



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**Aspectos reproductivos de la raya *Urotrygon
chilensis* (Günther, 1871) en las costas de
Sinaloa, México**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

P R E S E N T A:

MAYA SATHYA RUBIO LOZANO

Tutor: Dr. J. FERNANDO MÁRQUEZ FARÍAS

2009



FACULTAD DE CIENCIAS
UNAM



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Hoja de Datos del Jurado

1. Datos del alumno
Rubio
Lozano
Maya Sathya
55 12 90 00 60
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Biología
099281548
2. Datos del tutor
Dr
Juan Fernando
Márquez
Farías
3. Datos del sinodal 1
Biól
Luis Vicente
González
Ania
4. Datos del sinodal 2
Quím
Alejandro
Liedo
Galindo
5. Datos del sinodal 3
M en C
José Ignacio
Fernández
Méndez
6. Datos del sinodal 4
Biól
José Francisco
Gasteazoro
Piñeiro
7. Datos del trabajo escrito
Aspectos reproductivos de la raya *Urotrygon chilensis*
(Günther, 1871) en las costas de Sinaloa, México
68 p
2009

**Arrójate en brazos del mundo
y el aire te sujetará. Duda
y el mundo saltará por detrás.
Echa el resto por la autopista de huesos.
Sigue la música de tus pasos y cuando se apague la luz
no silbes, canta.
Si mantienes los ojos abiertos, siempre estarás perdido.**

Tombuctú, Paul Auster

A ti Osa Polar
Hacedora de sueños y fanal de puerto

AGRADECIMIENTOS

Son pocos los recuerdos que conservo si se comparan con las manecillas que ha recorrido el reloj de mi vida. La mayor parte provienen de mi infancia, y poseen un tinte color pastel y sabor dulce, son los que invoco cada que la vida se amarga. Los otros, los de mi edad “adulta” y universitaria, aunque son un poco más agridulces ha sido una delicia vivirlos. La vida es una maraña de posibilidades y si bien es cierto que siempre tuve una pasión por lo natural y la investigación, recuerdo claramente que de niña jamás me retraté como bióloga, fue una decisión incierta y repentina, forzada más por la necesidad que por el deseo. Aún así, hoy puedo decir que estoy tranquila con esa decisión, y agradezco a mis padres por ser mi mayor y más firme apoyo, y soportar pacientemente mis equivocaciones, porque ustedes son la gran constante en mi vida. Gracias por enseñarme las maravillas del mundo y no permitir que las decepciones mermaran mi espíritu, por enseñarme a luchar y a creer en ideales y por mostrarme la incondicionalidad del amor, los amo. Durante este proceso mi familia, tanto los *Rubio* como los *Lozano*, tuvo el rol protagónico, gracias por su preocupación y sus llamadas que me hicieron sentir cerca de casa cuando más lo necesitaba. Doy gracias en especial a mi abuela y mi tía Lidia por ser quienes son, por enseñarme a ser generosa y dar cada paso a mi lado, porque nunca me han negado un consejo sincero y una sonrisa, y por malcriarme con su cariño. También a mi pequeño monstruo, que esperó pacientemente mi regreso del campo, porque tiene la capacidad innata de sacarme una risa aún en tiempos difíciles, si no fuera por ti seguramente ya me hubiera perdido en alguna parte del mundo.

También quiero reconocer a mis amigos, mi otra familia. Al equipo de tenis que volvieron un saludo cotidiano la pregunta “¿y la tesis?”, gracias por el interés y las horas de vagancia compartidas, y por las continuas porras, tanto en la cancha como en lo académico. A aquellos *madrileños* que si bien hemos tomado caminos separados, siempre ofrecen ayuda y mandan buena vibra, resultó que aquél tonto himno que nos hacían cantar de niños se volvió realidad.

Particularmente quiero agradecer a mis hermanos de corazón. Ximena, eres lo máximo, siempre con tu alegría positiva; no concibo una compañera de aventuras más divertida que tú, te quiero muchísimo y estoy segura que seguiremos acumulando anécdotas juntas. Mayela, Karla, Francisco e Isabel (aunque te hayas unido más tarde encajas perfecto en el clan), mil gracias por hacer cada día de la carrera una fiesta, por compartir viajes, risas, consejos, respuestas, críticas y chismes, ustedes son lo mejor que me ha dejado esta experiencia. A *ma petite soeur* Mirsha, siempre renovando energías, siempre maquilando rutas de escape. Gracias Gabriel por escuchar y darme valiosos consejos y apoyo hasta cuando no lo necesitaba. Y a todos, profesores que inspiran y amigos que tienden la mano, que aunque no les de crédito por nombre forman parte de mi historia. El éxito no es haber realizado este escrito, sino haber compartido el esfuerzo con todos ustedes.

A mi tutor, Dr. J. Fernando Márquez Farías por la preocupación y ayuda para que las cosas salieran bien, gracias por enseñarme que la perseverancia gratifica.

Al jurado, muy en especial al biólogo Luis Vicente González Ania, por su gran ayuda y motivación, su meticulosidad y sus valiosos comentarios, por las horas de gabinete invertidas afablemente para que este trabajo pudiera ver la luz.

A Ricardo Rojas, sin cuyo esfuerzo y dedicación este trabajo no sería lo mismo.

Al Instituto Nacional de Pesca y al CRIP-Mazatlán por darme abrigo académico y proveer el material para realizar este trabajo.

A nuestra universidad por no rendirse ante la adversidad.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	9
2. ANTECEDENTES	12
2.1. SITUACIÓN PESQUERA.....	13
2.1.1. <i>Mundial</i> :	13
2.1.2. <i>México</i> :	15
2.2. DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE	17
2.2.1. <i>Taxonomía</i> :.....	17
2.2.2. <i>Morfología</i> :.....	18
2.2.3. <i>Distribución, hábitat y alimentación</i> :.....	19
2.2.4. <i>Reproducción</i> :	21
2.2.4.1 <i>Sistemas reproductivos</i> :	21
2.2.5. <i>Importancia económica</i> :	22
3. JUSTIFICACIÓN	23
4. OBJETIVO GENERAL:	23
4.1. OBJETIVOS PARTICULARES:	24
5. ÁREA DE ESTUDIO	24
6. MATERIALES Y MÉTODO	26
6.1. DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE MADUREZ:	29
6.2 ANÁLISIS DE DATOS:	30
6.2.1 <i>Análisis de las capturas</i> :.....	30
6.2.2 <i>Estructura de tallas y pesos</i> :	30
6.2.3 <i>Relaciones morfométricas talla-peso</i> :	30
6.2.4 <i>Biología reproductiva</i> :.....	31
6.2.4.1 <i>Determinación de la proporción de madurez</i> :.....	31
6.2.4.2 <i>Fecundidad</i>	32
6.2.4.3 <i>Ciclo de ovulación y gestación</i> :	32
7. RESULTADOS:	32
7.1. ANÁLISIS DE LA CAPTURA:	33
7.2. ESTRUCTURAS DE LONGITUDES Y PESOS	35
7.3. RELACIÓN MORFOMÉTRICA TALLA-PESO	37
7.4. BIOLOGÍA REPRODUCTIVA:	38
7.4.1. <i>Machos</i>	38
7.4.1.1. <i>Relación ancho del disco-longitud del gonopterigio</i>	38
7.4.1.2. <i>Relación ancho de disco-longitud de testículo</i>	40
7.4.2. <i>Hembras</i>	41
7.4.2.1. <i>Relación ancho de disco (AD) – ancho glándula oviducal (GO)</i>	41
7.4.2.2. <i>Relación ancho de disco (AD)- ancho del útero</i>	42
7.4.2.3. <i>Relación ancho de disco- tamaño de óvulos, y – número de óvulos</i>	43
7.4.3. <i>Proporción de madurez sexual</i>	45
7.4.4. <i>Fecundidad</i>	46
7.4.5. <i>Ciclo reproductivo y gestación</i>	48
8. DISCUSIÓN	51
8.1. ESTRUCTURA DE LA POBLACIÓN:	51
8.2. COMPOSICIÓN DE TALLAS Y PESOS:.....	52
8.3. RELACIÓN MORFOMÉTRICA TALLA-PESO:	53
8.4. BIOLOGÍA REPRODUCTIVA:	54
8.5. FECUNDIDAD.....	56
8.6. CICLO REPRODUCTIVO Y GESTACIÓN	57
9. CONCLUSIONES:	59
10. REFERENCIAS	60

Índice de figuras y tablas

Figura #		Pág #
1	Captura de elasmobranquis reportada a FAO, 1947-1991	14
2	Producción de rayas y mantas 1896-2002 en el Pacífico Mexicano	16
3	Vistas dorsal y ventral de <i>U.chilensis</i>	18
4	Distribución y probabilidad de ocurrencia de <i>U. chilensis</i>	20
5	Mapa de área de estudio. Laguna de Teacapán, Sinaloa	25
6	Esquema de las medidas morfológicas	27
7	Dimorfismo sexual	28
8	Hembra de <i>U. chilensis</i> con embriones a término	28
9	Composición temporal, por mes y sexo, de la camptura	33
10	Distribución por profundidad y estado de madurez	34
11	Frecuencias de la longitud de ancho de disco	35
12	Frecuencias de peso	36
13	Relación entre la longitud total y el ancho de disco	37
14	Relación entre el ancho de disco y el peso	38
15	Relación entre el ancho de disco y la longitud del gonopterigio	39
16	Relación entre el ancho de disco y la longitud del testículo	40
17	Relación entre el ancho de disco y la glándula oviducal	42
18	Relación entre el ancho de disco y el útero	43
19	Relación ancho de disco-diámetro y, número de óvulos	44
20	Proporción de madurez de machos y hembras	46
21	Relación ancho de disco-número de embriones	47
22	Proporción temporal de madurez	48
23	Desarrollo de los ovocitos por mes	49
24	Desarrollo embrionario	50
Tabla #		Pág #
1	Proporción de madurez de machos y hembras con estadios de madurez	45

Resumen

La raya redonda *Urotrygon chilensis* es una especie vivípara, de talla pequeña, hábitos bentónicos y distribución principalmente costera, que se distribuye desde la costa suroccidental de Baja California Sur y Golfo de California, hasta las costas norte y central de Chile. En el Golfo de California se encuentra una de las pesquerías más importantes de camarón del país; además la zona alberga una rica diversidad de elasmobranquios lo que ha llevado, en las últimas décadas, a un incremento y desarrollo del sector tiburonero. Se cree que el impacto negativo en las poblaciones de batoideos a causa de las redes de arrastre camaroneras es alto. El presente trabajo pretende aportar datos sobre la biología reproductiva de la raya redonda que permitan establecer medidas precautorias y de manejo sustentable del recurso, fomentando posteriores estudios con otras especies de acompañamiento con el fin de regular las pesquerías locales de acuerdo al impacto que producen en las poblaciones de peces. Para esto, se realizaron muestreos de marzo a diciembre del 2007 y el año se complementó con muestreos de enero y febrero del 2009. Se registraron un total de 927 especímenes de *U. chilensis*, de los cuales 466 fueron hembras y 461 machos y la proporción sexual calculada, no fue significativamente diferente de 1:1. Los estados de madurez se asignaron mediante la observación de los órganos copulatorios en machos y de los órganos reproductores secundarios en hembras. Se observó una diferencia de talla máxima entre machos y hembras, las hembras registraron anchos de disco (AD) 6.5-25.5 cm y los machos de 6.8-21.5 cm. De igual forma, se encontraron diferencias en el crecimiento en peso de machos y hembras aunque ambos presentaron tipo alométrico. El 50% de las hembras están maduras a un ancho de disco de 14.6 ± 0.3 cm de AD (e.e = 0.047), mientras que el 50% de los machos son maduros a un AD de 15.2 ± 0.3 cm (e.e = 0.040). A partir de las tallas de los embriones y de los ovocitos a lo largo del periodo de muestreo, se deduce que la raya redonda presenta ciclo reproductivo bianual (5-6 meses) con tiempos de gestación aproximados de 4 meses y la especie tiene una fecundidad baja (1.8 en promedio). El ancho de disco al nacer es de 6-9 cm y las crías presentan dos ciclos de nacimiento, entre marzo-abril y agosto-octubre.

Palabras clave: reproducción, conservación, pesquería incidental, *Urotrygon chilensis*

1. Introducción

La Clase Chondrichthyes está compuesta por dos grupos, la Subclase Elasmobranchii que incluye a los tiburones y las rayas y, la Subclase Holocephalii que abarca las quimeras y peces elefante, además de numerosos taxa extintos. Los elasmobranquios son el grupo dominante en número de especies representando el 96% de los condriictios, mientras que las quimeras sólo representan el 4% (estimados hasta noviembre 4, 1998) (Compagno, 1999a). Es un grupo con una historia evolutiva de 400 millones de años, tiempo en el que evolucionaron por separado numerosas adaptaciones como sistemas sensoriales extraordinariamente finos, complejos modos reproductivos equiparables a los de los más avanzados tetrápodos, distintas formas y tamaños, y especializaciones en distintos rangos de nichos (Carrier et al., 2004; Walker, 2005). Se caracterizan por ser organismos acuáticos que respiran por medio de branquias y poseen un endoesqueleto simple compuesto de cartílago calcificado, así como una protección dérmica constituida por dentículos o escamas placoides formadas de dentina en sus bases y de esmalte duro en sus coronas (sólo los ejemplares adultos de quimeras carecen de este tipo de escamas). Tienen mandíbulas similares a las de los peces óseos (gnatostomados) pero a diferencia de éstos no poseen vejiga natatoria o pulmones (Compagno, 1999a; Walker, 2005).

La reproducción de los elasmobranquios ha sido de interés científico por mucho tiempo ya que han desarrollado diferentes estrategias similares a las de vertebrados terrestres. De acuerdo al tiempo en el que las hembras retengan los huevos fertilizados dentro de su cuerpo, el tipo de reproducción puede ser de dos tipos: elasmobranquios vivíparos y ovíparos. Wourms (1977) identifica cuatro tipos de viviparidad en las rayas y tiburones: (1) vivíparos aplacentados con dependencia vitelina en la que los embriones se alimentan únicamente del vitelo depositado en los huevos durante la ovulación, y son retenidos simplemente por cuestiones de protección; (2) vivíparos aplacentados con oofagia y canibalismo intrauterino (adelofagia); (3) vivíparos aplacentados con análogos de placenta y (4) vivíparos placentados. Las rayas (Myliobatiformes) y la mayoría de los tiburones son vivíparos, mientras que sólo los Rajiformes y

tres familias de tiburones (Heterodontidae, Scyliorhinidae y Orectolobidae) representan a los ovíparos (Carrier et al., 2004).

Los condriktios se distribuyen en todos los océanos, desde los trópicos hasta los polos, y alrededor del 5% viven en aguas dulces. Pueden habitar amplios rangos de profundidades; el 55% de las especies se encuentran en la plataforma continental desde el intermareal hasta los 200 m de profundidad; el 35% de las especies son exclusivas de zonas de taludes continentales, en profundidades de 200 a 2000 m o más; y sólo un pequeño número (2%) se distribuye en zonas epipelágicas y mesopelágicas; el 8% restante de las especies ocupa hábitats mixtos, principalmente en plataforma-talud pero hay incluso los que se mueven por los tres distintos ambientes (Compagno, 1990 y 1999b).

Dentro de los elasmobranquios, los tiburones son más diversos a nivel supraespecífico que las rayas, pero éstas tienen mayor número de especies, alrededor de 56% contra 44% del total de especies de elasmobranquios (Compagno, 1999a).

Las rayas pertenecen al grupo de los batoideos, son peces que se diferencian de los tiburones porque tienen las aletas pectorales expandidas hacia delante y fusionadas a los lados de la cabeza, y sus aberturas branquiales están posicionadas ventralmente. A la mayoría se les encuentra cerca del litoral pero algunas especies se distribuyen en la zona epipelágica. La mayor diversidad de especies de batoideos se encuentra en el Indo- Pacífico Oeste, desde Sudáfrica y el Mar Rojo hasta Australia y Japón, y es en esta zona donde mayor número de especies endémicas existen (22%, 16 de 72 géneros), mientras que el Nuevo Mundo presenta un endemismo menor (19%) que sugiere que la radiación del Nuevo Mundo es más reciente que las del Indo- Pacífico (Compagno, 1999b; McEachran y Ashliman, 2004).

En el mundo existen más de 1100 especies de peces cartilaginosos, de las cuales alrededor de 478 son tiburones, cerca de 600 son rayas y aproximadamente entre 31 y 50 son quimeras y peces elefante (Compagno,

1990). En México habitan alrededor de 104 especies de tiburones y 87 de rayas, de las cuales, en Sinaloa se han registrado de forma positiva, o con alta probabilidad de encontrarse, 46 especies de tiburones y 36 de rayas (Corro-Espinoza y Hernández-Carvalho, 2002).

En general, los condriictios tienen varias características biológicas que los hacen susceptibles a la sobreexplotación. Son animales longevos de crecimiento lento y maduración sexual tardía, con baja tasa reproductiva y baja productividad por lo que producen poca descendencia, además presentan una estrecha relación entre reclutamiento y población adulta, causando una recuperación lenta de la población cuando se somete a una pesca excesiva (FAO 2000); por consecuencia, sólo una pequeña proporción de la población de condriictios puede ser removida si se quiere mantener el recurso (explotación sustentable).

Los batoideos son extremadamente vulnerables a la presión que ejerce la pesca sobre sus poblaciones (Musick et al., 2000a; Stevens et al., 2000) y existen ejemplos en todo el mundo que lo muestran. En el Mar Irlandés las poblaciones de la raya común (*Dipturus batis*) han sido extirpadas localmente principalmente por la captura incidental (Brander, 1981), a su vez, poblaciones que una vez fueron extremadamente abundantes, han sido reducidas al grado que ahora enfrentan peligro de extinción, como la raya manchada americana, *Dipturus laevis* (Casey y Myers, 1998). En Sinaloa, de las 36 especies registradas de rayas o con alta probabilidad de encontrarse, sólo se han detectado 14 en las visitas periódicas a los campamentos artesanales en los últimos años (Corro-Espinoza y Hernández-Carvalho, 2002).

Las evaluaciones poblacionales de los condriictios están limitadas por la falta de información biológica de las especies (Cortés, 1998), principalmente de las que no son especies objetivo de pesca (Braccini et al., 2006), y muchas han sido evaluadas de acuerdo a modelos diseñados para peces teleósteos que frecuentemente resultan inapropiados para los chondriictios (Musik et al., 2000b). Por lo tanto, para obtener evaluaciones poblacionales, demográficas y evaluar riesgos ecológicos, es necesario medir la productividad biológica de las

especies, derivada de las tasas reproductivas y de mortalidad, las cuales se basan esencialmente en su información biológica.

2. Antecedentes

Los trabajos realizados sobre batoideos se han enfocado principalmente a resolver las relaciones filogenéticas del grupo, ya sea mediante estudios cladísticos o de carácter molecular, dentro de los cuales destaca el de Douady et al., (2003), que por medio de análisis de tRNA mitocondrial lograron refutar la tendencia cladista de que los batoideos eran un grupo derivado de los tiburones.

En las últimas décadas, el gremio científico ha dedicado numerosos esfuerzos para entender un poco más sobre el grupo, cómo se comportan las poblaciones, su ecología, distribución, evolución y reproducción. Snelson et al., (1988) y Johnson y Snelson (1996) publicaron trabajos que abarcan la reproducción y ecología de *Dasyatis sabina* en Florida. Yañez-Arancibia y Amezcua-Linares (1979) estudiaron la estructura de la población de *Urolophus jamaicensis* en la Laguna de Términos y su trabajo sugirió que la laguna servía como guardería para las crías y juveniles, además de que aportó información sobre hábitos alimenticios y madurez sexual de la especie.

Respecto a estudios de anatomía destaca el trabajo de Kobelkowsky (2004) en el que describe la morfología general del sistema urogenital de la raya *Gymnura micrura*; bajo la misma disciplina, Summers (2000) lleva a cabo un estudio en el que vincula la ubicación del cartílago trabecular en la mandíbula, con el tipo de alimentación de las rayas de la familia Myliobatidae.

En el campo de la reproducción Tricas (1980) realizó observaciones sobre el cortejo pre-apareamiento en rayas. Chapman et al., (2003) y Yano et al., (1999) identificaron conductas de cortejo durante el apareamiento en *Dasyatis americana* y *Manta birostris*, respectivamente. Fahy et al., (2007) logran identificar (preliminarmente) el ciclo reproductivo y la fecundidad uterina de *Urolophus jamaicensis* en el sureste de Florida. En el Golfo de California, Bizzarro et al., (2007) estudiaron la biología reproductiva de la raya *Rhinoptera steindachneri* con el fin de evaluar el impacto de la pesca artesanal en la región

del Golfo de California y, Márquez-Farías (2007) describió la biología reproductiva de la guitarra común, *Rhinobatos productus*, una de las especies más importantes numéricamente de la pesca artesanal de rayas en la región. Smith et al., (2007) determinaron el crecimiento y la madurez de la raya arenera, *Dasyatis dipterura* (= *D. brevis*) del complejo lagunario de Bahía Magdalena, BCS.

Los trabajos realizados sobre *U. chilensis* son pocos, Kobelkowsky (2004) comparó los sistemas digestivos de tres especies de rayas, *U. chilensis*, *D. sabina* y *R. texana* y describió el dimorfismo sexual dentario de éstas. En el campo de la parasitología, *U. chilensis* ha obtenido atención, Berman y Brooks (1994) encontraron una nueva especie de céstodo en los espiráculos de *U. chilensis* recolectadas en el Golfo de Nicoya, Costa Rica, mientras que Marques et al., (1997) identificaron al parásito *Acanthobothrium campbelli* como huésped de la raya redonda. Ordoñez (2004) realizó un estudio sobre los aspectos reproductivos y alimenticios de la especie en las costas de Michoacán y Guerrero y en la costa occidental del Golfo de California.

En el Sistema Teacapán- Agua Brava se han realizado diversos estudios con diferentes enfoques, principalmente trabajos de caracterización de vegetación circundante y de hidrología y listados de fauna ictiológica (Álvarez-Rubio et al., 1986).

2.1. Situación Pesquera

2.1.1. Mundial:

Al igual que los tiburones, las rayas enfrentan problemas de sobreexplotación a causa del crecimiento y la expansión de la población humana; el número de pescadores y acuicultores ha aumentado durante los últimos tres decenios más rápido que la población mundial con un estimado de 41 millones de pescadores y piscicultores en el 2004, la gran mayoría en países en desarrollo, sobre todo en Asia (FAO, 2007). A partir de la II Guerra Mundial las pesquerías de peces

cartilagosos se incrementaron alrededor de 3.5 veces según las capturas reportadas por FAO (Fig. 1) y aunque las cifras se han mantenido alrededor de las 730,000 toneladas en los últimos años, es claro que ese nivel de producción no deja margen para un aumento en la explotación sin poner en peligro a las poblaciones de elasmobranquios (Compagno, 1999b).

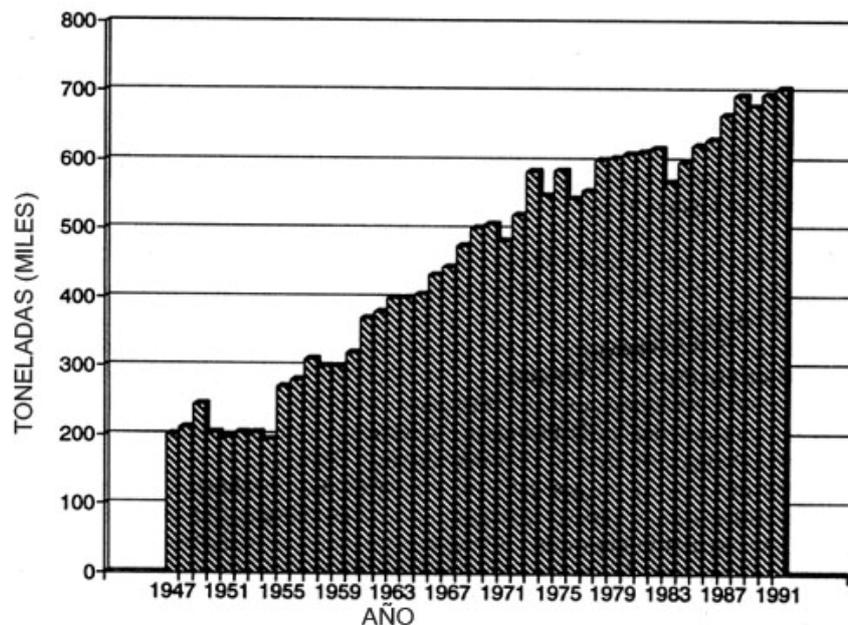


Fig. 1. Captura de elasmobranquios reportada a FAO, 1947-1991 (Bonfil, 1994)

La mayoría de las capturas de batoideos y otros condriictios son incidentales de pesquerías mayores enfocadas a peces óseos, y representan solamente el 1% del total de capturas de todas las pesquerías mundiales. Pese a esto, la pesca de elasmobranquios es una actividad importante en varias regiones del mundo, y sostiene la producción pesquera de muchos países (Bonfil, 1994).

Las rayas se capturan principalmente para consumo humano, su carne y aletas se comercializan en presentaciones: frescas, congeladas y seco-salada. También se les utiliza como carnada para captura de otros peces y en algunas partes del mundo su piel es tratada para uso decorativo. Aún con esto, gran parte de los batoideos poseen aletas de poco valor comercial pues poseen poca cantidad de ceratotrichia (Compagno, 1999b), o son muy pequeñas por lo que la cantidad de carne que poseen es poca.

A nivel mundial el área 51, ubicada en el Oeste del Océano Índico, presenta la mayor captura de peces cartilaginosos con 144,500 toneladas, seguida del área 71 que comprende el oeste del Pacífico Central con reportes de por lo menos 118,700 toneladas. Los países que presentan mayor captura en orden descendente son India, Indonesia, Pakistán, Taiwán (Provincia china), EUA y México (Compagno, 1999b y Bonfil, 1994).

Las estadísticas reportan que los tiburones tienen mayor importancia que otros elasmobranquios dentro de las pesquerías. De un promedio de captura mundial de 655,788 ton/año de condriictios, los tiburones representan el 59.9% mientras que los batoideos representan el 39.5% (0.6% son quimeras y peces elefante) (Bonfil, 1994).

2.1.2. México:

Los elasmobranquios son un recurso importante en México. Las pesquerías están dirigidas principalmente a la captura de tiburones, mientras que los batoideos suelen ser pesca ribereña o capturas incidentales producto de la pesca de camarón con redes de arrastre, y de las pesquerías de atunes y picudos (Bonfil, 1994). Bizzarro et al., (2007) sugieren que históricamente, el reporte de la producción de batoideos en México está subestimado, y concluyen que existe discrepancia entre lo que anteriormente se creía de los niveles de producción de rayas y los que actualmente se obtienen.

La pesca de rayas en el Pacífico Mexicano surge con la introducción de redes agalleras de fondo en el Golfo de California (Márquez-Farías, 2002). Para la pesca se utilizan embarcaciones de fibra de vidrio de 22 a 25 pies de longitud (6.7-7.6 metros) con motor fuera de borda desde 75 HP; el chinchorro (red agallera) es de monofilamento o seda desde 4 a 10 pulgadas (10-25.4 cm) de luz de malla y se pesca a profundidades de hasta 70 brazas. Las faenas de pesca duran de uno a 3 días (Carta Nacional Pesquera, 2006).

La pesquería artesanal de rayas es una actividad importante en ciertas regiones y representa una valiosa fuente generadora de empleo y alimento que opera con base en la abundancia estacional de los recursos, pues muchos pescadores la utilizan como alternativa de subsistencia mientras otros recursos de mayor valor económico como el camarón, la jaiba y la sierra, escasean o se encuentran en veda (Márquez-Farías, 2002; Márquez-Farías y Blanco Parra, 2006). Se extiende a lo largo de ambos litorales del país durante todo el año, con picos de esfuerzo pesquero durante cuaresma. En el Pacífico Mexicano se explota el recurso en ambas costas de la Península de Baja California, del Golfo de California hasta las costas del sur del país, en el Golfo de Tehuantepec, disminuyendo la importancia de la pesquería en términos de producción de Norte a Sur. El registro oficial de las rayas inicia en 1986 con 500 tons alcanzando un máximo de 6666 tons en 1999, disminuyendo en los años siguientes con 4944 tons en el 2000 y 4766 tons en el 2002; históricamente, más del 90% (Fig. 2) de esta producción proviene de los estados del noroeste (Sonora, Baja California, Baja California Sur y Sinaloa) del cual Sonora aporta en promedio más del 50% (Márquez-Farías, 2002).

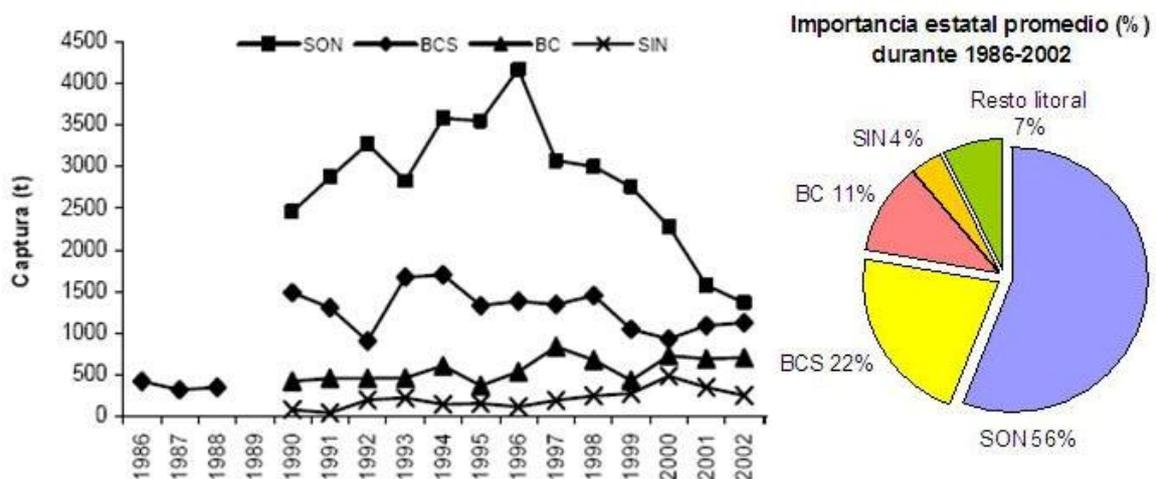


Fig. 2. Producción de rayas y mantas 1986-2002 en el Pacífico Mexicano, CNP 2006.

En el Golfo de México el desarrollo de la pesquería de rayas y mantas presentó un aumento desde el año 1992, especialmente en el estado de Campeche, el cual ha aportado cerca del 49% de la producción total del Golfo de México en los años de 1993-2002; en los estados de Veracruz y Tabasco se capturan el

24% y 21% respectivamente, mientras que los otros estados aportan alrededor del 5% (Carta Nacional Pesquera, 2006).

Por otra parte, la pesca incidental de rayas en otras pesquerías como la de camarón, jaiba, caracol y sierra, es de gran valor. Se desconocen los volúmenes de pesca incidental de estas pesquerías y tampoco se encuentra reglamentado, pero existen especulaciones que indican que el nivel de mortalidad por captura incidental excede la mortalidad de pesca objetivo de rayas en el Golfo de California (Márquez-Farías, 2002).

2.2. Descripción de la especie

2.2.1. Taxonomía:

Los batoideos forman parte de un grupo monofilético que comprende 20 familias con 72 géneros. La clasificación taxonómica del grupo de los batoideos se encuentra todavía a discusión debido a que no se han podido esclarecer las interrelaciones del grupo y las que se han propuesto carecen de evidencia contundente.

Se han realizado numerosos trabajos para tratar de establecer una clasificación definitiva pero estos intentos han sido controversiales ya sea por el tipo de caracteres morfológicos que se utilizan, o porque la cantidad de especies utilizadas no es representativa. McEachran y Ashliman (2004) realizaron un estudio comparando la anatomía de los sistemas muscular y esquelético además de caracteres morfológicos externos. Como resultado se reportó que los géneros *Urobatis* y *Urotrygon* conforman un grupo monofilético por lo que se les sitúa en su propia familia (Urotrygonidae) constituida por 17 especies. De acuerdo a esto, Compagno (2005) propone su clasificación que se resume a continuación:

Clase: Chondrichthyes
Subclase: Elasmobranchii
Cohorte: Euselachii

Subcohort: Neuselachii

Orden: Rajiformes

Suborden: Myliobatoidei

Familia: Urotrygonidae

Género: *Urotrygon*

Especie: *Urotrygon chilensis* (Günther, 1871)

2.2.2. Morfología:

La raya redonda, *Urotrygon chilensis*, es una especie de talla pequeña, con una longitud total máxima reportada de 42 cm, y 16 cm de ancho de disco (McEachran, 1995). Se caracteriza por tener el cuerpo deprimido y aplanado, con la cabeza, el tronco y las aletas pectorales expandidas, fusionados para formar un disco redondo (McEachran y Carvalho, 2002) de donde adquiere su nombre común. Esta especie tiene una coloración gris a marrón grisáceo y en su superficie dorsal presenta manchas negras dispersas, mientras que su vientre es de color blanco amarillento (Fig. 3).



Fig. 3. Vistas dorsal y ventral de *Urotrygon chilensis*

El disco es más ancho que largo con los bordes anteriores ligeramente rectos; es liso pero posee dentículos a lo largo de la línea media, tres en una serie sobre la línea media del dorso y dos sobre la cola enfrente de la espina (Lamilla y Bustamante, 2005). Su hocico se proyecta de forma triangular y carece de

cartilago rostral. La cola tiene una longitud mayor que la mitad de la longitud del disco, es delgada y presenta una espina aserrada en su región dorsal. Carece de aleta dorsal y anal y su aleta caudal se encuentra bien desarrollada, continua o discontinua en torno al extremo posterior (McEachran, 1995; McEachran y Carvalho, 2002). Los ojos se sitúan dorsolateralmente y detrás de ellos se encuentran los espiráculos, los cuales son del mismo tamaño que los ojos (Amezcu-Linares, 1996). La boca está en la región subterminal y es pequeña, presenta dentición homodonta con dientes pequeños, agudos y piramidales (37 en la mandíbula superior), que no se insertan directamente a las mandíbulas, sino que se implantan directamente a las membranas mucosa y fibrosa que cubren a éstas. Además presentan dimorfismo sexual dental, los dientes de las hembras de *U. chilensis* son molariformes con la superficie oclusal ovalada, cóncava y lisa, mientras que los machos tienen una base ovalada de la cual sale una cúspide delgada orientada hacia atrás (Kobelkowsky, 2004; Amezcu-Linares, 1996). Poseen cinco pares de aberturas branquiales cuyos arcos internos carecen de placas filtradoras (Compagno, 1999a).

2.2.3. Distribución, hábitat y alimentación:

Se distribuye desde la costa suroccidental de Baja California Sur y Golfo de California (Fig. 4), hasta las costas norte y centro de Chile (Castro-Aguirre y Espinosa, 1996).

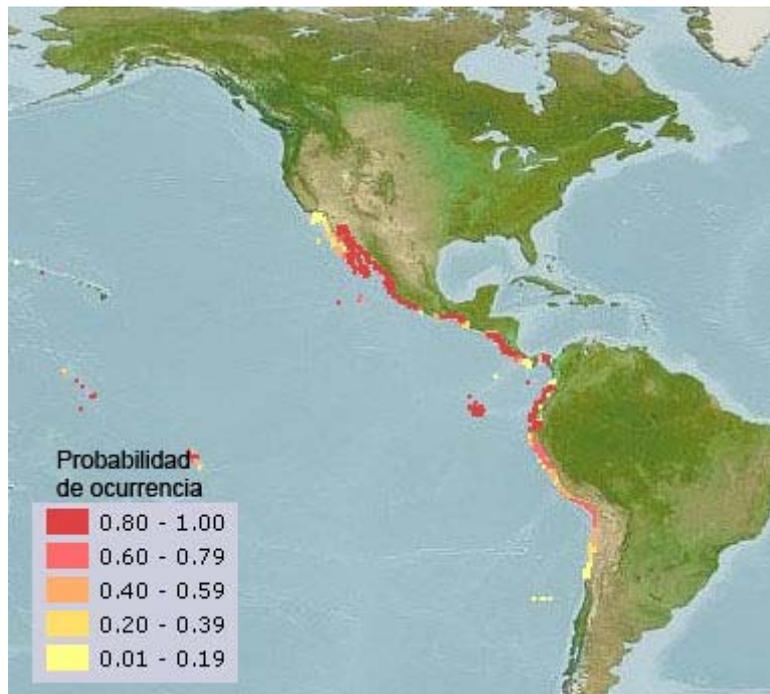


Fig. 4. Distribución y probabilidad de ocurrencia de *U. chilensis*

Se encuentran principalmente en aguas someras de temperatura cálida a templada, cercanas a la costa. En ocasiones puede encontrárseles en estuarios o en aguas dulces ya que tienen un moderado rango de tolerancia a cambios en la concentración de sales del agua. Es más común encontrarla en profundidades menores a 37 m. Es una especie de hábitos bentónicos y puede pasar largos periodos parcialmente enterrada en sustratos suaves como lodo o arena (McEachran y Carvalho, 2002; Amezcua-Linares, 1996).

La raya redonda, *Urotrygon chilensis*, es un depredador que se alimenta de presas pequeñas como crustáceos, moluscos, gusanos y pequeños peces óseos, así como ejemplares juveniles de rayas; utilizan sus aletas para remover el sustrato y encontrar a sus presas y suelen ser presa de tiburones y otros peces de mayor tamaño que ellas (Castro-Aguirre y Espinosa, 1996; Hennemann, 2001). Pueden presentar segregación por sexo y edad y sus preferencias alimenticias pueden variar de acuerdo a la edad (Ebert, 2003).

2.2.4. Reproducción:

Todos los elasmobranquios tienen fertilización interna lo que les asegura que la energía invertida en la reproducción sea aprovechada directamente por los embriones, y no se desperdicie al ser los huevos consumidos por otros animales (Carrier et al., 2004).

U. chilensis es una especie vivípara aplacentada (antes denominada reproducción ovovivípara), es decir, los embriones son retenidos en los úteros de la madre durante todo su desarrollo pero no existe una conexión vía placenta entre la madre y las crías (Carrier et al., 2004), sino que éstas son alimentadas por medio de regiones especializadas del epitelio uterino compuestas de vellosidades elongadas llamadas *trofonemas* las cuales secretan una “leche uterina” nutritiva llamada histótrofo, que es ingerida, o absorbida, por los embriones mediante filamentos de las branquias externas, dando como resultado camadas pequeñas con crías de gran tamaño (Hamlett y Koob, 1999).

2.2.4.1 Sistemas reproductivos:

- Femenino: consiste de dos ovarios y dos oviductos tubulares que corren a ambos lados de la columna vertebral, éstos últimos conformados por el ostium, oviducto anterior, glándula oviducal, útero, cérvix y sinus urogenital. El ovario izquierdo es el único funcional y generalmente una cópula es suficiente para fertilizar todos los huevos (Pratt y Carrier, 2005). En organismos inmaduros (y en etapas de inactividad reproductiva) los ovarios sólo presentan folículos pequeños con poco o nada de vitelo (Hamlett y Koob, 1999) y la glándula oviducal se observa como una mínima hinchazón en la parte anterior del oviducto. En hembras maduras los ovarios se encuentran agrandados y frecuentemente exhiben un color amarillo brillante y en su superficie se observan oocitos con vitelo; su glándula oviducal se encuentra bien diferenciada y sobrepasa varias veces el diámetro del oviducto (Carrier et al., 2004). Cuando los óvulos maduran son liberados del ovario y pasan por el

ostium al oviducto y al llegar a la glándula oviducal son fecundados y encapsulados antes de implantarse en el útero.

- Masculino: consiste de dos testículos alargados y cilíndricos, los tubos eferentes y deferentes, el epidídimo y la ámpula del epidídimo, la papila urogenital y un par de órganos copulatorios, los gonopterigios o mixopterigios, con sus respectivas glándulas que producen secreciones que bajan por el surco del mixopterigio y se unen a los espermatozoides con el fin de protegerlos (Hamlett, 1999). En organismos inmaduros, los testículos pueden parecer masas inconspicuas de tejido blanquecino o como una tenue raya sobre la superficie del órgano epigonal, lo que los hace muy difíciles de identificar y medir. Los mixopterigios son pequeños y flexibles y los tubos deferentes son delgados y rectos (Carrier et al., 2004). En los adultos los testículos usualmente varían en tamaño durante todo el año, agrandándose e hinchándose durante la época de apareamiento y achicándose en otras épocas. Los mixopterigios se van calcificando conforme se va alcanzando la madurez sexual, se endurecen y forman articulaciones con la base de la aleta pélvica. La calcificación, rigidez y la habilidad de rotación del mixopterigio son criterios para determinar la madurez en elasmobranquios (Carrier et al., 2004). Los tubos deferentes en los ejemplares maduros forman una estructura espiral que cubre la mayor parte del riñón (Hamlett, 1999). La presencia de fluido seminal en estos tubos deferentes, es un auxiliar para la asignación de la fase de madurez.

2.2.5. Importancia económica:

La raya *U. chilensis*, al igual que otras especies de rayas redondas, tiene poca importancia comercial principalmente por su reducido tamaño. Actualmente, no poseen ningún subproducto que pueda ser aprovechado para desarrollar una actividad económica, aunque diversos estudios sobre la concentración de lípidos en el hígado están siendo llevados a cabo por investigadores de la Universidad de Sonora y la Universidad Autónoma de Sinaloa (Dr. Fernando Márquez, FACIMAR-UAS, comunicación personal)

3. Justificación

La biología y ecología de las especies es fundamental para entender la dinámica de las poblaciones, su interacción con el medio ambiente y el efecto potencial de la actividad humana. El conocimiento biológico de las rayas que son capturadas y explotadas en el Pacífico Mexicano está muy limitado (Bizarro et al., 2007) y la mayor parte del esfuerzo de investigación se concentra en las especies comercialmente importantes, dejando de lado a todas aquellas que conforman la captura incidental y que por su poco o nulo valor en el mercado son desechadas en el mar o en la playa sin mayor estudio. La mayoría de las especies descartadas en el mar, particularmente en la intensa pesca de arrastre para el camarón, representa una fuente potencial de mortalidad debido al daño ocasionado a los organismos durante el proceso de captura y por el tiempo de rebusca en cubierta antes del descarte en el mar.

Los parámetros reproductivos como proporción sexual al nacimiento, tamaño de la camada, relación entre el número de crías por edad o tamaño de la madre, la proporción de animales maduros en función de su longitud total (primera madurez), así como la proporción de hembras de la población que contribuyen al reclutamiento anual, son importantes para evaluar la vulnerabilidad de una especie ante la sobreexplotación y la evaluación de riesgo ecológico de las especies de acompañamiento (Walker, 2005). La explotación de los recursos naturales debe estar sustentada en el conocimiento para poder garantizar la sustentabilidad del recurso y la productividad de las zonas pesqueras. Conocer los ciclos reproductivos y la dinámica de la población permite desarrollar programas de manejo y explotación efectivos sin provocar un colapso en las poblaciones.

4. Objetivo general:

Describir los aspectos reproductivos de la raya redonda *Urotrygon chilensis* capturada en la boca del Sistema Lagunar Teacapán-Agua Brava.

4.1. Objetivos particulares:

- Determinar la estructura de tallas y pesos de la población.
- Describir la relación entre la talla y el peso para ambos sexos.
- Estimar la fecundidad en relación con el tamaño de la hembra.
- Estimar la proporción de madurez sexual de machos y hembras en función de su longitud AD y mediante la observación del desarrollo de los órganos reproductores internos y externos.
- Estimar la relación entre la longitud AD y el desarrollo gonadal.
- Describir la proporción sexual embrionaria y la talla de nacimiento.
- Caracterizar el ciclo reproductivo.

5. Área de estudio

El área de muestreo se encuentra en la costa occidental del Pacífico Mexicano, en la boca del Sistema Lagunar Teacapán-Agua Brava, el cual se localiza entre los límites norte-sur de los estados de Sinaloa y Nayarit, entre los 21° 43' y 22° 59' N y los 105° 08' y 106° 02' W. Es una zona con abundantes lagunas, esteros y marismas; está limitado al norte con el Estero del Mezcal y la Laguna de Agua Grande, Sinaloa, y al sur con las marismas de Canoas y Laguna Pericos, Nayarit.

El sistema tiene un espejo de agua de alrededor de 40,000 ha dentro de una depresión central que subsiste de entre los depósitos que forman llanuras aluviales deltaicas de los ríos San Pedro, Acaponeta y Grande de Santiago. Se comunica con el Océano Pacífico a través de la boca de Teacapán, la cual se encuentra a unos 60 km del cuerpo lagunar principal y por el canal artificial de Cuautla que se creó en 1971 (Berlanga-Robles et al., 2000).

El clima de la región es sub-tropical a tropical de tipo Aw según el sistema de Köepen; presenta una temperatura anual promedio de 25° C con precipitaciones entre los 800 y 1200 mm (Curry et al., 1969). A finales de

verano e inicios de otoño caen la mayoría de las lluvias y suelen acompañarse de tormentas tropicales.

De acuerdo a características geográficas y ambientales, Álvarez-Rubio et al., (1986) divide el sistema lagunar en 5 regiones: 1) Boca de Teacapán: con un ancho de 1600 m aproximadamente y una profundidad variable de 3 a 9 m; 2) Parte Baja del Estero: orientada perpendicularmente a la costa se sitúa frente al embarcadero de San Cayetano, es el canal más profundo del Sistema con 12 m; 3) Canal del Estero: orientado paralelamente a la costa se encuentra separado del mar por una barra con bermas arenosas, tiene una profundidad promedio de 4 m; 4) Boca de Cuautla: comunica la Laguna con el mar, tiene 200 m de ancho pero se amplia constantemente por las fuertes corrientes litorales, posee una profundidad aproximada de 8 m; y 5) Laguna: orientada diagonalmente con respecto a la costa, es de tipo costero y se encuentra separada del litoral por una faja de terrenos bajos, las profundidades promedio oscilan los 2.5 m (Fig. 5).



Fig. 5. Laguna de Teacapán, Sinaloa, México.

En este sistema lagunar se desarrolla el bosque de manglar más extenso del Pacífico Mexicano y se pueden encontrar diferentes fitoregiones. En las zonas de Boca de Teacapán y Parte Baja del Estero se observa bosque caducifolio,

bosque de matorral y manglar, este último formado principalmente por mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y rojo (*Rhizophora mangle*). Las demás zonas son de tipo manglar y se diferencian según la predominancia de cierta especie de mangle, así, en la región del Estero y Boca de Cuautla dominan el mangle negro (*Avicennia germinans*) y el mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*), mientras que en la Laguna son más abundantes el mangle blanco y rojo (Alvarez-Rubio, 1986).

En cuanto a las actividades productivas de la zona, las aguas marinas adyacentes sostienen indirectamente una de las pesquerías de tiburón más importantes de México, mientras que en el sistema lagunar, la pesca de camarón es una actividad económica importante y recientemente se han desarrollado granjas de este recurso.

6. Materiales y método

Los datos utilizados para el presente estudio provienen de capturas de prospecciones llevadas a cabo por el Centro Regional de Investigación Pesquera de Mazatlán (CRIP- Mazatlán) del Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA), como parte de una investigación sobre la selectividad y eficiencia de las redes de arrastre para camarón.

El muestreo se realizó durante los meses de marzo a diciembre del 2007, y de enero a febrero del 2009; los lances se hicieron durante el efecto lunar (2 días antes de la luna llena, durante la luna llena y 2 días después de la luna llena) en la Boca de Teacapán, en una red de estaciones que abarcaron los lados norte y sur de la boca. Las estaciones se ubicaron a distintas profundidades: 2 brazas (3.72 m), 5 brazas (9.3 m), 7 brazas (12.8 m), 8 brazas (14.88 m) y 12 brazas (22.32 m).

Para los arrastres se utilizaron dos embarcaciones tipo panga con motor fuera de borda y sistemas de captura de arrastre de tipo mixto, construidos con paño de poliamida y monofilamento, con 17 m de relinga superior y cuyas puertas de arrastre fueron construidas de terciado marino con estructura metálica, y de quilla de media luna, con una y dos salidas de agua.

Los organismos colectados se depositaron en hieleras y se trasladaron al CRIP-Mazatlán para su congelación y posterior análisis, el cual consistió en tomar el peso entero (kg) de cada espécimen y sus medidas morfométricas (Fig. 6):

- longitud total (LT): tomada desde la punta del rostro hasta la punta de la cola extendida(cm).
- ancho del disco (AD): tomada entre las aletas pectorales que forman el disco, de extremo a extremo y evitando al máximo la curvatura del cuerpo (cm).

- longitud del cuerpo (LC): tomada desde la apertura cloacal hasta la punta del rostro (cm).

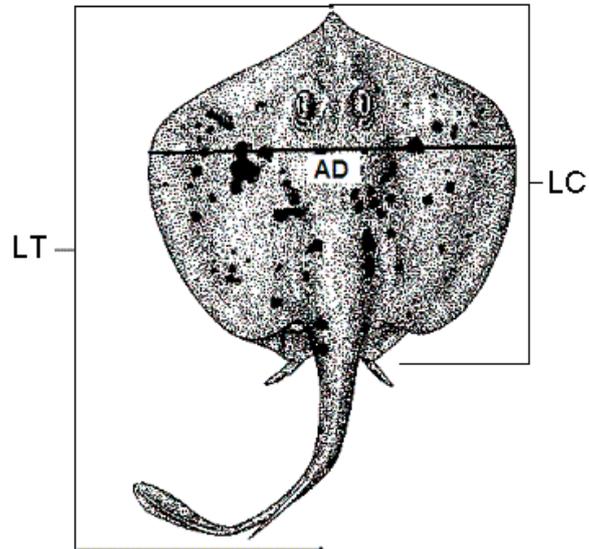


Fig. 6. Esquema de las medidas morfológicas

El sexo se determinó por la presencia o ausencia (hembras) de mixopterigios (Fig. 7). Además se analizaron otros parámetros sexuales como la longitud de órganos sexuales internos y externos y la presencia de embriones (Fig. 8), en cuyo caso se tomaron sus medidas morfométricas (mm) de igual manera que a los adultos.

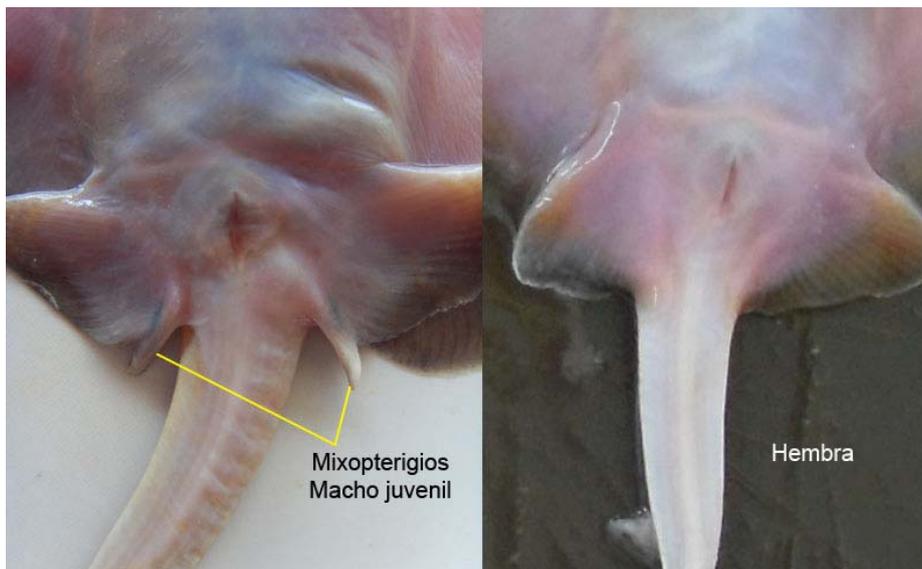


Fig. 7. Dimorfismo sexual



Fig. 8. Hembra de *U. chilensis* con embriones a término.

6.1. Determinación del estado de madurez:

A cada individuo colectado se le determinó su estadio de madurez de acuerdo a propiedades internas y externas.

En los machos se midió el largo del mixopterigio, de su punta hasta la axila que se forma entre la aleta pélvica y el abdomen. Se consideró como maduros a los individuos que presentaron mixopterigios calcificados, con rotación hacia delante, y se consideró como una característica adicional de madurez si el riphidion se podía expandir fácilmente. Los testículos se midieron a lo largo y se observó si se encontraban grandes y vascularizados, bien diferenciados del órgano epigonal. Los neonatos se diferenciaron de los juveniles porque presentan una cicatriz cristalina, y su parte ventral es blanquecina transparente, permitiendo en la mayoría de los casos, la apreciación de los órganos internos, particularmente del hígado. Por su parte, los juveniles poseen la cicatriz, pero

ésta es de una coloración opaca. De acuerdo a lo anterior, se determinaron 3 fases de madurez en los machos: a) neonatos, b) juveniles y c) adultos.

En las hembras se evaluó la madurez mediante la observación y medición de los órganos sexuales internos, se registró el ancho del útero (U), de la glándula oviducal (GO) y el diámetro de los óvulos (mm). Se les consideró como maduras cuando presentaron ovarios agrandados y vascularizados, así como óvulos grandes de coloración amarillenta (evidencia de vitelo). Adicionalmente, se observó si las GO eran grandes y anchas, con forma de corazón, y si se encontraban bien diferenciadas del oviducto, pues dichas características son señales de madurez sexual. De igual forma, se observó la condición de los oviductos y los úteros, si éstos se encontraban expandidos se tomó como indicador de gravidez previa. Las hembras preñadas se detectaron por presencia de cápsulas blastódicas uterinas o de embriones, en cuyo caso se contaron y midieron. Se determinaron 4 fases de madurez en las hembras: a) neonatas, b) juveniles, c) adultas y d) preñadas.

6.2 Análisis de datos:

6.2.1 Análisis de las capturas:

Para analizar la distribución de captura a lo largo del año se realizaron histogramas de frecuencia y se describió la variación cuantitativa por mes y por sexo; se realizó una prueba de X^2 con un grado de libertad y un valor crítico de 3.8 ($p= 0.05$) para determinar la proporción sexual. Con el fin de conocer la distribución en el hábitat, se analizó gráficamente la frecuencia por estado de madurez respecto a la profundidad. Las descripciones se realizaron por separado para cada sexo con el propósito de evaluar si el patrón de distribución difiere entre sexos.

6.2.2 Estructura de tallas y pesos:

La composición tanto de tallas (AD) como de pesos de hembras y machos, se analizó mediante la construcción de histogramas de frecuencias con intervalos de 2 cm, por sexos.

6.2.3 Relaciones morfométricas talla-peso:

Para determinar la relación entre el ancho del disco (AD) y el peso (P) se utilizó la ecuación potencial $P = a(AD)^b$ donde a y b son parámetros de ajuste que se estiman por métodos de regresión; a es el coeficiente y b es el exponente de isometría, cuya interpretación es:

$b = 3$ el crecimiento es isométrico, hay un incremento del peso proporcional al cubo del ancho del disco.

$b < 3$ el crecimiento es alométrico negativo, el peso aumenta comparativamente en menor proporción con respecto al ancho del disco.

$b > 3$ el crecimiento es alométrico positivo, el peso aumenta comparativamente en mayor proporción con respecto al ancho del disco.

La diferencia entre las curvas de AD-peso de machos y hembras se evaluó con una versión robusta del Modelo Lineal Generalizado o MLG (McCullagh y Nelder, 1989) analizando por pruebas de hipótesis la significancia ($\alpha = 0.05$) del sexo como efecto directo y de la interacción entre el sexo y al ancho de disco. El paquete estadístico que se utilizó, tanto para este como para los demás análisis estadísticos, fue S-Plus.

6.2.4 Biología reproductiva:

Se evaluó la relación entre el desarrollo de los órganos internos con la longitud AD con una versión gamma del Modelo Aditivo Generalizado o GAM (Hastie y Tabshirani, 1990) analizando por pruebas de hipótesis la significancia ($\alpha =$

0.05), y se tomó como criterio la talla mínima en la muestra en la que se observó un estadio gonadal maduro. En machos se comparó el tamaño del mixopterigio y el largo de los testículos respecto al ancho del disco, mientras que en las hembras se analizó el diámetro del útero, la glándula oviducal, el número de óvulos en el ovario y el tamaño del óvulo más grande y su respectiva relación con la longitud AD. Además, se observó si ambos ovarios eran funcionales.

6.2.4.1 Determinación de la proporción de madurez:

Mediante una regresión logística se determinó la longitud de ancho de disco a la cual el 50% de los organismos están maduros. Para machos y hembras se creó un factor binomial de madurez donde 0 equivalía a inmaduro y 1 a maduro y de acuerdo a Crawley (2002), se aplicó el MLG de respuesta binaria para evaluar las diferencias entre las ojivas de madurez de machos y hembras.

Los coeficientes estimados por la curva logística, a y b, se aplicaron a la ecuación logística para comprobar la certeza de la talla de primera madurez estimada por el modelo:

$$p = 1 / (1 + e^{a + [b \cdot AD]})$$

donde p = es la proporción (probabilidad) de madurez a la longitud AD.

6.2.4.2 Fecundidad

El número de embriones por hembra registrado se analizó mediante un histograma de frecuencias y se evaluó la proporción sexual uterina con una prueba de X^2 con un grado de libertad y un valor crítico de 3.8 ($p = 0.05$). Así mismo, se observó si ambos úteros tenían presencia de crías. La relación entre el tamaño de la madre y el número de crías se analizó con el modelo GLM, utilizando pruebas de hipótesis para determinar la significancia ($\alpha = 0.05$).

6.2.4.3 Ciclo de ovulación y gestación:

El ciclo de ovulación se determinó registrando el óvulo de mayor tamaño de cada hembra y analizando la media de cada mes de muestreo con el fin de evaluar el desarrollo de los ovocitos e identificar posibles periodos de ovulación. La gestación se determinó mediante el análisis del desarrollo embrionario a lo largo del tiempo, desde la presencia de blástulas en el útero (cuando se tuvo acceso a dicha información) o bien de embriones en las primeras etapas de desarrollo, hasta el tiempo en que estos se encontraban completamente desarrollados. A su vez, se comparó el tamaño de los embriones más grandes con el tamaño más pequeño de neonatos capturados en vida libre para determinar la época de nacimiento y la talla de nacimiento.

7. Resultados:

Se analizó un total de 927 ejemplares de *U. chilensis* durante el periodo de muestreo, mas no todos se utilizaron para determinar la estructura de la población en función del peso y el ancho del disco. Por otra parte, no en todos los ejemplares recolectados se obtuvieron mediciones de órganos sexuales externos e internos.

7.1. Análisis de la captura:

Se capturaron un total de 855 organismos de vida libre de *U. chilensis*, de los cuales 425 fueron hembras y 430 machos. La prueba de χ^2 para la población total demostró que la proporción entre hembras y machos es 1:1 ($\chi^2 = 0.029$; d.f= 1, $p = 0.86$). En la mayor parte de los meses de muestreo se observa dicha proporción en las capturas, exceptuando el mes de abril dónde se capturaron más hembras que machos, encontrándose una proporción de 1.6:1 y, el mes de septiembre, donde sucedió lo contrario, pues hay menos hembras que machos, con una proporción sexual de 1:1.9 (Fig. 9).

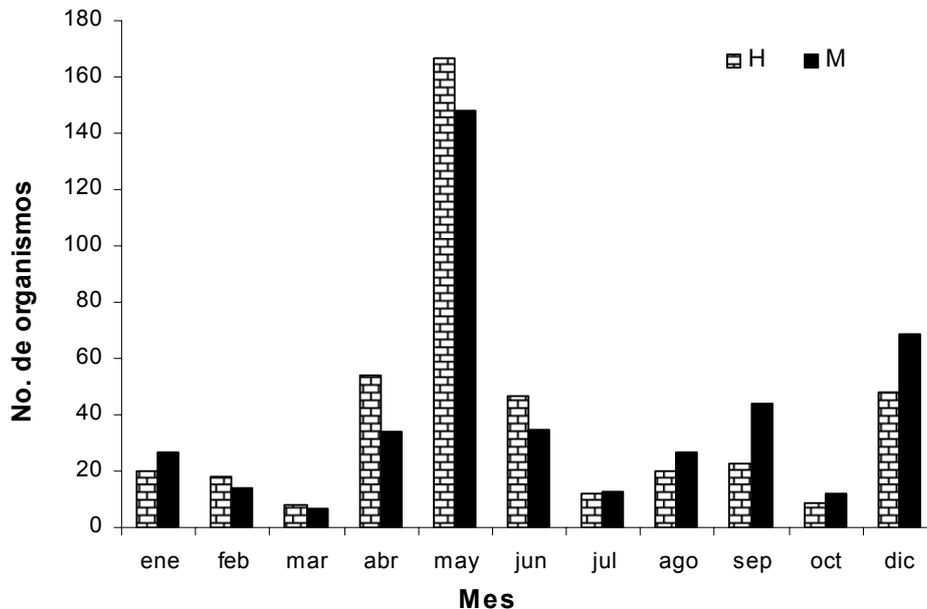
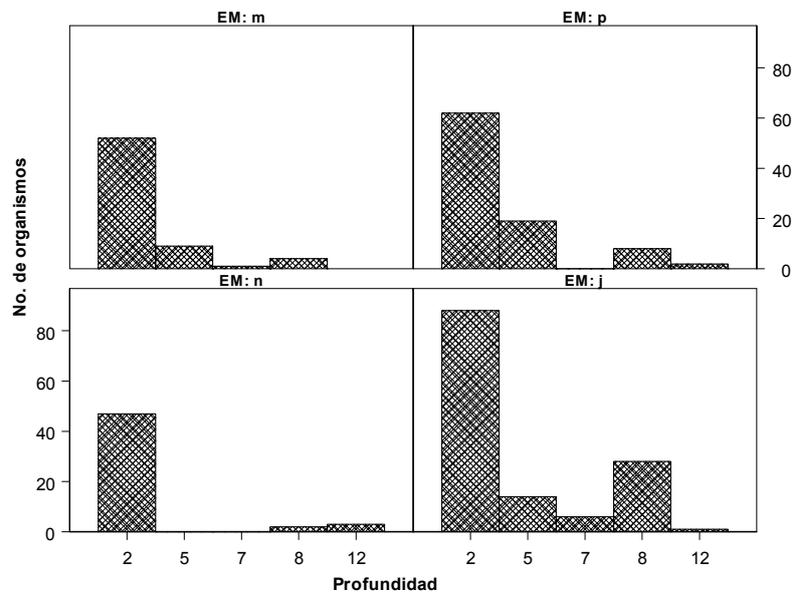


Fig. 9: Composición mensual por sexo de la captura de *U. chilensis* donde “H” representa a las hembras y “M” a los machos.

Los comparativos gráficos de las frecuencias por profundidad entre machos y hembras muestran que ambos sexos son significativamente más abundantes en profundidades bajas (2 bz). No se observa una segregación sexual en cuanto al uso de espacio, pues se encontraron ejemplares machos y hembras en todas las profundidades, y no hay una abundancia mayor de uno u otro específicamente en alguna profundidad. Las hembras preñadas se concentraron en las profundidades más bajas, de 2 a 5 brazas, y sólo un pequeño número se encontraron en profundidades mayores, patrón coincidente con la distribución de los neonatos, cuyo mayor porcentaje fue capturado a una profundidad de 2 brazas (Fig. 10).

a)



b)

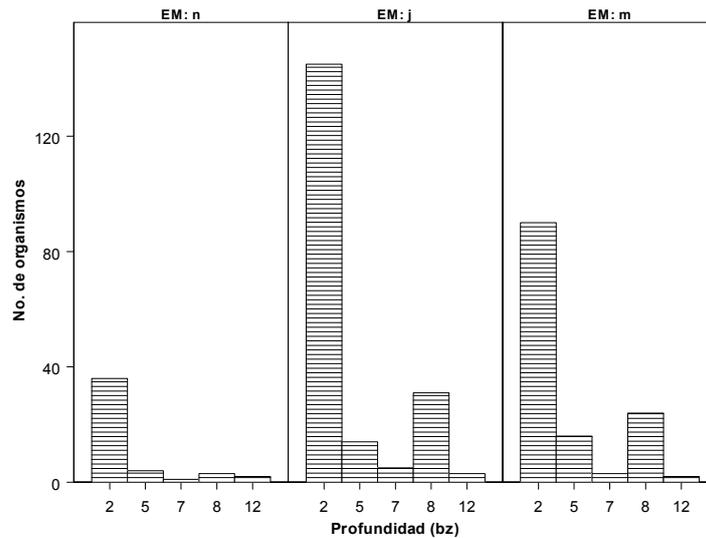


Fig. 10. Distribución de *U. chilensis* por profundidad y estado de madurez para (a) hembras y (b) machos

7.2. Estructuras de longitudes y pesos

Las hembras presentaron longitudes de AD entre 6.5 y 25.5 cm con un promedio de 14.7 cm, mientras que el AD de los machos estuvo en un intervalo de 6.8 a 21.5 cm, con un promedio de 13.5 cm. Ambos sexos tienen tallas mínimas parecidas, sin embargo, las hembras alcanzan anchos de disco mayores que los machos, lo que les atribuye un promedio de ancho de disco mayor que el de los machos.

La distribución de las frecuencias de longitudes de machos y hembras es bimodal en ambos casos, aunque en los machos se encuentra más marcada. En las hembras la primera moda se encuentra entre los 10 y 12 cm AD y la segunda en los 20 cm AD, mientras que en los machos se encuentran en los 10 cm y en los 18 cm de AD (Fig. 11).

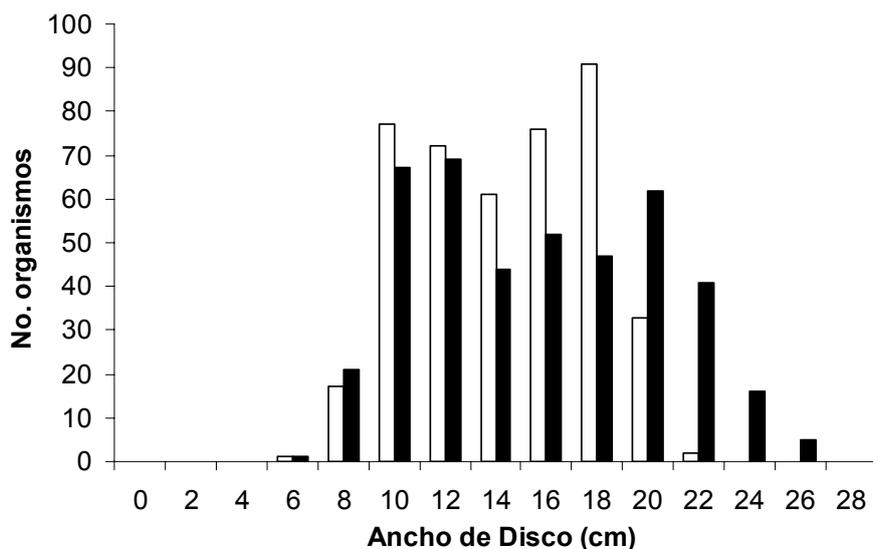


Fig. 11. Distribución de longitudes de ancho de disco de *U. chilensis* para machos (en blanco) y hembras (en negro).

Para la estructura de la población en relación al peso, se utilizaron un total de 738 individuos (377 hembras y 361 machos). Los histogramas de cada sexo muestran diferencias entre los pesos de machos y hembras, siendo las hembras más pesadas. La distribución de los pesos se encuentra sesgada a la derecha y se observa una concentración de valores en los intervalos de menor peso, en los que los machos tienen mayor representatividad. El intervalo de peso de los machos fue de 0.007 a 0.388 kg con una media de 0.103 kg, mientras que las hembras presentaron pesos entre 0.006 y 0.706 kg, con una media de 0.159 kg (Fig. 12).

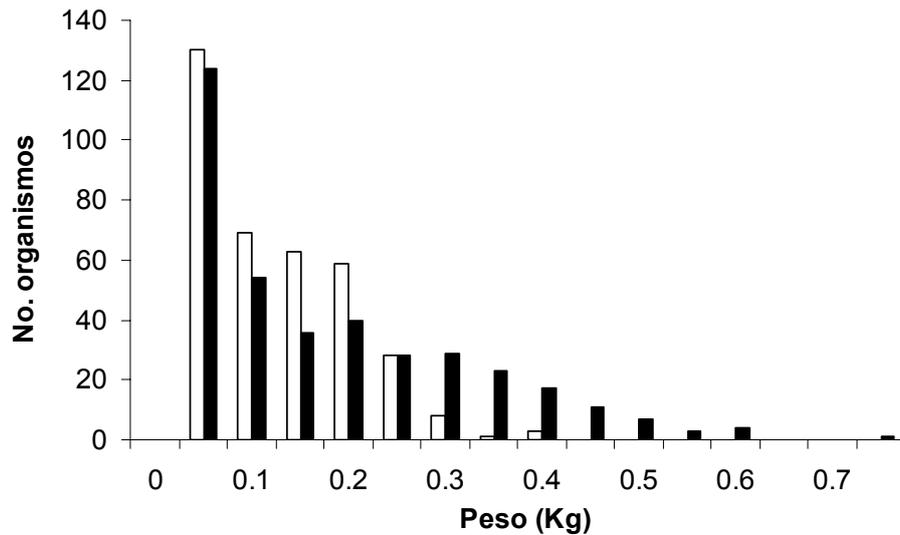


Fig. 12. Distribución de pesos de *U. chilensis* para machos (blanco) y hembras (negro)

La longitud total (LT) de las hembras se ubicó en el intervalo de 8.5 a 42 cm, con un promedio de 24.9 cm, mientras el intervalo de los machos fue de 9 a 39 cm, con un promedio de 23.3 cm. La relación entre LT y AD (Fig. 13) se describe por la ecuación $AD = 0.5584 (LT) + 0.5339$ ($r^2 = 0.9716$).

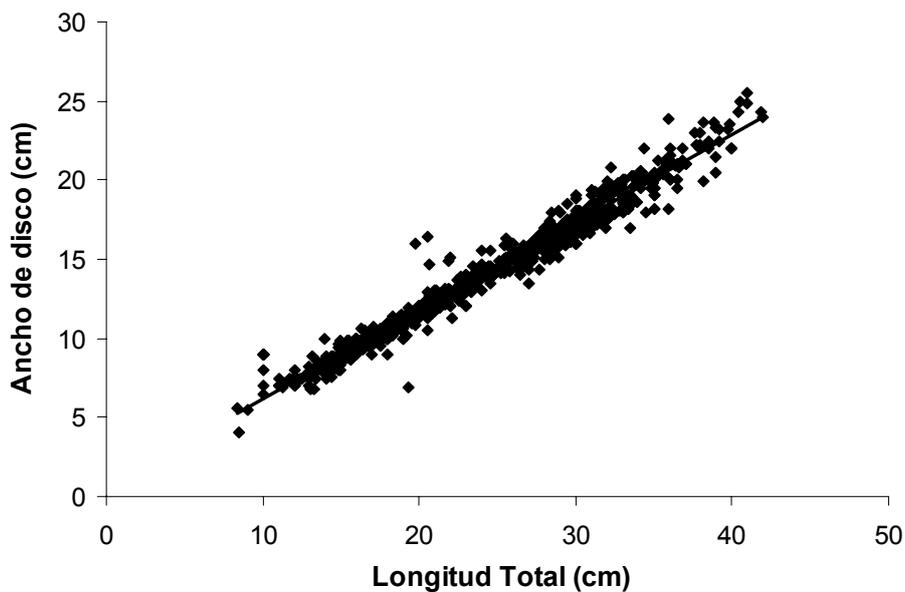


Fig. 13. Relación entre la longitud total y el ancho de disco

7.3. Relación morfométrica talla-peso

La relación peso (P) - longitud (AD) muestra que las hembras son más grandes y pesadas que los machos. La hembra más pesada registró 0.71 kg con un AD de 24.9 cm, mientras que el macho más pesado registró un peso de 0.39 kg y un AD de 21.50. Cabe señalar que las hembras más pesadas se encontraban en estado de gravidez. Por otra parte, el macho con menor peso que se registró, fue un juvenil de 6.9 cm AD y pesó 0.007 kg, mientras que la hembra con menor peso fue una juvenil de 6.5 cm AD y que pesó 0.008 kg. Los valores de las constantes de la ecuación $P = aAD^b$ de los machos fueron $a = 2 \times 10^{-5}$ y $b = 3.222$ y para las hembras, $a = 2 \times 10^{-5}$ y $b = 3.165$. Se encontró que las curvas de machos y hembras presentan diferencias significativas en relación al sexo ($p < 0.001$) y a la interacción del ancho del disco con el sexo ($p < 0.001$). Se observa que los machos crecen en peso, por unidad de talla, un poco más que las hembras. Solamente en las tallas pequeñas se aprecia un aumento en peso, ligeramente mayor en las hembras pero alrededor de los 16 cm de AD, los machos aumentan su crecimiento en peso y superan el de las hembras (Fig. 14).

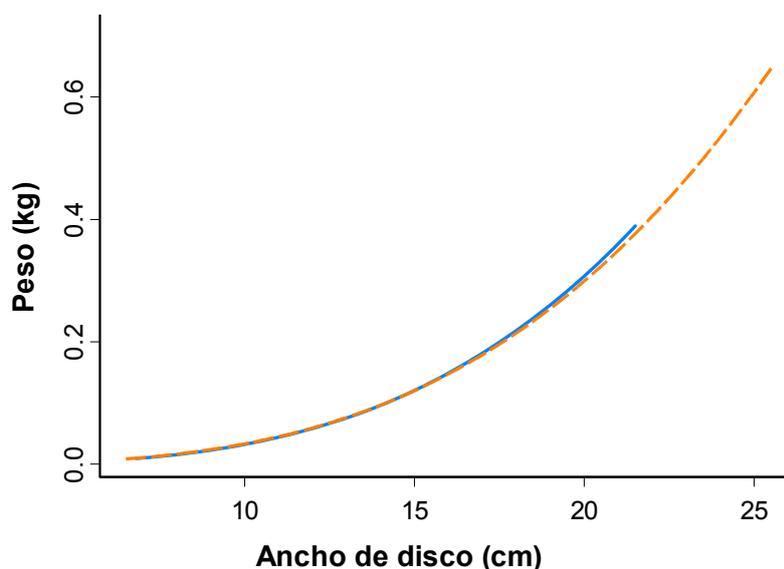


Fig. 14. Relación entre el ancho del disco y el peso de *U. chilensis*. En azul (-) se encuentran representados los machos y en naranja (- -) las hembras

7.4. Biología reproductiva:

7.4.1. Machos

7.4.1.1. Relación ancho del disco-longitud del gonopterigio

Se examinaron un total de 406 gonopterigios de los cuales el 63.3% estaban inmaduros.

Se observó un crecimiento gradual en los gonopterigios conforme aumenta el ancho del disco. Los ejemplares neonatos y juveniles, en su mayoría, poseen órganos copulatorios flácidos que empiezan a calcificarse a partir de los 11.5 cm AD. La fase de transición de inmadurez a madurez se presenta entre los 11.5 y 18.3 cm AD; el ejemplar más pequeño que presentó calcificación y rotación tuvo un AD de 13.0 cm y pesó 0.080 kg. El macho de menor talla en que se registró presencia de semen, rotación y calcificación midió 14.6 cm AD y pesó 0.120 kg.

En cuanto a la longitud del gonopterigio, su longitud en organismos inmaduros varía de 3 a 38 mm, mientras que en organismos maduros el rango de longitud fue de 16 a 40 mm; la etapa de transición en la que el órgano sexual se empieza a calcificar se ubica entre 15-36 mm.

Aunque se tuvo el registro de individuos inmaduros que presentaron longitudes grandes tanto de AD como del gonopterigio, éstos fueron pocos pues la mayoría de los machos inmaduros (el 80%) se concentró en tallas menores a los 16 cm AD y a los 22 mm de longitud del gonopterio (Fig. 15).

Se encontró una relación positiva y significativa entre el ancho de disco y el tamaño del gonopterigio ($F = 276.5$ g.l.=2, $p < 0.001$).

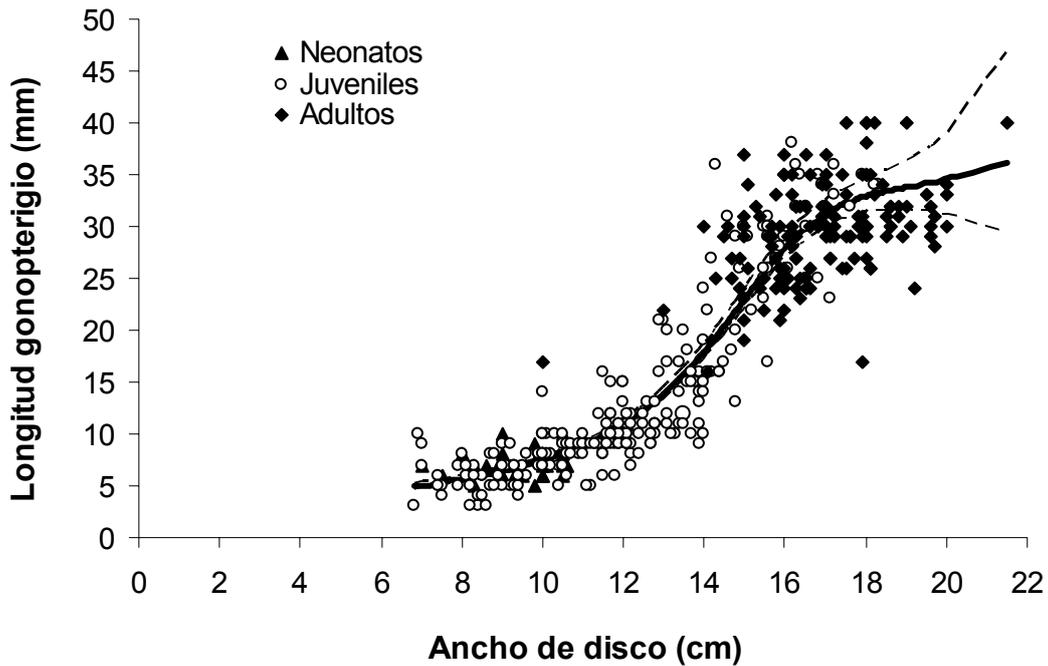


Fig. 15. Relación ancho de disco- longitud del gonopterigio en *U. chilensis* con intervalos de confianza de 95%.

7.4.1.2. Relación ancho de disco-longitud de testículo

Al igual que en el caso del gonopterigio, en el crecimiento de los testículos se observa una relación positiva y significativa con el tamaño del disco ($F= 95.0$ g.l.= 2, $p< 0.001$). Los neonatos presentaron testículos muy pequeños, menores a 1 mm de longitud. Se observa una fase de transición gradual entre la inmadurez/madurez entre los 13 y 16 cm AD en la cual los testículos empiezan a desarrollarse. El individuo maduro más pequeño midió 13 cm AD con testículo de 9 mm de longitud. Los machos juveniles de tallas de 10.6 a 18.3 cm de AD presentan testículos de 1 a 60 mm de longitud, mientras que los machos maduros estuvieron en un intervalo de 13-21.5 de AD y de 9 a 70 mm de longitud de testículo, con un promedio de 36.4 mm.

A partir de los 18.4 cm de AD todos los individuos presentan testículos bien desarrollados (Fig. 16). En cuanto a la longitud del testículo, el individuo cuyo testículo fue el más grande (70 mm) tuvo un AD de 21.5 cm. Los testículos de

longitud mayor a 28 mm correspondieron en mayor porcentaje a organismos maduros (109 maduros por 20 inmaduros).

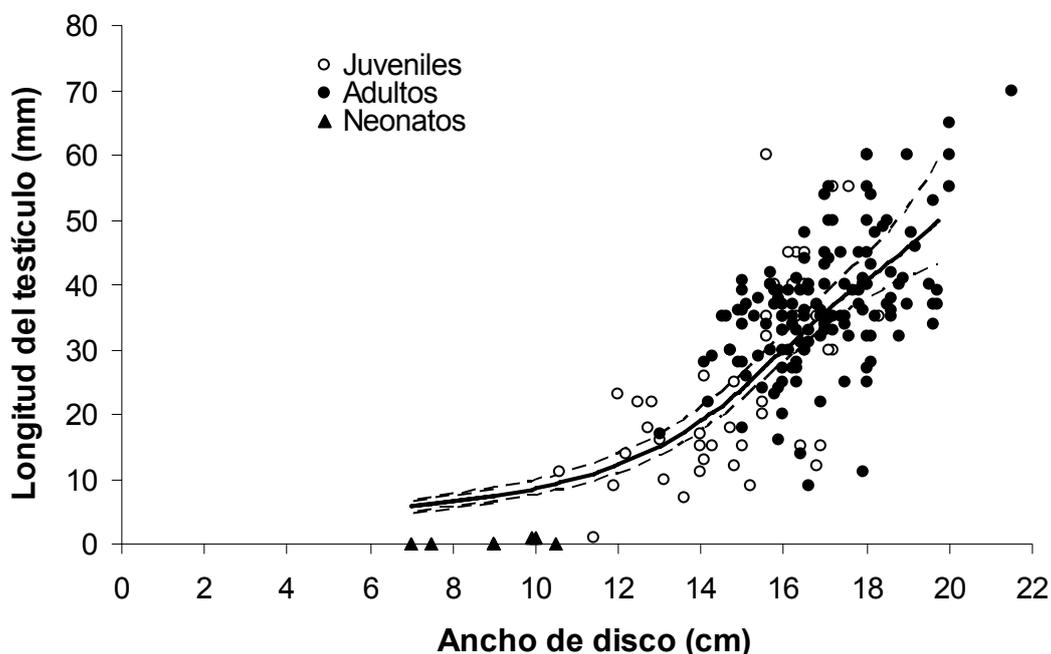


Fig.16. Relación ancho de disco- longitud del testículo en *U. chilensis* con intervalos de confianza de 95%

7.4.2. Hembras

7.4.2.1. Relación ancho de disco (AD) – ancho glándula oviducal (GO)

Se analizaron un total de 266 glándulas oviducal (GOs) correspondientes a hembras en cuatro estadios de madurez distintos: neonatos, juveniles, adultas y preñadas. Del total, 118 se encontraban inmaduras (44.3%), y de las hembras maduras, 85 estaban en estado de gravidez (31.9%).

En las hembras inmaduras (neonatas y juveniles) es difícil distinguir la glándula oviducal del resto del oviducto. Las neonatas, con un intervalo de talla de 7 a 9 cm de AD, presentaron GOs prácticamente imperceptibles, de 0.01 mm de diámetro, mientras que las GOs de juveniles de 7.4 a 18.1 de AD midieron de 1 a 9 mm de diámetro (1.5 mm en promedio).

En hembras maduras la GO se aprecia más diferenciada del oviducto debido a que ésta aumenta su ancho. Las hembras maduras, incluyendo a las preñadas, presentaron un intervalo de GO de 1-10.0 mm, con un promedio de 4.7, y su AD estuvo entre 13.1 y 24.9 cm. Las hembras grávidas presentaron el mayor diámetro de GO. A partir de 17 cm de AD el 97% de las hembras se encontraban maduras y su GO tenía un tamaño mayor a 4 mm (Fig. 17). Se encontró una relación positiva y significativa entre la longitud AD y el tamaño de la glándula oviducal ($F= 102.1$, $g.l.= 3$, $p< 0.001$).

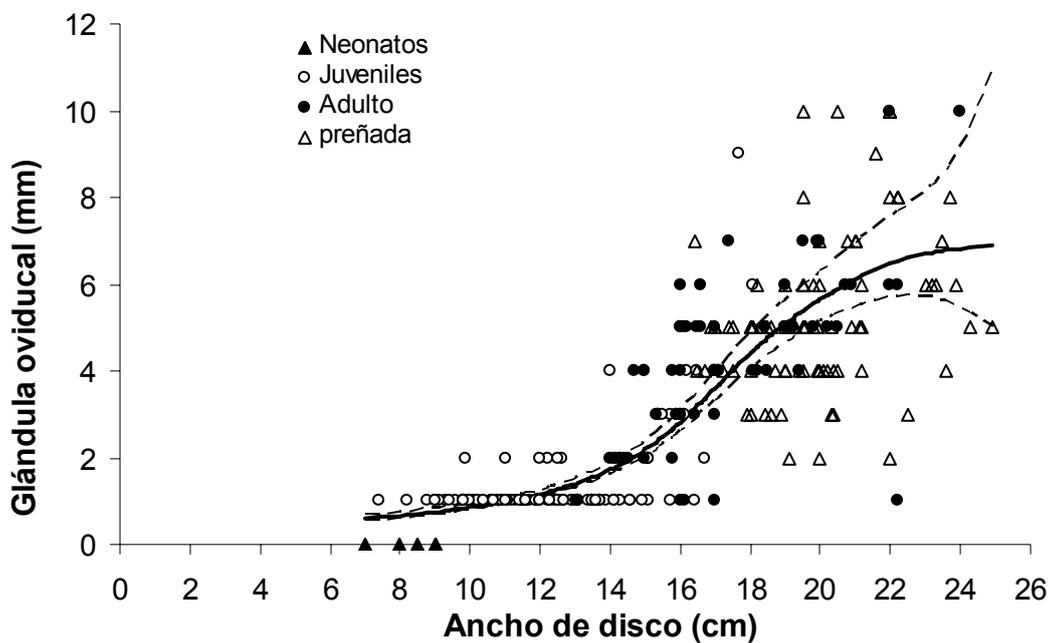


Fig. 17. Relación entre el ancho de disco y la glándula oviducal de hembras de *U. chilensis* con sus intervalos de confianza de 95%

7.4.2.2. Relación ancho de disco (AD)- ancho del útero

Un total de 287 úteros fueron medidos y analizados de los cuales el 58.8% (159 hembras) correspondió a hembras maduras. Los neonatos con tallas de 7 a 9 cm de AD presentaron úteros muy pequeños que midieron 0.01 mm. Las juveniles presentaron tallas de 7.4 a 18.1 de AD (12.6 cm de promedio) con una longitud de útero de 1-14 mm, siendo el promedio 2.8 mm. En general se observa una estabilidad en el ancho del útero en las tallas previas a los 16 cm de AD, talla en la que empieza a notarse un crecimiento en el diámetro del

útero. Las hembras preñadas son las que en su mayoría presentan los anchos de útero mayores y las tallas más grandes. De un intervalo de talla de 18.5-24.9 cm de AD, 26 hembras estuvieron maduras mientras que 67 se encontraban preñadas; de éstas, el 70% tuvo un ancho de útero ≥ 20 mm, mientras que sólo el 14% de las hembras maduras de dicho intervalo tienen úteros de semejantes dimensiones (Fig. 18). El análisis estadístico mostró una relación positiva y significativa entre la longitud AD y el ancho del útero ($F=230.1$ g.l.= 3, $p<0.001$).

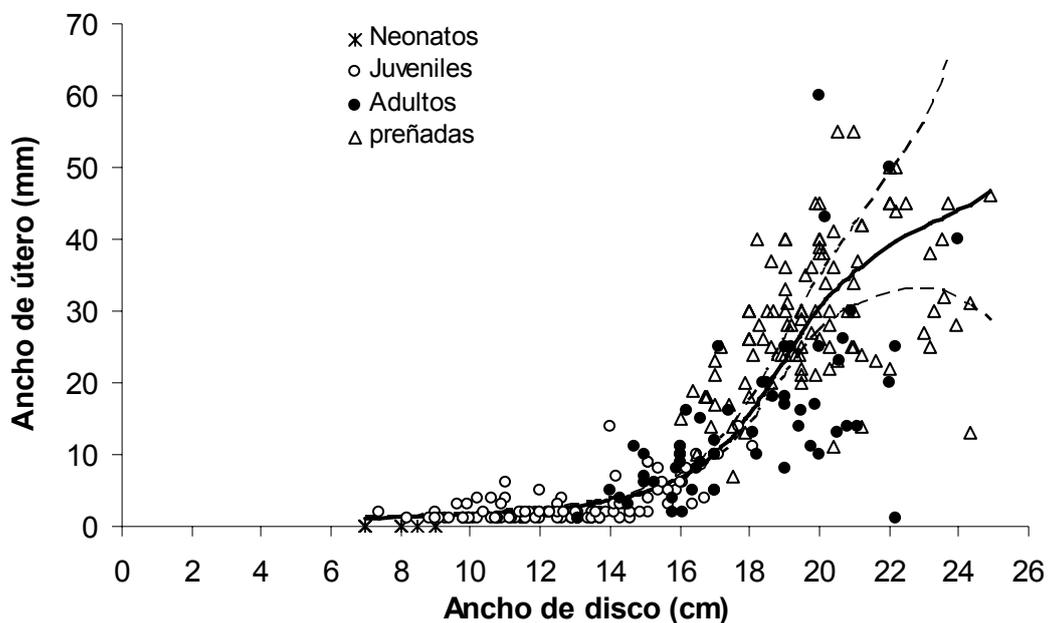


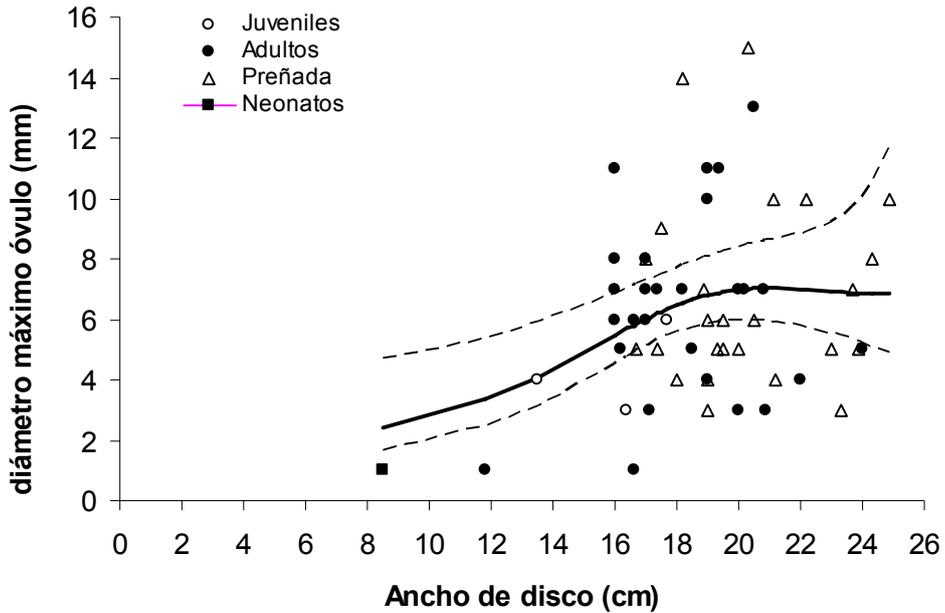
Fig.18. Relación entre el ancho de disco y el ancho del útero en hembras de *U. chilensis* con intervalos de confianza de 95%

7.4.2.3. Relación ancho de disco- tamaño de óvulos, y – número de óvulos

En el análisis de los ejemplares se encontró óvulos solamente en el ovario izquierdo. Se observó una relación positiva y significativa entre el ancho de disco y el diámetro máximo de los óvulos ($F=7.68$ g.l.= 2, $p=0.008$). Las hembras maduras que presentaron los óvulos de mayor diámetro fueron dos hembras preñadas con óvulos de 14 y 15 mm y 18.2 y 20.3 cm de AD, respectivamente. El promedio de tamaño de óvulo fue de 6.6 mm en hembras maduras con un intervalo de 11.8-24.9 cm de AD. Sólo se obtuvieron

mediciones de los óvulos de 3 ejemplares juveniles cuyos diámetros máximos fueron de 3, 4 y 6 mm con AD de 16.4, 13.5 y 17.7 cm, respectivamente. El único neonato al que se le analizaron los óvulos presentó un diámetro máximo de 1 mm, con un AD de 8.5 cm (Fig. 19a).

a)



b)

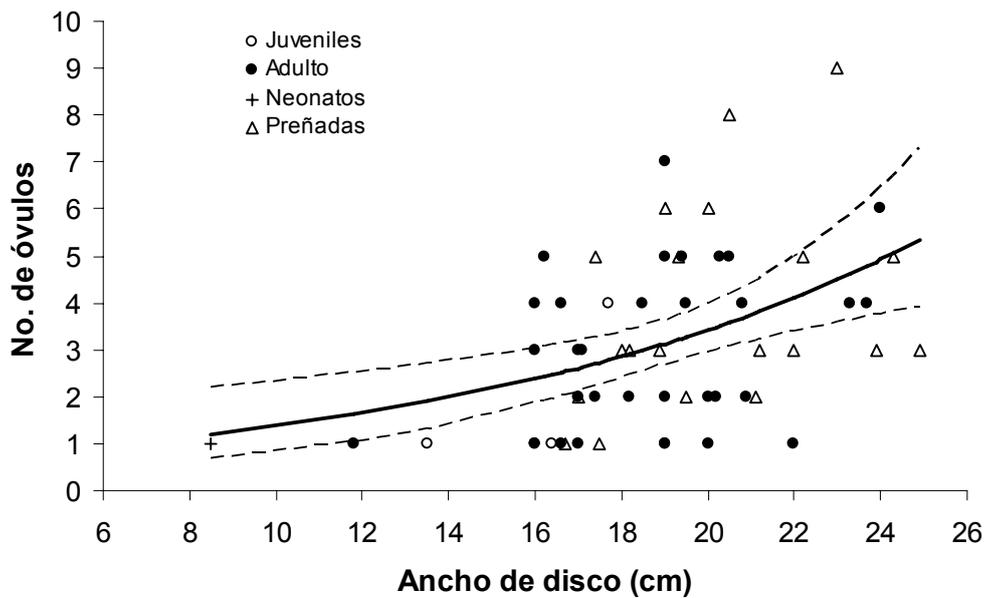


Fig. 19. Relación entre el ancho de disco y el (a) diámetro máximo del óvulo y (b) el número de óvulos en hembras de *U. chilensis*

La relación entre el ancho de disco y el número de óvulos también muestra una tendencia positiva y significativa ($p= 0.00038$). Las hembras juveniles en un rango de talla entre 13.5-17.5 cm de AD presentaron entre 1 y 4 óvulos, con 2 como promedio. Las hembras maduras (incluyendo a las preñadas) presentan un intervalo de AD entre 11.8 y 24.9 cm y tienen de 1 a 9 óvulos, 3.4 como promedio. No se observaron diferencias significativas entre el número de óvulos de hembras maduras en estado de gravidez y las que no lo están (Fig. 19b).

7.4.3. Proporción de madurez sexual

El 56.5% de machos y hembras se encontraba en estado de madurez inmaduro, mientras que el 43.5% se encontró maduro (tabla1).

Tabla 1. Proporción de madurez de machos y hembras y estado de madurez

AD (cm)	Fase madurez				Cond mad		Prop Mad	Fase madurez			Cond mad		Prop Mad
	n	j	m	p	0	1		n	j	m	0	1	
5.0 - 5.9	1	1			1		0						
6.0 - 6.9		1			1		0	1	2		3		0
7.0 - 7.9	10	6			11		0	4	6		10		0
8.0 - 8.9	19	14			25		0	8	14		22		0
9.0 - 9.9	17	18			31		0	15	16		21		0
10.0 - 10.9	6	24			24		0	15	27		42		0
11.0 - 11.9	2	16			26		0	1	29		30		0
12.0 - 12.9		9			16		0	2	26		28		0
13.0 - 13.9		10	1		9	1	0.1	22	1		22	1	0.04
14.0 - 14.9		8	4		10	4	0.3	18	11		18	11	0.38
15.0 - 15.9		5	9		8	9	0.5	17	25		17	25	0.60
16.0 - 16.9		3	14	6	5	20	0.8	12	39		12	39	0.76
17.0 - 17.9		1	8	10	3	18	0.9	5	31		5	31	0.86
18.0 - 18.9			5	13	1	18	0.9	2	27		2	27	0.93
19.0 - 19.9			9	22		31	1		10			14	1
20.0 - 20.9			9	18		27	1		3				
21.0 - 21.9			1	10		11	1		1				
22.0 - 22.9			3	8		11	1						
23.0 - 23.9				8		8	1						
24.0 - 24.9			1	3		4	1						

El análisis estadístico mostró que el sexo no influye significativamente ($p= 0.39$) en la talla de primera madurez ($AD_{50\%}$), por tanto, se concluye que las ojivas

son iguales y se reportan los resultados para machos y hembras conjuntamente.

Se encontró que 50% de la población, de machos y hembras, son maduros a los 15.2 ± 0.3 cm de AD (e.e = 0.041). La talla en la que la mayor parte de la población es madura (95%) es a los 18.3 cm de AD (Linf = 17.7; Lsup = 19.1 e.e = 0.016) (Fig.20). Las funciones logísticas de mejor ajuste a la población fueron $P = 1/1 + \exp(-15.4843 + 1.0162 * AD)$.

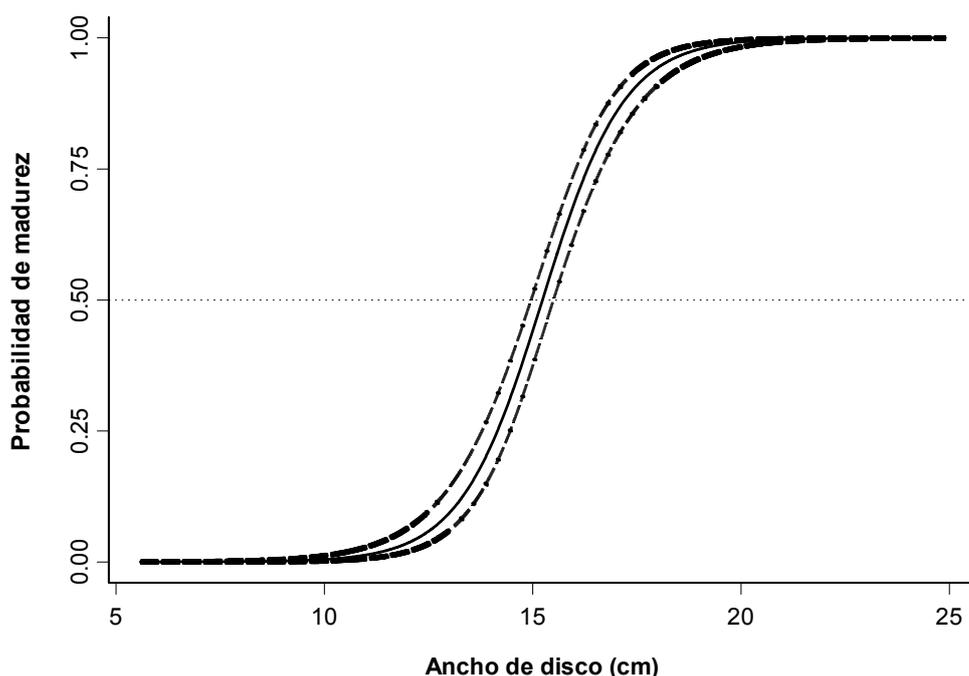


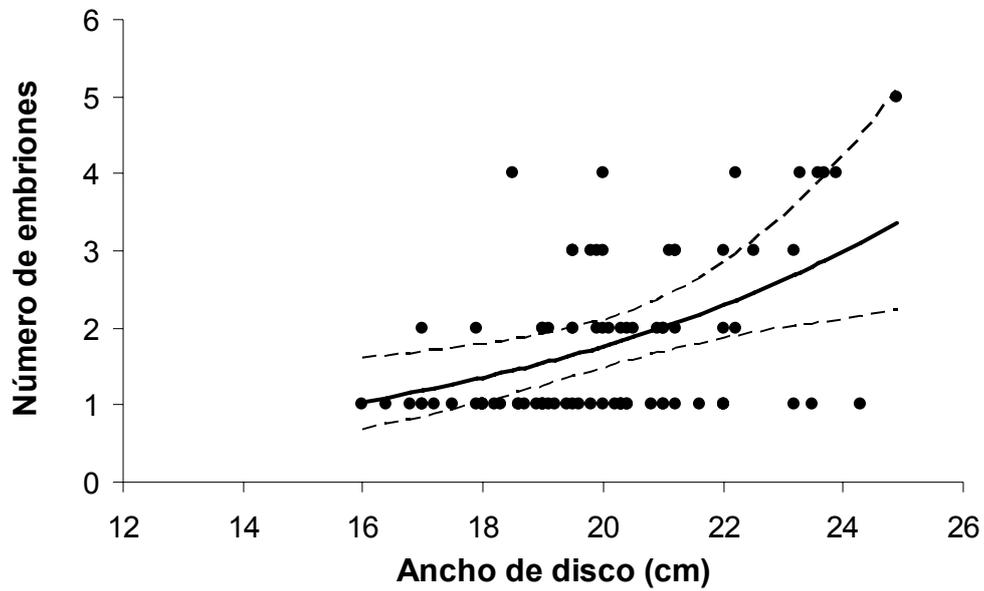
Fig. 20. Proporción de madurez con intervalos de confianza (95%) de *U. chilensis*

7.4.4. Fecundidad

Se encontraron embriones en 81 hembras muestreadas y el número de éstos varió de 1 a 5. El número promedio de embriones por hembra fue de 1.8 y hubo una relación positiva y significativa entre el tamaño de la madre y el número de crías ($r^2 = 0.2248$, $p = 0.00002$), que se expresa por la ecuación $No.E = 0.1269 e^{0.1316(AD)}$ (Fig. 21a). El mayor número de embriones lo presentan hembras entre 18.5 y 24.9 cm de AD. La distribución de frecuencias del número de embriones indica una moda en el intervalo de 1 embrión (Fig. 21b) y el análisis de χ^2 indica una proporción sexual embrionaria de 1:1. De los 72 embriones

analizados (41 hembras y 31 machos) sólo 11 se encontraron en el útero derecho, mostrando una dominancia del izquierdo.

a)



b)

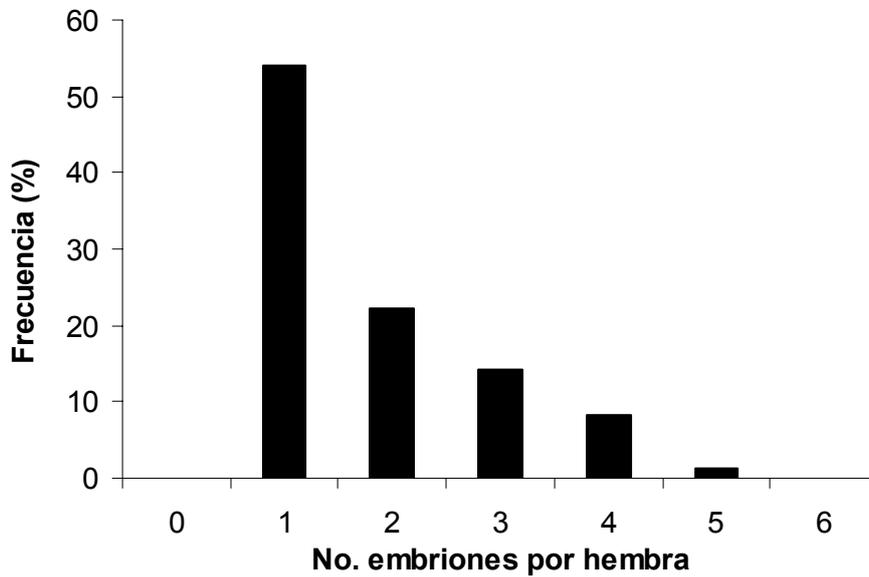


Fig. 21. Relación entre ancho del disco y el número de embriones (a) con intervalos de confianza (95%) y, frecuencia de embriones por hembra (b) en *U. chilensis*

7.4.5. Ciclo reproductivo y gestación

El análisis gráfico de los estadios de madurez a lo largo del año muestra que durante los primeros meses, principalmente de marzo a mayo, hay mayor proporción de neonatos, mientras que en el segundo semestre es donde se observa mayor proporción de juveniles. En cuanto a las hembras preñadas, su número aumenta en verano e invierno. La población de adultos maduros se mantiene relativamente constante durante el transcurso del año (Fig. 22).

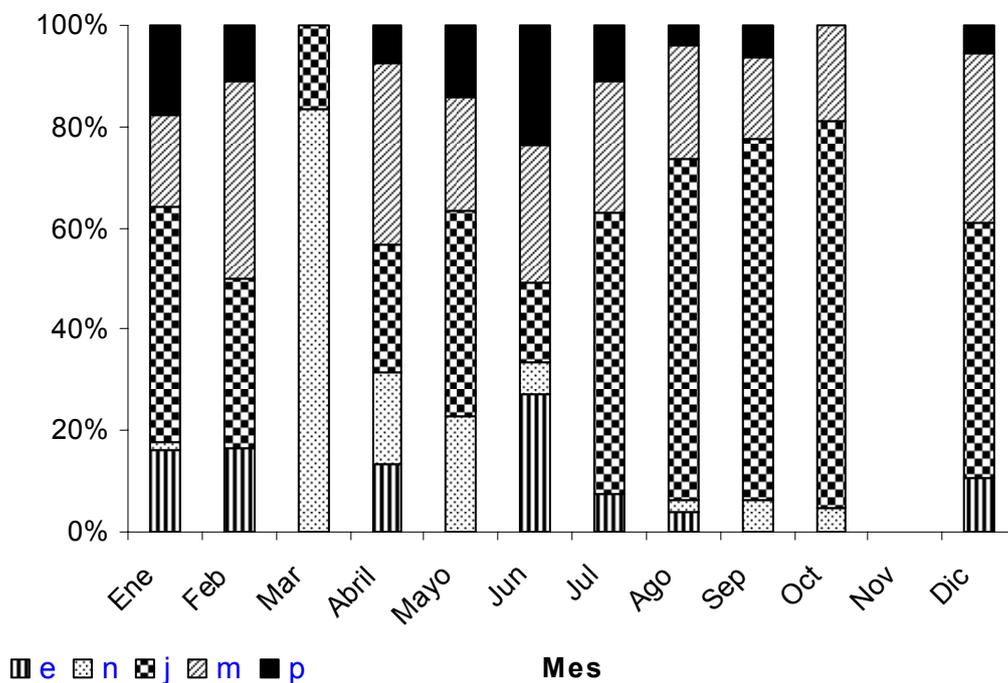


Fig. 22. Proporción de madurez temporal para machos y hembras de *U. chilensis*
e= embriones; n= neonatos; j= juveniles; m= maduros y p= preñadas

Las observaciones muestran un continuo crecimiento de los ovocitos. A lo largo del año las hembras pueden presentar, al mismo tiempo, óvulos en distintas etapas de desarrollo, al igual que ovocitos maduros simultáneamente con embriones en su última etapa de desarrollo, lo que sugiere que la vitelogénesis ocurre conjuntamente con la gestación y que el apareamiento ocurre poco después de los alumbramientos.

El ciclo de ovulación muestra un patrón similar al desarrollo de los embriones, con dos pequeños picos. En invierno hay un crecimiento en la media del

diámetro máximo de los óvulos registrados y para finales de primavera decrece el tamaño de los óvulos, para volver a crecer en verano (Fig. 23).

Se observan dos ciclos de desarrollo embrionario a lo largo del año. En el primero, los embriones empiezan su desarrollo a finales de noviembre-principios de diciembre y alcanzan una talla máxima de 8 cm AD a partir de febrero y posiblemente hasta abril. En el segundo ciclo del año, los embriones empiezan su desarrollo en abril y alcanzan sus mayores tallas en junio y julio, registrándose en este último longitudes promedio de 6.8 cm, así como el embrión más grande que se observó en el año, cuyo AD midió 8.6 cm AD (Fig. 24). Los neonatos más pequeños que se capturaron se encontraron en los meses de mayo a junio. El neonato más pequeño que se registró midió 6.9 cm de AD por lo que la talla de nacimiento se ubica en un intervalo de 6-9 cm de AD. Las tallas mensuales de los embriones presentaron una alta variabilidad lo que sugiere una temporada reproductiva larga.

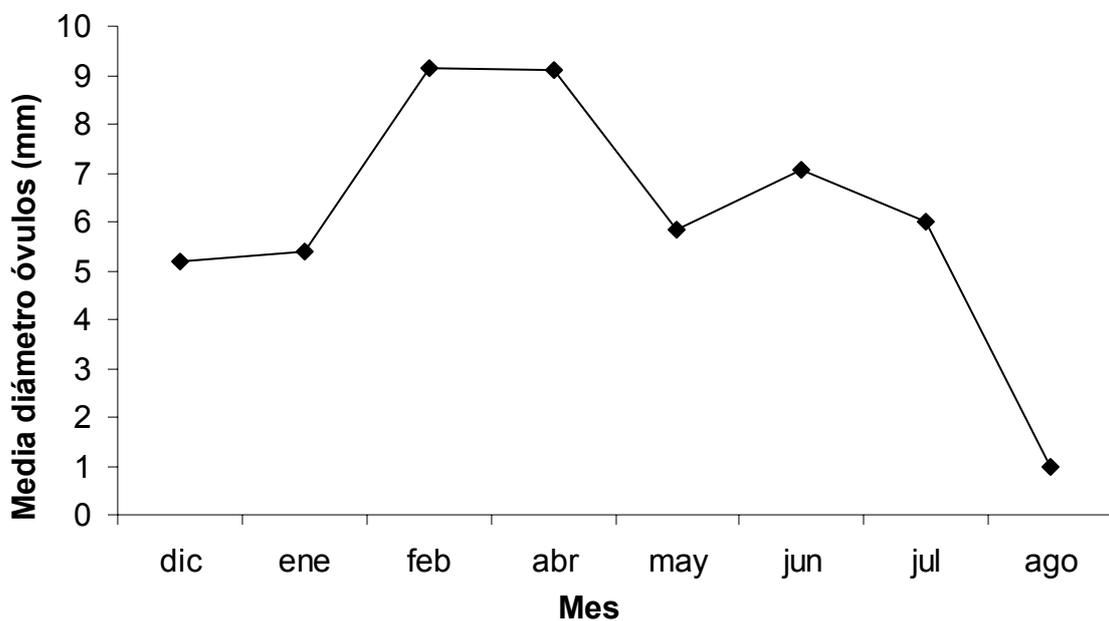


Fig. 23. Desarrollo por mes de los ovocitos de *U. chilensis*

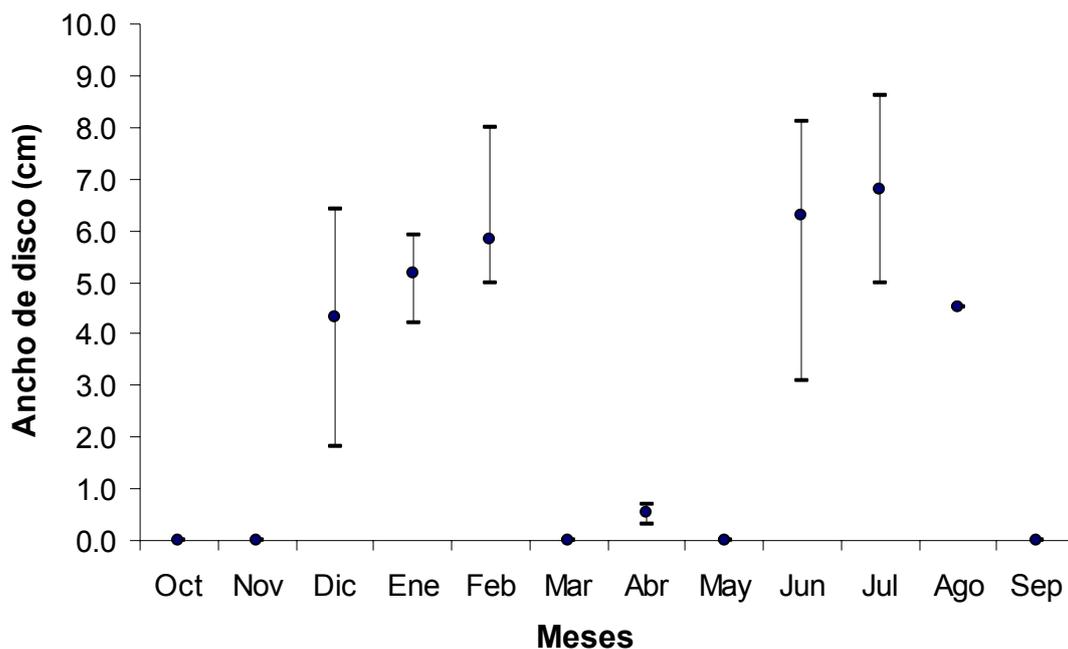


Fig. 24. Crecimiento embrionario de *U. chilensis* por mes, con sus máximos y mínimos

De acuerdo a los resultados, se puede decir que el primer ciclo reproductivo empieza a final del invierno - principio de la primavera, con el nacimiento de los embriones y consecuente ovulación de las hembras. Se da la fecundación y para el principio del verano, los embriones ya se encuentran en las últimas etapas de desarrollo, para nacer entre agosto y octubre, al final del verano - principio del otoño. Se da la ovulación y la siguiente fecundación, que dará inicio al segundo ciclo reproductivo que finalizará en marzo-abril, con el inicio de un nuevo ciclo. Se estima que el tiempo de gestación está alrededor de los 4 meses.

8. Discusión

8.1. Estructura de la población:

Es común en los elasmobranquios la segregación por sexo, tamaño, o edad, siendo ésta una estrategia reproductiva, o de forrajeo, para disminuir la competencia por los recursos. La segregación sexual se atribuye a

comportamientos de apareo y a la agresividad de los machos durante el mismo (Pratt y Carrier, 2005) mientras que la segregación por edad o talla responde a un cambio en la dieta respecto al crecimiento como parte de un mecanismo para que la especie pueda cohabitar el mismo espacio (Gray et al., 1997). Ordoñez (2004) reportó que no existen diferencias significativas entre las dietas de *U. chilensis* respecto a los estados de madurez, y las preferencias de alimento son coincidentes en ambos sexos, por lo tanto, la presión que ejerce la competencia por el alimento no es suficiente para provocar una segregación espacial, hecho que se observó en el presente estudio; la limitada distribución de los neonatos se debe a que las aguas someras ofrecen una mayor protección contra depredadores, además de que suelen ser zonas con mayor productividad las cuales ofrecen recursos fáciles de obtener y un rápido crecimiento, importante para contrarrestar la mortalidad por depredación. La población de *U. chilensis* tampoco muestra una segregación sexual y el hecho que desde el útero la proporción de machos y hembras no difiere de 1:1, sugiere poca segregación sexual, lo que garantiza la probabilidad de encuentro para el apareamiento. Es muy probable que la presencia de mayor número de machos o hembras en la captura en ciertos meses se deba a cuestiones del muestreo, sin embargo se puede observar una pequeña relación con el ciclo reproductivo. En abril se encontró que significativamente había más hembras que machos, probablemente porque la densidad de las hembras aumenta pues empiezan a congregarse poco antes para parir o buscar pareja para el apareamiento. Por otra parte, la mayor presencia de machos al fin de año puede responder a que la densidad de machos aumenta en su búsqueda de hembras disponibles, y sugiere una competencia entre los machos por acceder a las hembras.

De acuerdo a lo observado en el presente trabajo, la raya redonda es más abundante cerca de la costa, en aguas someras. Muchas especies de rayas cumplen este patrón que suele asociarse con eventos reproductivos. *Dasyatis sabina* se congrega en mayor densidad en aguas someras (Snelson, 1988) y *Urobatis halleri* entra en ellas para aparearse y dar a luz (Hoisington y Lowe, 2005) al igual que *R. productus* (Márquez-Farías, 2007); además es común que las hembras preñadas se encuentren en esta zona, pues la temperatura es

más cálida, lo que ayuda a disminuir el tiempo de gestación de las crías (White et al., 2001).

8.2. Composición de tallas y pesos:

Las longitudes totales máximas observadas en este estudio son similares a las que se reportaron en las costas del Pacífico Central Mexicano y costa occidental de Baja California Sur (Ordoñez, 2004), difiriendo sólo en un par de centímetros (44.5 por 42 cm hembras; 36.2 por 39.0 cm machos) y coinciden en la talla máxima reportada por McEachran (1995) de 41.9 cm. Por otra parte, la longitud total mínima en el presente trabajo es prácticamente la mitad de lo observado por Ordoñez, quien reporta una LT mínima para hembras de 15 cm y de 17.6 cm para machos, mientras que en este trabajo la LT mínima fue de 8.5 cm para hembras y 9.0 para machos. Es probable que estas diferencias se deban a que los muestreos en las costas de Michoacán, Guerrero y Baja California Sur se realizaron a profundidades mayores (la menor profundidad de muestreo fue alrededor de las 7 brazas) y de acuerdo a lo observado en nuestro estudio, las tallas más pequeñas que corresponden a neonatos y juveniles son más abundantes en bajas profundidades (2 bz).

Las hembras presentaron anchos de disco ligeramente mayores que los machos, particularidad común en otras rayas y grupos de elasmobranquios (Cortés, 2000) que se atribuye a una adaptación a la viviparidad, pues al aumentar el tamaño del disco aumenta la cavidad abdominal permitiendo albergar un número mayor de crías, o bien, pocas crías pero más grandes. Un tamaño corporal grande en las hembras será seleccionado siempre que las hembras más grandes produzcan más y/o mayores crías, es decir, que la fecundidad esté relacionada positivamente con la talla (Lucifora, 2003). Este trabajo muestra que en *U. chilensis* hay una relación significativa entre el tamaño de la madre y la cantidad de crías y óvulos que produce, por lo tanto, que las hembras crezcan más que los machos ha sido una característica evolutivamente ventajosa. De acuerdo a la relación entre el ancho de disco y el peso, se espera que al ser más grandes las hembras, éstas también sean

ligeramente más pesadas que los machos. Además, la alta representatividad de hembras en pesos mayores a los 0.4 kilos (peso cercano al máximo de machos) está dada principalmente por hembras en estado de gravidez, cuyos embriones contribuyen al peso total registrado.

8.3. Relación morfométrica talla-peso:

Determinar la relación entre el peso y la talla es importante para conocer la dinámica de la población y es de gran utilidad para el manejo de pesquerías puesto que las estimaciones de biomasa dependen de los valores de las constantes estimadas de dicha relación.

Los factores que influyen sobre las diferencias en el peso entre ejemplares de la misma talla son, principalmente, la cantidad de contenido estomacal, el estado de madurez, el peso del hígado y la condición del individuo. Entre machos y hembras las diferencias se deben en gran parte a la presencia de hembras gestantes en los muestreos (Kohler et al., 1996). Aún cuando se presentan diferencias en las curvas de la relación peso-longitud de ambos sexos en la raya redonda, tanto las hembras como los machos presentan un crecimiento alométrico positivo, en el que el peso aumenta más en proporción a la longitud del ancho de disco. En general, en los elasmobranquios hay una relación inversa entre la talla máxima y el crecimiento; usualmente, los machos son más pequeños que las hembras y alcanzan su talla máxima antes que éstas (Cortés, 2000; Braccini y Chiaramonte, 2002), lo cual coincide con lo encontrado en este trabajo, presentando los machos un aumento de peso con relación a la talla mayor que el que presentan las hembras.

8.4. Biología reproductiva:

- Madurez:

La talla de primera madurez es una característica que permite distinguir poblaciones de una misma especie puesto que forma parte de las propiedades fenotípicas que se expresan por la interacción del genotipo con el ambiente;

por tanto, establece las bases para evaluar la influencia de los eventos pesqueros, ya que en respuesta a una presión alta de pesca, las especies podrían disminuir su talla de primera madurez (Oddone et al., 2007; Yamaguchi, 2000).

En este trabajo se encontró que las hembras alcanzan tamaños más grandes y son más pesadas que los machos, sin embargo maduran (el 50%) a la misma talla que éstos, a 15.2 cm de AD. Ordoñez (2004) reporta tallas de madurez similares en las poblaciones del Pacífico Central Mexicano y la costa occidente de Baja California Sur, donde las hembras se consideraron maduras cuando alcanzan una LT mayor a los 25.2 cm (~14.9 cm de AD) y los machos cuando presentan tallas mayores a los 26.5 cm de LT (~15.1 cm de AD). Es común en tiburones y rayas un dimorfismo sexual en la talla máxima y en la talla a la que se alcanza la madurez sexual. Por lo general, cuando las hembras crecen más que los machos invierten los recursos en el crecimiento y esto se traduce a un retraso en la madurez sexual (Cortés, 2000). Es probable que en esta especie no se observe dicho desfase por la relación talla-peso observada. En las tallas previas a los 13 cm, es decir, previo a lo obtenido como talla de primera madurez, las hembras presentan un crecimiento con relación a la talla, mayor que los machos. Se puede pensar que de esta forma las hembras invierten en su crecimiento para madurar al mismo tiempo que ellos y una vez alcanzada la madurez sexual, disminuyen la inversión en aumento corporal para poder costear la reproducción, mientras que los machos pueden seguir invirtiendo en su crecimiento toda vez que el costo energético reproductivo es menor.

En el presente estudio, las hembras y machos maduran cuando alcanzan el 61% y 70% respectivamente, de su talla máxima, resultado similar a lo encontrado por Ordoñez (2004) para la población estudiada en el Pacífico Central Mexicano (60% y 67% de su talla máxima de hembras y machos respectivamente). McEachran y Carvalho (2002) reportan que la talla de primera madurez de las hembras de *U. microphthalmum* es a los 19 cm de LT, mientras que en los machos es entre los 22 y 24 cm de LT, es decir al 67% y ~82% de la talla máxima de hembras y machos, respectivamente. Trinnie et al., (2003) reportan que *U. paucimaculatus* alcanza la talla de primera madurez a

los 22.3 de AD (27 cm de LT) en hembras y 20.7 cm de AD en machos (27.8 cm de LT) y la talla máxima que reportaron los machos fue de 27.2 cm de AD, es decir, los machos alcanzan la talla de primera madurez cuando tienen el 76% de su talla máxima registrada. Por su parte, Babel (1967) reporta que las hembras de *U. halleri* maduran al alcanzar el 47% de su talla máxima y los machos cuando alcanzan el 58%. Comúnmente los elasmobranquios comienzan a madurar sólo cuando superan el 60% o más de su tamaño máximo (Holden, 1974), ya que la reproducción es un proceso que requiere un gasto considerable de energía y, cuando comienza, los recursos destinados para el crecimiento disminuyen. Los resultados obtenidos en el presente trabajo respaldan la suposición.

La relación entre el ancho del disco y el desarrollo de los ovocitos muestra que a partir de los 14 cm de AD éstos empiezan a crecer y para los 16 cm de AD, la mayor parte de las hembras poseen ovocitos bien desarrollados. Si correlacionamos esto con el ensanchamiento del útero y la glándula oviducal se observa una concordancia, pues su ancho muestra un crecimiento abrupto alrededor de los 15 cm de AD. Utilizando estos parámetros se concluiría que las hembras alcanzan su madurez dentro del intervalo de 14-16 cm de AD, intervalo en el que se encuentra la talla de madurez estimada.

La relación ancho del disco y longitud del gonopterigio es positiva; entre los 14 y 15 cm de AD se puede observar un pequeño salto en el crecimiento del gonopterigio y a un AD de 15 cm empiezan a abundar los organismos maduros. En cuanto a la relación entre la talla y la longitud testicular, alrededor de los 15 cm de AD también se observa un crecimiento abrupto del testículo y aumenta el número de organismos maduros. El estado de madurez se determinó mediante la evaluación de la condición del gonopterigio y los resultados obtenidos a partir del crecimiento del testículo respaldan la talla de madurez determinada, pues ésta coincide con el acelerado desarrollo de los testículos, indicando que a dicha talla los individuos están maduros o en proceso de estarlo.

8.5. Fecundidad

En este trabajo se reportó una fecundidad promedio de 1.8 crías por hembra, resultado similar a lo encontrado por Ordoñez (2004), quien reporta una fecundidad promedio de 1.7. En ambos trabajos, se encontró una relación positiva entre el tamaño de la madre y el número de crías gestantes, siendo las hembras de mayor talla las de mayor fecundidad; al aumentar el tamaño de las madres, la cavidad para albergar crías también aumenta y esto explica la relación entre la talla y la fecundidad; la relación muestra un valor de r^2 bajo por lo que la talla no puede ser un buen estimador, directo o único, de la fecundidad. La proporción sexual 1:1 de los embriones también fue similar en las poblaciones del Pacífico Central donde se analizaron 26 machos y 29 hembras.

La baja fecundidad es común en la familia Urotrygonidae (Babel, 1967; Almeida, 2000; Tellez et al., 2006; Fahy et al., 2007) donde el promedio de crías por camada es aproximado a 3. Una baja fecundidad está asociada a un periodo de gestación que produce crías de talla grande, la cual es una estrategia reproductiva importante para incrementar la supervivencia de los neonatos puesto que los hace menos susceptibles a la depredación. Entre mayor es el número de crías menor suele ser su talla de nacimiento, pero camadas grandes aseguran que al menos un pequeño porcentaje llegue hasta la edad reproductiva.

En la raya *U. chilensis* el ovario izquierdo es el funcional, ambos úteros albergan embriones, aunque el útero izquierdo fue el dominante y se observó una mayor fecundidad. Dicho patrón es común en varias rayas, Babel (1967) reporta que en *U. halleri* el útero derecho se desarrolla más lento que el izquierdo y propone que conforme aumenta el tamaño de la camada y la edad de la madre, el derecho se vuelve funcional aunque el izquierdo continúa recibiendo más óvulos. De igual forma, Fahy et al., (2008) observan que en *U. jamaicensis* el útero izquierdo es el dominante, aunque en algunos casos, encontraron que el derecho fue el único que contenía crías, o que albergaba más crías que el izquierdo. Ambos estudios sugieren que mientras las camadas

sean pequeñas, las blástulas se depositan en el útero izquierdo por la proximidad y el derecho entra en funcionamiento cuando camadas grandes demandan el uso simultáneo de ambos úteros.

8.6. Ciclo reproductivo y gestación

Wourms (1977) postula la existencia de tres tipos de ciclos reproductivos: 1) reproducción a lo largo de todo el año, 2) ciclo anual parcialmente definido, con uno o dos picos y 3) un ciclo reproductivo anual o bianual bien definido. La presencia de embriones terminales junto con óvulos maduros y, el patrón similar de desarrollo de los embriones y el crecimiento de los ovocitos, indican la posibilidad de un ciclo bianual. Por otra parte, la presencia de neonatos en primavera y otoño refuerza esta hipótesis. El traslape de los ciclos sugiere un tiempo de gestación de 4 a 5 meses. Wourms (1977) sugiere gestaciones en rayas vivíparas aplacentadas de 2 a 4 meses y Hamlett y Koob (1998) consideran que, en general, el periodo de gestación entre las rayas de la familias Urolophidae y Urotrygonidae es corto. Si bien las especies australianas de la familia Urolophidae presentan tiempos de gestación de 10 a 12 meses (White et al., 2001) hay varias especies de rayas en las que se han observado gestaciones cortas. En estudios realizados en cautiverio, se encontró que *Potamotrygon circularis* y *P. motoro* presentan más de tres ciclos reproductivos en un año, espaciados por periodos de 3 meses (Thorson et al., 1983), mientras que *Dasyatis americana* exhibe dos ciclos por año con tiempos de gestación que varían entre 4.5 y 7.5 meses (Henningsen, 2000); en *D. violacea* se sugieren 2 meses (Ranzi, 1934 in Babel, 1967) y Grijalba-Bendeck, et al., (2008) observaron en *R. percellens* dos nacimientos por año con periodos de gestación cortos. En géneros emparentados con *U. chilensis*, Babel (1967) propone 3 meses de gestación para *U. halleri*, y Fahy et al., (2008) asumen un ciclo reproductivo bianual con periodos de gestación de 5 a 6 meses en la raya amarilla *Urobatis jamaicensis*.

La mayoría de los elasmobranquios vivíparos tienen apareamiento sincrónico (Hamlett y Koob, 1999). Los resultados obtenidos en el presente trabajo no

pueden descartar la posibilidad de un ciclo reproductivo anual que implicaría un ciclo asincrónico. Sin embargo, la presencia de embriones en etapas tempranas de desarrollo embrionario en abril, indican una previa ovulación conjunta con el nacimiento de las crías, lo que da inicio a un nuevo ciclo reproductivo. Es necesario realizar un posterior muestreo de la producción y crecimiento de óvulos durante el segundo semestre del año, para confirmar la existencia del segundo ciclo reproductivo. Adicionalmente, se recomienda complementar con un monitoreo sistemático del peso del hígado, el cual juega un papel fundamental en la generación de lípidos que tienen que ver con los procesos reproductivos (Conrath, 2004).

9. Conclusiones:

- En la zona de la boca de Teacapán se encuentran organismos representativos de todos los estados de madurez: neonatos, juveniles, preñadas y maduros.
- Las hembras preñadas y los neonatos se distribuyen primordialmente en zonas de baja profundidad y cerca de las costas.
- No existe una segregación por sexo o estado de madurez y la proporción de machos y hembras en la zona fue igual.
- Las hembras de *U. chilensis* presentan tallas y pesos mayores que los machos.
- La relación morfométrica talla-peso de *U. chilensis* presentó diferencias significativas entre sexos, mostrando ambos crecimiento alométrico, siendo los machos los que crecen más en peso en relación a la talla.
- La condición y tamaño de los gonopterigios está relacionada con la talla del macho, en general empiezan a calcificarse a los 11.5 cm de AD.
- La talla de los testículos depende del estado reproductivo del macho, está correlacionada con la longitud del ancho de disco y tienden a desarrollarse a partir de los 10.5 cm de AD.
- El número de óvulos y su tamaño está relacionado positivamente con el tamaño de la madre.
- Sólo el ovario izquierdo es funcional.
- Las curvas de madurez sexual de machos y hembras son iguales. La talla de primera madurez de *U. chilensis* es aproximadamente de 15.2 cm de AD.
- Se estima que el ciclo reproductivo es bianual con un tiempo de gestación de 4 meses.
- La fecundidad promedio fue de 1.8 embriones por camada (min.1; máx.5) y está correlacionada positivamente con la talla materna.
- Las diferentes estrategias reproductivas pueden ser herramientas que ayuden a sustentar las divisiones de las familias de rayas redondas.

10. Referencias

- Álvarez-Rubio, M., F; A. Amezcua-Linares y A. Yañez-Arancibia. 1986. Ecología y estructura de las comunidades de peces en el Sistema Lagunar Teacapan-Agua Brava, Nayarit, México. *Anuales del Centro Ciencias del Mar y Limnología*, UNAM 185-242.
- Almeida, Z.S; J.S, Nuñez; C.L, Costa. 2000. Presencia de *Urotrygon microphthalmum* (Elasmobranchii: Urolophidae) en aguas bajas de Maranhão y notas sobre su biología. *Biol. Invest. Mar. Cost.* 29:67- 72.
- Amezcua-Linares, F. 1996. Peces demersales de la Plataforma Continental del Pacífico de México. ICMYL. UNAM. México.
- Babel, J.S. 1967. Reproduction, life history and ecology of the round stingray, *Urolophus halleri* Cooper. *Fisheries Bulletin of the California Department of Fish and Game.* 137:1-104.
- Berlanga-Robles, C.A, J. Acosta Velásquez; A. Ruiz-Luna; N.A. Trilles Ríos. 2000. Caracterización de los patrones espaciales del paisaje y bosque de manglar del Sistema Lagunar Teacapán- Agua Brava, México, a partir de análisis de imágenes LANDSAT ETM+ del 2000. XIV Congreso de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. FEMISCA.
- Berman, R. y D.R. Brooks. 1994. *Escherbothrium molinae* n. gen. et n. sp. (Eucestoda: Tetraphyllidea: Triloculariidae) in *Urotrygon chilensis* (Chondrichthyes: Myliobatiformes: Urolophidae) from the Gulf of Nicoya, Costa Rica. *J. Parasitol.* 80(5): 775-780.
- Bizzarro, J.J; W.D., Smith; J.F., Márquez-Farías; R.E., Hueter. 2007. Artisanal fisheries and reproductive biology of the goleen cownose ray, *Rhinoptera steindachneri* Evermann and Jenkins, 1891, in the northern Mexican Pacific. *Fisheries Research.* 84. 137-146.

- Bonfil, R. 1994. Overview of the World Elasmobranchs Fisheries. FAO Fisheries Technical Paper. 341. Rome
- Braccini, JM; GE, Chiaramonte. 2002. Biología de la raya *Psammobatis extenta*. Revista chilena de Historia Natural 75:179- 188.
- Braccini, J.M; B.M., Gillanders; T.I., Walker. 2006. Determining reproductive parameters species with asynchronous ovulation and parturition: piked spurdog (*Squalus megalops*) as a case study. Marine Fresh Water Research. 57. 105-119.
- Brander, K. 1981. Disappearance of common skate *Raja batís* from de Irish Sea. Nature. 290:48-49.
- Carrier, J.C; H.L. Pratt; J.I. Castro. 2004. Reproductive Biology of Elasmobranchs. In Carrier, J.C; J.A. Musick; M. H. Heithaus. (eds). Biology of sharks and their relatives. CRC Marine Biology Series. Florida. Pp. 269- 286.
- Carta Nacional Pesquera. 2006. Diario oficial de la Federación. 25 agosto 2006.
- Casey, J.M. y R.A. Myers. 1998. Near extinction of a large, widely distributed fish. Science. 281:690-692.
- Castro-Aguirre, J.L. y H. Espinosa Pérez. 1996. VII Catálogo Sistemático de las Rayas y Especies Afines de México (Chondrichthyes: Elasmobranchii: Rajiformes: Batoideiomorpha). Instituto de Biología, UNAM. México. Pp. 75.
- Chapman, D.D; M.J. Corcoran; G.M. Harvey; S. Malan y M.S. Shivji. 2003. Mating behavior of southern stingrays, *Dasyatis americana* (Dasyatidae). Environmental Biol. Fishes. 68: 241-245.

- Compagno, L.V. 1990. Alternative life-history styles of cartilaginous fishes in time and space. *Environmental Biology of Fishes*. 28:33-75.
- Compagno, L.V. 1999a. Systematics and Body Form. *In* Hamlett, W.C. (ed). Sharks, skates and rays: the biology of Elasmobranch Fishes. Johns Hopkins University Press. Baltimore. Pp. 1-42.
- Compagno, L.V. 1999b. Batoid Fishes. General Remarks. *In* Carpenter, K.E; V.H. Niem. (eds). FAO Species Identification Guide for Fishery purposes. The living marine resources of the Western Central Pacific Volume 3. Batoid fishes, chimaeras and bony fishes part 1 (Elopidae to Linophrynidae). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. Pp. 1398-1471.
- Compagno, L.V. 2005. Checklist of living Chondrichthyes. *In* W.C. Hamlett, Reproductive biology and phylogeny of Chondrichthyes: Sharks, Batoids and Chimaeras. Science Publishers, USA. 503-548.
- Conrath, C. 2004. Reproductive Biology. *In* Elasmobranch Fisheries Management Techniques. Musick, J. y R. Bonfil (eds). APEC. Singapur
- Cortés, E. 1998. Demographic analysis as an aid in shark stock assessment and management. *Fisheries Research*. 39: 199-208.
- Cortés, E. 2000. Life history patterns and correlations in sharks. *Reviews in Fisheries Science*. 8(4): 299-344.
- Corro- Espinosa, D. y A. Hernández-Carvalho. 2002. Tiburones y rayas de Sinaloa. *In* Cifuentes, J.L; J.Gaxiola. (eds). Atlas de la biodiversidad de Sinaloa. Colegio de Sinaloa. Culiacán. Pp. 291-299.
- Crawley, MJ. 2002. Statistical Computing: An introduction to Data Analysis using S-Plus. Wiley. England. 563-580.

- Curray, J.R; F.J. Emmel y P.J. Crampton. Lagunas Costeras. Mem. Simp. Intern. *In* Ayala-Castellares, A. y F.B. Phleger (eds.) UNAM-UNESCO
- Douady, C.J; M. Dosay; M.S. Shivji; M.J. Stanhope. 2003. Molecular phylogenetic evidence refuting the hypothesis of Batoidea (rays and skates) as derived sharks. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 26. 215-221.
- Ebert, D.A. 2003. Sharks, rays and Chimaeras of California. ed. University of California Press. China. Pp. 284.
- FAO. 2000. Fisheries Management. 1. Conservation and Management of Sharks. FAO. Roma. pp. 4.
- FAO. 2007. Estado Mundial de la Pesca y Acuicultura 2006. Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO. Roma. Pp. 197
- Grijalba-Bendeck, M; A. Acero y E. González. 2008. Biología reproductiva de la *Rhinobatos percellens* (Walbaum, 1792) (Batoidea: Rajiformes) en el Caribe colombiano. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 43(3): 469-481.
- Hamlett, W.C. 1999. Male Reproductive System. *In* Hamlett, W.C. (ed). *Sharks, Skates and Rays: the biology of Elasmobranchs Fishes*. Johns Hopkins University Press. Baltimore. Pp. 444-470.
- Hamlett, W.C; T.J. Koob. 1999. Female Reproductive System. *In* Hamlett, W.C. (ed). *Sharks, Skates and Rays: the biology of Elasmobranchs Fishes*. Johns Hopkins University Press. Baltimore. Pp. 398-443.
- Hastie, T. y R. Tibshirani. 1990. *Generalized Additive Models*. Chapman and Hall. London.

- Hennemann, R.M. 2001. Sharks and rays, Elasmobranch guide of the World. IKAN Unterwasserarchiv. Alemania. Pp. 304.
- Henningsen, A.D. 2000. Notes on reproduction in the southern stingray, *Dasyatis americana* (Chondrichthyes: Dasyatidae), in a captive environment. Copeia. 3: 826-828.
- Holden, M.J. 1974. Problems in the racional exploitation of elasmobranch populations and some suggested solutions *In* Harden- Jones (eds). Sea Fisheries Research. John Wiley and Sons, New York. Pp 117-137.
- Johnson, M.R. y F.F. Snelson. 1996. Reproductive life history of the Atlantic stingray *Dasyatis sabina* (Pisces, Dasyatide), in the freshwater St. Johns River, Florida. Bulletin of Marine Science. 59(1): 74-88.
- Kobelkowsky, A. 2004. Sistema digestivo y dimorfismo sexual dental de las rayas. *In* Lozano, M; J. Contreras y A. Contreras. Homenaje al Doctor Andrés Reséndez Medina. Universidad Autónoma de Nuevo León. México. Pp. 316
- Kohler N.E, Casey J.G, Turner P.A. 1996. Length-length and length-weight relationships for 13 shark species from the Western North Atlantic. US Dep Commer, NOAA Tech Memo NMFS NE 110. 1-22
- Lamilla, J. y C. Bustamante. 2005. Guía para el reconocimiento de tiburones, rayas y quimeras de Chile. Oceana. 17. 1-80.
- Lucifora, LO. 2003. Ecología y Conservación de los Grandes Tiburones Costeros de Bahía Anegada, Provincia de Buenos Aires, Argentina. Tesis de Doctorado. Universidad Nacional de Mar de Plata. Pp 410.

- Lucifora, L.O; R.C., Menni; A.H., Escalante. 2002. Reproductive ecology and abundance of the sand tiger shark *Carcharias taurus*, from the southwestern Atlantic. ICES Journal of Marine Science. 59. 553-561.
- Marques, F; D. Brooks y S. Monks. 1995. Five new species of *Acanthobothrium* Van Beneden, 1849 (Eucestoda: Tetracanthocephala: Onchobothriidae) in stingrays from the Gulf of Nicoya, Costa Rica. Journal of parasitology. 81(6): 942-951.
- Márquez-Farías, J.F. 2002. The artisanal ray fishery in the Gulf of California: development, fisheries research and management issues. IUCN Shark Specialist Group. Sharks News 14. 1-5.
- Márquez-Farías, J.F. 2007. Reproductive biology of shovelnose guitarfish (*Rhinobatos productus*) from the eastern Gulf of California Mexico. Mar. Biol. 151, 1445–1454.
- Márquez-Farías, J.F. y M.P. Blanco-Parra. 2006. Las rayas del Golfo de California. In Sustentabilidad y Pesca Responsable en México, Evaluación y Manejo. Instituto Nacional de la Pesca, SAGARPA. México. 303- 322.
- McCullagh, P. and J. A. Nelder. 1989. Generalized Linear Models. Chapman and Hall: London.
- McEachran, J.D. 1995. Familia Urolophidae. In Fisher W; F. Krupp; W. Schneider; C. Sommer; K.E. Carpenter; V.H. Niem. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de pesca. Pacífico centro-oriental. Vol. II. Vertebrados- Parte 1. Roma. Pp. 647-1200.
- McEachran, J.D; N. Ashliman. 2004. Phylogeny of Batoidea. In Carrier, J.C; J.A. Musick; M. H. Heithaus. (eds). Biology of sharks and their relatives. CRC Marine Biology Series. Florida. Pp. 79-113.

- McEachran, J. D. y M.R., Carvalho. 2002. Familia Urotrygonidae. *In* Carpenter, K. The living marine resources of the Western Central Atlantic. Volume 1: Introduction, molluscs, crustaceans, hagfishes, sharks, batoid fishes, and chimaeras. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. Pp. 572-573.
- Musick, J.A; G., Burgess; G., Calliet; M., Camhi y S., Fordham. 2000b. Management of sharks and their relatives (Elasmobranchii). *Fisheries*. 25. 9-13.
- Musick, J.A; M.M., Harbin; S.A., Berkeley; G.H., Burgess; A.M., Eklund; L., Findley; R.G., Gilmore; J.T., Golden; D.S., Ha; G.R., Huntsman; J.C., McGovern; S.J., Parker; S.G., Pross; E., Sala; T.W., Schmidt; G.R., Sedberry; H., Weeks; S.G., Wriugh. 2000a. Marine, estuarine, and diadromous fish stocks at risk of extinction in North America (exclusive of Pacific salmonids). *Fisheries*. 25 (11). 6-30.
- Neer, J.A; B.A, Thompson. 2005. Life history of the cownose ray *Rhinoptera bonasus*, in the Northern Gulf of Mexico, with comments of geographic variability in life history traits. *Environmental Biology of Fishes*. 73: 321-3331.
- Oddone, M.C; A.F. Amorim; P.L. Mancini; W. Norbis y G. Velasco. 2007. The reproductive biology and cycle of *Rioraja agassizi* (Müller y Henle, 1841) (Chondrichthyes: Rajidae) in southeastern Brazil, SW Atlantic Ocean. *Scientia Marina* 71(3): 593-604.
- Ordoñez, J. 2004. Aspectos reproductivos y alimenticios de la raya pinta *Urotrygon chilensis* (Gunther, 1871) (Pisces: Urolophidae) en el Pacífico Central Mexicano. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Pp 62.

- Pratt, H.L.; J.C., Carrier. 2005. Elasmobranch Courtship and Mating Behaviour *In* Hamlett, W.C. Reproductive Biology and Phylogeny of Chondrichthyes. Science Publishers Inc. India.
- Snelson, F.F; S.E. Williams-Hoopes; T.H., Schmid. 1988. Reproduction and ecology of the Atlantic stingray, *Dasyatis Sabina*, in Florida coastal lagoons. *Copeia*. 1988(3): 729-739.
- Stevens, J.D; R., Bonfil; N.K., Dulvy y P.A., Walker. 2000. The effects of fishing on sharks, rays, and chimaeras (chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. *ICES Journal of Marine Science*. 57. 476-494.
- Summers, A.P. 2000. Stiffening the stingray skeleton – An Investigation of Durophagy in Myliobatid Stingrays (Chondrichthyes, Batoidea, Myliobatidae). *Journal of Morphology*. 243: 113-126.
- Téllez, L; C, Vargas; M, Grijalba- Bendeck. 2006. Algunos aspectos biológicos de *Urotrygon venezuelae* Schultz, 1949, (Elasmobranchii, Rajiformes, Urolophidae), capturada en Playa Salguero, Santa Marta, Caribe de Colombia (Abstract). Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, Colombia.
- Thorson, T.B; J.K, Langhammer y M.I. Oetinger. 1983. Reproduction and development of the South american freshwater stingrays, *Potamotrygon circularis* and *P. motoro*. *Environmental Biology of Fishes*. 9(1): 3-24.
- Tricas, T.C. 1980. Courtship and mating-related behaviors in Myliobatid rays. *Copeia* 1980(3): 553-556.
- Trinnie, FI; TI, Walker; L, Laurenson; P, Jones. 2003. Demographic biology of the sparsely-spotted stingaree *Urolophus paucimaculatus* from southeastern Australia (Abstract) ASIH/AES, Florida

- Walker, T.I. 2005. General biology of chondrichthyan fishes. Seaweek. March. Australia.
- White, WT; ME, Platell; IC Potter. 2001. Relationship between reproductive biology and age composition in *Urolophus lobatus*. Marine Biology 138:347-355.
- Wourms, J.P. 1977. Reproduction and development in chondrichthyan fishes. American Zoology. 17. 379-410.
- Yamaguchi, A; T. Taniuchi y M. Shimizu. 2000. Geographic variations in reproductive parameters of the starspotted dogfish, *Mustelus manazo*, from five localities in Japan and Taiwan. Environmental Biology of Fishes. 57: 221-233.
- Yano, K.; S. Fumihiko; T. Takahashi. 1999. Observations of mating behavior of the manta ray, *Manta birostris*, at the Ogasawara Islands, Japan. Ichthyol. Res. 46(3): 289-296.
- Yañez-Arancibia, A. y F. Amezcua-Linares. 1979. Ecología de *Urolophus jamaicensis* (Cuvier) en Laguna de Términos un Sistema Estuarino del Sur del Golfo de México. Pisces: Urolophidae. Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. 6(2).