (1999) coincidieron con estos resultados en Bahía Almejas, ya que registraron un patrón cíclico de reclutamiento, con máxima presencia y abundancia en verano. Ellos relacionaron esta variabilidad con los ciclos lunares, la temperatura del agua y la disponibilidad de alimento. Además sugirieron que la abundancia interanual presenta un patrón alternante, en el cual identificaron a los años nones como ricos y a los pares como pobres. En esta misma bahía Villavicencio Garayzar (1993) menciona que las hembras abundan a finales de abril o principios de mayo y que disminuye hacia mediados de agosto y que durante éste periodo llevan a cabo la ovulación, cópula, gestación y nacimiento.

En el área del Golfo de California, Márquez Farías (2003) reportó que los machos de *R. productus* maduran a los 53-55 cm de longitud total (LT) y las hembras a partir de los 65 cm LT. El periodo de gestación es de 5 a 6 meses, con indicios de que existe diapausa en su desarrollo embrionario (los ovocitos fecundados permanecen sin

desarrollarse durante un periodo largo) antes de la primavera, y que nacen con una talla de 175 mm LT. En cambio, González García (1998) señaló que en Bahía Almejas los machos alcanzan su madurez sexual al medir 80 cm y las hembras a los 100 cm LT. Además encontró que el desarrollo ovárico es estacional, que el desarrollo de los ovocitos es simultáneo al de los embriones, y que la fecundidad depende principalmente de la talla materna. La ontogenia de este organismo dura 12 meses, en tres de los cuales se realiza el desarrollo embrionario (González García, 1998).

Sandoval Castillo *et al.* (2004) determinaron que existe una diferencia en la genética entre las poblaciones de Bahía Almejas y las de Bahía de Kino, Sonora (Golfo de California) y relacionó estos resultados con las diferencias entre las tallas máximas registradas en las capturas y las tallas de primera madurez. Sin embargo, en la Costa Pacífico encontraron un organismo que contenía el mismo patrón genético al determinado en el Golfo de California.

Durante la mayor parte de año, la guitarra *R. productus* no es una especie objetivo dentro de las pesquerías del Alto Golfo de California, sino que es un componente regular de la fauna acompañante en la captura de otras especies. Es sin embargo un recurso pesquero importante en diversas regiones de la península de Baja California y a lo largo de todo el Golfo de California debido principalmente a que su población es abundante y puede ser explotada durante todo el año (Cudney Bueno y Turk Boyer, 1998). Por ejemplo, en San Felipe, Baja California, durante el 2003 esta especie representó el 50% de las capturas desembarcadas de rayas (362 ton) y el 38% de las pesquerías de rayas en Sonora (Márquez Farías y González Corona, 2000). Esta especie es potencialmente vulnerable a la sobreexplotación ya que presenta una tasa reproductiva baja y a que es capturada principalmente durante su época de reproducción (Villavicencio Garayzar, 1993). Sin embargo, es casi nulo el conocimiento de la biología básica de esta especie en la región, por lo que el principal objetivo de este trabajo es describir la biología reproductiva de la guitarra y así coadyuvar en el conocimiento biológico pesquero de esta especie.

Debido a que Villavicencio Garayzar (1993) reportó tallas de primera madurez de 70 cm para las hembras sin encontrar la talla de los machos, se plantea la hipótesis de que las hembras de *R. productus* alcanzan la madurez sexual a tallas menores a 70 LT, mientras que los machos la alcanzan a tallas ≤ 70 cm LT. Esto concuerda con

la mayoría de las observaciones en elasmobranquios, donde las hembras alcanzan la madurez sexual a tallas menores que en los machos.

1.1. Objetivos

Generales

- Determinar la biología reproductiva del pez guitarra *Rhinobatos productus* en la región norte del Golfo de California, México.
- Determinar la abundancia relativa por medio de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) en la pesca de mediana altura en Puerto Peñasco, Sonora.

Particulares

- Determinar la composición de tallas mensual de *Rhinobatos productus*
- Establecer la relación peso-longitud
- Determinar la proporción de sexos
- Conocer la talla de primera madurez en hembras y machos, a través de datos morfométricos de sus estructuras reproductivas
- Describir el desarrollo de los ovocitos en hembras maduras
- Estimar la fecundidad de hembras maduras
- Describir el desarrollo embrionario
- Describir el ciclo reproductivo

1.2. Área de estudio

El Golfo de California se encuentra ubicado en la parte noroccidental de México, entre los 22°50' y 31°58' de latitud norte y entre los 107°20' y los 114°45' de longitud oeste. Limita al oeste con la península de Baja California y al este con los estados de Sonora y Sinaloa, con una orientación noroeste-sureste (Fig. 1.2). Es una cuenca semicerrada, comunicada en su parte sur con el Océano Pacífico y al norte desemboca el río Colorado. Tiene una longitud de 1 100 km medido desde la boca del río Colorado hasta donde termina la península de Baja California, un ancho en la entrada de 200 km, un ancho promedio de 135 km y una superficie total de 257 158 km² (Hernández Méndez, 1998).

De acuerdo a diferentes autores, el Golfo de California se divide en tres regiones: la zona sur que corresponde al área de la boca del golfo, la zona centro que es el área de las islas y la parte norte que corresponde al límite superior de esta última hasta el delta del Río Colorado. Dentro de la zona norte se encuentra el área del Alto Golfo, que inicia entre San Felipe y Puerto Peñasco hasta llegar al Delta del Río Colorado, la cual es descrita como un área de reproducción y crianza para varias especies de peces óseos y algunos elasmobranquios (Álvarez Borrego, 2001).

La región norte representa un cuerpo de agua de 300 km de largo y 125 km de ancho, con profundidades generalmente menores a 200 m y pendientes muy suaves. La evaporación es mayor durante el verano-otoño, y forma una masa de agua cálida y de alta salinidad que se hunde al fondo de las cuencas del norte. El intervalo anual de temperatura del agua llega a ser mayor de 22 °C, ya que en la desembocadura del Río Colorado se han registrado valores menores a 10 °C en el invierno y mayores a 32 °C durante el verano. La salinidad superficial mínima se presenta en octubre de 32.28 y máxima en julio de 41.0, aumentando en las áreas de baja profundidad (Álvarez Borrego, 1983).

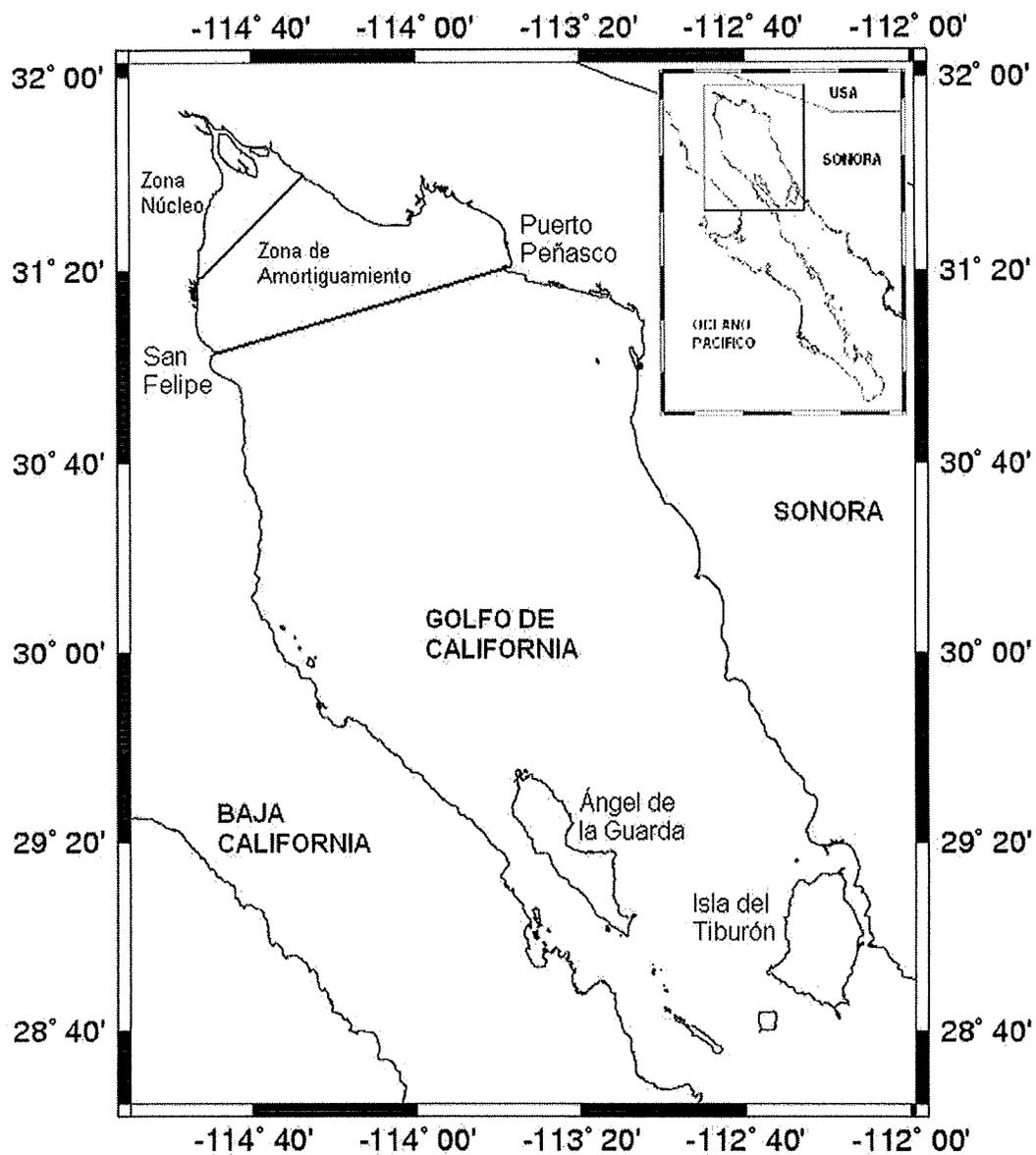


Figura 1.2: Localización del área de estudio. Región norte del Golfo de California y zonación de la Reserva de la Biósfera del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado.

2

Metodología

Se realizaron muestreos mensuales durante febrero del 2002 a mayo del 2004 en Puerto Peñasco, Sonora y San Felipe, Baja California. En Puerto Peñasco las muestras se obtuvieron de las capturas del barco comercial pesquero Escama BM-VI, el cual zarpa de éste puerto y opera desde las grandes islas (Isla del Tiburón y Ángel de la Guarda) hasta los 31° . El buque utilizó una red de arrastre con 23 m de abertura en la boca de la red y con una luz de malla de 9 cm en la bolsa). En San Felipe, las muestras se obtuvieron de la captura de la pesca artesanal, la cual hace uso de redes agalleras de fondo, con una luz de malla de 8 a 9 cm. Las redes se colocan en la tarde, permanecen durante la noche, y se recuperan el día siguiente.

Los organismos de *R. productus* se identificaron en el campo con base en lo descrito por McEachran y Notarbartolo di Sciara (1995) haciendo un diagnóstico de las características tanto internas como externas. Se midió la longitud total (cm), peso (kg) y se diferenció el sexo en todos los organismos. En el caso de las hembras se colectó el aparato reproductor para ser analizado en el laboratorio. La extracción se realizó mediante una incisión en la parte ventral del organismo removiendo el hígado, estómago e intestino. Las muestras fueron etiquetadas y guardadas en bolsas de plástico con hielo y posteriormente se congelaron y analizaron en el laboratorio.

2.1. Composición de tallas

Con el propósito de conocer la distribución de tallas, se elaboraron gráficas del porcentaje de frecuencia relativa de la muestra total, anual y mensual (juntando los diferentes meses de cada año) por sexo. Se obtuvo una relación entre los porcentajes de frecuencia para las capturas generales obtenidas en San Felipe (pesca artesanal) y Puerto Peñasco (mediana altura).

2.2. Relación peso longitud

Para obtener la relación entre la longitud total en cm con respecto al peso en kg, para machos y hembras en *R. productus* se utilizó la siguiente ecuación (Nielsen y Johnson, 1985):

$$W = aLT^b,$$

donde W representa el peso de los organismos (kg), LT es la longitud total del organismo (cm) y a y b son constantes. Los parámetros a y b de la relación se estimaron mediante el ajuste de una regresión a los datos transformándolos logarítmicamente de la siguiente manera:

$$\log W = \log a + \log bLT.$$

Se obtuvo una pendiente para machos y otra para hembras, y se aplicó una prueba ANCOVA para probar la hipótesis nula entre las pendientes de crecimiento de machos y hembras. Dado que no se obtuvo una diferencia significativa entre las dos pendientes, se realizó una sola regresión para ambos sexos y se aplicó una prueba t de Student para determinar si el valor de b es igual o diferente a 3 (Zar, 1999).

2.3. Proporción de sexos

Para determinar esta proporción se realizó un conteo de organismos por sexo y se dividió el número total de hembras entre machos. Con el fin de determinar si existe

diferencia significativa en la proporción de hembras y machos de la población de *R. productus*, se aplicó un análisis de diferencia entre dos proporciones de una misma población (χ^2) (Daniels, 1998). Cuando se muestrearon hembras preñadas se aplicó el mismo procedimiento para los embriones.

2.4. Madurez sexual

2.4.1. Machos

Para los machos se midieron las longitudes de los gonopterigios y los testículos (Fig. 2.1). La medición de gonopterigios en organismos adultos se realizó del inicio de éstos hasta la parte distal; en los organismos inmaduros se midió de la parte media de la cloaca hasta la parte distal debido a que no se diferenciaba la zona de inicio del gonopterigio. Con el fin de establecer el nivel de madurez, se midió el grado de calcificación del gonopterigio, rotándolo para determinar la rigidez, y se presionó la cintura pélvica para comprobar la presencia de líquido seminal en los conductos deferentes. Se consideró como organismo maduro aquel que presentó los gonopterigios completamente calcificados, rígidos y con presencia de semen (Conrath, 2004).

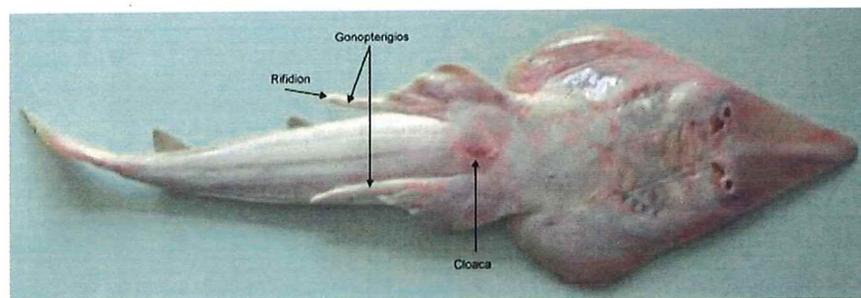


Figura 2.1: Aparato reproductor masculino de *R. productus*.

La talla de primera madurez se estableció aplicando una transformación al logaritmo natural de la siguiente ecuación (Love y Johnson, 1998):

$$P_x = \frac{1}{1 + e^{ax+b}}$$

donde P_x es la proporción de madurez a la longitud x , y a y b son parámetros ajustados.

Los valores para a y b se estimaron mediante el ajuste de una regresión lineal de los datos transformados logarítmicamente, utilizando la ecuación:

$$\ln \frac{1 - P_x}{P_x}.$$

El 50% de madurez se calculó con los valores ajustados de a y b y una $P_x = 0.5$.

2.4.2. Hembras

De las muestras colectadas se midió con un vernier (precisión de 0.1 mm) el diámetro de ovocitos y ancho de la glándula oviducal, y se contó el número de ovocitos (Fig. 2.2). El grado de madurez sexual se estimó de acuerdo al desarrollo de la glándula oviducal, los ovocitos y las condiciones de los oviductos (Conrath, 2004). Se consideraron inmaduras a las hembras que presentaron los ovocitos menores a 1 mm o no visibles, con los oviductos delgados y elongados o con las glándulas oviducal indiferenciadas de los oviductos. Las hembras maduras fueron aquellas que tuvieron ovocitos mayores a 15 mm y oviductos con huevos o embriones en desarrollo. Para determinar la talla de primera madurez, se procedió de la misma manera que con los machos. Con el fin de observar si el ciclo ovárico de esta especie, presenta una variación mensual o anual y cuando se presenta el máximo crecimiento de ovocitos, se relacionó el diámetro de los ovocitos y glándula oviducal con respecto al tiempo en meses, utilizando solamente los datos de organismos maduros ya que en las hembras inmaduras no existe un ciclo determinado.

2.5. Fecundidad

Se realizó un conteo de embriones por hembra, tomando en cuenta sólo aquellas en las que no había indicios de haber tenido un parto prematuro debido al manejo de la captura y al estrés en la red (Conrath, 2004). Para conocer si existe una relación entre el número de embriones y la talla materna, se ajustó un modelo de regresión lineal:

$$y = a + bx,$$

donde y es la fecundidad, x es la longitud total materna, y a y b son las constantes de la regresión.

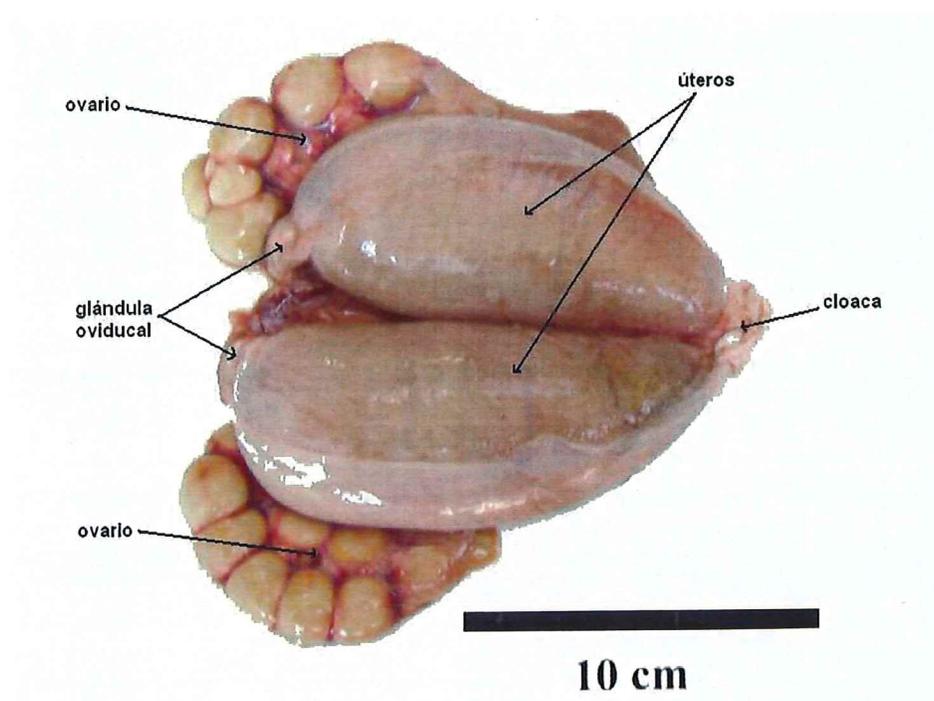


Figura 2.2: Aparato reproductor femenino de *R. productus*.

2.6. Abundancia relativa

Para determinar la abundancia relativa y la distribución de esta especie en tiempo y espacio, se analizó la captura realizada por el barco de arrastre Escama BM-VI para los periodos de 1993-95 y 1999-2003, por medio de las bitácoras correspondientes. Con esta información se obtuvo el peso (kg) de la captura y el número de días de pesca determinando así, la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) en kg/hr por mes y año (Gulland, 1975):

$$A = C/E$$

donde C es la captura en peso de los organismos, E es el esfuerzo en número de horas de arrastre y A es la captura por unidad de esfuerzo, en peso de organismos por número de horas de arrastre.

Con el fin de observar si existe diferencia significativa en la CPUE de cada año, se realizó una prueba estadística Kruskal Wallis (Zar, 1999).

3

Resultados

3.1. Composición de tallas

Durante los muestreos realizados entre 2002 y 2004, se analizaron un total de 583 organismos; 370 hembras y 213 machos. Se observó que las tallas de los machos variaron en un intervalo de 30 a 90 cm LT, mientras que las hembras presentaron un rango de 25 a 120 cm LT. Los datos se agruparon en intervalos de 5 cm, tanto para machos como para hembras, encontrando que las tallas más frecuentes en hembras fueron de 65 a 75 cm LT y que en los machos la mayor frecuencia fue de 65 a 70 cm LT (Fig. 3.1).

En el 2002 el intervalo de tallas fue de 40 hasta 95 cm LT, con una mayor frecuencia de organismos a los 45 y 60 cm LT, y una moda de 60 cm LT. Las hembras presentaron un intervalo de tallas mayor, siendo frecuentes de 45 y 85 cm LT, con moda a 49 cm LT. El intervalo de frecuencia en machos se presentó de 45 a 75 cm LT, principalmente de 60 a 70 cm LT y moda a 60 cm LT (Fig. 3.2a).

En el 2003 se observó una frecuencia de tallas entre 25 y 120 cm LT, siendo las más abundantes entre 60 y 70 cm LT, y con una moda de 66 cm LT. En las hembras los intervalos de tallas fueron de 25 a 120 cm LT, siendo más abundantes las tallas entre 65 y 75 cm LT, y con una moda de 66 cm LT. Los machos se delimitaron de 35 a 75 cm LT, siendo más frecuentes de 60 a 70 cm LT, y con una moda igual a la de hembras (Fig. 3.2b).

En el 2004 la distribución de tallas permaneció entre los 35 y 105 cm LT, con una

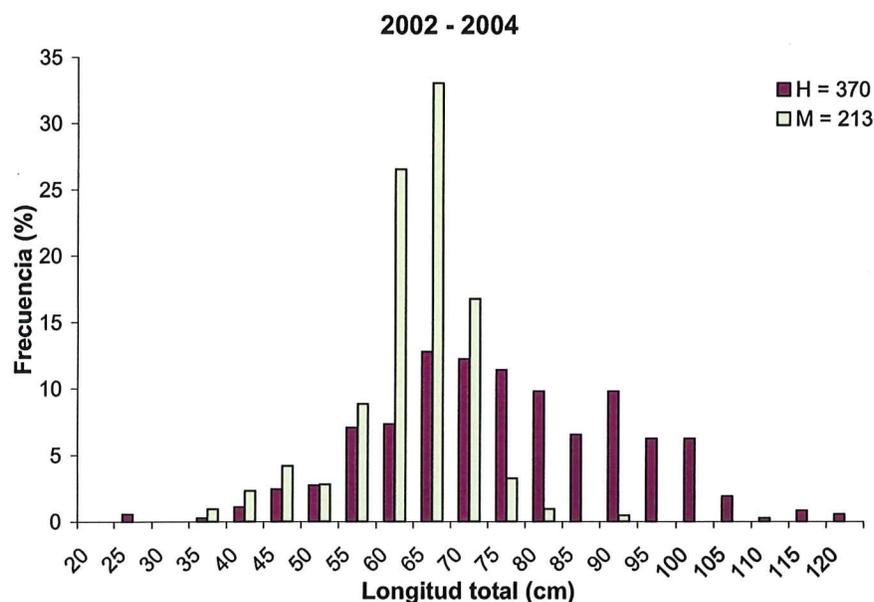


Figura 3.1: Composición de tallas en hembras (H) y machos (M) de *R. productus* entre 2002 y 2004, en el Golfo de California.

moda de 94 cm LT. En hembras los intervalos fueron de 40 a 105 cm LT y las más frecuentes de 75 a 100 cm LT, con una moda a 94 cm LT. En los machos las tallas fluctuaron de 35 a 90 cm LT, siendo frecuentes de 60 a 70 cm LT, y una moda a los 69 cm LT (Fig. 3.2c).

En la pesca de mediana altura el intervalo de tallas de *R. productus* fue de 35 a 115 cm LT con una moda en los organismos con 65 cm LT (Fig. 3.3 a). En la pesca artesanal el intervalo fue de 45 a 110 cm con una distribución multimodal (Fig. 3.3 b).

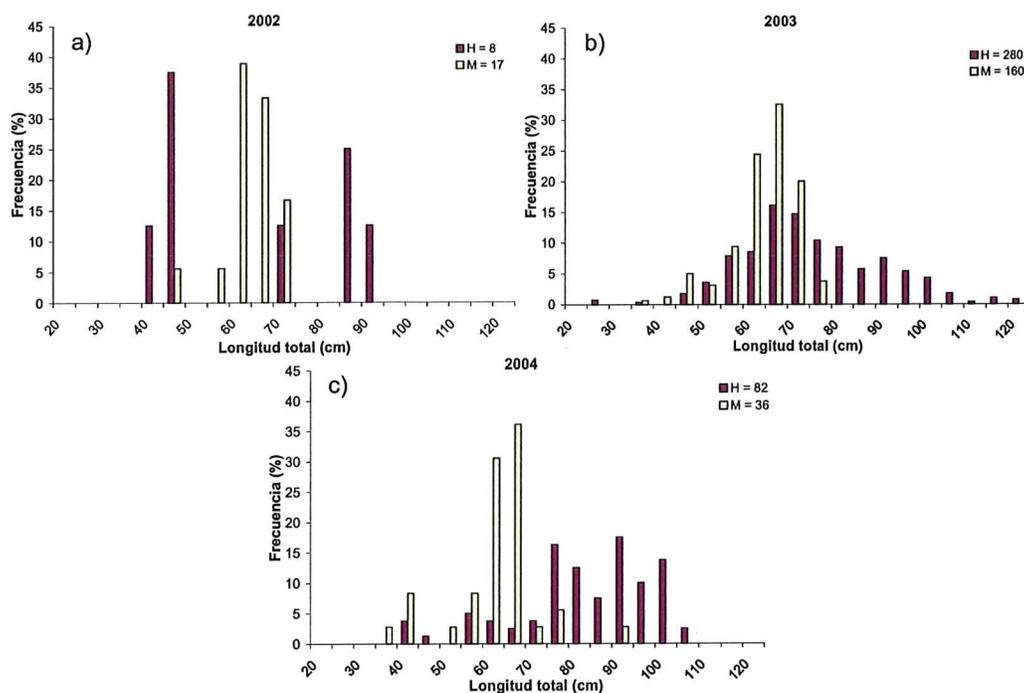


Figura 3.2: Composición anual de tallas de *R. productus*; (a) 2002; (b) 2003; (c) 2004.

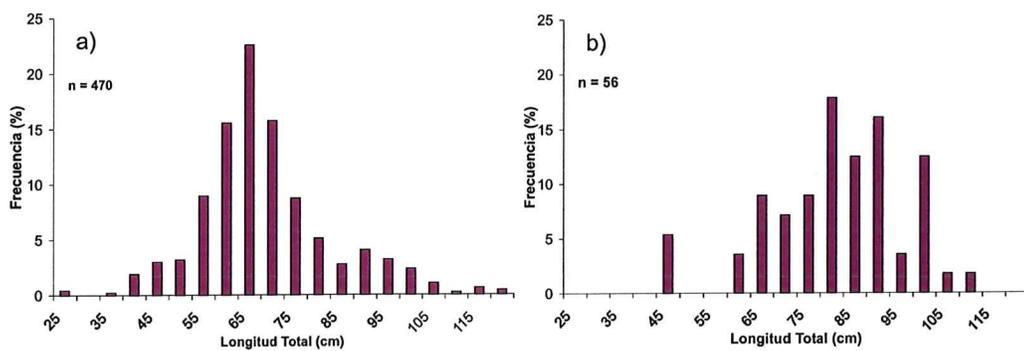


Figura 3.3: Distribución de frecuencia de tallas en general de la; (a) pesca de mediana altura en Puerto Peñasco ; (b) pesca artesanal en San Felipe.

3.2. Estructura de tallas

En ambos sexos, la estructura de tallas presentó un comportamiento multimodal durante todos los meses (Fig. 3.2).

3.2.1. Hembras

En enero las hembras registraron un intervalo de tallas entre los 60 a 95 cm LT, con una moda de 79 cm LT (Fig. 3.4 a). No existen datos disponibles para febrero, debido a que el número de organismos colectados fue insuficiente. En marzo el rango fue más amplio, con tallas entre 35 y 100 cm LT, con un valor modal de 94 cm LT (Fig. 3.4 b). En abril se observaron valores entre 40 y 110 cm LT, con una moda de 72 cm LT (Fig. 3.4 c). En el mes de mayo las tallas se determinaron entre 65 y 110 cm LT y un valor modal de 100 cm LT (Fig. 3.4 d). En junio se registraron tallas de 40 a 100 cm LT, con una moda de 91 cm LT (Fig. 3.5 a). En tanto para el mes de julio las tallas variaron entre 45 y 110 cm LT, y con una moda de 62 cm LT (Fig. 3.5 b). En agosto el rango de tallas fue de 25 a 105 cm LT, y una moda de 66 cm LT (Fig. 3.5 c). Durante el mes de septiembre la frecuencia de tallas varió de 50 a 120 cm LT, con moda de 65 cm LT (Fig. 3.5 d). En octubre no se realizaron muestreos. En noviembre las tallas presentaron un rango de 55 a 120 cm LT y moda de 56 cm LT (Fig. 3.5 e). Por último, en diciembre no se colectaron muestras.

3.2.2. Machos

En enero los machos mostraron tallas de 40 a 65 cm LT, con una media de 60 cm LT (Fig. 3.4 a). Durante el mes de marzo se registraron tallas de 30 a 75 cm LT, con moda de 65 cm LT (Fig. 3.4 b). Para abril las tallas fueron de 35 y 90 cm LT, y un valor modal de 69 cm LT (Fig. 3.4 c). En mayo los machos midieron entre 60 y 70 cm LT, por lo que la media presentó un valor de 65 cm LT (Fig. 3.4 d). En junio se observaron medidas de 50 a 75 cm LT, y moda de 60 cm LT (Fig. 3.5 a). Durante el mes de julio las tallas variaron de 45 a 75 cm LT, y se presentó un valor modal de 67 cm LT (Fig. 3.5 b). En agosto la frecuencia de tallas fue de 40 a 75 cm LT, con su punto modal a los 44 cm LT (Fig. 3.5 c). En el mes de septiembre se observan tallas

de 45 a 70 cm LT, con una media de 58.8 cm LT (Fig. 3.5 d). En noviembre el rango de tallas fue de 55 a 70 cm LT, y una moda de 64 cm LT (Fig. 3.5 e).

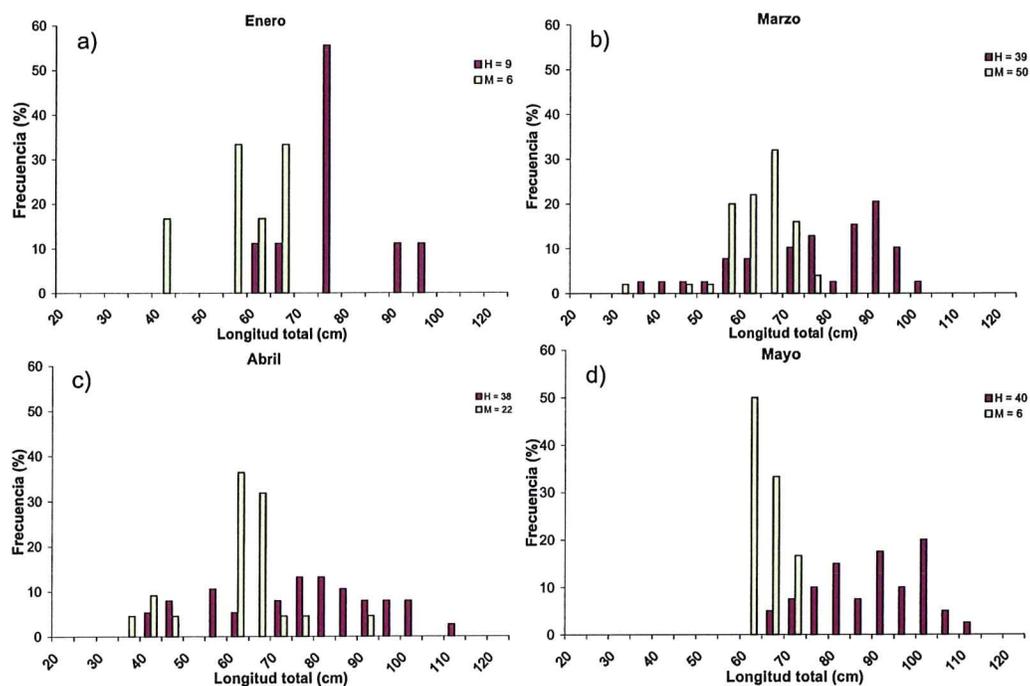


Figura 3.4: Composición de tallas durante enero, marzo, abril y mayo, durante los diferentes años de muestreo.

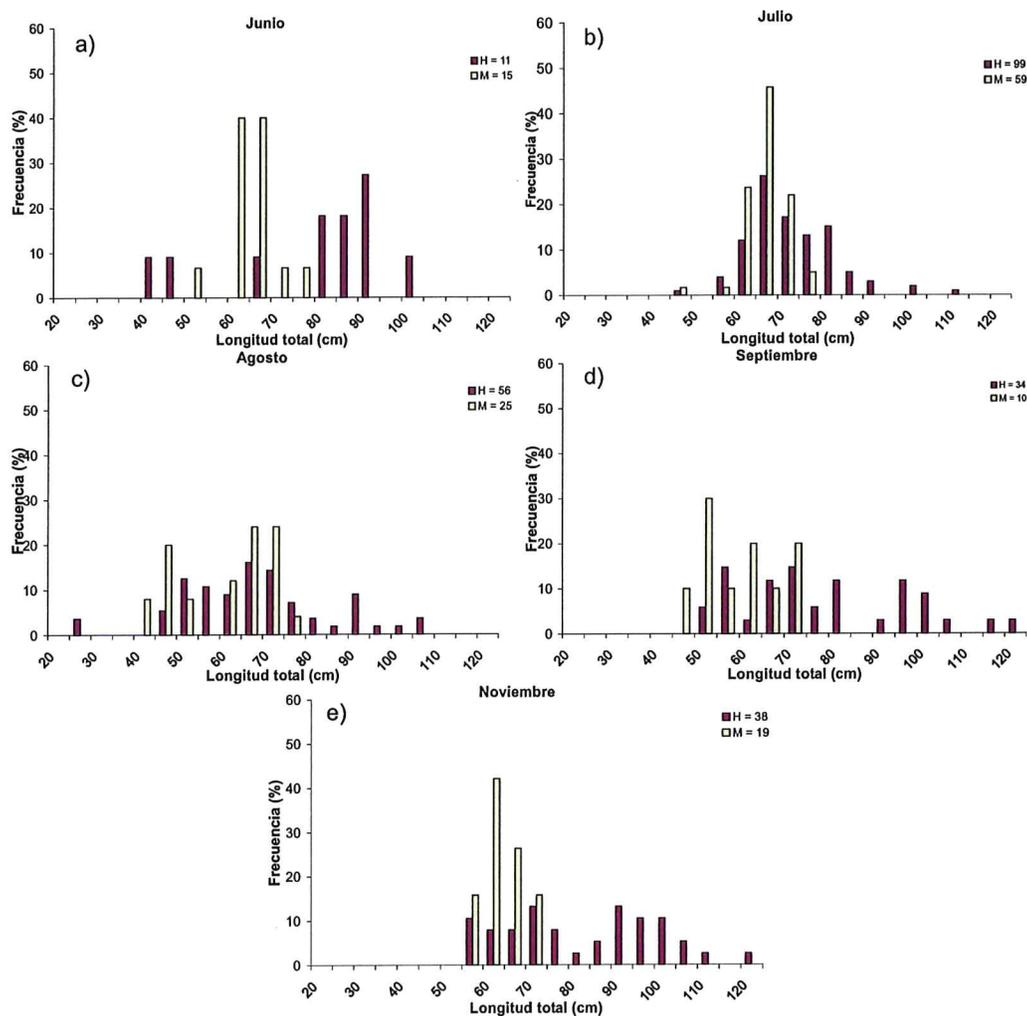


Figura 3.5: Composición de tallas durante junio, julio, agosto, septiembre y noviembre, durante los diferentes años de muestreo.

3.3. Relación peso longitud

En ambos sexos el peso se incrementó exponencialmente con la longitud; en hembras el exponente fue de $b = 3.302$, para machos este valor exponencial fue de $b = 3.157$ y en una relación combinada fue de $b = 3.367$ (Fig. 3.6). La prueba estadística de dos o más pendientes, $F(2,2)$ y $\alpha = 0.05$ indica que no hay una diferencia significativa entre el tipo de crecimiento de machos y hembras.

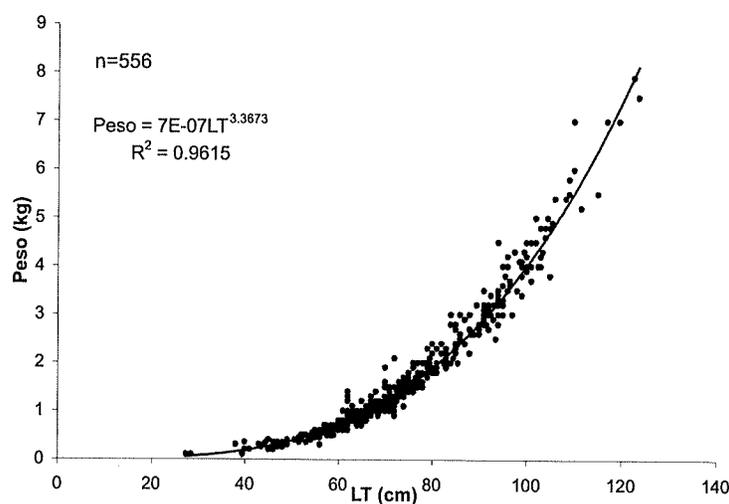


Figura 3.6: Relación peso longitud para hembras y machos.

3.4. Proporción de sexos

Durante todo el periodo ambos sexos presentaron una proporción de 1:0.57 (H:M), siendo la diferencia significativa ($\chi^2 = 367.4483$, $p < 0.001$). Sólo durante el primer año de muestreo, la captura de hembras fue menor a la de machos. Se muestrearon un total de 20 hembras preñadas, la proporción encontrada fue de 1.2 hembras por cada macho en un total de 184 embriones. Los valores estadísticos muestran que existe diferencia significativa entre la proporción de sexos en embriones ($\chi^2 = 49.3331$, $p < 0.001$), por lo que la proporción de hembras es mayor a la de machos.

3.5. Madurez sexual

De la captura total, se determinó que un 74 % de los organismos muestreados fueron maduros, y el 26 % restante inmaduros.

3.5.1. Hembras

La relación entre la longitud total y el diámetro de ovocitos (Fig. 3.7 a) y *LT vs.* diámetro de la glándula oviducal (Fig. 3.7 b), reveló que en hembras menores a los 60 cm *LT*, las dos estructuras están poco desarrolladas (menores a 13 mm) y en algunas ocasiones son indiferenciadas (hembras completamente inmaduras). Después de los 60 cm *LT*, los ovocitos y las glándulas alcanzan tamaños de entre 25 y 30 mm. En algunas ocasiones las hembras presentaron huevos o embriones en oviductos, considerándose maduras. De acuerdo a lo anterior, el 84.2 % de las hembras muestreadas fueron maduras, y sólo el 15.8 % fueron inmaduras. Las hembras tienen un rango de maduración entre los 58 y 71 cm *LT* y el 50 % de los organismos alcanzan la madurez a los 60 cm *LT* (Fig. 3.9).

3.5.2. Machos

El organismo de menor talla midió 38 cm *LT* con una longitud de gonopterigio de 43 mm (Fig. 3.8 a). Después de los 60 cm *LT* se observó el aumento y calcificación de los gonopterigios, así como la presencia de líquido seminal, continuando así hasta los 73 cm *LT*. Es hasta esta talla que los órganos copuladores alcanzaron su desarrollo, con una longitud mayor a 100 mm. El desarrollo de los testículos es gradual pero a partir de los 60 cm *LT* llegaron a alcanzar tallas de 60 mm a 95 mm (Fig. 3.8 b). Los machos empiezan a madurar a los 57 cm *LT* hasta los 77 cm *LT*. Según el criterio de Love y Johnson (1998), el 50 % de los machos alcanzan la madurez a los 66.8 cm *LT* (Fig. 3.9), cuando la presencia de semen en las vesículas seminales y el grado avanzado de calcificación de los órganos copuladores fueron evidentes.

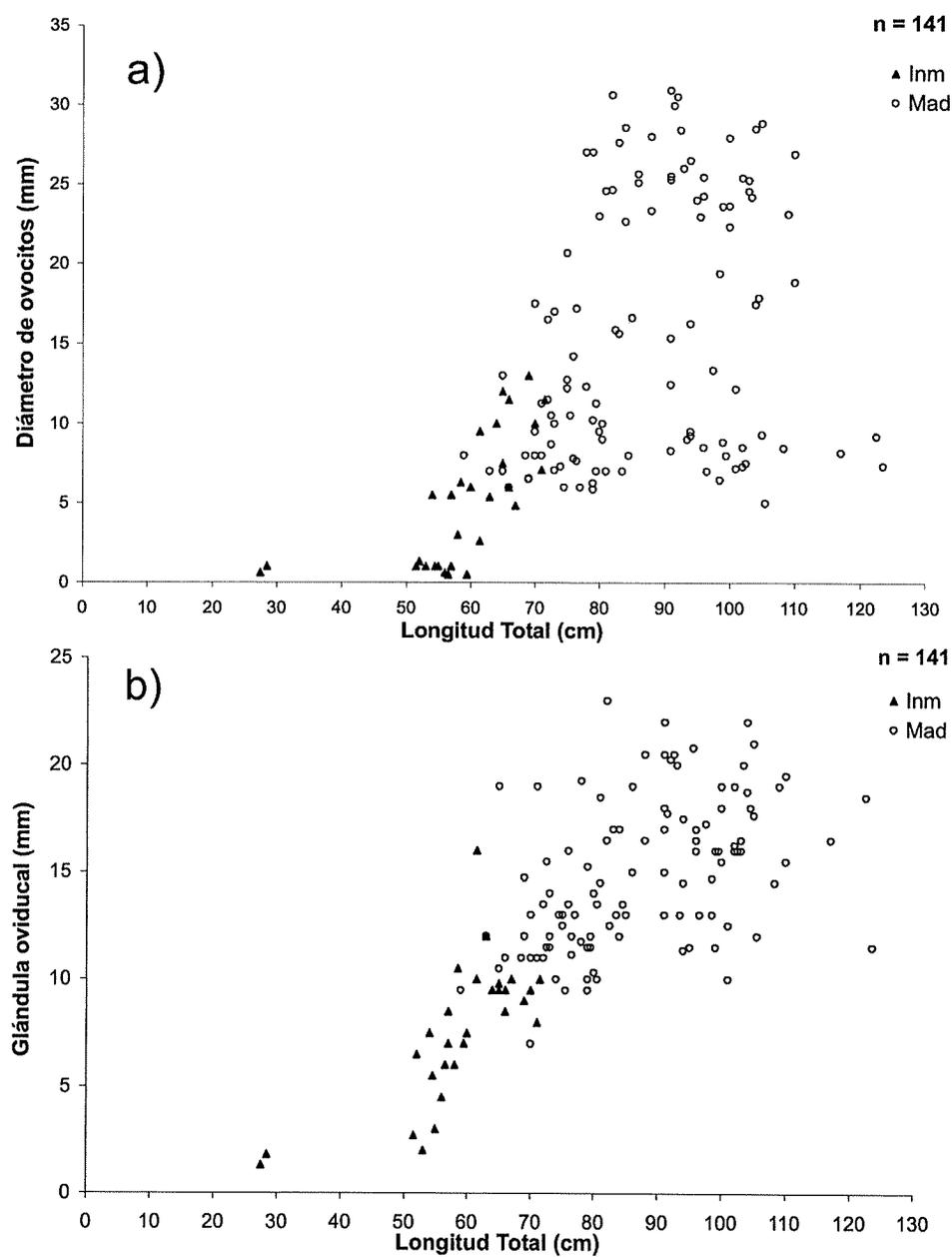


Figura 3.7: Madurez sexual en hembras; (a) relación entre el diámetro de ovocitos y longitud total; (b) relación entre el diámetro de la glándula oviducal y la longitud total.

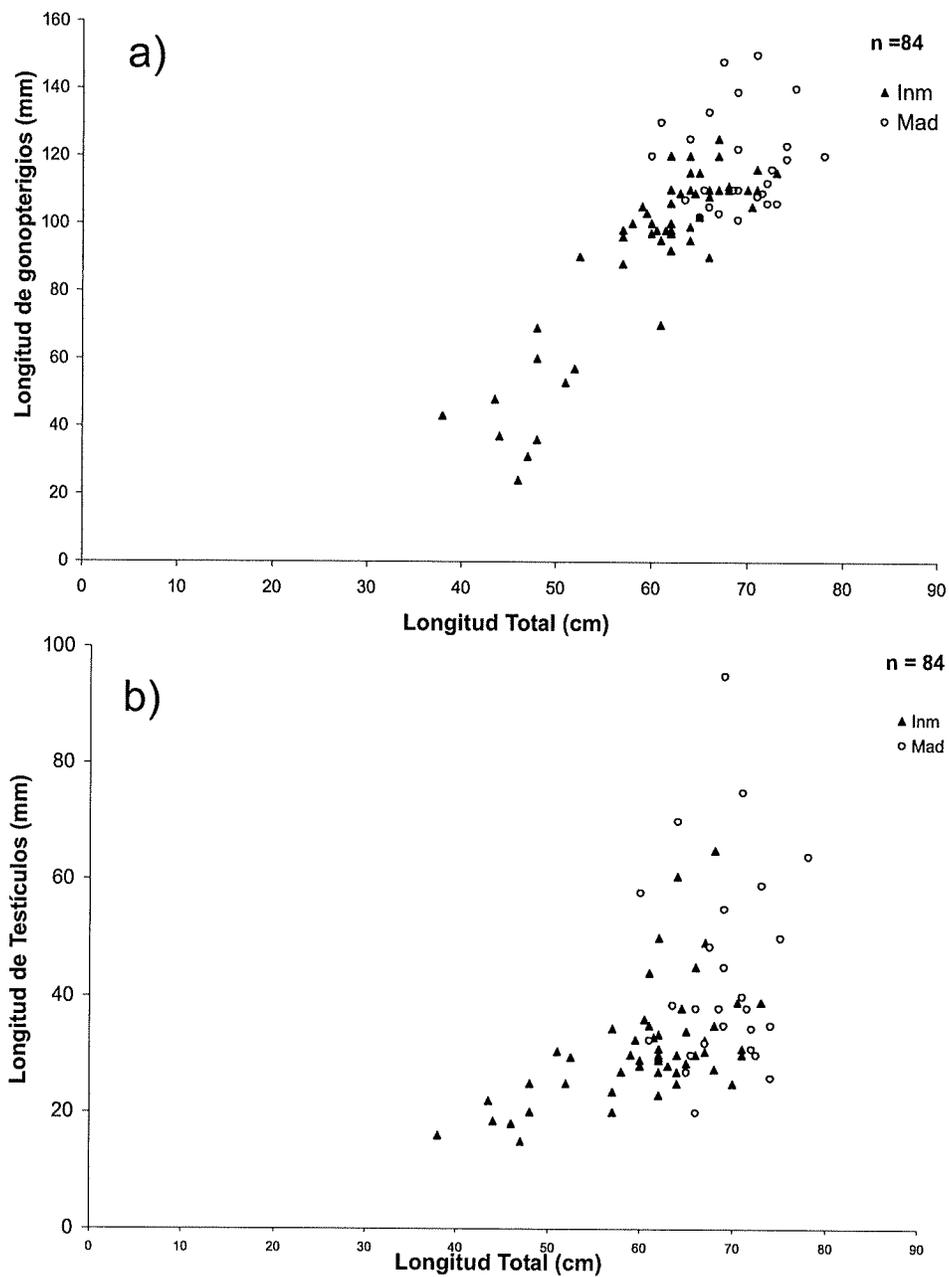


Figura 3.8: Madurez sexual en machos; (a) relación entre la talla de gonopterigios y longitud total; (b) relación entre la talla de testículos y la longitud total.

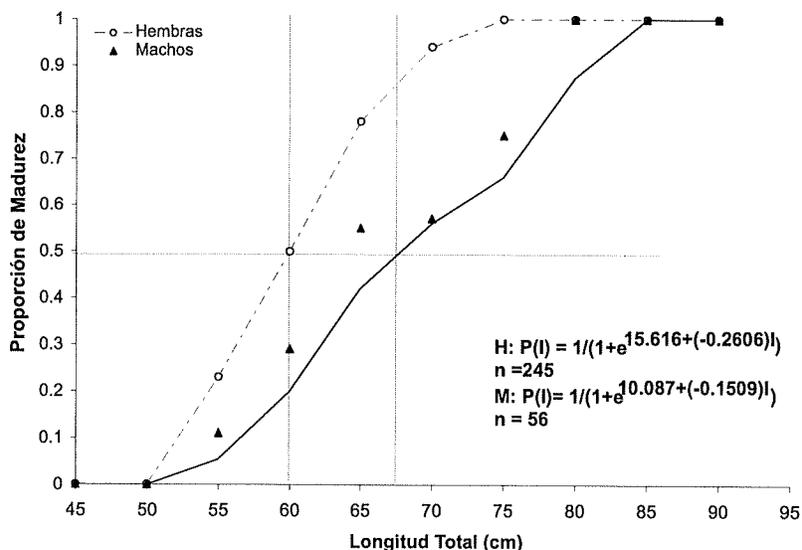


Figura 3.9: Talla de primera madurez en hembras y machos de *R. productus* de la parte norte del Golfo de California.

3.6. Desarrollo ovárico

Para poder interpretar mejor el crecimiento de ovocitos, los datos de los diferentes años se agruparon mensualmente. En la figura 3.10a, se observa que el diámetro promedio mensual de los ovocitos alcanzó sus valores máximos en mayo y junio, meses en los que todas las hembras maduras tuvieron ovocitos con diámetros de 25 a 29 mm. Por otro lado, entre julio y enero se presentaron diámetros menores a los 10 mm, sin presentar un cambio significativo en el crecimiento ($\chi^2 = 2.735$, $p = 0.6032$), permaneciendo con un tamaño reducido. En los meses de febrero a junio el desarrollo y maduración de ovocitos es acelerado, y es en el mes de junio cuando alcanzan un diámetro máximo aproximado de 30 mm. Comparando la relación de la glándula oviducal durante los meses se observa un desarrollo similar (Fig. 3.10 b). Durante los meses de julio a principios de marzo, el crecimiento de la glándula se mantiene y de abril a junio se presenta un crecimiento acelerado, observando hembras con glándulas de 14 mm y 22 mm de diámetro.

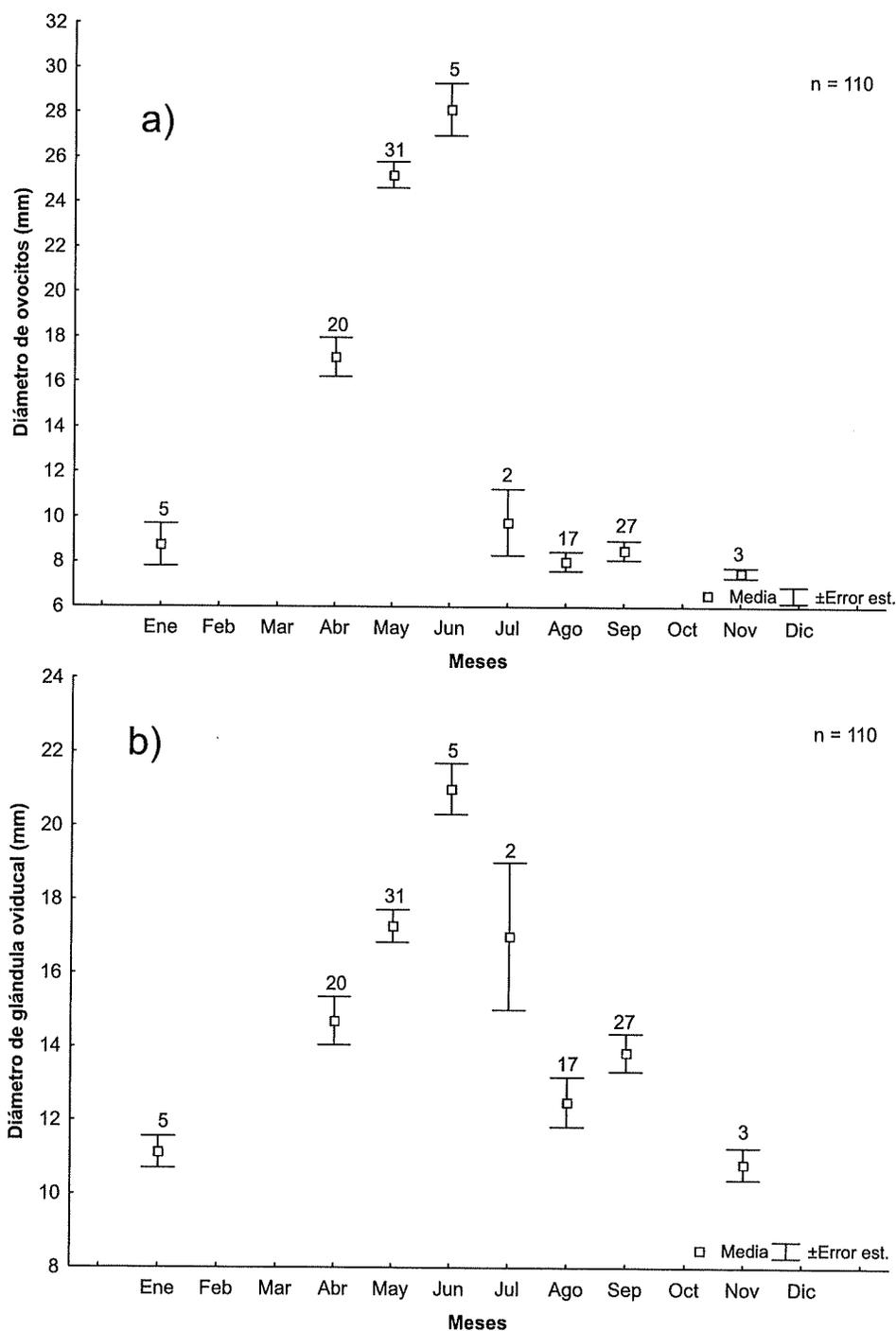


Figura 3.10: Desarrollo ovárico en hembras maduras de *R. productus*; (a) en relación a los diámetros de ovocitos con respecto al tiempo; (b) en relación al tamaño de la glándula oviducal con respecto al tiempo.

Por lo tanto las hembras con avanzado estado de gestación presentaron un crecimiento de los ovocitos en los ovarios hasta tallas de 28 mm durante el mes de junio, y en julio el diámetro de estos disminuyó hasta 10 mm sin presentar un crecimiento significativo hasta el mes de enero, que es cuando empiezan a madurar para ser ovulados y fecundados durante los meses de julio y agosto. Durante el proceso de desarrollo embrionario, se observó que el desarrollo de los ovocitos en los ovarios estuvo presente (Fig. 3.11).

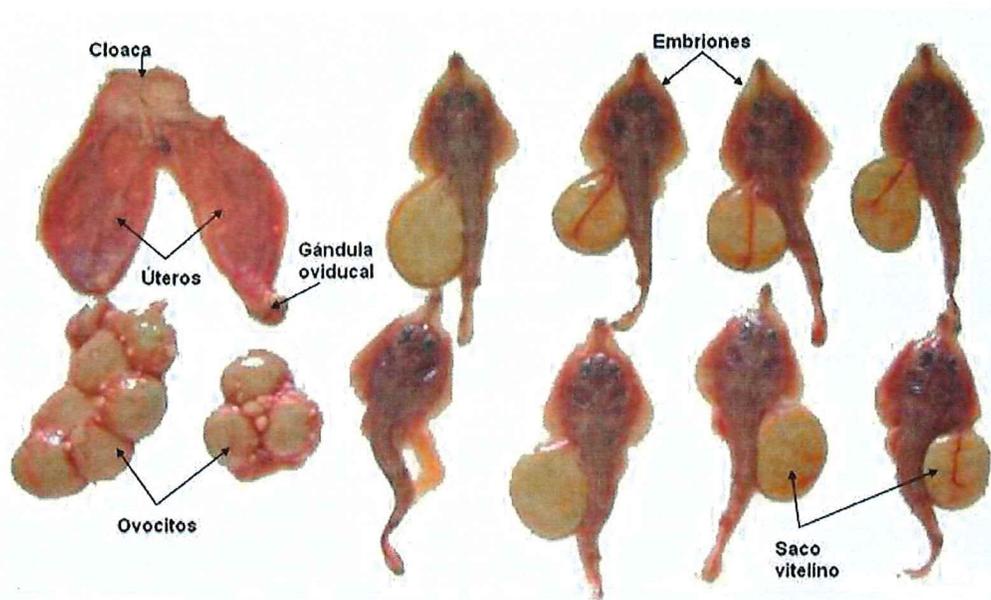


Figura 3.11: Desarrollo de huevos en ovarios y embriones uterinos con talla promedio de 120 mm LT, en una hembra de 86 cm capturada en el mes de junio.

3.7. Fecundidad

Durante el proceso de captura esta especie está sometida al estrés ejercido por las redes; y se a observado que tiende a expulsar a las crías (Wourms, 1977); por lo que en este análisis sólo se emplearon hembras que no habían expulsado embriones. En total se muestrearon 29 hembras con embriones, variando el número de embriones de uno hasta 25; este último valor se registró en una hembra de 80 cm LT. La relación

entre la fecundidad y la talla materna fue lineal ($r^2 = 0.3645$, $p < 0.001$) (Fig. 3.12).

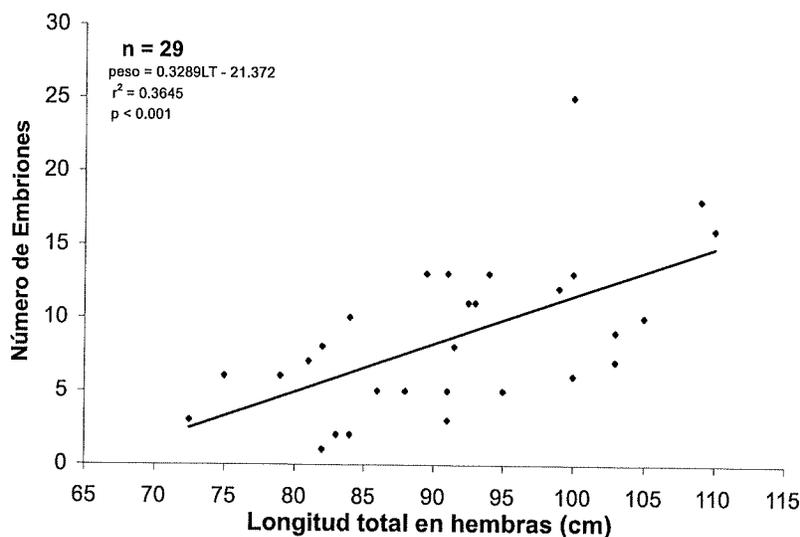


Figura 3.12: Relación entre la fecundidad y la longitud materna en la guitarra.

3.8. Desarrollo embrionario

Durante el muestreo correspondiente a los meses de mayo y junio, se observaron un total de 273 embriones de los cuales, la talla máxima promedio encontrada en los úteros fue de 178 mm LT, y el embrión individual de mayor tamaño fue de 185 mm LT, correspondientes al mes de junio. Durante el mes de mayo, el rango de tallas fue de 24 a 135 mm LT, en tanto que para junio el intervalo de tallas fue entre 120 a 185 mm LT. Durante estos dos meses el crecimiento de los embriones es muy alto (Fig. 3.13), encontrándose una diferencia significativa entre tallas de cada mes ($p < 0.001$).

3.9. Abundancia relativa (CPUE)

Las figuras 3.14 y 3.15 presentan los esfuerzos (horas) y las CPUE realizados por el barco arrastrero Escama VI para los periodos de 1993-95 y 1999-2003. Se observó que hay una tendencia general del esfuerzo a ser aplicado durante las estaciones de otoño

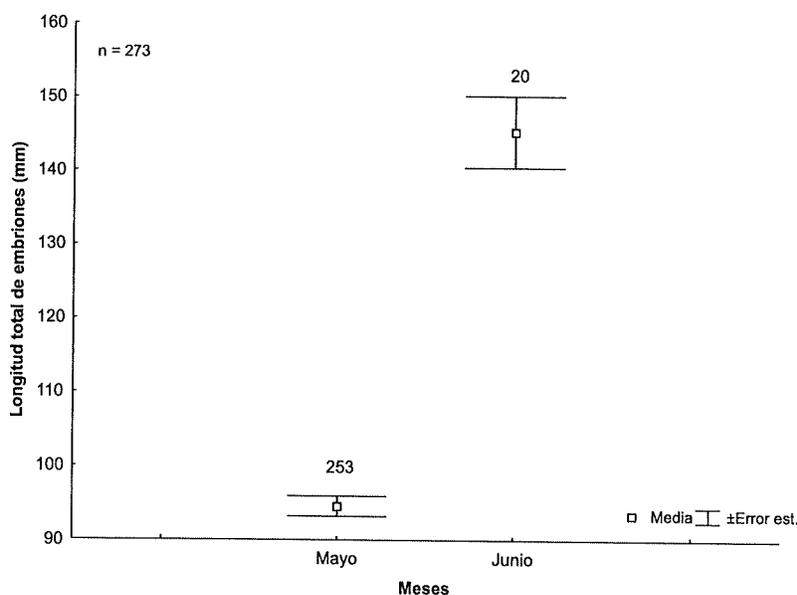


Figura 3.13: Crecimiento mensual de los embriones de *R. productus*.

e invierno. La tendencia general de la CPUE mensual indicó que durante los meses de marzo a mayo, la CPUE es baja (3.14 b, 3.15 a, b, c y d), los mayores rendimientos de guitarra se obtuvieron durante los meses de julio a febrero y durante los meses de mayo a junio la captura tiende a disminuir ya que posiblemente los organismos migran a lugares someros para su reproducción (3.15 a, b, c). No obstante, durante estos meses, ésta especie es más vulnerable a ser capturada por la pesca artesanal que opera en estas regiones someras. En todos los años, se observó que la captura realizada por el Escama BM VI registró valores elevados de CPUE durante los meses de septiembre a excepción del 2001, cuando la mayor CPUE se registró en agosto. Al hacer una evaluación de la CPUE anual (Fig. 3.16), se observa que en 1995 se alcanzó el máximo de CPUE con 66.6 kg/hr, mientras que en el 2002 se presenta un mínimo de 27.7 kg/hr. Al separar los años en períodos uno (1993-1999) y dos (2000-2003), durante el primer período la CPUE obtuvo valores mayores a 50 kg/kr; y para los últimos cuatro años (segundo período) la CPUE fue menor a 45 kg/hr; aunque significativamente no existió diferencia entre las capturas de todos los años ($\chi^2 = 4.793$, $p = 0.6852$).

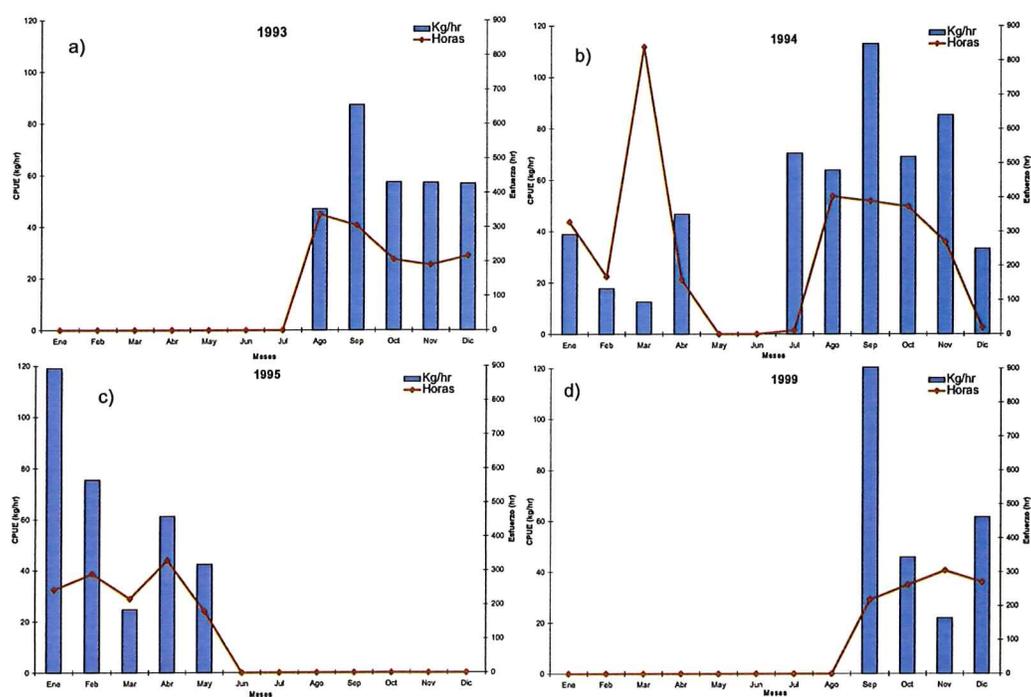


Figura 3.14: CPUE en kg/hr de las capturas realizadas por mes durante los años 1993, 1994, 1995 y 1999 en el Escama VI.

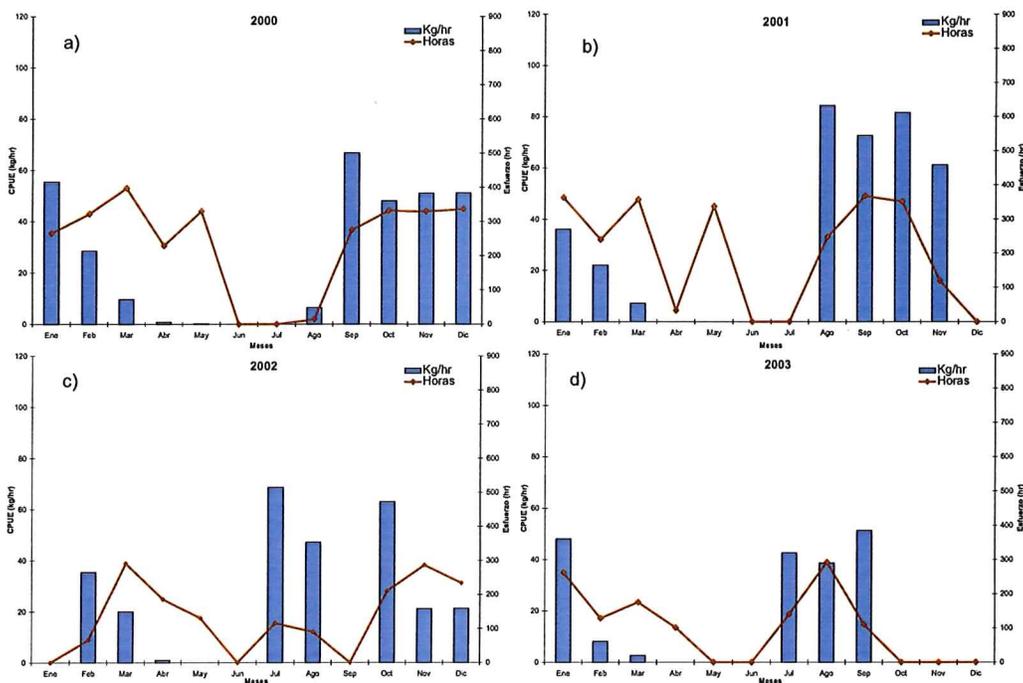


Figura 3.15: CPUE en kg/hr de las capturas realizadas por mes durante los años 2000 al 2003 en el Escama VI.

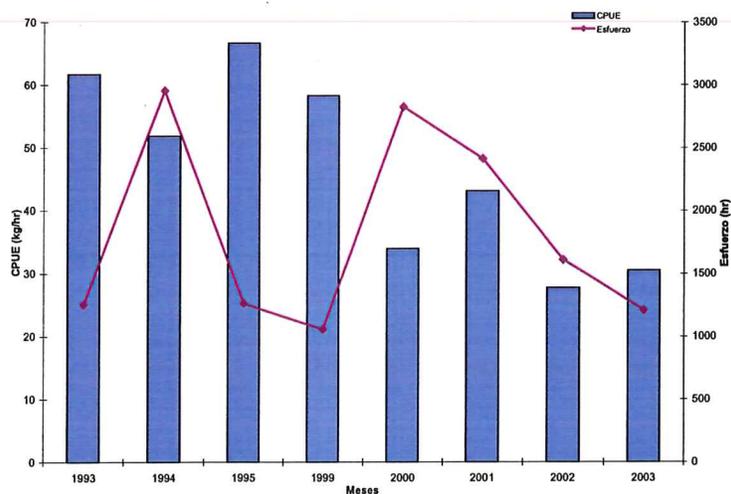


Figura 3.16: CPUE en kg/hr por año para las capturas realizadas por el Escama VI.

4

Discusiones

4.1. Composición de tallas

La pesca de manta y guitarra busca como especie objetivo a diversas especies de rayas (*Dasyatis brevis*, *Gymnura marmorata*, *Myliobatis longirostris* y *Myliobatis californica*) y sólo una especie de guitarra. Aunque la captura de *R. productus* en ocasiones es incidental, ésta se realiza durante todo el año y representa un sustento económico en tiempos de escasez de otros productos pesqueros (Cudney Bueno y Turk Boyer, 1998).

En general, la composición de tallas en la captura de la guitarra varía de acuerdo a la temporada, el método de pesca y la zona de pesca. En el total de 583 organismos muestreados (hembras y machos) se registró una talla mínima de 25 cm LT y un máximo de 120 cm LT (Fig. 3.1). Dentro de este rango la talla de hembras varió de 25 a 120 cm LT; y en machos de 30 a 90 cm LT. La talla mínima obtenida durante los muestreos es similar a la registrada por Timmons y Bray (1997) de 23 cm LT en Bahía Monterrey, California, EUA y para las hembras determinaron una talla de 130 cm LT, menor a la determinada por Villavicencio Garayzar (1993) en Bahía Almejas de 137 cm. Downton Hoffman (1996) en esta misma bahía observó una talla máxima de 114 cm LT en machos. En cambio Talent (1985) determinó un rango de entre 60 y 110 cm LT en California. Por lo tanto, las tallas registradas para ambos sexos en el Alto Golfo de California son similares a las obtenidas en las diferentes localidades estudiadas.

Una posible razón para explicar esta diferencia en tallas puede ser el arte de pesca utilizada, ya que en los trabajos anteriores los muestreos se realizaron por medio de la pesca artesanal y en este caso, el mayor porcentaje de los muestreos se obtuvo de la pesca de mediana altura.

La variación entre el intervalo de tallas, de hembras y machos, registrado en la pesca de mediana altura (35 a 120 cm LT) y la pesca artesanal (45 a 110 cm LT), se debe a que el arte de pesca utilizado en la primera es más selectivo en cuanto a tallas mayores de 40 cm LT. Resultando que el 28 % de los organismos capturados fueron inmaduros y que el 72 % restante maduros. En cambio, en la pesca artesanal la captura de organismos inmaduros fue casi nula (9 %) comparado a la de mediana altura. Otra posible causa para que la captura de la pesca ribereña no presentara una distribución clara de sus frecuencia de talla podría relacionarse con la diversidad de luz de malla de las redes que usaron las embarcaciones, ya que ésta depende de la temporada de pesca y en muchas ocasiones la pesca no estuvo enfocada hacia la guitarra sino a rayas, cazón u otros peces óseos. En algunas ocasiones se obtuvieron muestras del Barco pesquero Oviedo III que opera en San Felipe, en este caso esas muestras no fueron utilizadas para determinar la estructura de tallas de la pesca en San Felipe, solo se utilizó de la pesca artesanal y tampoco se incluyeron en la pesca de mediana altura, ya que se utilizó la de una misma embarcación de Puerto Peñasco. También podría deberse a la diferencia entre las áreas de pesca, ya que este trabajo está enfocado en las poblaciones que se distribuyen en el Alto Golfo de California y los trabajos mencionados anteriormente corresponden a costas del Océano Pacífico. Considerando que nuestra zona de muestreo es un área semicerrada en la cual las condiciones de temperatura, corrientes, salinidad y evaporación son diferentes a las del Océano Pacífico, podríamos justificar las diferencias encontradas. Esto coincide con lo descrito por Sandoval Castillo *et al.* (2004) quienes, en su estudio de genética poblacional, encontraron que existen diferentes poblaciones de *R. productus* en la costa Pacífico de Baja California y Bahía de Kino, Sonora (zona centro del Golfo de California), sin descartar por su puesto que existiera alguna relación entre las poblaciones ya que en la costa de Baja California encontraron un organismo con el mismo patrón genético al determinado en el Golfo de California.

El comportamiento multimodal durante los meses, para todos los años puede ser

debido al tamaño de la muestra, que en este caso es mayor al utilizado en los trabajos anteriores, y con ello se puede apreciar mejor la estructura de tallas de la población.

Por otra parte, en los elasmobranquios es común encontrar que las hembras presentan longitudes mayores que los machos. Este es el caso de *R. productus*, en donde las hembras fueron un 25 % más grandes a los machos ($t = 11.03$, $p < 0.001$), lo que difiere con lo observado por Villavicencio Garayzar (1993), quien determinó que en Bahía Almejas la diferencia en tallas es del 40 %. Esta diferencia de longitudes entre sexos ha sido observada en otros elasmobranquios, en especies como *Zapterix exasperata* con un 17 % (Villavicencio Garayzar, 1995), *Squatina californica* con el 7.7 % (Zayas Álvarez, 1998), *Myliobatis californica* (Martin y Cailliet, 1988) y *Rhinoptera bonasus* (Smith y Merriner, 1987). Por lo tanto se podría decir, que en la mayoría de los elasmobranquios las hembras tienden a ser más grandes que los machos y también que sean más susceptibles a ser capturadas.

4.2. Relación peso longitud

Las curvas de crecimiento obtenidas para hembras y machos en la guitarra *R. productus* son iguales, lo que sugiere que su crecimiento es isométrico ($t = 1.28$, $a = 0.05$), esto es, que presenta procesos fisiológicos similares y que todas las partes del cuerpo crecen en las mismas proporciones. El valor del exponente en machos y hembras es de $b = 3.367$, y no difiere a los encontrados por Downton Hoffman (1996) ($b = 3.14$ en hembras y de $b = 3.04$ para machos). Villavicencio Garayzar (1993) determinó un valor ligeramente superior a $b = 3$, para la misma especie y sugiere que esto puede ser debido al grado de madurez reproductivo que presentan las hembras, considerando un crecimiento alométrico. Esto difiere a lo obtenido en este trabajo ya que estadísticamente el crecimiento en hembras es igual que en los machos, sin que el aumento en el peso de las hembras, debido a la producción de ovocitos y a la presencia de embriones, indique lo contrario.

4.3. Proporción de sexos

En la guitarra la proporción de sexos es de 1:0.57 a favor de las hembras (1.75:1 normalizado respecto a los machos). Villavicencio Garayzar (1993) y Downton Hoffman (1996) coinciden con estos resultados, ya que en Bahía Almejas ésta proporción es de 1.66:1 (H:M). En cambio, Dubois (1981) en la laguna Mugu en California, durante los meses de verano estimó una proporción de 5H:1M. En embriones, la proporción fue de 1.2H:1M por lo que la cantidad de machos es menor a la de hembras ($p < 0.001$). Esto difiere con lo señalado por Villavicencio Garayzar (1993) en Bahía Almejas, quien determinó que para esta especie no existe una producción diferencial de un sexo (1.06H:1M). Durante el proceso de captura las hembras abortan embriones ya sea por el estrés de la red o el proceso de manejo (Conrath, 2004). En el presente trabajo solo se consideraron aquellas hembras que no habían presentado indicios de haber expulsado embriones, reduciendo el tamaño de la muestra a 29 hembras preñadas. Luego entonces, la cantidad de embriones por hembra y la proporción de sexos podría estar alterada, por lo que se considera preliminar.

En especies de este mismo género la proporción de sexos, en organismos de vida libre, fue variable. Capapé y Zaouali (1994) estimaron una proporción de 1.04:1 presentando mayor abundancia las hembras. Esto difiere con lo descrito por Abdel-Aziz *et al.* (1993) que determinaron un valor de 1:1 en *R. rhinobatos* en el Mediterraneo. Para el caso de los embriones en *R. hinnicephalus* Wenbin y Shuyuan (1993) determinaron un valor de 1:1 y para *R. cemiculus* (Capapé y Zaouali, 1994) el valor es de 1.19:1, en donde este último determina una diferencia significativa en la proporción de hembras y machos.

Como en la mayoría de los elasmobranquios, esta proporción de sexos y tallas por área se da cuando los organismos alcanzan la madurez sexual, y disminuye en las épocas de reproducción cuando se lleva a cabo la cópula (Wourms, 1977). Por lo tanto se considera que esta diferencia en la proporción de sexos puede estar relacionada con la segregación de organismos a diferentes profundidades y áreas de pesca, durante las diferentes etapas del ciclo reproductivo. Así como a la gran cantidad de hembras capturadas por presentar tallas mayores a la de los machos.

4.4. Madurez sexual

Timmons y Bray (1997) en las costas de Long Beach, California encontraron que los machos maduraban de los 90 a 100 cm LT y las hembras a los 99 cm LT. En la Bahía de Monterrey, California Talent (1985) determinó una talla de 110 cm LT para hembras, en tanto que Dubois (1981) estimó una longitud de 92 cm en machos de Mugu Lagoon, California. Villavicencio Garayzar (1993) en Bahía Almejas encontró que las hembras maduran a tallas superiores de 70 cm LT, sin determinar la talla en machos; en esta misma bahía, Downton Hoffman (1996) estimó una talla de 87 cm LT para hembras maduras y machos con gonopterigios calcificados de 80 cm LT.

Los estudios anteriores presentan tallas superiores a las encontradas en este trabajo. Las hembras ya presentaban ovocitos maduros, cápsulas uterinas y embriones a partir de los 60 a 65 cm LT, y los machos presentaron gonopterigios calcificados, rotables y con presencia de líquido seminal a partir de los 65 cm LT. Después de los 70 cm LT, se encontró que la gran mayoría de los machos ya presentaban gonopterigios desarrollados de 100 mm; en tanto que Timmons y Bray (1997) registraron tallas de 110 a 130 mm en organismos maduros.

La talla de primera madurez, de acuerdo al método de Love y Johnson, (1998), en hembras fue de 60 cm LT y en machos de 66.8 cm LT. En el método de Pratt Jr. y Otake (1990) esta talla se determina cuando el 50% de los organismos analizados son maduros, por lo tanto, la talla de primera madurez en hembras fue de 60 a 65 cm LT y en machos de 65 a 70 cm LT. De acuerdo a los dos métodos las hembras maduran en un rango de 60 a 65 cm LT con un valor puntual de 60 cm LT y los machos presentan un rango de 65 a 70 cm LT con un valor puntual de maduración de 66.8 cm LT.

La diferencia en la talla de primera madurez encontrada en otros trabajos para la misma especie en diferentes áreas, puede deberse a que cuando esta especie es sometida a intensas presiones de captura, los organismos pueden alcanzar la madurez sexual a tallas menores. De esta manera compensan el número de organismos capturados que causan una baja en la población (Hoyos Padilla, 2003). Otra posible explicación es que al parecer estos organismos maduran a tallas menores en las aguas cálidas de Golfo de California a diferencia de las aguas templadas de la costa Pacífico de Baja

California. Esto se debe a que con temperaturas altas existe mayor disponibilidad de alimento y el metabolismo de los organismos aumenta.

4.5. Desarrollo ovárico

De acuerdo a los resultados obtenidos, el crecimiento de los ovocitos presenta un ciclo anual ya que su desarrollo inicia en el mes de julio y alcanza los valores máximos de crecimiento durante el mes de junio. Esto coincide con lo descrito por Villavicencio Garayzar (1993) que determinó un ciclo reproductivo anual, y una época de apareamiento durante el período de julio-agosto. Esta estrategia anual es conocida en otras especies del mismo género, tal es el caso de *R. horkelii* (Lessa *et al.*, 1986), *R. hynnicephalus* (Wenbin y Shuyuan, 1993), *R. rhinobatos* (Adbel-Aziz *et al.*, 1993), *R. cemiculus* (Capapé y Zaouali, 1994) y *Aptuchotrema rostrata* (Kyne y Bennett, 2002).

De acuerdo a las observaciones realizadas en los diferentes muestreos, se considera que los ovocitos están listos para ser fecundados antes de que la hembra inicie el periodo de alumbramiento, por lo que el apareamiento podría llevarse a cabo inmediatamente después de dar a luz. Esto indica que la guitarra presenta un desarrollo anual sincrónico de ovocitos y embriones, acumulando vitelio para el siguiente período de gestación. Esto coincide con lo descrito por Márquez Farías y González Corona (2000) y González García (1998).

4.6. Fecundidad

El número de embriones por hembra es dependiente de la talla materna en diversas especies, tanto en tiburones como en rayas, por lo tanto, conforme aumenta la longitud total y la capacidad de la cavidad ventral de la hembra resulta un espacio mayor para almacenar un número mayor de crías (Conrath, 2004).

En este estudio la fecundidad en guitarras fue de 2 a 25 embriones por hembra, con una media de 9. Esto coincide con lo descrito por Timmons y Bray (1997) que estimaron una fecundidad de 9 crías por hembra en Long Beach, y Villavicencio Garayzar (1993) determinó un total de 6 a 16 embriones en la costa Pacífico de Baja California.

La fecundidad en *R. productus* es igual a la de otras especies del mismo género, tales como *R. horkelii* (Lessa *et al.*, 1986), *R. hynnicephalus* (Wenbin y Shuyuan, 1993), *R. cemiculus* (Capapé y Zaouali, 1994), *R. rhinobatos* (Adbel-Aziz *et al.*, 1993), *Aptychostrema rostrata* (Kyne y Bennett, 2002) y *Z. exasperata* (Villavicencio Garayzar, 1995) las cuales presentan fecundidades mayores a las registradas en algunas familias de rayas como Dasyatidae (1 a 6 embriones) (Villavicencio Garayzar, 1995), Myliobatidae (2 a 5 embriones) (Martin y Cailliet, 1988) y Rhinopteridae (1 a 2 crías) (Smith y Merriner, 1987).

Sin embargo, la baja correlación entre la relación de la talla materna y el número de embriones determinado en éste estudio ($r^2 = 0.3645$), sugiere que éste último no depende sólo de la longitud total de la hembra, sino que también puede estar en función del período de ovulación con respecto al apareamiento (Conrath, 2004).

4.7. Desarrollo embrionario

Al llevarse a cabo la ovulación, el ovocito maduro desciende hacia la glándula oviducal en donde posteriormente será fertilizado. Después pasa por el oviducto hacia el útero y se deposita, siendo aquí cuando inicia el período de gestación de los embriones (Adbel-Aziz *et al.*, 1993). De acuerdo a esto Márquez Farias (2003) estimó que éste período va de entre 5 y 6 meses, coincidiendo con los trabajos realizados en Bahía Almejas por Villavicencio Garayzar (1993) y Downton Hoffman (1996) y los cuales mencionan que posiblemente existiera una diapausa en el desarrollo. Gónzalez García (1998) en esta misma bahía estimó un tiempo de gestación de 12 meses y un desarrollo embrionario rápido, el cual ocupa sólo el 33% del año de gestación, indicando que los embriones se presentan sólo durante 3 meses en la temporada de reproducción. Downton Hoffman (1996) determinó que el desarrollo embrionario inicia a finales de mayo, y termina con la expulsión de los neonatos a principios de agosto. Villavicencio Garayzar (1993) en el mismo lugar estimó que durante los meses de agosto a abril éste desarrollo parece ser reducido, reiniciando de abril a mayo y determina un mismo período para la expulsión de las crías.

Lessa *et al.* (1986) determinaron que en *R. horkelii* el desarrollo embrionario se divide en dos períodos: el período en que los ovocitos depositados en los úteros no

se desarrollan durante 8 meses (abril a noviembre), manteniendo una talla alrededor de 1 cm, o no presentan embriones (diapausa embrionaria) y el período de desarrollo embrionario de 3 meses (diciembre a febrero). De igual manera White *et al.* (2002) determinaron una diapausa embrionaria de 5 meses (julio a noviembre) en *Trygonoptera personata* donde los embriones mantienen una misma talla, y el crecimiento es acelerado durante los próximos 5 meses de gestación (diciembre a abril). Villavicencio Garayzar (1993), al igual que Downton Hoffman (1996) coinciden con esta diapausa en *R. productus*, quienes estiman un período de letargo de 8 meses (agosto-abril) y un desarrollo embrionario de 2 meses (abril-mayo).

Sin embargo en el presente trabajo no se detecto un período de diapausa, ya que no se obtuvieron medidas de los huevos uterinos durante los primeros meses de gestación; debido a que por efectos de congelamiento y descongelamiento de las muestras, al momento de disectar los úteros, los ovocitos se reventaban o ya se encontraban dañados. Es importante señalar que pese a lo citado por Villavicencio Garayzar (1993), Downton Hoffman (1996), González García (1998) y Márquez Farias (2003); la existencia de una diapausa embrionaria es difícil de comprobar debido a que sería necesario medir los embriones de la misma hembra durante todo el período de gestación para así probar que el crecimiento se detiene, de acuerdo a la definición de diapausa dada por Lessa *et al.* (1986).

Los meses de apareamiento y expulsión de embriones obtenidos por Márquez Fariás y González Corona (2000), Villavicencio Garayzar (1993) y Downton Hoffman (1996) coinciden con lo obtenido en el presente trabajo, ya que las hembras grávidas se presentan con mayor abundancia durante los meses de mayo y junio, en tanto que el crecimiento de los embriones en estos meses es alto. Timmons y Bray (1997) estimaron una talla máxima de nacimiento de 230 mm LT y Villavicencio Garayzar (1993) plantea una talla de nacimiento entre 200 y 240 mm LT para Bahía Almejas. En las costas de Sonora, en el Golfo de California Márquez Farias (2003) determinó una talla de nacimiento a partir de los 175 mm LT.

En Bahía Almejas Villavicencio Garayzar (1993) reporto tallas probables de nacimiento de 200 a 240 mm LT y Márquez Farias (2003) estima una talla de 175 mm LT en la zona central del Golfo de California para la misma especie. En este estudio, no se logró estimar ésta talla de nacimiento ya que la talla máxima registrada en embriones

uterinos fue de 185 mm LT en el mes de junio, y sólo se obtuvieron dos neonatos hembras (de vida libre) capturados a finales del mes de agosto, con longitudes de 275 y 285 mm. Para una estimación confiable de la talla de nacimiento se necesitan más datos acerca de neonatos. Sin embargo los datos disponibles sugieren que la talla de nacimiento es de alrededor de 190 mm LT. La posible razón de que no se capturaron neonatos es la selectividad del arte de pesca, que sólo permite la captura de organismos de tallas superiores a los 40 cm LT. Además, se supone que los neonatos habitan aguas someras semicerradas durante los primeros meses de vida, en donde se protegen de los depredadores y de las artes de pesca.

En los estudios realizados en Bahía Almejas y Bahía Magdalena en Baja California Sur, Villavicencio Garayzar (1993), Downton Hoffman (1996) y González García (1998) mencionan que *R. productus* es una especie vivípara aplacentada con alimentación trofonemata. Esto difiere radicalmente a lo encontrado en este trabajo, ya que los úteros de las hembras preñadas no presentaron las vellosidades que secretan la leche úterina. Además, en los embriones observados de diferentes tallas siempre se observó el saco vitelino. Algunos autores afirman que *R. productus* presenta trofonemata. Sin embargo en las observaciones realizadas en campo y laboratorio no se observaron estas estructuras uterinas, la apariencia de las paredes de los úteros siempre estuvo tersa, aun que muy pocas ocasiones se llegaron a ver pliegues. Wenbin y Shuyuan (1993) describe estos pliegues en hembras inmaduras de *R. hynnicephalus*, las describe como estructuras externas de la parte dorsal y ventral de los úteros, que al madurar los organismos éstos pliegues se expanden. Por lo tanto en este trabajo coincidimos con Conrath (2004) quien menciona que la familia Rhinobatidae depende en todo su desarrollo embrionario de las reservas del saco vitelino, por lo que son organismos con reproducción vivípara aplacentada del tipo lecitotrófico, esto es, sólo se alimentan del saco vitelino (Carrier *et al.*, 2004).

4.8. Ciclo reproductivo

Debido al carácter migratorio de la mayoría de las especies de elasmobranquios, es difícil determinar los periodos de gestación, ya que en algunas de las etapas del ciclo reproductivo no son capturadas (Hoyos Padilla, 2003). Aunque la pesquería

de la guitarra se realiza durante casi todo el año, en algunas ocasiones no es posible realizar muestreos por mal tiempo, debido a que el esfuerzo es dirigido a otras especies y posiblemente a problemas logísticos.

El crecimiento de los ovocitos, la presencia de huevos en los oviductos y el nacimiento de las crías son factores que permiten suponer que la época de apareamiento sucede durante finales de junio principios de julio. En julio se obtuvieron las hembras con ovocitos de menor diámetro y con huevos en los úteros, lo que indica el inicio del crecimiento de los ovocitos así como el comienzo del desarrollo embrionario. Los ovocitos no presentan un crecimiento significativo durante los meses de julio a enero, sin embargo este crecimiento es acelerado a finales de febrero principios de marzo y junio. La presencia de los embriones indica que el desarrollo de los ovocitos y el desarrollo embrionario son simultáneos. La guitarra presenta un periodo de gestación aproximadamente de 12 meses, el cual termina con la expulsión de las crías durante los meses de junio a julio. Sin embargo, unos días después del alumbramiento, las hembras realizan la copulación, ovulación y fecundación de los huevos, que después descienden al oviducto. Por lo tanto, *R. productus* presenta solo un ciclo reproductivo anual.

4.9. Abundancia relativa

De acuerdo a los estudios realizados sobre la guitarra *R. productus* a través de las áreas en que se distribuye, se ha determinado que los cuerpos de agua semicerrados son importantes en el desarrollo de esta especie, ya que son los sitios de alimentación, crianza y reproducción. Destacan como zonas de crianza las bahías de Monterrey y San Francisco, California (Herald *et al.*, 1960; Ebert, 1986), el estero de Punta Banda, Ensenada Baja California, el complejo lagunar de Bahía Magdalena, México (De la Cruz Agüero *et al.*, 1994; Villavicencio Garayzar, 1993) y la zona del Golfo de California (Álvarez Borrego, 2001). En éstas áreas se realizan actividades pesqueras que extraen principalmente especímenes adultos sexualmente maduros, que se encuentran en período de reproducción y en el caso de las hembras en proceso de alumbramiento, lo que podría repercutir en la población y hacerla descender hasta niveles críticos (Salazar Hermoso y Villavicencio Garayzar, 1999).

Durante los meses de enero a mayo el barco pesquero Escama BM-VI, de donde se obtuvieron los muestreos, tiene como especie objetivo en sus capturas durante el día la merluza (*Merluccius productus*), mientras que durante la noche pesca angelito (*Squatina californica*) y la manta coreana (*Raja* sp.). El resto del año (julio a diciembre) las especies objetivo son el angelito, manta en general, cazón, guitarra (*R. productus*), cochito (*Balistes polylepis*) y el chano (*Micropogonias megalops*). Las especies que se capturan incidentalmente durante todo el año son la curvina (*Cynoscion* sp.), lenguado (*Paralichthys* sp.) y la baqueta (*Epinephelus* sp.)

De acuerdo a lo anterior, la captura de *R. productus* muestra dos periodos en el comportamiento de la CPUE durante los diferentes años de muestreo. De julio a enero la captura es mayor al esfuerzo, dado que al disminuir la temperatura estos organismos migran a aguas profundas donde son vulnerables a ser capturadas por las redes de arrastre (Cudney Bueno y Turk Boyer, 1998). De febrero a mayo el esfuerzo es mayor a la captura ya que se tienen diferentes especies objetivo y en algunas ocasiones la guitarra es capturada incidentalmente. Además, cuando la temperatura aumenta, esta especie migra a profundidades someras para dar alumbramiento y llevar a cabo la cópula, proceso que se realiza a finales de junio y principios de julio (Fig. 3.7 a, b). Durante los meses de junio en todos los años se puede observar que la embarcación no tuvo actividad alguna, puesto que la tripulación utiliza este mes para la reparación del barco y cambio de redes para las siguientes temporadas. Pese a que esta especie es un recurso pesquero que se explota durante todo el año, incluyendo su ciclo reproductivo, se determinó una CPUE promedio anual de 45 a 50 kg/hr por año, sin presentar variaciones importantes en la abundancia relativa entre el periodo de 1993 a 1995 y de 1999 a 2003 (Fig. 3.16).

En los meses de temperaturas elevadas, cuando la guitarra migra a lugares someros, ésta especie es capturada por la pesquería artesanal. Esto se ve reflejado en la flota artesanal de San Felipe, que opera durante estos meses en la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biósfera del Alto Golfo de California y el delta del Río Colorado (Romo Curiel *et al.*, 2004). Estos periodos de captura concuerdan con lo descrito por Salazar Hermoso y Villavicencio Garayzar (1999) en Bahía Almejas, B. C., quienes determinaron que la abundancia relativa mensual de la guitarra sigue un patrón cíclico

de reclutamiento, en el cual el verano es la estación de máxima presencia y abundancia.

De acuerdo a las observaciones realizadas en campo y la investigación bibliográfica es recomendable realizar un estudio sobre el tipo de alimentación embrionaria en *R. productus*. El fin de este estudio sería determinar si la alimentación embrionaria es por medio del saco vitelino durante todo el proceso de desarrollo o si al final de éste se presenta alimentación histótrofa. También sería interesante realizar un estudio detallado del desarrollo embrionario para confirmar la existencia de la diapausa en el desarrollo embrionario.

5

Conclusiones

Las observaciones realizadas en este trabajo permiten formular las siguientes conclusiones respecto a la biología reproductiva y abundancia relativa de *R. productus* en la región norte del Golfo de California:

Biología reproductiva

- La talla máxima en hembras es de 120 cm LT y se presenta durante septiembre y noviembre; la talla mínima es de 27 cm LT, en el mes de agosto. En machos las tallas variaron entre los 30 y 90 cm LT, con mínimos en marzo y máximos en el mes de abril.
- *Rhinobatos productus* presenta un crecimiento isométrico. La talla de primera madurez es de 60 cm LT en hembras con un rango de 58 a 71 cm LT, y en machos es de 66.8 cm LT con un rango de 57 a 77 cm LT. La proporción de sexos en organismos de vida libre es de aproximadamente 2 hembras por cada macho, mientras que en embriones es de 1.2 hembras por cada macho.
- EL ciclo ovárico es anual. El diámetro máximo registrado de los ovocitos es de 29.5 mm. Las hembras con este tamaño de ovocitos se presentan con mayor frecuencia en el mes de junio, al igual que las hembras con embriones de tallas máximas (185 mm LT). Debido al número reducido de embriones uterinos y neonatos de vida libre obtenidos, no se logró determinar la talla de nacimiento exacta. Sin embargo, considerando el tamaño del saco vitelino en los embriones

registrados en el mes de junio, se estima una talla de nacimiento de alrededor de 190 mm.

- El periodo de gestación es aproximadamente de 12 meses, con un periodo de descanso corto entre el alumbramiento y el siguiente apareamiento. La fecundidad es de 2 a 25 embriones por hembra y existe un incremento del número de embriones en función de la talla materna.
- El ciclo reproductivo inicia a finales del mes de junio y principios de julio, que es cuando se lleva a acabo el apareamiento. El desarrollo de los ovocitos en los ovarios y el crecimiento de los embriones es simultáneo. Durante los meses de julio a enero el crecimiento es lento y aumenta significativamente durante los meses de enero a junio.
- Se recomienda un estudio detallado del desarrollo embrionario para confirmar la existencia de la diapausa en esta especie. Así mismo, se propone realizar un estudio sobre el tipo de alimentación embrionaria en *R. productus*, para así resolver las discrepancias entre la literatura que afirma que la alimentación embrionaria es histótrofa (leche uterina) y los hallazgos de este estudio (alimentación lecitotrófica, esto es, del saco vitelino).

Abundancia relativa

- Pese a que esta especie es un recurso pesquero que se explota durante todo el año, incluyendo su ciclo reproductivo, se determinó una CPUE promedio anual de 45 a 50 kg/hr por año. La tendencia general de la CPUE mensual indicó que durante los meses de marzo a mayo ésta es baja, y que los mayores rendimientos de guitarra se obtuvieron durante los meses de julio a febrero, con valores máximos en septiembre. Durante los periodos de 1993 a 1995 y de 1999 a 2003 no se presentó una variación importante en la abundancia relativa.

Literatura citada

- Adbel-Aziz, S. H., Khalil, N. A., y Adbel-Maguid, S. A. (1993). Reproductive cycle of the common guitarfish, *Rhinobatos rhinobatos* (Linnaeus, 1758), in Alexandria Waters, Mediterranean Sea. *Australian Journal Marine Freshwater Research*, **44**, 507–517.
- Álvarez Borrego, S. (1983). Gulf of California. En: B. K. Ketchum, editor, *Ecosystems of the world 26. Estuaries and Enclosed Seas*, págs. 427–429. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam. 500 pp.
- Álvarez Borrego, S. (2001). The Colorado River estuary and Upper Gulf of California, Baja, México. En: U. Seelinger y B. Kjerfue, (editores), *Coastal Marine Ecosystems of Latin América. Ecological Studies*, volumen 144, capítulo 22, pág. 360. Springer, Berlin.
- Beltrán Félix, J. L., Hammamn, M. G., Chagoya Guzmán, A., y Álvarez Borrego, S. (1986). Ictiofauna del estero de Punta Banda, Ensenada, Baja California, México, antes de una operación de dragado. *Ciencias Marinas*, **1**, 79–92.
- Bonfil, R. (1995). *Overview of World Elasmobranch Fisheries*. Instituto Nacional de la Pesca, FAO, Yucatán, México. 118 pp.
- Capapé, C. y Zaouali, J. (1994). Distribution and reproductive biology of the blackchin guitarfish, *Rhinobatos cemiculus* (Pisces:Rhinobatidae), in Tunisian Waters (Central Mediterranean). *Australian Journal Marine Freshwater Research*, **45**, 551–561.
- Carrier, J. C., Pratt, H. J., y Castro, J. I. (2004). Reproductive biology of elasmobranchs. En: J. C. Carrier, J. A. Musick, y M. R. Heithaus, (editores), *Biology of Sharks and They Relatives*, capítulo 10, págs. 269–285. CRC Press, Washington, D. C.
- Castro, J. I. (1983). *The Sharks of North American Waters*. Texas A and M University Press, United States of America. 179 pp.

- Conrath, C. L. (2004). Reproductive Biology. En: J. A. Musick y R. Bonfil, (editores), *Elasmobranch Fisheries Management Techniques*, capítulo 7, págs. 133–164. IUCN, Singapur.
- Cudney Bueno, R. y Turk Boyer, P. J. (1998). *Pescando Entre Mareas del Alto Golfo de California*. CEDO, A. C. Intercultural, Puerto Peñasco, Sonora. 166 pp.
- Daniels, W. W. (1998). *Bioestadística. Base Para el Análisis de las Ciencias de la Salud*. UTEHA, México. 875 pp.
- De la Cruz Agüero, J., Galván Magaña, F., Abitia Cárdenas, L. A., Rodríguez Romero, J., y Gutiérrez Sánchez, F. J. (1994). Lista sistemática de los peces marinos de Bahía Magdalena, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas*, **20**(1), 17–31.
- Downton Hoffman, C. A. (1996). Estrategia reproductiva de la guitarra *Rhinobatus productus* (Ayres, 1856) en la costa occidental de Baja California Sur, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, Baja California Sur, México. 32 pp.
- Dubois, A. J. (1981). Studies on fishes in Mugu Lagoon, California. Tesis de maestría. University of California Santa Barbara, Santa Barbara, CA. 95 p.
- Ebert, D. A. (1986). Observations on the elasmobranch assemblage of San Francisco Bay. *California Department of Fish and Game*, **72**, 244–249.
- Fischer, W., Krupp, F., Sommer, C., Niem, V., y Carpenter, K. (1995). *Guía FAO Para la Identificación de Especies Para los Fines de la Pesca. Pacífico centro-oriental*. FAO. Roma. Volumen II. Vertebrados - Parte 1. 649-1200 pp.
- González García, M. J. (1998). Desarrollo embrionario de *Rhinobatus productus* (Girard, 1854) (Chondrichthyes: Rajiformes: Rhinobatidae). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, Baja California Sur, México. 98 pp.
- Guardado France, V. M. (1976). Estudios ecológicos de elasmobranquios en la zona de Bahía Magdalena, B. C. Sur. Tesis profesional. Esc. Sup. Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, Baja California, México. 141 pp.
- Gulland, J. A. (1975). *Manual de Métodos para la Evaluación de las Poblaciones de Peces*. FAO, España. 49-59 pp.

- Herald, E. S., Schneebeil, W., Green, N., y Innes, K. (1960). Catch records for seventeen sharks Derbies Held at Elkhorn Slough, Moterey Bay, California. *California Department of Fish and Game*, **1**, 59-67.
- Hernández Méndez, M. A. (1998). Modelo batimétrico digital del Golfo de California y la margen occidental de la península de Baja California: una herramienta oceanográfica. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, Baja California, México. 89 pp.
- Hoyos Padilla, E. M. (2003). Biología reproductiva del tiburón piloto *Carcharinus falciformis* (Bibron, 19839) de Baja California Sur. Tesis Maestría en Ciencias con especialidad en manejo de recursos marinos. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Departamento de Pesquerías y Biología Marina. La Paz, Baja California Sur, México. 59 pp.
- Kyne, P. M. y Bennett, M. B. (2002). Reproductive biology of the eastern shovelnose ray, *Aptychotrema rostrata* (Shaw and Nodder, 1974), from Moreton Bay, Queensland, Australia. *Australian Journal Marine Freshwater Research*, **53**, 583-589.
- Lessa, R. T., Vooren, C. M., y Lahaye, J. (1986). Desenvolvimento e ciclo sexual das femeas, migrações e fecundidade da viola *Rhinobatos horkelii* (Müller and Henle, 1841) do sul do Brasil. *Atlântica, Rio Grande*, **8**, 5-34.
- Love, M. S. y Johnson, K. (1998). Aspect of the life histories of grass rockfish, *Sebastes rastrelliger*, and brown rockfish, *S. auriculatus*, from southern California. *Fisheries Bulletin*, **87**, 100-109.
- Márquez Fariás, J. F. (2003). Biología reproductiva de la guitarra *Rhinobatos productus* de la costa de Sonora, México. I Foro de Intercambio Científico sobre Tiburones y Rayas. Biología, Ecología y Pesquerías. Instituto Nacional de la Pesca y SAGARPA. Guaymas, Sonora.
- Márquez Fariás, J. F. y Castillo Géniz, J. L. (1997). *Guía Práctica para la Observación de Aspectos de la Biología Reproductiva de los Tiburones*. Instituto Nacional de la Pesca, SEMARNAT., Guaymas, Sonora. 38 pp.
- Márquez Fariás, J. F. y González Corona, M. E. (2000). Investigación Regional: Atendiendo a la Pesquería Artesanal de Rayas en Sonora. *Pesca y Conservación*, **4**(12), 4-8.
- Martin, L. K. y Cailliet, G. M. (1988). Aspects of the reproduction of the bat ray, *Myliobatis californica*, in Central California. *Copeia*, **3**, 754-762.

- McEachran, J. D. y Notarbartolo di Sciara, G. (1995). Peces batoideos. En: W. Fischer, F. Krupp, C. Sommer, V. Niem, y K. Carpenter, (editores), *Guía FAO Para la Identificación de Especies Para los Fines de la Pesca. Pacífico centro-oriental*, págs. 746–798. FAO, Roma. Volumen II. Vertebrados - Parte 1.
- Nielsen, L. A. y Johnson, D. L. (1985). *Fisheries Techniques*. Assistant, United States. 875 pp.
- Pratt Jr., L. H. y Otake, T. K. (1990). Recommendations for work needed to increase our knowledge of reproduction Relative to fishery management. En: *Elasmobranch as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematic, and the Status of de Fisheries*, págs. 509–510. National Oceanic and Atmospheric Administration, National Marine Fisheries Service, United States. Tech. Rep. NMFS 90.
- Romo Curiel, A., Rodríguez Medrano, C., y Sosa Nishizaki, O. (2004). Efectos de las pesquerías sobre la población del pez guitarra *Rhinobatos productus* Ayres, 1856 (Orden Rajiformes) de la parte norte del Golfo de California. Pesquerías Costeras en América Latina y el Caribe. Evaluando, Manejando y Balanceando Acciones. COASTFISH. Mérida, Yucatán.
- Salazar Hermoso, F. y Villavicencio Garayzar, G. (1999). Abundancia relativa de la guitarra *Rhinobatus productus*(Ayres, 1856) (Pisces: Rhinobatidae) en Bahía Almejas, Baja California Sur, de 1991 a 1995. *Ciencias Marinas*, **25**(3), 401–422.
- Sandoval Castillo, J., Rocha Olivares, A., Villavicencio Garayzar, C., y Balart, E. (2004). Cryptic isolation of Gulf of California shovelnose guitarfish evidenced by mitochondrial DNA. *Marine Biology*, **145**, 983–988.
- Smith, J. W. y Merriner, J. V. (1987). Age and growth, movement and distribution of cownose ray, *Rhinoptera bonansus*, in Chesapeake Bay. *Estuaries*, **2**, 153–164.
- Talent, L. G. (1985). The occurrence, seasonal distribution, and reproductive condition of elasmobranch fishes in Elkhon Slough, California. *California Department of Fish and Game*, **71**, 210–229.
- Timmons, M. y Bray, R. N. (1997). Age, growth, and sexual maturity of shovelnose guitarfish, *Rhinobatus productus* (Ayres). *Fisheries Bulletin*, **95**, 349–359.
- Villavicencio Garayzar, C. J. (1993). Biología reproductiva de *Rhinobatus productus* (Pisces: Rhinobatidae), en Bahía Almejas, Baja California Sur, México. *Revista Biología Tropical*, **41**(3), 777–782.

- Villavicencio Garayzar, C. J. (1995). Biología reproductiva de la guitarra pinta, *Zapterix exasperata* (Pisces: Rhinobatidae), en Bahía Almejas, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas*, **21**(2), 141–153.
- Wenbin, Z. y Shuyuan, Q. (1993). Reproductive biology of the guitarfish, *Rhinobatos hynnicephalus*. *Environmental Biology of Fishes*, **38**, 81–93.
- White, W. T., Hall, N. G., y Potter, I. C. (2002). Reproductive biology and growth during pre- and postnatal life of *Trygonoptera personata* and *T. mucosa* (Batoida:Urolophidae). *Marine Biology*, **140**, 699–712.
- Wourms, J. P. (1977). Reproduction and development in Chondrichthyan Fishes. *American Zoologist*, **17**, 379–410.
- Zar, J. H. (1999). *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall International, Inc., cuarta edición. 663 pp.
- Zayas Álvarez, J. A. (1998). Biología reproductiva del tiburón ángel *Squatina californica* (Ayres, 1859) (Pisces: Squatinidae) en el Golfo de California. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B.C.S., México. 46 pp.