



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA
Unidad Académica Mazatlán, Sinaloa
(Biología Marina)

**BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DE LA RAYA ENANA, *Urotrygon nana* MIYAKE Y
McEACHRAN, 1988, EN LAS COSTAS DE SINALOA, MÉXICO**

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA:
Prisma Nava Nava

TUTOR PRINCIPAL:

Dr. J. Fernando Márquez Farías (FACIMAR, UAS)

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR:

Dr. Xavier Chiappa Carrara (UMDI-Sisal)

Dra. Elaine Espino Barr (PCML, UNAM)

Dr. Javier Tovar Ávila (PCML, UNAM)

Dr. Felipe Galván Magaña (CICIMAR, IPN)

MÉXICO, D. F. Julio 2013



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.

DEDICATORIA

En memoria de mis padres Mireya y Enrique, quienes siempre me apoyaron, confiaron e inspiraran a seguir adelante a pesar de todo.

A mis hermanos, Enrique, Ivonne, Evelyn y Elias por estar conmigo y apoyarme en todo momento.

A mis sobrinos: Juanito, Lupita y Eluney.

A Osvaldo por todo su gran apoyo, comprensión y amor incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la fortaleza necesaria para seguir adelante, llenarme de bendiciones y poner en mi camino a todas aquellas personas que me han ayudado y brindado su amistad.

A mis padres por darme la vida y hacer de mí la persona que soy, por sus sabios consejos, enseñanzas y apoyo incondicional; pero sobre todo por creer y confiar en mí.

A mis hermanos por apoyarme en todo momento, pero sobre todo por alentarme a seguir adelante con mis sueños y estar siempre al pendiente de mí, especialmente a mi hermana Evelyn, quien ha sido el motor principal de mi vida, sin ella nada de esto sería posible. Muchas gracias hermana.

A mis sobrinos Juanito, Lupita y Eluney por llenar de alegría la casa, los quiero mucho.

A mis cuñados Guillermo y Emilio por su apoyo, consejos y por estar al pendiente de mí.

A mi cuñada Natalia por toda su ayuda y consejos, por preocuparse por mí.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y al Instituto de Ciencias del Mar y Limnología por abrirme sus puertas y formarme académicamente durante estos años, a la Unidad Académica Mazatlán por recibirme y darme la oportunidad de continuar con mis estudios de maestría.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico brindado para la realización de ésta tesis.

A mi director de tesis, Dr. J. Fernando Márquez Farías por aceptarme como su alumna, por confiar en mí, brindarme su amistad y compartirme sus conocimientos, pero sobre todo por ayudarme en la realización de éste trabajo. Muchas gracias por todo Fer.

Al Dr. Javier Tovar Ávila por su gran ayuda, tiempo y dedicación en la revisión de éste trabajo; sus comentarios y sugerencias tan acertadas lo mejoraron mucho. Muchas gracias Doctor por compartirme sus conocimientos, por su disposición y enorme ayuda.

A la Dra. Elaine Espino Barr por sus aportes, sugerencias y críticas constructivas; las cuales ayudaron a mejorar el trabajo. Gracias Doctora por su gran ayuda.

Al Dr. Xavier Chiappa Carrara por sus aportes y sugerencias realizadas; los cuales enriquecieron el trabajo. Gracias Doctor por sus comentarios.

Al Dr. Felipe Galván Magaña por sus comentarios y sugerencias realizadas hacia éste trabajo, los cuales ayudaron a mejorarlo. Gracias Doctor por su ayuda.

A Margarita Cordero por toda su ayuda, consejos, amistad, tiempo y disposición para la realización de todos los trámites escolares. Muchas gracias Magaly por tu constante ayuda durante el transcurso de mi estadía en Mazatlán.

A Diana Juárez, Lupita Godoy, Chantal Guerrero y Gabriela Almaraz por toda su ayuda y disposición para la realización de todos los trámites escolares.

A Clara Ramírez por su incondicional apoyo en la búsqueda de información bibliográfica, por su amistad y buena disposición. Muchas gracias por todo Clarita.

A todos mis maestros y compañeros de maestría por sus enseñanzas, consejos y amistad durante estos dos años.

Al Centro Regional de Investigación Pesquera (CRIP–Mazatlán) del Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA) por facilitarme parte de los datos para la elaboración de éste trabajo, e igualmente agradezco mucho a los técnicos que participaron, especialmente a Vicente Moreno por su gran ayuda, tiempo y disposición.

A la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS) por su financiamiento para la obtención de datos complementarios a través de los proyectos PROFAPI No. 81 y 101, los cuales fueron operados por la Facultad de Ciencias del Mar (FACIMAR).

A la Facultad de Ciencias del Mar (FACIMAR) por permitirme hacer uso de sus laboratorios para el procesamiento de las muestras.

A los pescadores de Teacapán por permitirnos obtener muestras de sus capturas. Muchas gracias por su ayuda, tiempo y amistad.

Al laboratorio de histología del Centro Regional de Investigación Pesquera (CRIP–Mazatlán) por permitir usar sus instalaciones para el trabajo histológico; le agradezco mucho al responsable del laboratorio, M. en C. Vicente Hernández Covarrubias por ayudarme, compartirme sus conocimientos, por su tiempo y dedicación. Muchas gracias Vicente por tu enorme ayuda, paciencia, amistad y las horas agradables de trabajo.

A Guillen por su enorme ayuda durante la realización de los cortes histológicos. Muchas gracias Guillen por todo tu apoyo, tiempo, dedicación, por tu amistad sincera y por todas aquellas horas tan gratas de trabajo que pasamos juntos.

A la Dra. Eva Coteró y a la Dra. Reina Castro por su ayuda, tiempo y disposición para la revisión de los cortes histológicos. Muchas gracias por compartirme sus conocimientos.

Al Dr. Gustavo Rodríguez por facilitarme el equipo necesario para la revisión y toma de fotos de los cortes histológicos.

A Osvaldo Resendiz Berumen por su gran ayuda, tiempo y dedicación en los muestreos en el laboratorio. Muchas gracias amor por estar siempre a mi lado en las buenas y malas, por todos tus consejos, por darme ánimo siempre que lo necesité, por no dejarme caer e incitarme a seguir luchando por nuestros sueños. Le agradezco mucho a Dios y a la vida por ponerte en mi camino. Te amo...

A la familia Resendiz Berumen, quienes desde el primer día de mi estadía en Mazatlán me acogieron con mucho cariño e hicieron parte de su familia.

A mis compañeros del laboratorio de Investigación: Dr. David Serrano, Poncho, Abarca, Medel, Tony, Anabel y Raúl por su amistad y todos los ratos agradables.

A Raúl Lara y Alfonso Portillo por su ayuda y tiempo en los muestreos de campo y por compartir sus conocimientos conmigo.

A mis amigas de siempre Lupita y Elizabeth por estar siempre al pendiente de mí y por mantener intacta nuestra amistad a pesar de la distancia. Muchas gracias amigas por estar a mi lado en las buenas y malas, darme ánimos y creer en mí, las quiero mucho.

A mi amigo Jorge por brindarme su amistad sincera, por estar al pendiente de mí y ayudarme en todo momento. Te quiero mucho amigo, gracias por todo.

A mi amigo Pablo Meza Prado, por estar ahí en las buenas y malas; por creer y confiar en mí y darme muchos ánimos para seguir adelante. Muchas gracias por tus consejos Pablo y por hacer agradable mi estadía en Mazatlán.

A todas aquellas personas que pude haber olvidado mencionar, muchas gracias.

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	15
1.1. Biología reproductiva	18
1.2. Ciclos reproductivos de los elasmobranquios	20
1.3. Importancia de la reproducción	21
1.4. Indicadores de la madurez sexual.....	22
1.5. Posición taxonómica de <i>Urotrygon nana</i>	24
1.6. Descripción de la especie	24
1.7. Distribución	26
2. ANTECEDENTES	27
3. JUSTIFICACIÓN	30
4. HIPÓTESIS	31
5. OBJETIVOS	32
5.1. Objetivo general	32
5.2. Objetivos particulares	32
6. ÁREA DE ESTUDIO	33
7. MATERIALES Y MÉTODOS	36
7.1. Muestreo Biológico	37
7.2. Determinación del estado de madurez.....	38
7.3. Análisis de datos.....	40
7.3.1. Análisis de las capturas.....	40
7.3.2. Estructura de longitudes y pesos.....	41
7.4. Relación talla–peso (AD–P)	41
7.5. Aspectos reproductivos	42
7.5.1. Proporción de sexos	42
7.5.2. Descripción del sistema reproductor	43
7.5.3. Estados de madurez.....	43
7.6. Proporción de madurez sexual.....	43
7.7. Fecundidad	45
7.8. Talla de nacimiento	45

7.9. Ciclo de ovulación y gestación.....	45
8. RESULTADOS	46
8.1. Análisis de la captura.....	46
8.2. Estructura de longitudes	49
8.3. Estructura de pesos	54
8.4. Relación talla–peso (AD–P)	54
8.5. Aspectos reproductivos	57
8.5.1. <i>Proporción de sexos</i>	57
8.5.2. <i>Descripción del sistema reproductor</i>	57
8.5.2.1. Sistema reproductivo de hembras	57
8.5.2.2. Sistema reproductivo de machos	62
8.5.3. <i>Estados de madurez</i>	65
8.5.3.1. Madurez sexual en hembras	65
8.5.3.2. Madurez sexual en machos.....	67
8.6. Proporción de madurez sexual.....	69
8.7. Fecundidad	73
8.8. Talla de nacimiento	75
8.9. Ciclo de ovulación y gestación.....	76
9. DISCUSIÓN	78
9.1. Análisis de la captura.....	78
9.2. Estructura de longitudes y pesos	79
9.3. Relación talla–peso (AD–P)	80
9.4. Aspectos reproductivos	81
9.4.1. <i>Proporción de sexos</i>	81
9.4.2. <i>Descripción del sistema reproductor</i>	81
9.4.3. <i>Estados de madurez</i>	84
9.5. Proporción de madurez sexual.....	84
9.6. Fecundidad	85
9.7. Ciclo de ovulación y gestación.....	86
10. CONCLUSIONES	88
11. REFERENCIAS	90

Índice de figuras y tablas

Figura		Página
1	Vista dorsal de <i>Urotrygon nana</i> .	25
2	Distribución de <i>Urotrygon nana</i> (tomado de www.iucnredlist.org).	26
3	Laguna de Teacapán, Sinaloa, México.	35
4	Esquema de medidas morfométricas de <i>U. nana</i> .	37
5	Composición mensual por sexo de <i>U. nana</i> capturados en las faenas de pesca de camarón durante los años 1997–2012 en Teacapán, Sinaloa.	47
6	Distribución de <i>U. nana</i> por profundidad y estado de madurez para hembras (a) y machos (b), 1 = neonato, 2 = juvenil, 3 = adulto y 4 = preñez (en el caso de las hembras) capturados en las faenas de pesca de camarón durante los años 1997–2012 en Teacapán, Sinaloa.	48
7	Estructura de tallas de <i>U. nana</i> para hembras y machos capturados en las faenas de pesca de camarón durante los años 1997–2012 en Teacapán, Sinaloa.	49
8	Relación longitud total-ancho de disco para hembras de <i>U. nana</i> . Con ambas ecuaciones a) $LT = -2.57 + 1.95 AD$ y b) $AD = 1.83 + 0.49 LT$ con sus respectivas regresiones lineales e intervalos de confianza de la regresión.	51
9	Relación longitud total-ancho de disco para machos de <i>U. nana</i> . Con ambas ecuaciones a) $LT = -2.02 + 1.92 AD$ y b) $AD = 1.45 + 0.50 LT$ con sus respectivas regresiones lineales e intervalos de confianza de la regresión.	52
10	Estructura de tallas de <i>U. nana</i> para hembras (h) y machos (m) por estado de madurez (1 = neonato, 2 = juvenil, 3 = adulto, 4 = preñada).	53
11	Estructura en peso total de hembras y machos de <i>U. nana</i> capturados en las faenas de pesca de camarón durante los años 1997–2012 en Teacapán, Sinaloa.	54
12	Relación talla–peso de <i>U. nana</i> para hembras (a) y machos (b).	56

13	Ovario de una hembra madura de <i>U. nana</i> .	58
14	Corte transversal del ovario de una hembra madura de <i>U. nana</i> . Om: Ovocito maduro, Oa: Ovocito atrésico, Oe: Órgano epigonal, Ov: Ovocitos, Ofv: Ovocito con formación de vitelo, t: teca. Hematoxilina-eosina 4x.	59
15	Vista de la glándula oviducal de una hembra madura de <i>U. nana</i> .	60
16	Corte transversal de la glándula oviducal de una hembra madura de <i>U. nana</i> . Lu: Lumen, Cs: Células secretoras, Gt: Glándulas tubulares alargadas. Hematoxilina-eosina	60
17	Úteros de una hembra madura de <i>U. nana</i> .	61
18	Corte transversal del útero de una hembra madura de <i>U. nana</i> . Cm: Capa muscular longitudinal, e: Irrigación arteriovenosa, Tc: Tejido conjuntivo, P: papilas. Hematoxilina-eosina.	62
19	Testículos de un macho maduro de <i>U. nana</i> .	63
20	Corte transversal de testículo de un macho maduro de <i>U. nana</i> . Es1: Espermatogonia primaria, Es2: Espermatogonia secundaria, Ec1: Espermatozocito primario, Ec2: Espermatozocito secundario, Esp1: Espermátida primaria, E: Espermatozoides, Ea: Arreglo espermático, Oe: Órgano epigonal, Se: secreción eosinófila. Hematoxilina-eosina 10x.	64
21	Relación entre la talla de hembras de <i>U. nana</i> con el diámetro de la glándula oviducal.	66
22	Relación entre la talla de hembras de <i>U. nana</i> con el ancho del útero.	66
23	Relación entre la talla de hembras de <i>U. nana</i> con el diámetro máximo de los ovocitos.	67
24	Relación entre la talla de machos de <i>U. nana</i> con la longitud del testículo.	68
25	Relación entre la talla de machos de <i>U. nana</i> con la longitud del gonopterigio.	69

26	Proporción de madurez sexual para hembras de <i>U. nana</i> con intervalos de confianza (95%).	70
27	Proporción de madurez sexual para machos de <i>U. nana</i> para cada índice; I1: línea continua; I2: línea discontinua roja; I3: línea discontinua gris, con sus respectivos intervalos de confianza (95%).	70
28	Relación entre el ancho de disco de hembras y el número de embriones de <i>U. nana</i> .	74
29	Distribución de frecuencia de embriones por hembra de <i>U. nana</i> .	74
30	Crecimiento de neonatos por mes de <i>U. nana</i> .	75
31	Proporción mensual de estados de desarrollo de hembras y machos de <i>U. nana</i> .	76
32	Diámetro mensual de los ovocitos de hembras maduras, (d.e. = 1.38).	77
33	Crecimiento embrionario de <i>U. nana</i> por mes (d.e. = 1.05).	77

Tabla		Página
1	Escala de madurez propuesta para <i>U. aspidura</i> y <i>U. rogersi</i> (Mejía–Mercado, 2006), modificando algunos de ellos con base a las observaciones realizadas durante el presente estudio.	39,40
2	Organismos de <i>U. nana</i> capturados en las faenas de pesca de camarón durante los años 2007–2012 en Teacapán, Sinaloa: n = número total, ♀ = hembras, ♂ = machos, Interv. talla = intervalo de talla (cm), Talla prom.= talla promedio (cm).	46
3	Valores obtenidos de las ecuaciones de la relación entre la longitud total y el ancho de disco para hembras y machos de <i>U. nana</i> . También se indica el número de organismos (n), ordenada al origen (a) y pendiente (b) con sus respectivos intervalos de confianza, coeficiente de correlación (r^2) y el valor de probabilidad (p).	50
4	Valores de la pendiente (b) de la relación talla–peso para hembras y machos de <i>U. nana</i> , y los estadísticos de la prueba de t-student ($gl_{\text{hembras}} =$	55

	1339; $g_{\text{machos}} = 1312$; $\alpha = 0.05$).	
5	Prueba de Tukey para cada uno de los índices de condición para machos.	71
6	Datos tabulados para cada índice de madurez para machos de <i>U. nana</i> .	72
7	Valores de los parámetros de las ojivas de madurez de hembras (♀) y machos (♂).	73

RESUMEN

La raya enana, *Urotrygon nana*, se distribuye en aguas tropicales en la zona central del Océano Pacífico Oriental, desde el Golfo de California hasta el sur de Panamá. A pesar de no ser una especie explotada con fines comerciales, se capturan grandes cantidades como fauna de acompañamiento en las pesquerías demersales de arrastre. El objetivo del presente estudio es aportar información sobre la biología reproductiva de la especie. Se realizaron muestreos mensuales durante mayo–diciembre del 2007, marzo–noviembre del 2008, enero–octubre del 2009, abril del 2010, agosto–diciembre del 2011 y enero–julio del 2012 en Teacapán, Sinaloa. Se analizaron un total de 2,724 organismos (1,391 hembras y 1,333 machos). La talla de las hembras estuvo en un intervalo de 4.2–15.1 cm de ancho de disco (AD) (7.7–26.5 cm de longitud total, LT) y la de los machos de 3.3–12.5 cm de AD (5.9–23.0 cm de LT). La talla más recurrente de captura para ambos sexos fue de 9.4–11.0 cm de AD. Los organismos maduros fueron el principal componente de la captura para ambos sexos. La proporción de sexos (hembras:machos) no fue significativamente diferente entre los neonatos (0.67:1), juveniles (0.79:1) y adultos (1.17:1). En la relación AD-peso se observó que las hembras son más grandes y pesadas que los machos, presentándose un crecimiento de tipo alométrico positivo en ambos sexos. El modelo logístico sugiere que 50% de las hembras están maduras a los 7.5 cm de AD, en los machos depende del criterio adoptado para definir la madurez, se encontró entre 8.2–8.5 cm de AD (considerando el grado de calcificación y rotación de los gonopterigios y la presencia de semen respectivamente). En las hembras se observó que ambos úteros son funcionales, pero se notó predominancia en las estructuras del lado izquierdo. Los machos presentaron ambos testículos con el mismo nivel de desarrollo. La fecundidad fue de 1–6 embriones. La talla de nacimiento estimada fue 4.7–5.4 cm de AD (7.6–8.6 cm de LT). Los embriones que presentaron talla cercana a la de nacimiento se encontraron en invierno y verano, lo que sugiere un periodo de gestación de aproximadamente 4–5 meses.

Palabras clave: proporción de sexos, talla de madurez, fecundidad, talla de nacimiento, *Urotrygon nana*.

Nava–Nava P. Tesis Maestría ICMYL–UNAM.

ABSTRACT

The dwarf round stingray, *Urotrygon nana*, is found in tropical waters of the central Eastern Pacific Ocean, from the Gulf of California to south of Panama. Despite not being a commercial exploited species, large amounts are incidentally caught in the trawl demersal fisheries. The objective of the present study is to provide information on the reproductive biology of the species. Monthly samplings were carried out during may–december 2007, march–november 2008, january–october 2009, april 2010, august–december 2011 and january–july 2012 in Teacapan, Sinaloa. A total of 2,724 organisms (1,391 females and 1,333 males) were analyzed. The size of females ranged 4.2–15.1 cm of disc width (DW) (7.7–26.5 cm of total length, TL) whereas the size of males ranged 3.3–12.5 cm of DW (5.9–23.0 cm of TL). The most recurrent captured size for both sexes was 9.4–11.0 cm of DW. Mature organisms were the main component of the catches for both sexes. Sex ratio (females:males) was not significantly different among neonates (0.67:1), juveniles (0.79:1) and adults (1.17:1). In the relation DW-weight, it was observed that females are larger and heavier than males, with positive allometric growth for both sexes. The logistic model showed that 50% of females are mature at 7.5 cm of DW, in males the length at maturity depended on the criterion adopted to determine maturity, was found between 8.2–8.5 cm of DW (considering of calcification and rotation of the claspers and presence of semen respectively). Both uterus in females are functional, but the left side structure is predominant. Both testicles showed the same level of development in males. The fecundity was of 1–6 embryos. The estimated size at birth was 4.7–5.4 cm of DW (7.6–8.6 cm of TL). Full term embryos were found in winter and summer, suggesting a period of gestation of 4–5 months approximately.

Key words: sex ratio, length-at-maturity, fecundity, size of birth, *Urotrygon nana*.

1. INTRODUCCIÓN

Los condictios son peces cartilagosos que incluyen elasmobranquios (tiburones y rayas) y holocéfalos (quimeras). Este grupo de peces está distribuido en todos los océanos del mundo, desde los trópicos hasta los polos y aproximadamente 5% habitan en agua dulce (Compagno, 1990 y 1999a). La reproducción que presentan los elasmobranquios ha sido de gran interés científico por mucho tiempo, ya que han desarrollado diferentes estrategias similares a las de vertebrados terrestres. Los modos reproductivos de los elasmobranquios se han clasificado en ovíparos y vivíparos; a su vez, éstos últimos se dividen en placentados y no placentados. La distinción entre ovíparos y vivíparos la hizo por primera vez Aristóteles, quien también notó la copulación, la presencia de gonopterigios en los machos, la oviparidad y la membrana vitelina de la placenta de los ovíparos, que distinguió como una placenta muy parecida a la de los mamíferos (Wourms, 1977). Ninguna de las especies de elasmobranquios presenta etapa larvaria. Las evidencias evolutivas sugieren que la depositación de huevos es una forma ancestral y que la mayoría de las especies actuales se encuentra en proceso de transición hacia la viviparidad (Dulvy y Reynolds, 1997). Se cree que la viviparidad, evolutivamente hablando, surge como consecuencia de la prolongación del tiempo de retención de los embriones en el aparato reproductivo de las hembras (Carrier *et al.*, 2004).

En latitudes templadas, las rayas habitan desde la zona sublitoral hasta las grandes profundidades abisales y son poco frecuentes o están ausentes en fondos calcáreos (McEachran y Miyake, 1990). A pesar de ser consideradas como habitantes principalmente de sustratos de fondos suaves, recientes investigaciones han revelado una fauna más o menos diversa de rayas espinosas que habitan áreas tanto pedregosas como de un relieve significativamente rocoso (Kuhn *et al.*, 2006). La mayor diversidad de batoideos se encuentra en el Océano Indo-Pacífico Oeste, desde Sudáfrica y el Mar Rojo hasta Australia

y Japón (Compagno, 1999b; McEachran y Aschliman, 2004). Las rayas desempeñan un papel ecológico importante ya que son depredadores bentónicos en bahías y sistemas

estuarinos, realizando así modificaciones del hábitat, pudiendo influir con impactos ecológicos sustanciales a través de la reestructuración de comunidades algales y de invertebrados.

Las aproximadamente 450 especies descritas de rayas se clasifican en 5 órdenes: Pristiformes, Rhinobatiformes, Rajiformes, Torpediniformes y Myliobatiformes (Compagno *et al.*, 1995). Dentro de este último grupo se encuentra la familia Urotrygonidae o rayas redondas, distribuidas en el Pacífico Centro-Oriental. Incluyen 10 especies agrupadas en dos géneros: *Urotrygon* con 7 especies y *Urobatis* con 3 especies (Compagno, 2005). Se distribuyen en zonas tropicales, habitan principalmente en aguas someras de lagunas y estuarios, aunque algunas pueden encontrarse en profundidades mayores a 100 metros. Estas rayas son bentónicas y permanecen a menudo parcialmente semienterradas en fondos blandos (McEachran y Di Sciara, 1995).

Las rayas del género *Urotrygon* se caracterizan morfológicamente debido a que poseen una espina en su cola, son de tamaño pequeño, tienen un disco de forma ovalada a semicircular, la cola presenta cerca de la base una o dos espinas venenosas, tienen una aleta caudal bien desarrollada, su hocico es obtuso y va de redondeado a semi puntiagudo. Su boca presenta papilas carnosas y sus mandíbulas están provistas de dientes pequeños dispuestos en serie que forman bandas en ambas mandíbulas. La parte dorsal está densamente cubierta por dentículos relativamente grandes y encorvados, y los que están situados en la línea media son agrandados. El color del dorso va de grisáceo a café oscuro, a veces con manchas contrastantes y el vientre es blanquecino (Allen y Robertson, 1998).

Las rayas redondas, al igual que otros peces cartilaginosos, son vulnerables a la mortalidad por pesca debido a sus características reproductivas tales como: crecimiento lento, fertilización interna, prolongada gestación, madurez sexual tardía, alta longevidad y baja fecundidad en comparación con los peces óseos (Wourms, 1977; Cailliet *et al.*, 1986). Para las rayas redondas no hay una pesquería dirigida, ya que presentan tallas pequeñas; sin embargo, las pesquerías de arrastre demersal capturan grandes cantidades como fauna de

acompañamiento, lo cual ha venido provocando la disminución en sus poblaciones (Hall *et al.*, 2000; Andrew y Pepperell, 1992; Dulvy y Reynolds, 2002; McEachran y Notarbartolo, 1995).

Los elasmobranchios son un recurso importante en México; las pesquerías de mediana altura están dirigidas principalmente a la captura de tiburones, mientras que las rayas suelen ser capturadas por la pesca ribereña o de manera incidental en la pesca de camarón con redes de arrastre, así como en las pesquerías de atunes y peces picudos (Bonfil, 1994). Bizzarro *et al.* (2007) sugieren que históricamente, el reporte sobre la producción de rayas 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 reportan.

La pesquería artesanal de rayas es una actividad importante para el sector pesquero, ya que es una fuente generadora de empleo y alimento que opera con base en la abundancia estacional de los recursos (Márquez-Farías, 2002; Márquez-Farías y Blanco-Parra, 2006). Esta pesquería se extiende a lo largo de ambos litorales del país durante todo el año. En el Pacífico mexicano se explota el recurso en ambas costas de la península de Baja California hasta el Golfo de Tehuantepec, disminuyendo la importancia de la pesquería en términos de producción de norte a sur. El registro oficial de rayas inició en 1986 con 500 toneladas alcanzando un máximo de 6,666 toneladas en 1999, disminuyendo en los años siguientes con 4,944 toneladas en el 2000, 4,766 toneladas en el 2002 y 4,726 toneladas en el 2009. Históricamente, más del 90% de esta producción proviene de los estados del noroeste (Sonora, Baja California, Baja California Sur y Sinaloa), de los cuales Sonora aporta en promedio más del 50% de la producción (Márquez-Farías, 2000). En el 2010, la producción de Sinaloa pareció tener un incremento gradual pero aún incipiente por debajo de 1,000 toneladas (SAGARPA, 2010).

Por otro lado, la captura incidental de rayas en otras pesquerías como la de jaiba, sierra, caracol y camarón, es de gran valor. Los volúmenes de pesca incidental de estas pesquerías

se desconocen y no se encuentran reglamentadas, pero existen indagaciones que indican que el nivel de mortalidad por captura incidental excede la mortalidad de pesca dirigida de rayas en el Golfo de California (Márquez–Farías, 2002).

1.1. Biología reproductiva

Wourms (1977 y 1981) y Wourms y Demski (1993) señalan que se han reconocido por lo menos cinco formas de reproducción en tiburones y rayas, mientras que Compagno (1990) reconoce seis formas de reproducción, entre las que se encuentran: la oviparidad extendida, oviparidad retenida, viviparidad vitelina (o de saco vitelino), viviparidad con canibalismo intrauterino (oofagia y adelofagia), viviparidad uterina y viviparidad placentaria. En términos generales, las derivaciones de la reproducción se pueden agrupar fundamentalmente en ovíparos y vivíparos (placentados y no placentados).

En los elasmobranquios se observa que el nacimiento directo de las crías se da en aproximadamente 60% de las especies y la depositación de huevos se presenta en 25%; mientras que en el resto se observa una combinación de ambos modos reproductivos (Dulvy y Reynolds, 1997). De los cinco grupos que componen a los batoideos sólo los Rajiformes retuvieron la oviparidad extendida (Wourms, 1977). Según este autor, la distribución geográfica de los principales grupos de elasmobranquios tiende a estar relacionada con su estrategia reproductiva. De este modo, los Rajiformes, que son ovíparos, habitan principalmente las regiones polares y templadas, mientras que los Rhinobatiformes, Pristiformes, Myliobatiformes y Torpediformes son vivíparos y de hábitos esencialmente tropicales (Hamlett y Koob, 1999). La oviparidad se presenta en una familia de rayas (Rajidae) y tres de tiburones (Heterodontidae, Scyliorhinidae y Orectolobidae) (Carrier *et al.*, 2004); la viviparidad se encuentra más ampliamente distribuida en 453 especies de las aproximadamente 700 de condriactos conocidas. Este tipo de reproducción es particularmente característica de los tiburones, en 69% de las especies y casi la mitad de las especies de rayas (Otake, 1990). Las familias de los batoideos que presentan alguna forma

de viviparidad son Pristidae, Rhinobatidae, Platyrrhinidae, Narcinidae, Torpedinidae, Narkidae, Hypnidae, Urolophidae, Potamotrygonidae, Dasyatidae, Gymnuridae, Myliobatidae, Plesiobatidae, Hexatrygonidae, Rhinopteridae y Mobulidae (Compagno, 1999a).

La oviparidad en los elasmobranquios se caracteriza por la producción de huevos relativamente grandes, por la encapsulación de los huevos fertilizados en una corteza o cobertura estructuralmente compleja y resistente, y por la prolongada duración del periodo de incubación, la cual puede durar meses e incluso un año en algunas especies (Hamlett y Koob, 1999). Después de la inseminación de las hembras, las cápsulas fertilizadas se depositan en el útero en intervalos de tiempo que van de un día hasta semanas por periodos que pueden durar varios meses (Castro *et al.*, 1988). Después de que el huevo es depositado sobre el sustrato, los embriones se alimentan de una provisión de vitelo que tienen dentro del saco vitelino. La incubación puede durar varios meses dependiendo de la especie. Los elasmobranquios ovíparos son bentónicos, principalmente de hábitat litoral o batial y raramente alcanzan tallas grandes (Tortonese, 1950; Carrier *et al.*, 2004). Cuando eclosionan, las crías presentan tamaños pequeños debido a que la cantidad de nutrientes disponibles en el saco vitelino para su desarrollo embrionario es limitado (Carrier *et al.*, 2004).

Los elasmobranquios vivíparos retienen a los embriones dentro del útero durante todo el periodo de desarrollo embrionario y éstos nacen completamente desarrollados con la coloración y forma de los adultos. Los vivíparos se dividen en placentados y aplacentados dependiendo de si la conexión de la placenta está desarrollada entre la madre y la cría (Budker, 1958; Carrier *et al.*, 2004). Los vivíparos aplacentados no forman una conexión placentaria entre la madre y la cría, anteriormente se les asignaba el nombre de ovovivíparos.

Wourms (1977) los dividió en tres grupos funcionales dependiendo de si los embriones (1) dependen solamente de las reservas de la yema, en donde los embriones son retenidos en el

útero simplemente para protegerlos, sin recibir ningún nutriente suplementario por parte de la madre durante la gestación, (2) practican la oofagia, los embriones dependen de la yema por un tiempo corto y cuando la yema se consume, empiezan a ingerir a otros huevos en el útero y (3) los que se nutren a través de unas vellosidades de las paredes del útero llamadas trofonemas. Estas son regiones de epitelio uterino que secretan una “leche uterina” llamada histotrofo.

1.2. Ciclos reproductivos de los elasmobranquios

Según Wourms (1977) se pueden distinguir tres tipos generales de ciclos reproductivos en los elasmobranquios: 1) reproducción durante todo el año, 2) un ciclo anual parcialmente definido, con uno o dos picos durante el año, y 3) un ciclo anual, bianual o de mayor duración bien definido. Este último tipo de ciclo reproductivo consiste en que los periodos de madurez ovárica, apareamiento, gestación y de nacimiento están definidos estacionalmente.

Las especies que se reproducen durante todo el año se llaman reproductivamente activas y este tipo de ciclo se observa en especies ovíparas. Estas especies presentan picos estacionales en los cuales una mayor proporción de hembras depositan sus huevos en el medio externo. Algunas de las especies que presentan este tipo de ciclo son aquellas de hábitos templados como *Raja naevus*, *Raja erinacea*, *Apristurus bruneus* y *Parmaturus xaniurus* (Castillo–Géniz, 2007).

Las especies vivíparas por lo general presentan ciclos anuales bien definidos, es decir, los periodos de apareamiento o cópula, gestación y nacimiento en la población entera están sincronizados (Hamlett y Koob, 1999).

El ciclo reproductivo más representativo en la rayas es el anual, como se ha documentado en *Raja wallacei*, *Raja clavata*, *Psammobatis rudis*, *Amblyraja radiata* y *Malacoraja senta*,

entre otras (Castillo–Géniz, 2007). En algunas especies como *Raja erinacea* y *Rioraja agassizi* se han observado ciclos activos durante todo el año, pero que tienden a exhibir ciertos periodos de intensa actividad reproductiva (Wourms, 1977).

1.3. Importancia de la reproducción

Las especies que se caracterizan por presentar largos periodos reproductivos, que incluyen madurez sexual tardía y producción de un bajo número de crías de tamaño relativamente grande, son consideradas como especies de baja productividad biológica. Los elasmobranquios por lo general son longevos, de crecimiento lento y con bajo potencial reproductivo. La capacidad de respuesta de una población a la pesca está definida en parte por su tasa reproductiva (Musick 1999). Estas características biológicas, junto con el supuesto de que su reclutamiento está directamente relacionado con el tamaño del stock y los resultados de análisis demográfico, han generado serias dudas sobre la posibilidad de tener un aprovechamiento sustentable de los elasmobranquios (Walker, 1998; Castillo–Géniz, 2007).

King y McFarlane (2003) evaluaron los parámetros demográficos de 42 especies de peces marinos, como: talla máxima, tasa de crecimiento, talla de primera madurez, fecundidad, longevidad, tamaño de los ovocitos maduros y nivel de cuidado parental. Propusieron tres grupos principales para fines de manejo pesquero: 1) los llamados “estrategas oportunistas”, que son las especies pequeñas de vida corta y que maduran rápidamente, 2) los “estrategas periódicos”, que incluyen especies de tamaño grande, altamente fecundos y con una longevidad considerable y 3) los “estrategas de equilibrio”, los cuales son de tamaño intermedio que producen un número pequeño de crías grandes y presentan cuidado parental. En este estudio los elasmobranquios fueron clasificados en este último grupo, los cuales se caracterizan por su tasa lenta de crecimiento, fecundidad baja, crías de tamaño grande y huevos ováricos grandes. Pero dado el amplio espectro de las historias de vida que tienen, algunas especies pueden ser catalogadas en los otros dos grupos. King y McFarlane

(2003) recomiendan una estrategia de manejo con un bajo nivel de capturas y de esfuerzo pesquero.

La susceptibilidad que presentan las poblaciones de elasmobranquios ante la explotación pesquera de los últimos años hace necesario e importante que las personas encargadas de la administración pesquera posean conocimientos de los periodos reproductivos de las especies de interés comercial, pero también de aquellas que no lo son (Walker, 2004; Castillo–Géniz, 2007). Los parámetros reproductivos de los elasmobranquios tales como la edad y talla de primera madurez, fecundidad, periodo de gestación, frecuencia reproductiva, proporción sexual intrauterina, proporción de hembras maduras por talla y edad, relación del número de crías con la talla de la madre, son parámetros que resultan de gran importancia para establecer puntos de referencia biológica, con los cuales se pueden desarrollar estrategias para un buen manejo pesquero del recurso sin llegar a la sobreexplotación (Walker, 2005).

La evaluación de las pesquerías de elasmobranquios requiere de un enfoque cuantitativo, sobre todo en los estudios de reproducción, estimación de las tasas reproductivas y de mortalidad, ya que éstas son muy importantes para la evaluación de las poblaciones de aquellas especies que son explotadas de manera dirigida; pero también para evaluar el riesgo ecológico que implica la captura de especies que no son de interés comercial pero que se extraen como fauna de acompañamiento (Walker, 2004).

1.4. Indicadores de la madurez sexual

La estimación de la talla a la cual alcanzan la madurez sexual los elasmobranquios es uno de los parámetros básicos usados para describir la estructura de la población y su dinámica; sobre todo es muy importante para las pesquerías, pues permite conocer las tallas mínimas a las cuales sería recomendable capturar a los organismos. Esto con la finalidad de dejar que se recuperen las poblaciones, pues en los últimos años se están extrayendo grandes

cantidades de elasmobranquios en un estado de desarrollo inmaduro. En términos generales la talla de madurez puede definirse de acuerdo a algunos criterios: morfométricos (o alométricos) y gonadales (o histológicamente).

Los machos maduros tienen testículos alargados y durante la época de apareamiento, llevan los espermatozoides profusos en la parte superior e inferior del epidídimo (Pratt, 1979; Pratt y Carrier, 2005). La abundante producción de espermatozoides es usualmente un indicador de la competencia espermática, que puede ser una faceta de muchos elasmobranquios (Eberhard, 1998). En los organismos maduros, con sexualidad activa, los paquetes de espermatozoides son acumulados en la ámpula del epidídimo; los gonopterigios se calcifican y rotan hacia delante.

La madurez en las hembras no está tan definida externamente, ya que se tienen que distinguir entre los estados de madurez del ovario (juvenil, maduración y maduro) y los del útero (desarrollo, diferenciación, gestante y postparto) (West, 1990). En la mayor parte de las hembras se considera que son maduras cuando los ovocitos aumentan de tamaño, los ovarios son largos, frecuentemente portan un brillo amarillento y los ovocitos vitelogenéticos se encuentran en la superficie. Sin embargo, esto es subjetivo y su precisión siempre es incierta. La maduración es un proceso continuo y su división en estados discretos de desarrollo es difícil, sobre todo en los estados de transición. Los criterios menos ambiguos que puede adoptarse para definir la madurez es el relacionado con los niveles de la selección de las hormonas en la sangre, el inicio de la vitelogénesis, el primer apareamiento, el almacenamiento de espermatozoides en la glándula oviducal, la ovulación y los índices corporales (Pratt y Carrier, 2005; West, 1990).

1.5. Posición taxonómica de *Urotrygon nana*

En el presente trabajo se adoptó la posición sistemática propuesta por McEachran y Aschliman (2004).

Phylum	Chordata
Subphylum	Vertebrata
Clase	Chondrichthyes
Subclase	Neoselachii
Cohorte	Batoidea
Orden	Myliobatiformes
Familia	Urotrygonidae (McEachran <i>et al.</i> , 1996)
Género	<i>Urotrygon</i> (Gill, 1864)
Especie	<i>Urotrygon nana</i> (Miyake y McEachran, 1988)

1.6. Descripción de la especie

Urotrygon nana se caracteriza por presentar ojos pequeños (menor a la longitud del espiráculo), su disco es de forma casi redonda relativamente amplio ~61% de longitud total (LT) y el margen derecho levemente cóncavo en machos; aletas pectorales continuas alrededor de la cabeza, cola delgada y una espina venenosa. La LT es mayor que la longitud del disco (LD). No tiene aletas dorsales; la aleta de la cola tiene lóbulos alargados ovals, superiores e inferiores no confluyentes, es delgada pero no afilada, la longitud del lóbulo de la aleta dorsal es ~17% de LT. El ángulo rostral reportado es de 110° a 130° en machos y de 120° a 133° en hembras. En el lóbulo del margen posterior de las narinas se observa en racimo de papilas (Miyake y McEachran, 1988).

Presenta pequeños dentículos curvados en el disco, ya sea de forma uniforme cubriéndolo en su totalidad o en los bordes del disco y el hocico. Presenta pocos dentículos en la parte superior y lados de la cola y en el lóbulo superior de la aleta caudal, no presenta espinas en la línea media. Los dentículos pueden estar en una o dos filas levemente agrandados a lo largo de los bordes internos y externos de los espiráculos; en embriones y organismos

menores de 8.0 cm de LT no presentan dentículos dérmicos. Dientes en ambas mandíbulas dispuestos en filas paralelas cruzadas en diagonal con cúspides agudas en machos mayores a 10 cm de LT. La talla máxima reportada es de 26 cm de LT (15 cm AD) (McEachran, 1995), la talla de madurez sexual es a los 17 cm de LT (Acevedo y Rojas, datos no publicados).

Tiene una coloración pálida en la parte dorsal con una malla indistinta de varias líneas más oscuras, especialmente en el centro del disco y base de la cola. La superficie ventral es blanca, con una parte amplia oscura (gris-marrón y tostado decolorado en la parte interna) (Figura 1).



Figura 1. Vista dorsal de *Urotrygon nana*

1.7. Distribución

Es de hábitat bentónico y tiene preferencia por fondos blandos; se encuentra a una profundidad de 2–15 m y cerca de los manglares. Se distribuye en climas tropicales, en la parte oriental del Pacífico central desde el centro del Golfo de California en la zona centro y sur de México, al sur de Panamá (Miyake y McEachran 1988) (Figura 2).



Figura 2. Distribución de *Urotrygon nana* (tomado de www.iucnredlist.org)

2. ANTECEDENTES

Los trabajos realizados sobre batoideos se han desarrollado con la finalidad de conocer más acerca del comportamiento de las poblaciones, su biología, reproducción, distribución, hábitos alimenticios, ecología y evolución. En el Océano Pacífico de México, se han enfocado principalmente en las especies de interés comercial que se distribuyen al noreste de México; entre los que destacan los trabajos realizados por Villavicencio–Garayzar (1991) sobre *Mobula munkiana*; Villavicencio–Garayzar (1993a y 1993b) sobre *Gymnura marmorata* y *Narcine brasiliensis*; Villavicencio–Garayzar (1993c) sobre *Rhinobatos productus*; Villavicencio–Garayzar *et al.* (1994) sobre *Dasyatis longus*; Villavicencio–Garayzar (1995a) y Blanco–Parra *et al.* (2009) sobre *Zapteryx exasperata*; Villavicencio–Garayzar (1996) sobre *Myliobatis californica* y *Myliobatis longirostris*; Salazar–Hermoso y Villavicencio–Garayzar (1999), Downton–Hoffmann y Galván–Magaña (2007) y Márquez–Farías (2007) sobre *Rhinobatos productus*; Bizzarro *et al.* (2007) sobre *Rhinoptera steindachneri*, y Castillo–Géniz (2007) sobre *Raja inornata*. Otros trabajos incluyen aquellos por Snelson *et al.* (1988) y Johnson y Snelson (1996) sobre la reproducción y ecología de *Dasyatis sabina* en Florida; Yáñez–Arancibia y Amezcua–Linares (1979) sobre la estructura de la población de *Urolophus jamaicensis* en la Laguna de Términos. Summers (2000) vinculó la ubicación del cartílago trabecular en la mandíbula, con el tipo de alimentación de las rayas de la familia Myliobatidae; Kobelkowsky (2004) describió la morfología general del sistema urogenital de la raya *Gymnura micrura*; Resendiz–Berumen (2011) realizó un estudio sobre los aspectos reproductivos de *Narcine vermiculatus* en las costas de Sinaloa y Osuna–Peralta (2012) sobre edad y crecimiento de *Narcine vermiculatus* en las costas de Sinaloa.

Hay pocos estudios sobre la familia Urotrygonidae, Miyake y McEachran (1986) reportaron resultados preliminares sobre la taxonomía del género *Urotrygon* basados en la morfología externa; en este mismo año estos autores realizaron una diagnosis más precisa de la especie.

Posteriormente en 1988 publicaron un artículo donde describen tres especies nuevas del género *Urotrygon* en el Pacífico Este, incluyendo a *U. nana*.

Almeida *et al.* (2000) llevaron a cabo un estudio en aguas bajas de Maranhão (Brasil) con la especie *Urotrygon microphthalmum*, donde analizaron aspectos taxonómicos, reproductivos y alimenticios. Dentro de los aspectos reproductivos encontraron que las hembras alcanzan la talla de madurez a los 23.9 cm de LT y los machos a partir de 21.9 cm de LT; el número medio de embriones por útero es de tres.

Pérez–Flores (2002) realizó un estudio sobre la distribución, abundancia y reproducción de las rayas del género *Urotrygon* en el Golfo de Tehuantepec, México; identificó seis especies: *U. chilensis*, *U. rogersi*, *U. nana*, *U. munda*, *Urotrygon sp* y *U. aspidura*. Encontró una mayor abundancia de éstas en agosto y en enero una menor abundancia. Encontró que *U. nana* tiene un periodo reproductivo que va de marzo hasta agosto y el periodo de crianza va de agosto a enero; la talla de primera madurez es de 13.5 cm de LT.

En el 2006, Mejía–Mercado realizó un trabajo sobre los aspectos taxonómicos, reproductivos y de crecimiento de *U. rogersi* y *U. aspidura* en el Pacífico Vallecaucano en Colombia; dentro de los aspectos reproductivos encontró que ambas especies mostraron funcionalidad en ambos úteros. El número de embriones en *U. rogersi* fue de uno a cuatro siendo la fecundidad más común entre uno y dos embriones. En esta misma especie encontró que la talla media de madurez sexual en hembras fue de 30.0–32.0 cm de LT y en machos de 26.0–28.0 cm de LT. En este mismo año Téllez *et al.* (2006) realizaron otro estudio sobre los aspectos biológicos de *U. venezuelae* en Santa Marta, Colombia; encontraron que la talla mínima de madurez de las hembras fue de 24.3 cm de AD y de los machos de 25.6 cm de AD, la talla media en hembras fue 28.2 cm de AD y en machos 26.8 cm de AD. La fecundidad en las hembras osciló entre uno y cinco embriones, el número de ovocitos varió de seis a nueve y sólo fueron visibles en hembras con madurez avanzada; también encontraron que la talla de los embriones al nacer es de 10.0–12.0 cm de AD.

Serrano–Acevedo (2007) realizó un trabajo sobre los aspectos reproductivos de *Urobatis halleri* en las costas de Sonora, México, encontrando que la frecuencia de tallas de los organismos capturados es entre 10.0 y 20.0 cm de AD y pesos de 0.01–0.66 kg; también encontró que las hembras son más grandes en relación a la talla y peso. En cuanto a la relación peso-longitud, encontró que las hembras tienen un crecimiento de tipo alométrico positivo y los machos de tipo alométrico negativo. La talla de primera madurez de las hembras es a partir de los 17.9 cm de AD y en los machos 17.0 cm de AD. El número de embriones varía de uno a cinco con un promedio aritmético de 2.53 embriones por hembra por temporada.

Rubio–Lozano (2009) realizó un trabajo sobre los aspectos reproductivos de *U. chilensis* en las costas de Sinaloa, México. Encontró que tanto las hembras como los machos presentaron crecimiento alométrico positivo, la talla de primera madurez en hembras es a los 14.6 cm de AD y de los machos a los 15.2 cm de AD. Las hembras presentan un ciclo reproductivo bianual (5–6 meses) con tiempos de gestación aproximados de 4 meses con una fecundidad baja (1.8 en promedio). También encontró que los embriones nacen con una talla de 6.0–9.0 cm de AD y presentan dos ciclos de nacimiento entre marzo–abril y agosto–octubre.

Mejía–Falla *et al.* (2012) realizaron un estudio sobre las variables reproductivas de *U. rogersi* en las costas del Pacífico Colombiano; encontraron que la talla de primera madurez en hembras es entre 11.8 y 12.3 cm de AD, para los machos entre 11.5 y 11.8 cm de AD. El periodo de gestación es de 4–5 meses y se presentan tres embriones por hembra y basándose en el tiempo de ovulación, crecimiento embrionario y datos de alumbramiento ellos infirieron para esta especie un ciclo reproductivo trianual, con coincidencias en los ciclos del ovario y el útero.

Particularmente de *U. nana* se han realizado pocos estudios. En la parte sur del Pacífico mexicano, Van der Heiden y Plascencia (1990) describieron los intervalos de extensión geográfica a lo largo del Pacífico en las costas de América; Castro–Aguirre y Espinosa-

Pérez (1996) describieron a *U. nana*, y mencionan que se confunde comúnmente con *U. munda* y *Urolophus nebulosus*.

En 2006, Guzmán–Castellanos realizó un trabajo sobre la biología de *U. nana* durante el periodo de veda de camarón en el 2003 en el Golfo de Tehuantepec, México. Encontró hembras con tallas de 8.2–37.6 cm de LT y machos de 8.0–29.0 cm de LT, la fecundidad en las hembras fue de cuatro embriones, los cuales nacen de mayo a agosto con tallas de 8.3–9.4 cm de LT.

3. JUSTIFICACIÓN

Los estudios que se han realizado sobre los aspectos biológicos de las rayas que son capturadas y explotadas en el Pacífico Mexicano son limitados y la mayoría de ellos se concentran en las especies de interés comercial, dejando de lado a todas aquellas que son capturadas incidentalmente y debido a su poco o nulo valor comercial son desechadas en la playa o en el mar sin mayor estudio (Bizzarro *et al.*, 2007).

El conocimiento de los parámetros reproductivos como el tamaño de la camada, la relación entre el número de crías por el tamaño o edad de la madre, la proporción sexual cuando nacen, la proporción de hembras de la población que contribuyen al reclutamiento anual, así como la proporción de organismos maduros en función de su talla (primera madurez), son de suma importancia ya que permiten evaluar la vulnerabilidad de una especie ante la sobreexplotación y también el riesgo ecológico de las especies que son capturadas como fauna de acompañamiento (Walker, 2005).

Los estudios sobre las poblaciones de rayas en México son limitados debido a que son pocas las líneas de investigación, y los datos que se tienen provienen en su mayoría de embarcaciones pesqueras; las cuales capturan a las rayas como fauna de acompañamiento o como especie objetivo. Se ha observado que los organismos con mayor incidencia de

captura son los que se encuentran en estado de desarrollo neonato, juvenil y hembras grávidas.

La información que existe hasta el momento sobre *U. nana* es muy poca; de acuerdo a la *Lista Roja de Especies Amenazadas de la IUCN* (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) se encuentra catalogada como una especie con “datos insuficientes” debido a que no hay una línea de investigación dirigida hacia esta especie. Sobre la biología de la especie sólo se ha realizado un trabajo en el 2006 en el Golfo de Tehuantepec, Oaxaca. Con el presente estudio se pretenden dar a conocer algunos aspectos sobre su biología reproductiva y dar pauta para que se realicen otros trabajos, ya que es una de las especies más abundantes de batoideos que conforman la fauna de acompañamiento de la pesca de arrastre de camarón.

4. HIPÓTESIS

Los parámetros reproductivos de *Urotrygon nana* del Sur de Sinaloa son consistentes con el patrón que exhiben otros elasmobranquios que incluyen diferencias morfológicas entre sexos y en la talla de primera madurez, gestación prolongada y una baja fecundidad.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

Describir los aspectos biológicos y reproductivos de la raya enana, *Urotrygon nana* en el Sur de Sinaloa, México, con base en observaciones macroscópicas e histológicas de sus órganos reproductivos.

5.2. Objetivos particulares

- Determinar la estructura en talla y peso total de la población.
- Describir la relación entre la talla y el peso total para ambos sexos.
- Estimar la proporción de madurez sexual en función de la talla para ambos sexos.
- Describir el sistema reproductivo de ambos sexos.
- Estimar la fecundidad en función de la talla de las hembras.
- Estimar la relación entre la talla y el desarrollo gonadal.
- Describir la proporción sexual embrionaria y la talla de nacimiento.
- Estimar los periodos de ovulación y gestación de la especie.

6. ÁREA DE ESTUDIO

El área de muestreo está situada en la costa occidental del Pacífico mexicano, en la boca del sistema Lagunar Teacapán-Agua Brava, se localiza entre los límites norte-sur de los estados de Sinaloa y Nayarit entre los 21° 43' y 22° 59' N y 105° 08' y 106° 02' O; donde abundan los esteros, marismas y lagunas. Está limitado al norte con el Estero del Mezcal y la laguna de Agua Grande, Sinaloa; al sur con las marismas de Canoas y la laguna Pericos, Nayarit (Amezcuá-Linares, 1972).

El sistema es clasificado por Lankford (1977) como una plataforma de barrera interna con depresión de planicie costera (tipo III-C). Tiene un espejo de agua de aproximadamente 40,000 hectáreas; está formado por el sistema litoral Majahual (marismas Las Cabras, lagunas Los Cerritos, Laguna Grande, los Cañales y Agua Grande y los esteros, Agua Grande, del Maíz, Teacapán y Puerta del Río) y las lagunas Agua Brava, Pescaderos y Grande de Mexcaltitán. Recibe aporte fluvial de los ríos Baluarte, Cañas, Acaponeta, Rosamorada, Bejuco y San Pedro (De la Lanza *et al.*, 1996). 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 (Berlanga-Robles *et al.*, 2000).

Según el sistema de Köppen modificado por García (1973), el clima de la región es subtropical a tropical de tipo Aw o (e), la temperatura anual promedio es de 25°C con cambios de precipitación de aproximadamente 850 mm al norte en Mazatlán y de 1200 mm, en Tepic, Nayarit y cerca de 1660 mm en la costa sur (Curry *et al.*, 1969). La mayoría de las lluvias caen al finalizar el verano e inicios del otoño, frecuentemente acompañadas de tormentas tropicales. El patrón predominante de vientos presentan dos fases: los que provienen del noroeste en los meses de invierno, y los de oeste a sureste en el verano (Álvarez-Rubio *et al.*, 1986). El tipo de mareas es mixto diurno y semidiurno con una amplitud promedio anual de 0.7 a 0.86 m, los niveles mínimos se registran en marzo y los máximos en septiembre (Cepeda, 1977). Respecto a la hidrología, los valores de la temperatura superficial del agua más bajos (23°C) se registran en invierno y los más altos

(hasta 32°C) en primavera; las salinidades son de 21‰ en época de secas y 0‰ en lluvias, el oxígeno disuelto va de 1–7 ml/l (Álvarez–Rubio *et al.*, 1986; Flores–Verdugo *et al.*, 1997).

De acuerdo a características geográficas y ambientales, Álvarez–Rubio *et al.* (1986) dividieron el sistema lagunar en 5 regiones: (1) Boca de Teacapán, con un ancho aproximado de 1600 m, profundidad variable de 3 a 9 m; (2) Parte Baja del Estero, orientada en forma perpendicular a la costa, se sitúa frente al embarcadero de San Cayetano, siendo el canal más profundo del sistema (12 m); (3) El Estero, orientado paralelamente a la costa, se encuentra separado del mar por una barra con bermas arenosas, su profundidad promedio es de 4 m, puede ser situado desde Cruz de San Marcos hasta el límite entre Corcovadas y punta de Cuautla; (4) Boca de Cuautla, es un canal artificial de la boca que comunica la laguna con el mar en la parte sur del estero; tiene aproximadamente 200 m de ancho pero constantemente se amplía debido a las fuertes corrientes litorales, posee una profundidad de 8 m aproximadamente y (5) La Laguna es de tipo costero, se encuentra separada del litoral por una faja corta de terrenos bajos; está orientada diagonalmente con respecto a la costa, la profundidad promedio varía de 2.5 m; comprende desde la Punta del Arco hasta la parte anterior del sistema, con un ancho promedio de 0.8 a 1.5 km; ésta se comunica a través del estero y de la boca artificial con el mar (Figura 3).

En este sistema lagunar se desarrolla el bosque de manglar más extenso del Pacífico mexicano y se pueden encontrar distintas fitoregiones. En la Boca de Teacapán y la Parte Baja del Estero se observa bosque caducifolio, bosque de matorral y manglar, en éste último se encuentra principalmente mangle rojo (*Rhizophora mangle*) y blanco (*Laguncularia racemosa*). En la región del Estero y Boca de Cuautla domina el mangle negro (*Avicennia germinans*) y el mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*), mientras que en la Laguna son más abundantes el mangle blanco y rojo (Álvarez–Rubio *et al.*, 1986). La mayor fuente de detritus de este sistema lagunar es la hojarasca aportada por la defoliación de los bosques de manglares, la cual se da en su mayoría al final del periodo de secas y a inicios del periodo de lluvias (Flores–Verdugo *et al.*, 1997; González–Farías *et al.*, 1997).

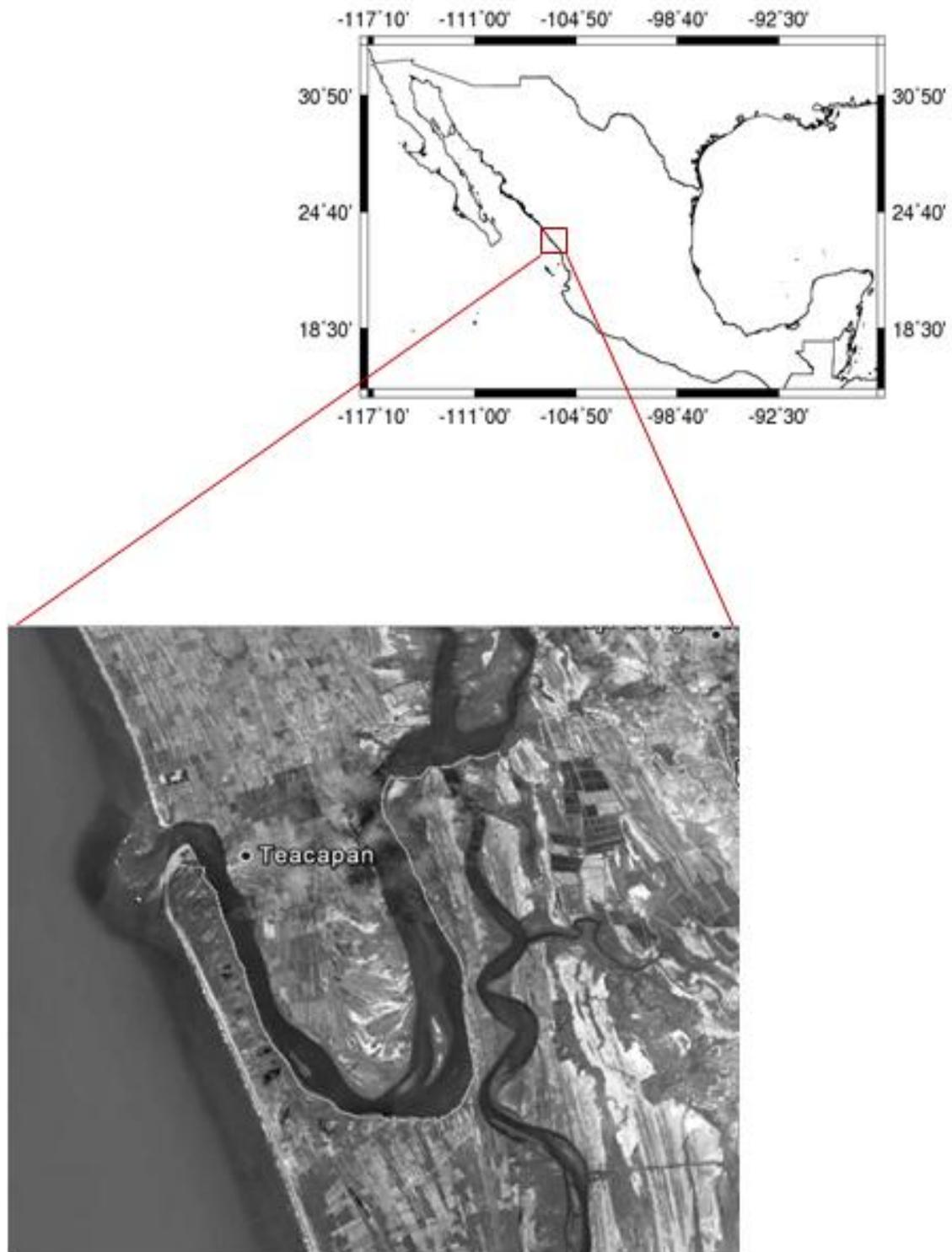


Figura 3. Laguna de Teacapan, Sinaloa, México (tomado de www.ngdc.noaa.gov/mgg_coastline/mapit.jsp).

7. MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos utilizados en el presente estudio provienen de un proyecto experimental sobre selectividad y eficiencia de las redes de arrastre para camarón realizado en la Boca de Teacapán, Sinaloa (Figura 3), realizado por el Centro Regional de Investigación Pesquera de Mazatlán, Sinaloa (CRIP-Mazatlán) del Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA) y la Facultad de Ciencias del Mar (FACIMAR) de la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS). Los datos fueron complementados mediante muestreos realizados con financiamiento de la UAS a través de los proyectos PROFAPI No. 81 (2011) y PROFAPI No. 101 (2012) operados por la FACIMAR. La finalidad de estos muestreos fue obtener información faltante y coleccionar las gónadas de hembras y machos para poder describir la ovogénesis y espermatogénesis respectivamente. El protocolo de muestreo durante ambos periodos fue el mismo, con la finalidad de hacer comparables los resultados.

Los muestreos se realizaron mensualmente durante los meses de mayo a diciembre del 2007, de marzo a noviembre del 2008, de enero a octubre del 2009, en el mes de abril del 2010, de agosto a diciembre del 2011 y de enero a julio del 2012 en la Boca de Teacapán en una red de estaciones que abarcaron los lados norte y sur. Las estaciones se ubicaron a distintas profundidades: 2 brazas (3.7 m), 5 brazas (9.3 m), 8 brazas (14.9 m) y 12 brazas (22.3 m).

Para los arrastres se utilizaron dos embarcaciones tipo panga con motor fuera de borda y sistemas de captura de arrastre de tipo mixto con abertura de malla de 2.5 pulgadas, contruidos con paño de poliamida y monofilamento, con 17 m de relinga superior y cuyas puertas de arrastre fueron contruidas de terciado marino con estructura metálica, y de quilla de media luna con una y dos salidas de agua.

7.1. Muestreo Biológico.

Los organismos colectados se depositaron en hieleras y se trasladaron al laboratorio de la FACIMAR para su análisis. Se tomó el peso total (g) de cada organismo con una balanza electrónica marca Shimadzu modelo ELB300 con una precisión de 0.01 g y las respectivas medidas morfométricas: longitud total (LT) tomada desde la punta del rostro hasta la punta de la cola (cm) y el ancho del disco (AD) tomada de las aletas pectorales que forman el disco, de extremo a extremo y evitando al máximo la curvatura del cuerpo (cm) (Figura 4).

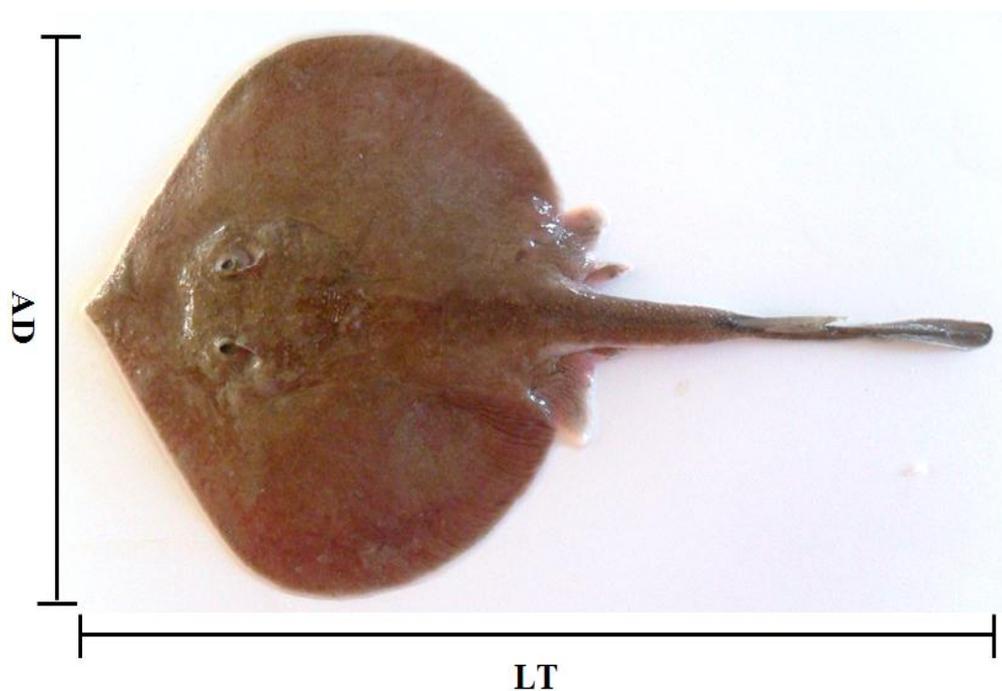


Figura 4. Esquema de medidas morfométricas de *U. nana*.

El sexo se determinó por la presencia (machos) o ausencia (hembras) de gonopterigios. Se obtuvieron otras medidas morfométricas como la longitud de órganos sexuales internos y externos, y se registró la presencia de embriones, en cuyo caso se tomaron sus medidas morfométricas de igual manera que a los adultos.

7.2. Determinación del estado de madurez

El estado de madurez de los organismos se determinó de acuerdo a características sexuales externas e internas. Para las hembras se observaron y midieron los órganos sexuales internos, se registró el ancho del útero (UT), el ancho de glándula oviducal (GO) y el diámetro de los ovocitos. Dichas mediciones se realizaron al milímetro más cercano. Se consideraron como maduras cuando presentaron ovarios agrandados y vascularizados, así como ovocitos grandes de coloración amarillenta (evidencia de vitelo). Las hembras preñadas se detectaron por la presencia de huevos, capsulas uterinas o embriones en el útero, los cuales en su caso fueron medidos, sexados y contados. Se utilizaron cuatro fases de madurez: neonato (n), juvenil (j), adulto (a), preñez (p).

Por su parte, en los machos se utilizaron tres fases de madurez: neonatos (n), juveniles (j) y adultos (a). Se consideró el desarrollo del gonopterigio; el cual se midió desde la punta hasta la axila que se forma entre la aleta pélvica y el abdomen. La madurez sexual de los machos se estimó observando el nivel de calcificación del gonopterigio y la capacidad para rotar hacia la parte frontal. En ocasiones se realizó un corte trasversal en la zona del epidídimo para verificar la presencia de semen como un auxiliar para la asignación de la madurez. Los testículos se midieron a lo largo (mm). Así mismo, se observó la vascularización y su diferenciación respecto al órgano epigonal como un indicador de desarrollo. Los neonatos se diferenciaron de los juveniles al notar el abdomen semi-transparente. Por su parte, en los juveniles pequeños la coloración del abdomen es opaca y en los juveniles grandes, sus gonopterigios se observan aun flácidos. Los organismos fueron clasificados como adultos si presentaban los gonopterigios calcificados o testículos desarrollados.

Se analizaron las gónadas macroscópicamente y microscópicamente, con el fin de validar el estado de madurez sexual y realizar una descripción detallada del sistema reproductor de hembras y machos. Para el análisis macroscópico se usó la escala de madurez propuesta por Mejía–Mercado (2006) (Tabla 1). Para el análisis microscópico se tomaron muestras de las

gónadas de todos los estados definidos macroscópicamente y se hicieron cortes histológicos de la parte media del útero, glándula oviducal y ovario de hembras; y del testículo en machos.

Las muestras obtenidas se fijaron en solución Davidson; en el laboratorio se lavaron y se preservaron en alcohol al 70%. Posteriormente se sometieron a sucesivos baños de alcohol de creciente concentración para su deshidratación en un procesador de tejidos, después se incluyeron en parafina y se cortaron transversalmente a un grosor de 4 micras en un micrótopo rotatorio (American Optical, Modelo 820) en el laboratorio de Histología del CRIP-Mazatlán para posteriormente ser teñidas con hematoxilina-eosina (H-E) (Martoja y Martoja–Pierson, 1970). Cada laminilla se examinó con microscopía de luz.

Tabla 1. Escala de madurez propuesta para *U. aspidura* y *U. rogersi* (Mejía–Mercado, 2006), modificando algunos de ellos con base a las observaciones realizadas durante el presente estudio.

Estado	Hembras	Machos
I	Hembras inmaduras, presencia de una tela transparente muy delgada; con ovarios poco visibles e incoloros. Sin desarrollo del aparato reproductor, los oviductos son delgados y rectos.	Testículos poco visibles; ductos muy pequeños, delgados, transparentes y flácidos. Gonopterigios cortos y flácidos.
II	<p>IIa. Ovarios con ovocitos sin desarrollar (poco visibles) con un color pálido. Las glándulas oviducal y los úteros no están diferenciados del oviducto.</p> <p>IIb. Los ovarios tienen ovocitos pre-vitelogénicos de color transparente, las glándulas oviducal se empiezan a diferenciar y los úteros presentan un mayor tamaño en la porción próxima a las glándulas oviducal. La cavidad del lumen es pequeña con células foliculares en reposo.</p>	<p>IIa. Gonopterigios cortos y flácidos. Los testículos se encuentran poco desarrollados, se empieza a dar la vascularización y presentan órgano epigonal abundante, los epidídimos y ductos deferentes son delgados y rectos y están adheridos a la pared dorsal de la cavidad abdominal.</p> <p>IIb. Gonopterigios elongados y rígidos, pues se empiezan a calcificar. Los testículos ya están desarrollados, se observa una vascularización visible; los epidídimos y ductos deferentes se observan poco desarrollados. Vista de</p>

		túbulos seminíferos poco activos con cromatina de Espermatida en periodo de espermatogénesis.
III	Ovarios con ovocitos vitelogenéticos, glándulas oviducuales grandes; los úteros tienen paredes gruesas y están ensanchados. Los oviductos se distinguen claramente. Se observa material de vitelo amorfo en el lumen.	Los gonopterigios son elongados, rígidos y se encuentran totalmente calcificados. Los testículos están engrosados y el órgano epigonal es escaso, los epidídimos y ductos deferentes están contorneados. Presencia de túbulos seminíferos pequeños (poco activos) y grandes (activos), con los cromosomas condensados.
IV	Ovarios con ovocitos vitelogenéticos de tamaño pequeño, glándulas oviducuales desarrolladas. Úteros dilatados e irrigados con embriones u ovocitos fecundados. Se observa un mayor desarrollo en la cavidad del lumen y el útero se encuentra muy vascularizado.	

7.3. Análisis de datos

7.3.1. 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 sexo. Con el fin de conocer la distribución en el hábitat, se analizó gráficamente la frecuencia por estado de madurez con respecto a la profundidad. Las descripciones se hicieron por separado para cada sexo con el propósito de evaluar si el patrón de distribución es diferente entre sexos.

7.3.2. Estructura de longitudes y pesos

La composición en talla (considerando el AD) como de pesos totales de hembras y machos se analizó mediante la construcción de histogramas de frecuencia con intervalos de 1 cm para cada sexo.

7.4. Relación talla–peso (AD–P)

Para determinar la relación entre la talla (AD) y el peso total (P) se ajustó la siguiente ecuación potencial:

$$P = a(AD)^b$$

Para estimar los parámetros, ésta ecuación potencial fue linealizada utilizando el logaritmo de ambas variables:

$$(\log P) = a + b (\log AD)$$

donde:

P = peso total del organismo (g)

AD = ancho de disco del organismo (cm)

a = interceptor con el eje y (coeficiente)

b = pendiente de la recta (exponente de isometría)

Con la linearización logarítmica de la función potencial fue posible evaluar las diferencias estadísticas entre sexos por medio de un análisis de covarianza.

En esta relación, si el valor de b es igual a 3, el crecimiento es isométrico, es decir, hay un incremento del peso (P) proporcional al cubo del ancho del disco (AD). Si es menor a 3 el crecimiento es alométrico negativo, es decir, el P aumenta comparativamente en menor proporción con respecto al AD. Si es mayor a 3 el crecimiento es alométrico positivo, es decir, el P aumenta comparativamente en mayor proporción con respecto al AD. La comparación entre el valor estimado de b y el valor de referencia ($b=3$) se realizó mediante una prueba de t-Student estimando el valor de t calculado a partir de la siguiente ecuación con un nivel de significancia del 95%:

$$t_c = \frac{S_{\log AD}}{S_{\log P}} \cdot \frac{|b - 3|}{\sqrt{1 - r^2}} \cdot \sqrt{n - 2}$$

donde:

$S_{\log AD}$ = desviación estándar del logaritmo del ancho de disco (log AD).

$S_{\log P}$ = desviación estándar del logaritmo del peso total (log P).

r^2 = coeficiente de correlación.

b = valor de la pendiente.

n = número de datos.

7.5. Aspectos reproductivos

7.5.1. Proporción de sexos

La proporción de sexos se estimó estableciendo la relación de hembras y machos obtenidos en los muestreos, se utilizó el método de Wenner (1992), donde la proporción esperada (50%:50%, equivale a 1:1) se verificó mediante una prueba de ji-cuadrada (X^2), con un nivel de significancia del 95% de la siguiente forma:

$$X_c^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - e_i)^2}{e_i}$$

donde:

O_i = valor observado.

e_i = valor esperado ($n \cdot 0.5$).

7.5.2. Descripción del sistema reproductor

A partir de las observaciones macroscópicas y microscópicas, se realizaron descripciones del sistema reproductor de hembras y machos, en cuanto a la forma, coloración y distribución de cada estructura.

7.5.3. Estados de madurez

Para las hembras se realizó una descripción macroscópica de los diferentes estados de madurez, para lo cual se consideró el tamaño y desarrollo del útero, la presencia de crías y de ovocitos en el ovario. En el caso de los machos, se usó como referencia el crecimiento del gonopterigio y el desarrollo del testículo.

7.6. Proporción de madurez sexual

Con base en los criterios de los estados de madurez establecidos, se estimó la proporción de madurez y se calculó la talla media de madurez sexual mediante la frecuencia del AD a la cual la mitad de los organismos (hembras y machos) se encontraron maduros (Liu *et al.*, 1999; Joung y Chen, 1995). En los machos se exploró el efecto del Índice de condición del

gonopterigio (I1: Calcificación y rotación (C–R); I2: Expansión del rifiodon (E); I3: Semen (S)) para evaluar si existen diferencias significativas en el criterio utilizado para juzgar a los organismos como inmaduros o maduros. Para lo cual, se adoptó un modelo lineal generalizado (MLG) para evaluar el efecto de interacción entre el ancho del disco y el índice de condición (AD|Índice) sobre la madurez binaria 0,1 correspondiente a organismos inmaduros y maduros, respectivamente. Si la interacción entre estos dos términos no fue significativa, el término fue removido evaluando así, el efecto directo del AD y el Índice. Se aplicó un análisis de varianza de una vía (ANOVA) para identificar el efecto del índice sobre la madurez y se utilizó el método de Tukey para identificar cual de los índices de condición difiere del resto. Adicionalmente, se tabularon los datos de longitudes por estado de madurez e índice y se elaboraron ojivas de madurez para cada índice para comprobar los patrones obtenidos en el MLG. La proporción de madurez en función del AD se determinó usando el siguiente modelo logístico:

$$M_L = \left(\frac{1}{1 + e^{-(AD - AD_{50\%})/\Phi}} \right)$$

donde:

M_L = proporción de madurez estimada en función del AD.

AD = ancho del disco (cm).

$AD_{50\%}$ = talla de madurez (mediana).

Φ = pendiente de la curva.

Las diferencias estadísticas entre sexos se evaluaron con un análisis de covarianza utilizando el AD como covariable y el sexo como factor. La variable indicadora se codificó como 0,1 representado a hembras y machos, respectivamente. La obtención de los parámetros se realizó mediante un ajuste de regresión logística binaria estimando el intervalo de confianza de los parámetros y de las ojivas utilizando el Software *Minitab* 16.0.

7.7. Fecundidad

Para determinar la fecundidad se contó el número de embriones en el útero de cada hembra y posteriormente se evaluó la relación entre el AD de las hembras preñadas contra el número de éstos en cada hembra.

7.8. Talla de nacimiento

La talla de nacimiento de la especie se determinó como el promedio de las tallas mínimas de los organismos de vida libre y las tallas máximas de los embriones.

7.9. Ciclo de ovulación y gestación

El ciclo del ovario se determinó por medio del registro del ovocito de mayor tamaño de cada hembra y analizando la media de cada mes de muestreo con la finalidad de evaluar el desarrollo de los ovocitos e identificar los posibles periodos de ovulación. La gestación se determinó mediante el análisis del desarrollo embrionario a lo largo del tiempo, desde la presencia de embriones en las primeras etapas de desarrollo, hasta el momento en el que se encontraron completamente desarrollados; a su vez, se comparó el tamaño de los embriones más grandes con el tamaño de los neonatos más pequeños para determinar la época de nacimiento.

8. RESULTADOS

8.1. Análisis de la captura

Se examinaron 3,904 organismos de *U. nana* durante el periodo de muestreo, de los cuales 2,724 fueron organismos de vida libre (1,391 hembras y 1,333 machos) (Tabla 2). Se observó una mayor captura de organismos de ambos sexos en septiembre. Las hembras se capturaron en mayor número en septiembre y los machos en julio (Figura 5).

Tabla 2. Organismos de *U. nana* capturados en las faenas de pesca de camarón durante los años 2007–2012 en Teacapán, Sinaloa: n = número total, ♀ = hembras, ♂ = machos, Interv. talla = intervalo de talla (cm), Talla prom.= talla promedio (cm).

Mes	n	♀	Interv. talla	Talla prom.	♂	Interv. talla	Talla prom.
Enero	88	58	5.8-13.2	9.87	30	6.8-11.9	9.51
Febrero	57	34	6.4-13.3	9.82	23	6.1-10.5	8.77
Marzo	219	98	5.3-14.5	10.99	121	5.3-11.9	9.85
Abril	38	17	6.7-13.0	9.92	21	6.3-10.5	8.93
Mayo	304	114	5.4-13.5	10.01	190	5.0-12.1	9.17
Junio	169	103	5.0-13.9	10.84	66	5.6-11.6	9.03
Julio	485	213	5.9-13.8	10.91	272	4.9-12.3	9.53
Agosto	245	139	4.2-13.5	10.50	106	3.3-11.9	8.56
Septiembre	607	347	5.1-13.9	9.27	260	3.7-11.9	7.98
Octubre	261	104	5.4-13.4	9.70	157	4.8-11.6	8.71
Noviembre	183	114	5.0-14.2	11.04	69	5.1-12.2	9.67
Diciembre	68	50	7.9-15.1	10.67	18	8.6-12.5	10.44

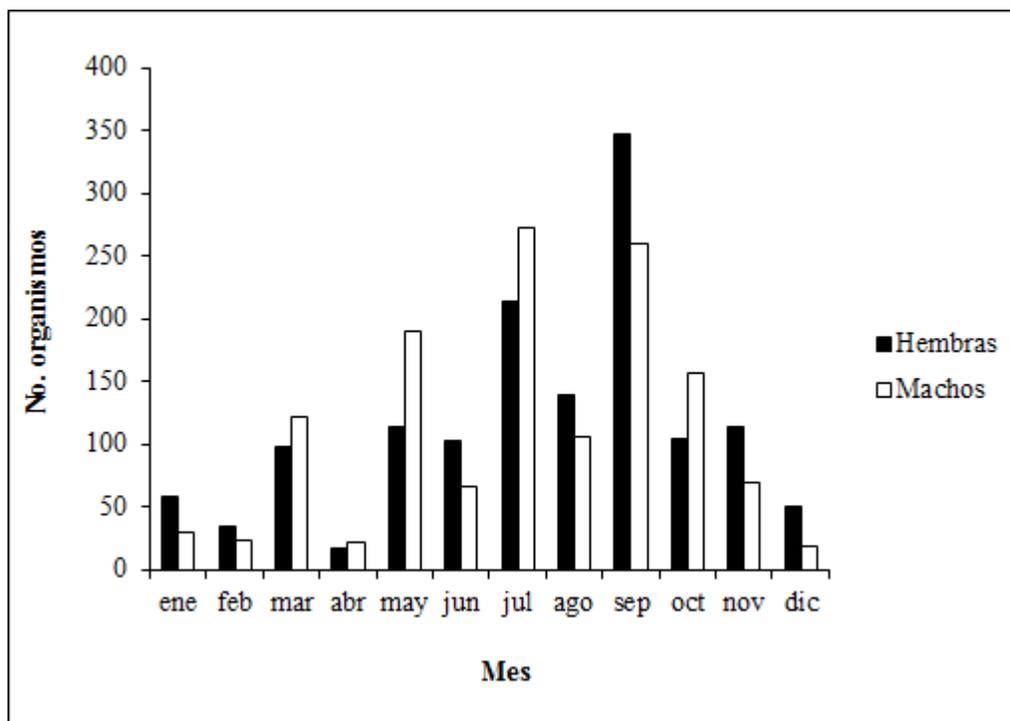


Figura 5. Composición mensual por sexo de *U. nana* capturados en las faenas de pesca de camarón durante los años 1997–2012 en Teacapán, Sinaloa.

Ambos sexos fueron más abundantes a profundidades de 2–5 brazas (bz) (3.7–9.3 m) ($n = 1,777$). No se observó una segregación en cuanto al uso de espacio, ya que se encontraron hembras y machos en todas las profundidades. Sin embargo, las hembras preñadas se concentraron en las profundidades más bajas (2–5 bz, 3.7–9.3 m) al igual que los neonatos, en el caso de los machos, los adultos se concentraron en profundidades bajas (2 bz, 3.7 m) (Figura 6).

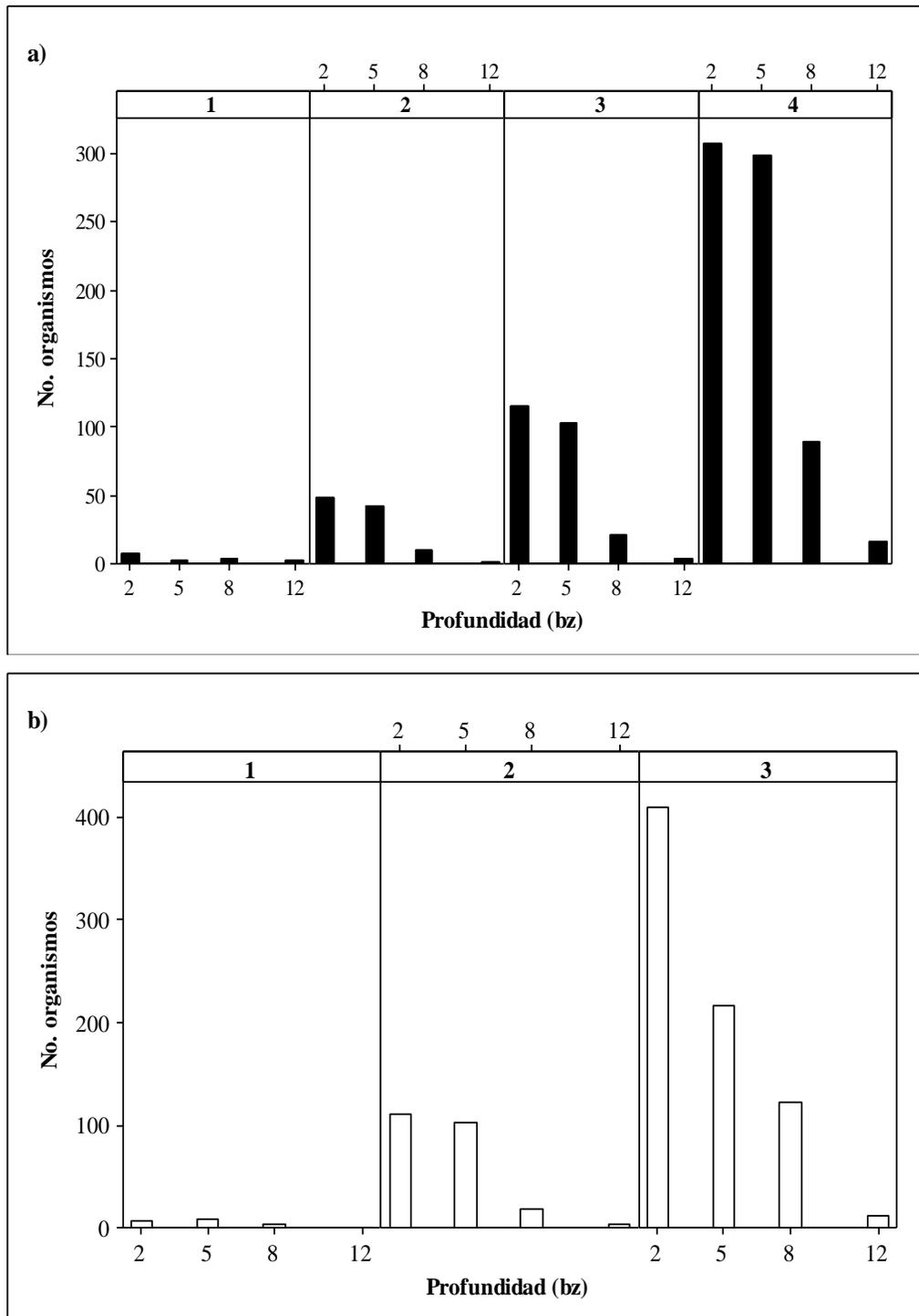


Figura 6. Distribución de *U. nana* por profundidad y estado de madurez para hembras (a) y machos (b), 1 = neonato, 2 = juvenil, 3 = adulto y 4 = preñez (en el caso de las hembras) capturados en las faenas de pesca de camarón durante los años 1997–2012 en Teacapán, Sinaloa.

8.2. Estructura de longitudes

La estructura de tallas para ambos sexos fue de 3.3–15.1 cm de AD con un promedio de 9.6 cm (d.e.= 2.01, mediana = 9.9, moda = 9.5) (Figura 7). El intervalo de talla más recurrente de captura de *U. nana* para ambos sexos fue de 9.4–11.0 cm de AD.

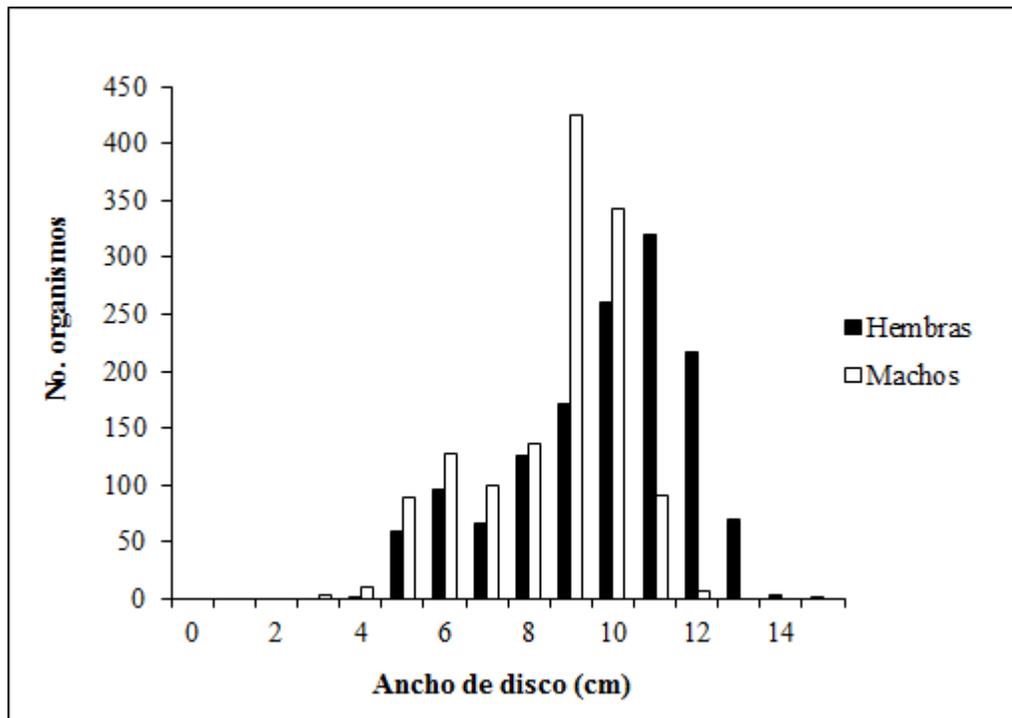


Figura 7. Estructura de tallas de *U. nana* para hembras y machos capturados en las faenas de pesca de camarón durante los años 1997–2012 en Teacapán, Sinaloa.

La LT de las hembras se encontró en el intervalo de 7.7–26.5 cm, con un promedio de 17.3 cm (d.e.= 4.11); en el caso de los machos el intervalo fue de 5.9–23.0 cm de LT, con un promedio de 15.3 cm (d.e.= 3.39). La correlación entre la LT y el AD fue lineal con un grado de correlación alto para hembras y machos (Figuras 8 y 9, Tabla 3).

Biología reproductiva de *Urotrygon nana*

Tabla 3. Valores obtenidos de las ecuaciones de la relación entre la longitud total (LT) y ancho de disco (AD) para hembras y machos de *U. nana*. También se indica el número de organismos (n), ordenada al origen (a) y pendiente (b) con sus respectivos intervalos de confianza (Linf = límite inferior, Lsup = límite superior), el coeficiente de correlación (r^2) y el valor de probabilidad (P).

Sexo	n	Ecuación	a			b			r^2	P
			a	Linf	Lsup	b	Linf	Lsup		
Hembras	1212	LT = -2.57 + 1.95 AD	-2.57	-2.85	-2.28	1.95	1.92	1.97	0.945	< 0.001
		AD = 1.83 + 0.49 LT	1.83	1.71	1.96	0.49	0.48	0.49		< 0.001
Machos	1330	LT = -2.02 + 1.92 AD	-2.02	-2.23	-1.80	1.92	1.89	1.94	0.950	< 0.001
		AD = 1.45 + 0.50 LT	1.45	1.35	1.54	0.50	0.49	0.50		< 0.001

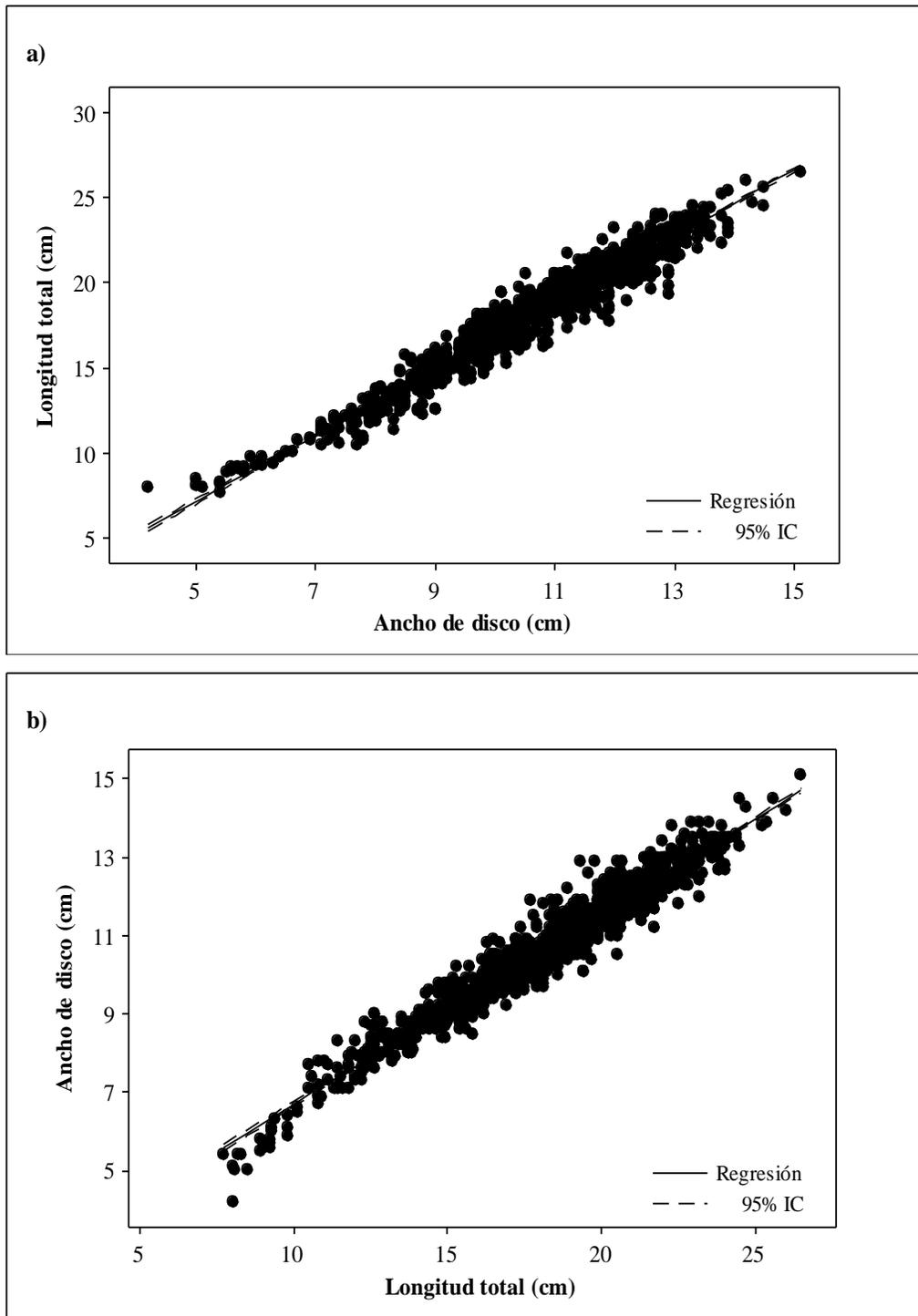


Figura 8. Relación longitud total (LT)-ancho de disco (AD) para hembras de *U. nana*. Con ambas ecuaciones a) $LT = -2.57 + 1.95 AD$ y b) $AD = 1.83 + 0.49 LT$ con sus respectivas regresiones lineales e intervalos de confianza de la regresión.

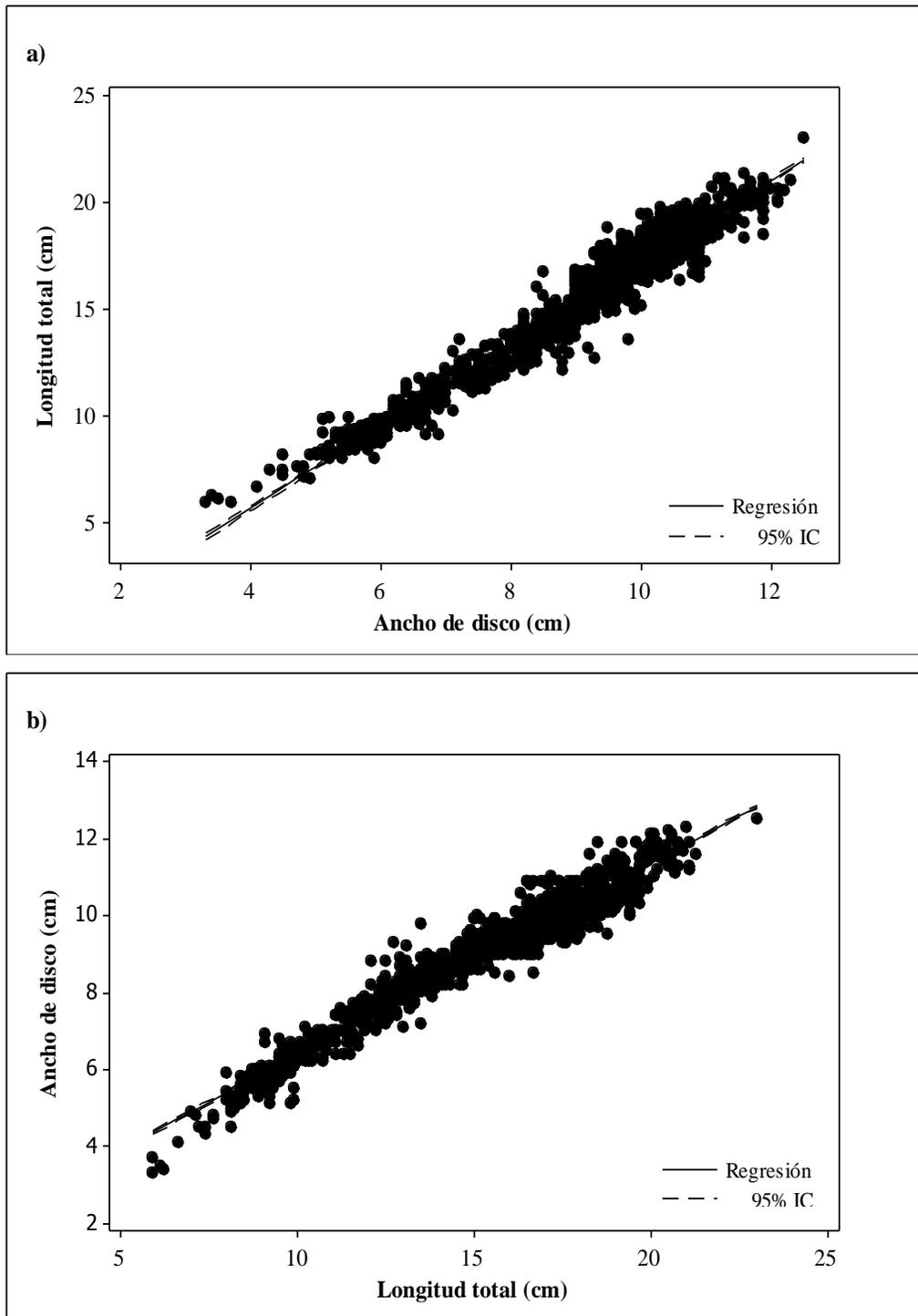


Figura 9. Relación longitud total-ancho de disco para machos de *U. nana*. Con ambas ecuaciones a) $LT = -2.02 + 1.92 AD$ y b) $AD = 1.45 + 0.50 LT$ con sus respectivas regresiones lineales e intervalos de confianza de la regresión.

Tanto para las hembras como para los machos, la mayor captura fue de organismos maduros. En el caso de las hembras, las preñadas fueron las más capturadas ($n = 895$), con tallas de 6.5–15.1 cm de AD (promedio = 10.91, d.e.= 1.50), seguidas de hembras adultas ($n = 302$) con tallas de 6.3–12.9 cm de AD (promedio = 10.61, d.e.= 1.47), hembras juveniles ($n = 172$) con tallas de 5.0–8.8 cm de AD (promedio = 6.50, d.e.= 0.08) y las que se capturan en menor número son las que se encuentran en estado neonato ($n = 22$) las cuales presentaron tallas de 4.2–6.9 cm de AD (promedio = 5.68, d.e.= 0.59). En los machos se observó que los adultos fueron los más capturados ($n = 968$) con tallas de 7.3–12.5 cm de AD (promedio = 9.91, d.e.= 0.83), seguidos de los juveniles ($n = 338$) con tallas de 4.3–9.3 cm de AD (promedio = 6.72, d.e.= 0.97) y los que se capturan en menor número fueron los neonatos ($n = 27$), los cuales presentaron tallas de 3.3–6.8 cm de AD (promedio = 5.23, d.e.= 1.03) (Figura 10).

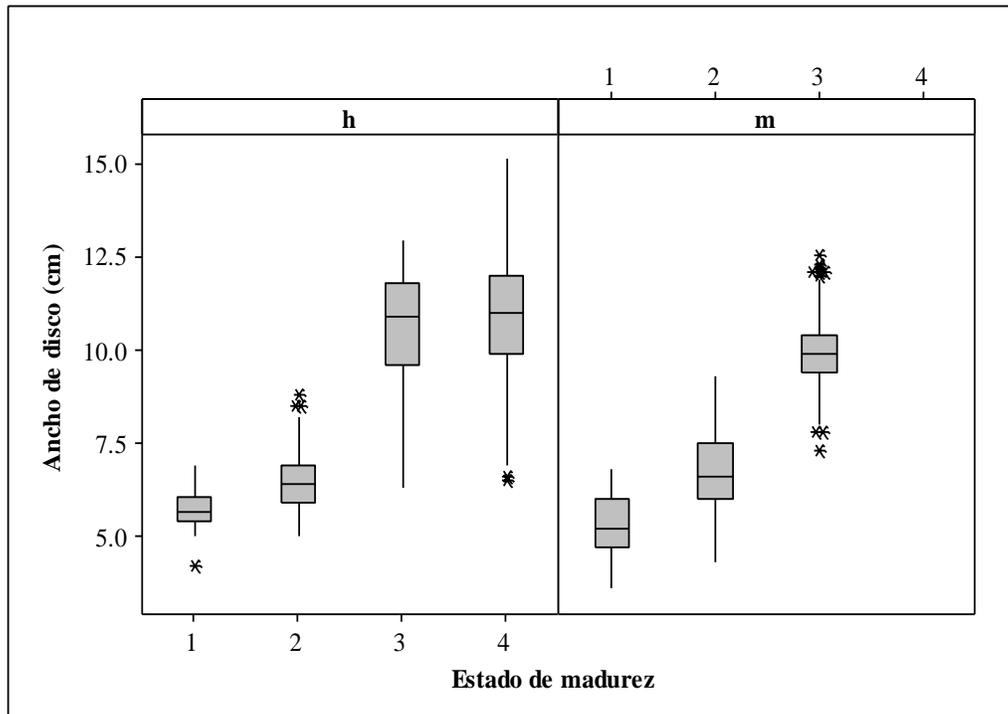


Figura 10. Estructura de tallas de *U. nana* para hembras (h) y machos (m) por estado de madurez: 1 = neonato, 2 = juvenil, 3 = adulto, 4 = preñez (hembras).

8.3. Estructura de pesos

Las hembras presentaron mayor peso total que los machos. El intervalo de peso de las hembras fue de 3–125 g (promedio = 43.78, d.e. = 25.34, n = 1,340) y los machos de 2–65 g (promedio = 28.28, d.e. = 14.21, n = 1,313) (Figura 11).

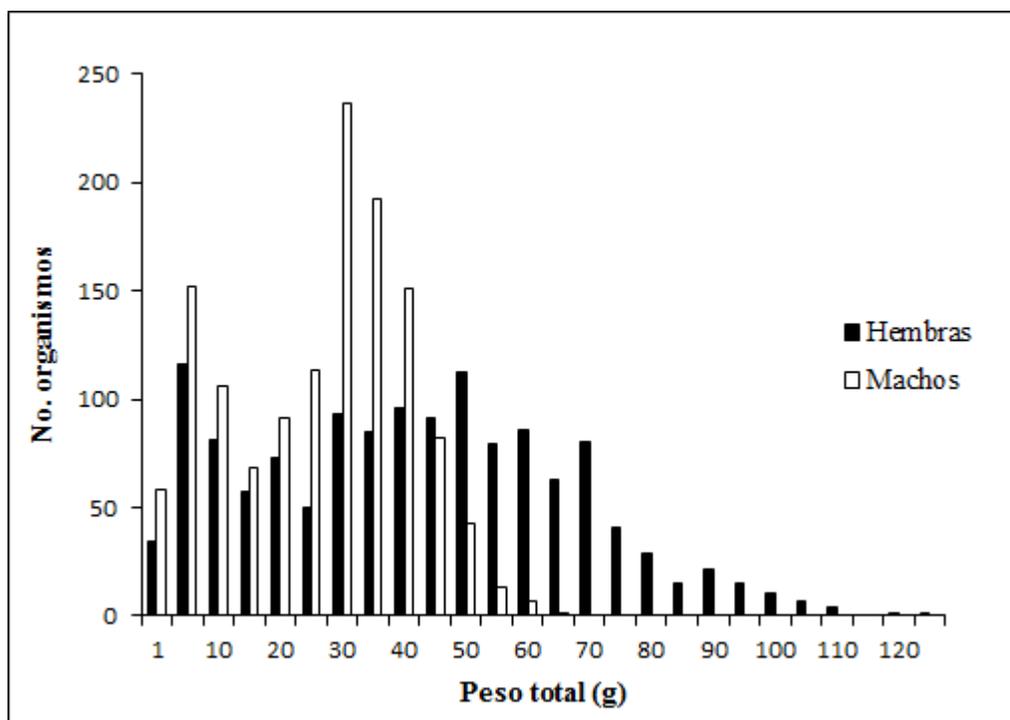


Figura 11. Estructura en peso total de hembras y machos de *U. nana* capturados en las faenas de pesca de camarón durante los años 1997–2012 en Teacapán, Sinaloa.

8.4. Relación talla–peso (AD–P)

La relación AD–P total presentó diferencias significativas ($F = 21.64$, $p < 0.0001$) entre hembras y machos, las primeras alcanzando un mayor peso para el mismo AD (Figura 12). La hembra más pesada registró 125 g y midió 13.9 cm de AD, mientras que el macho más pesado registró 65 g y midió 12.2 cm de AD. Cabe señalar que las hembras más pesadas se encontraban preñadas. Por otra parte, la hembra con menor peso fue una neonata que peso 3

g y midió 5.4 cm de AD; en el caso de los machos, el que registró un menor peso fue un neonato de 2 g y un una talla de 3.3 cm de AD. Los valores de la pendiente ($b_{\text{hembras}} = 3.48$; $b_{\text{machos}} = 3.34$), indican que tanto las hembras como los machos presentan crecimiento de tipo alométrico positivo (Tabla 4).

Tabla 4. Valores de la pendiente (b) de la relación AD-peso para hembras y machos de *U. nana*, y los estadísticos de la prueba de t-student ($gl_{\text{hembras}} = 1339$; $gl_{\text{machos}} = 1312$; $\alpha = 0.05$).

Sexo	n	b	t_{calculada}	t_{tablas}	Tipo de crecimiento
Hembras	1,340	3.48	22.98	1.96	Alométrico positivo
Machos	1,313	3.34	15.28		

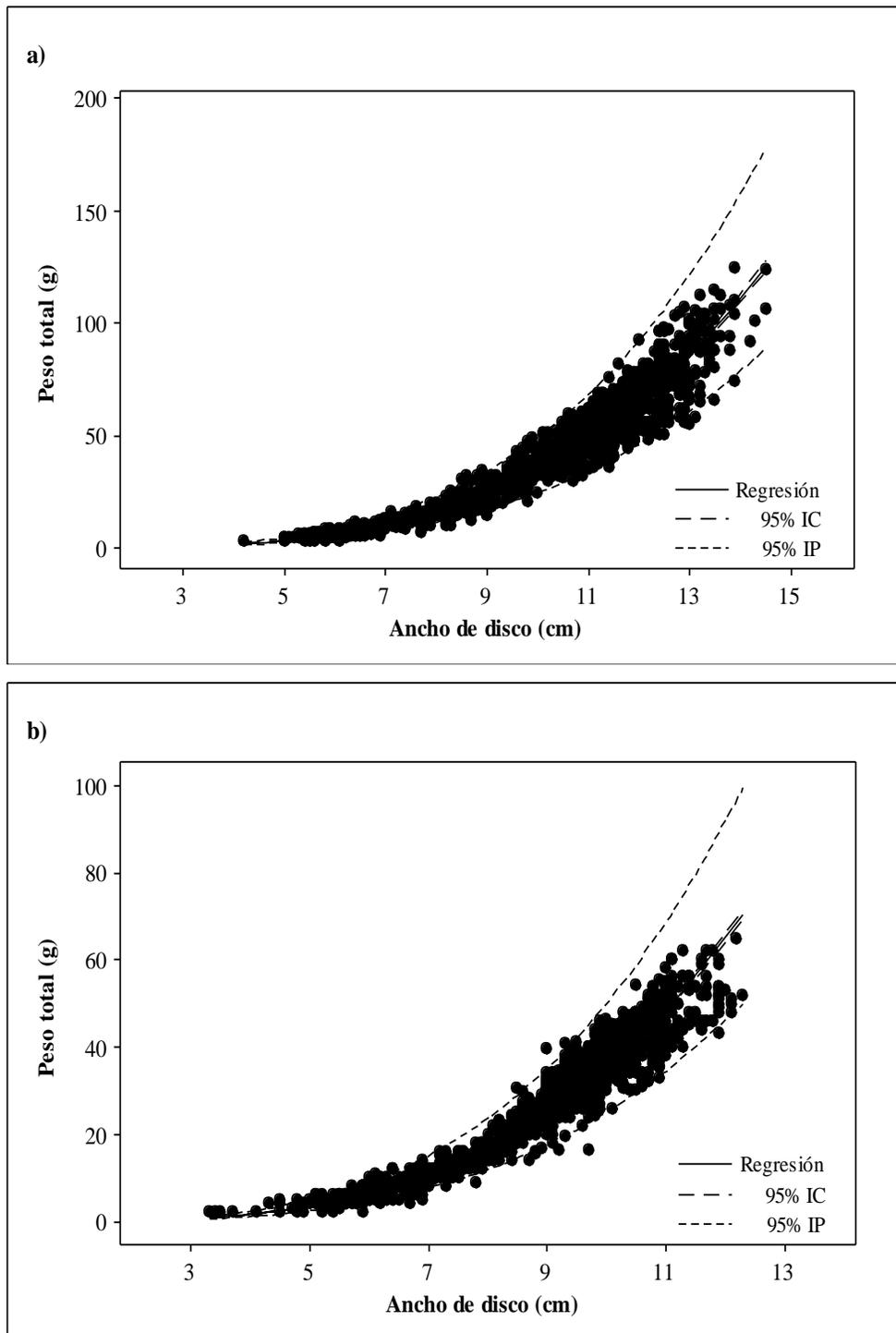


Figura 12. Relación AD-peso de *U. nana* para (a) hembras $y = 0.0115x^{3.48}$, $r^2 = 0.95$ y (b) machos $y = 0.0162x^{3.34}$, $r^2 = 0.94$.

8.5. Aspectos reproductivos

8.5.1. Proporción de sexos

La proporción de sexos hembras:machos para neonatos fue 0.67:1, para juveniles 0.79:1 y para adultos 1.17:1. La prueba de X^2 indicó que en ninguno de los estados de madurez existen diferencias significativas. Neonatos ($X_c^2 = 0.80$, $gl = 1$, $p < 0.05$), juveniles ($X_c^2 = 2.46$, $gl = 1$, $p < 0.05$) y adultos ($X_c^2 = 4.37$, $gl = 1$, $p < 0.05$).

8.5.2. Descripción del sistema reproductor

8.5.2.1. Sistema reproductivo de hembras

El aparato reproductor de las hembras de *U. nana* está constituido por un par de ovarios, oviducto anterior, glándulas oviducuales y úteros; las estructuras de ambos lados son funcionales observando una predominancia en el uso de las estructuras del lado izquierdo.

El ovario tiene la forma de saco alargado con paredes delgadas y lisas, tiene un color rosa pálido, se encuentra en la parte anterior de la cavidad abdominal, junto al órgano epigonal (Figura 13). En las hembras inmaduras el órgano epigonal que rodea al ovario ocupa la mayor parte del espacio y se observan algunos ovocitos de color amarillo-naranja apenas visibles embebidos en éste; mide de 1 a 13 mm de largo. Por el contrario, en las hembras maduras, el órgano epigonal se nota menos y el espacio del ovario está en su mayoría ocupado por ovocitos de color amarillo intenso de diferentes tamaños (1 a 7 mm); el ovario mide de 8 a 35 mm de largo.



Figura 13. Ovario de una hembra madura de *U. nana*.

Los cortes histológicos sólo se pudieron hacer para las hembras maduras, observándose una gran cantidad de tejido conjuntivo laxo y fibroso; también se observaron folículos bien diferenciados. Los folículos presentaban los ovocitos en desarrollo rodeados por la zona pelúcida y por células de la capa granulosa que a su vez conforman la teca; también se observaron ovocitos atrésicos (Figura 14).

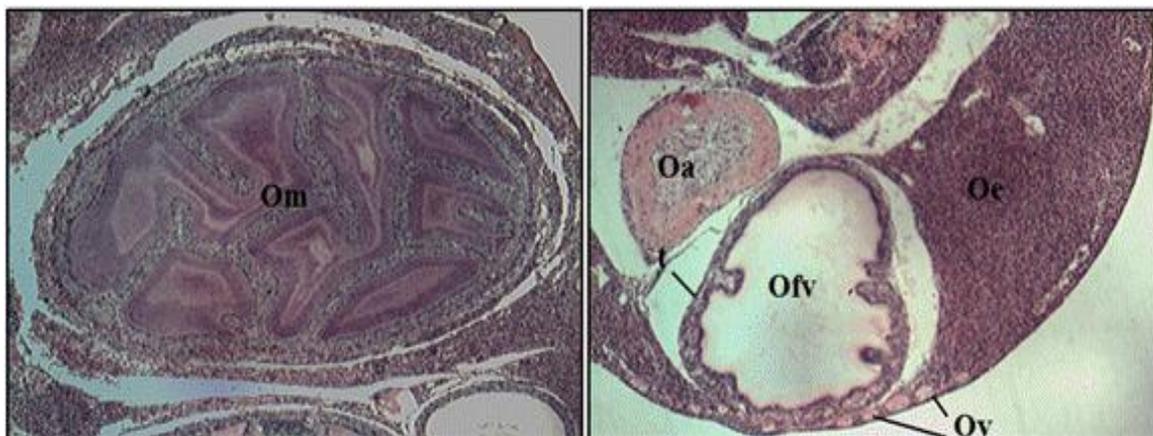


Figura 14. Corte transversal del ovario de una hembra madura de *U. nana*. Om: Ovocito maduro, Oa: Ovocito atrésico, Oe: Órgano epigonal, Ov: Ovocitos, Ofv: Ovocito con formación de vitelo, t: teca. Hematoxilina-eosina 4x.

El oviducto anterior tiene la forma de un tubo delgado y largo de color blanco, está ubicado entre el ostium y la glándula oviducal, paralelo a la columna vertebral, en las hembras inmaduras es muy delgado, apenas se aprecia a simple vista; a medida que las hembras maduran éste se va ensanchando, pero sigue siendo difícil de observar a simple vista. No se pudieron hacer más observaciones macroscópicas ni cortes histológicos del oviducto, debido a la dificultad para extraerlo dado su tamaño pequeño.

Entre el oviducto anterior y el útero se encuentra la glándula oviducal, la cual se observa como una protuberancia esférica, dura, de paredes lisas y de color crema. En las hembras inmaduras es poco visible, ya que no está ensanchada y no está diferenciada del resto del oviducto; en las hembras maduras se observaron tamaños de 1 a 5 mm de ancho (Figura 15).

En los cortes histológicos se observó que la glándula oviducal presenta un lumen central rodeado por lamelas transversales conformadas por tejido conectivo y mucosa; las lamelas están delimitadas por un epitelio de células columnares, las cuales se presentaron como terminaciones de las diferentes células secretoras que derivan de ellas (Figura 16).

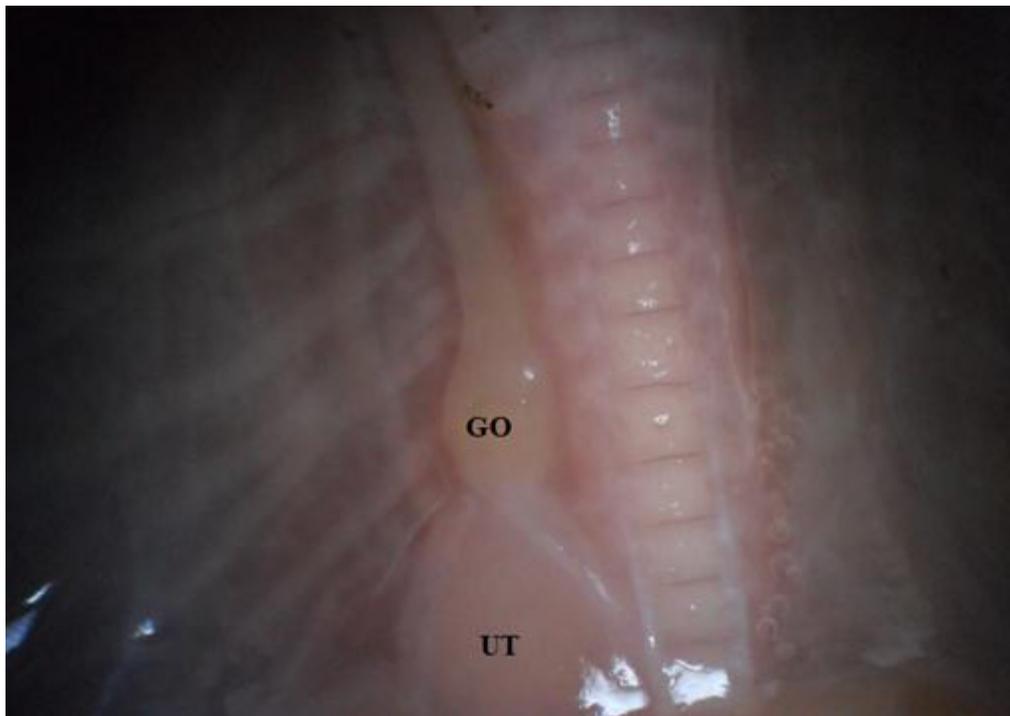


Figura 15. Vista de la glándula oviducal (GO) y útero (UT) de una hembra madura de *U. nana*.

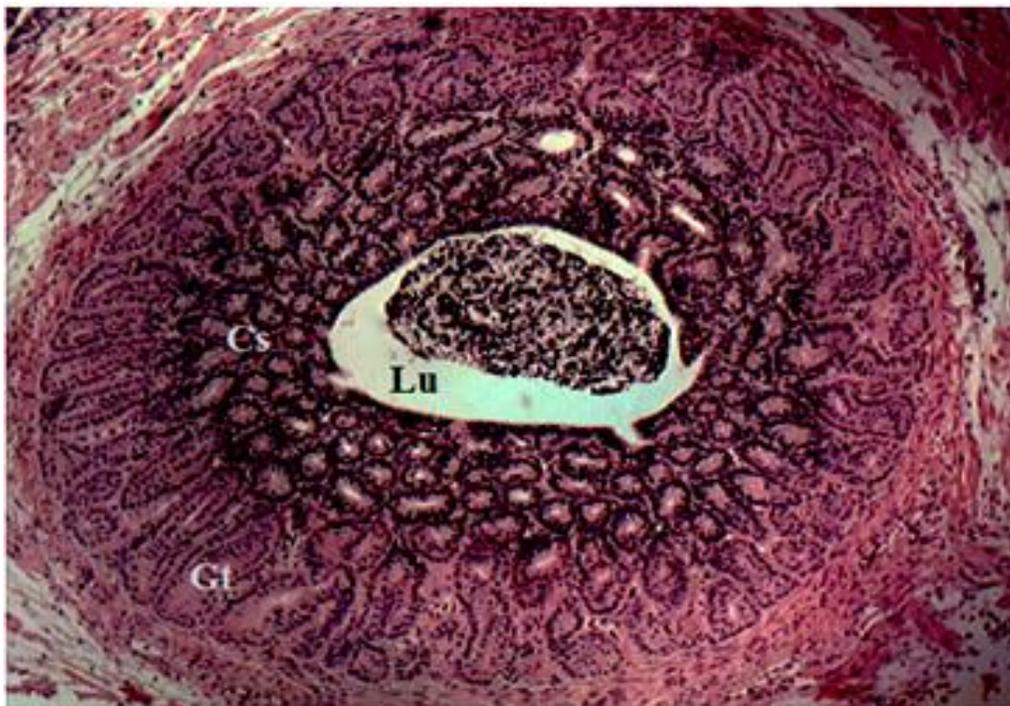


Figura 16. Corte transversal de la glándula oviducal de una hembra madura de *U. nana*. Lu= Lumen, Cs = Células secretoras, Gt = Glándulas tubulares alargadas. Hematoxilina-eosina 4x.

El útero es la parte posterior del oviducto. Es de forma tubular, de color rosa, de paredes lisas y delgadas; une la glándula oviducal y el cérvix, el cual desemboca en la cloaca (Figura 17). En las hembras inmaduras es muy delgado, mide de 0.5 a 6 mm de ancho y a medida que éstas maduran se va ensanchando, mide de 2 a 41 mm de ancho, y las paredes se observan gruesas. El útero se encuentra conformado por músculo liso (miometrio) que presenta una gran vascularización y un gran cúmulo de linfocitos (Figura 18). En el interior del útero de las hembras preñadas se observaron unas extensiones que a simple vista parecen como unas vellosidades de color rojizo saliendo de éste, estas vellosidades son conocidas como trofonemas, las cuales secretan sustancias nutritivas para las crías.

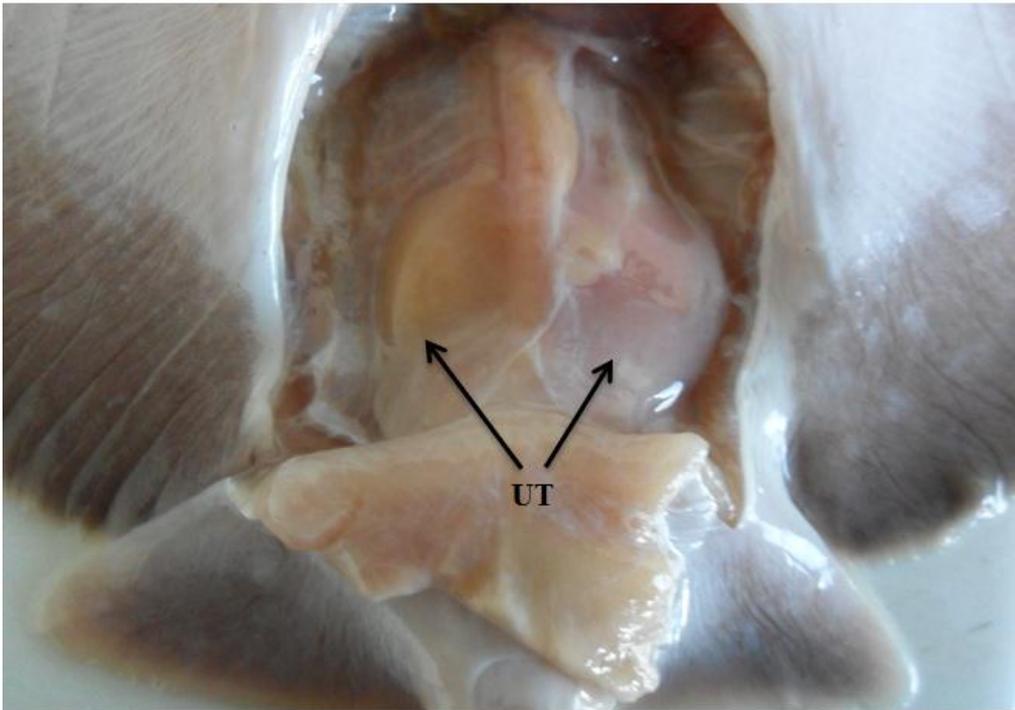


Figura 17. Úteros (UT) de una hembra madura de *U. nana*.

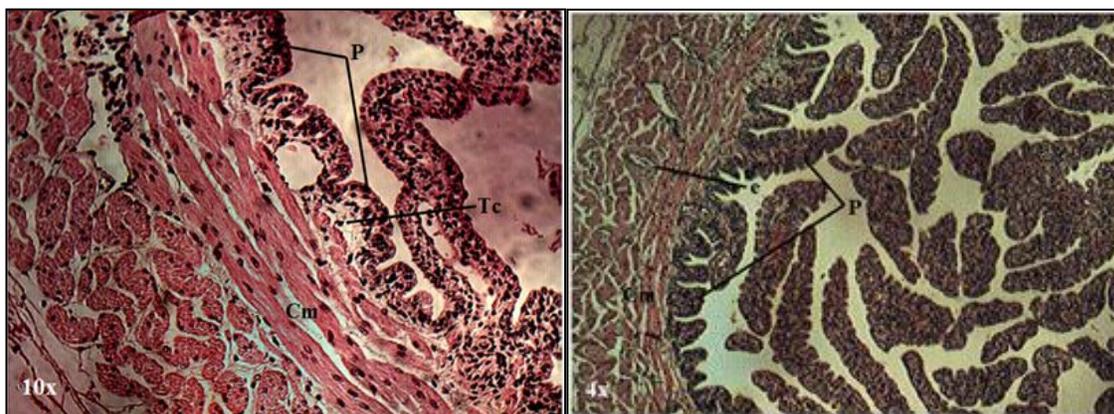


Figura 18. Corte transversal del útero de una hembra madura de *U. nana*. Cm = Capa muscular longitudinal, e = Irrigación arteriovenosa, Tc = Tejido conjuntivo, P = papilas. Hematoxilina-eosina.

8.5.2.2. Sistema reproductivo de machos

El sistema reproductor de los machos de *U. nana* está constituido por un par de testículos, unidos al epidídimo y al ducto deferente. En la parte posterior de la cavidad abdominal se encuentra la vesícula seminal, la cual se observa adherida a los riñones y debido a su pequeño tamaño fue imposible diferenciarla a simple vista. La glándula de Leydig y el vaso eferente tampoco pudieron ser diferenciados.

Los testículos tienen la forma de saco alargado con bordes redondeados, se encuentran adheridos al órgano epigonal, el cual les da soporte. En los machos inmaduros los testículos se encuentran poco desarrollados y están envueltos en su totalidad por el órgano epigonal que ocupa la mayor parte del espacio; por el contrario, los machos maduros presentan el órgano epigonal menos notorio y los testículos toman una textura más sólida, pues se encuentran organizados en varios lóbulos, los cuales están rodeados por tejido conectivo (Figura 19).



Figura 19. Testículos de un macho maduro de *U. nana*.

Dentro de los lóbulos se puede diferenciar una zona germinal que se encuentra cerca del centro, el desarrollo de ésta se va dando hacia los extremos, donde se encuentran los túbulos seminíferos maduros. En los cortes histológicos se observaron túbulos seminíferos con células sexuales en diferentes fases de desarrollo; desde células germinales, células sexuales en proceso de maduración y células sexuales maduras. En la primera fase se observan células esféricas de tamaño grande, las cuales son consideradas como espermatogonias, las cuales se encuentran dispersas dentro del túbulo seminífero sin presentar ningún arreglo.

Posteriormente se da una primera división meiótica de las espermatogonias, en donde el número de células se incrementa y se empieza a dar una migración hacia la periferia de cada túbulo; esto da paso a la fase de espermatocono primario, los cuales se distinguen por presentar núcleos grandes y su forma es menos esférica que las espermatogonias. En estas células se puede observar claramente el inicio de un arreglo periférico de ellas dentro de

cada túbulo seminífero. A medida que continúa la división celular, el espermatocito primario da lugar al espermatocito secundario, el cual se caracteriza por presentar un tamaño y un núcleo pequeño y el arreglo periférico es más notorio.

Cuando ocurre la segunda división meiótica, de cada espermatocito secundario se originan dos espermátidas, las cuales se puede diferenciar e identificar debido a que ocurre un proceso de diferenciación del acrosoma y el flagelo. Las últimas fases incluyen la espermiogénesis y el arreglo en espiral de los espermatozoides; en la espermiogénesis se da la definición de las cabezas, las colas, el agrupamiento y orientación periférica de los espermatozoides. Cuando los espermatozoides están en la fase de arreglo espiral, se agrupan aparentemente en cantidades iguales en la zona de la periferia de cada túbulo (Figura 20).

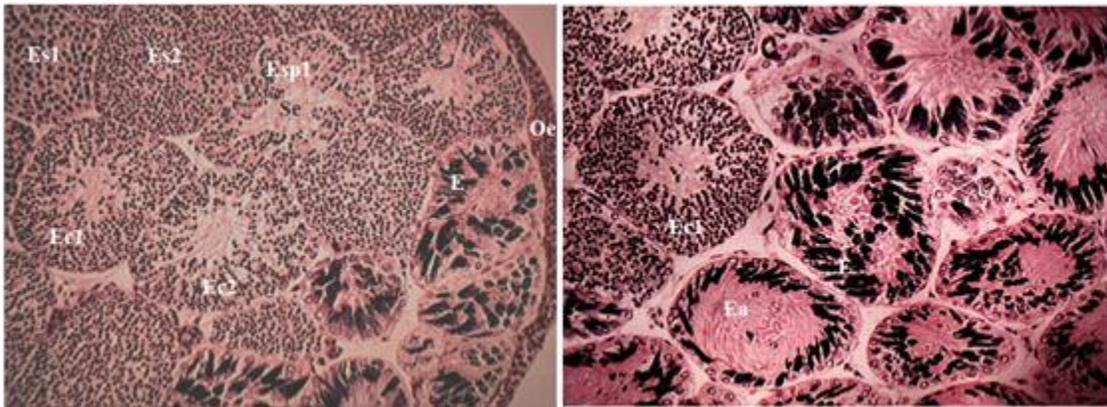


Figura 20. Corte transversal de testículo de un macho maduro de *U. nana*. Es1 = Espermatogonia primaria, Es2 = Espermatogonia secundaria, Ec1 = Espermatocito primario, Ec2 = Espermatocito secundario, Esp1 = Espermátida primaria, E = Espermatozoides, Ea = Arreglo espermático, Oe = Órgano epigonal, Se = secreción eosinófila. Hematoxilina-eosina 10x.

Los epidídimos son estructuras pareadas, se encuentran en la parte anterior de la cavidad abdominal, uno a cada lado de la columna vertebral. Tienen la forma de túbulos delgados y enrollados copiosamente, se encuentran adheridos a la pared dorsal de la cavidad. En la parte posterior del epidídimo se encuentra el ducto deferente, el cual se observa como un tubo largo y ancho. La vesícula seminal se extiende desde la parte anterior de la cavidad

abdominal hasta la parte posterior, en donde se observa un tubo más notorio y de forma enrollada que se confunde con el riñón en los organismos inmaduros.

8.5.3. Estados de madurez

Durante el periodo de muestreo se observó una mayor captura de hembras y machos maduros, los cuales constituyeron 86.05% y 72.62% respectivamente, predominando las hembras preñadas (64.34%).

8.5.3.1. Madurez sexual en hembras

Se analizaron 1,243 aparatos reproductores de hembras maduras (90.06%) e inmaduras (9.94%) de *U. nana* con tallas de 5.0–15.1 cm de AD. En las hembras inmaduras con tallas de 5.0–8.8 cm de AD fue difícil distinguir la glándula oviducal del resto del oviducto, ya que el diámetro fue de 0.5 a 2 mm. En las hembras maduras con tallas de 6.5–15.1 cm de AD la glándula oviducal se aprecia más diferenciada del oviducto, debido a que aumenta su diámetro de 1–5 mm (Figura 21).

El útero en hembras inmaduras tuvo un diámetro de 0.5–6 mm y en las hembras maduras de 2–41 mm. Se observa que éste comienza a crecer en forma acelerada cuando las hembras alcanzan un AD de 7.0 cm (Figura 22). Las hembras inmaduras presentaron un ovario poco desarrollado con ovocitos de 1–2 mm de diámetro. Las hembras maduras presentaron ovocitos de diferentes tamaños al mismo tiempo con diámetros entre 1–7 mm (Figura 23). Aunque se encontraron hembras pequeñas (desde los 5.7 cm de AD) con presencia de ovocitos vitelogenéticos, se sugiere que la talla mínima de madurez está en 7.0 cm de AD, considerando que se comienzan a observar cambios en el ancho del útero y el oviducto, y a diferenciarse la glándula oviducal; además de presentar un ovario más compacto. La hembra preñada más pequeña que se encontró midió 6.5 cm de AD.

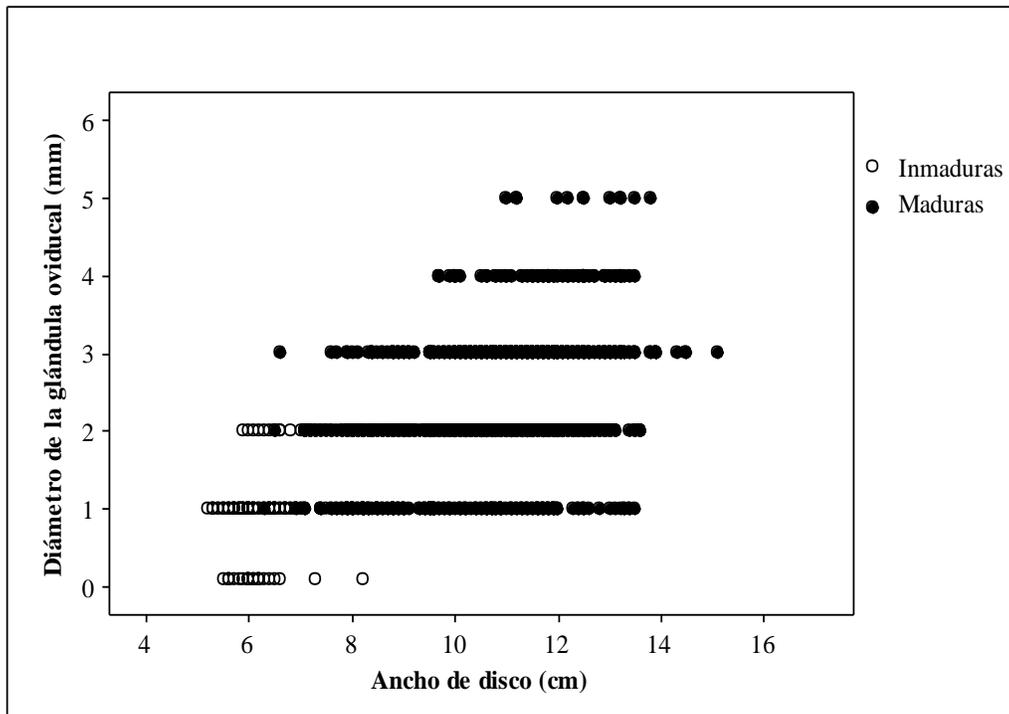


Figura 21. Relación entre el ancho de disco y el diámetro de la glándula oviducal de *U. nana*.

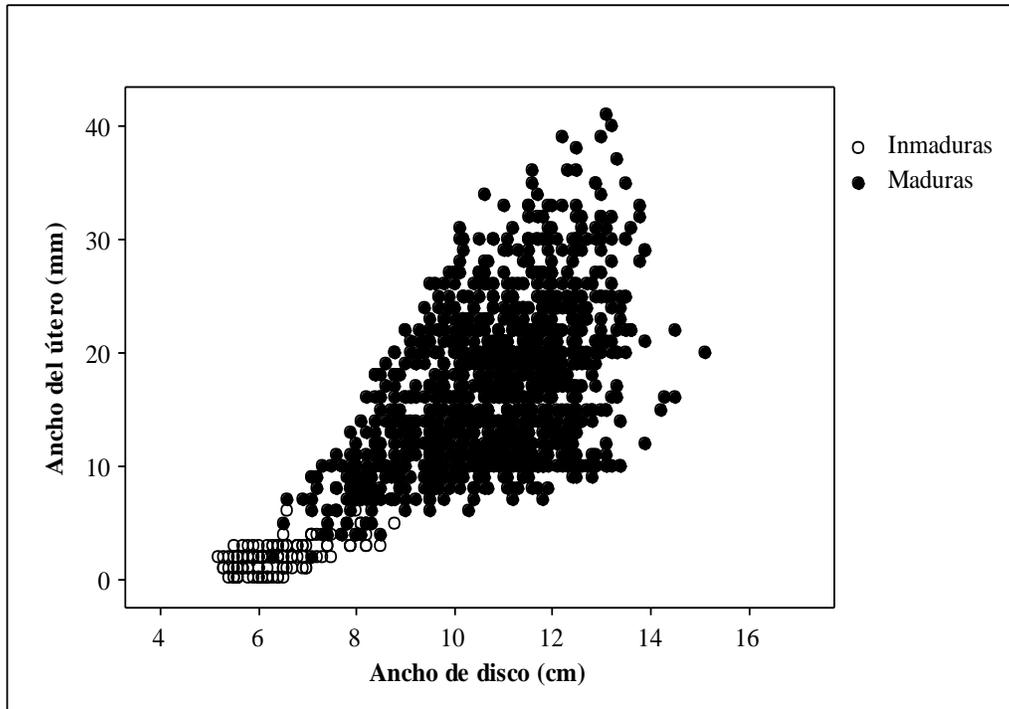


Figura 22. Relación entre el ancho de disco y el ancho del útero de *U. nana*.

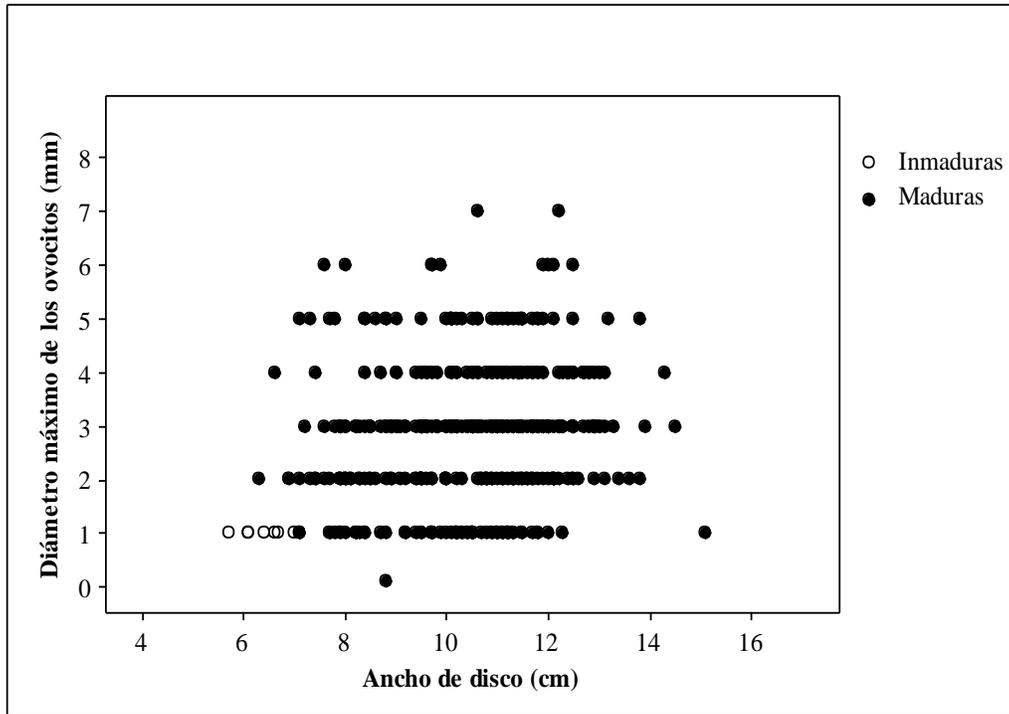


Figura 23. Relación entre el ancho de disco y el diámetro máximo de los ovocitos de *U. nana*.

8.5.3.2. Madurez sexual en machos

En los machos el desarrollo de los testículos es progresivo (Figura 24). Los organismos inmaduros, con gonopterigios flácidos presentaron un intervalo de 5–18 mm en el largo del testículo. A partir de 8.0 cm de AD los testículos empiezan a desarrollarse gradualmente llegando a medir de 11–32 mm de longitud. El macho más pequeño con gonopterigios calcificados presentó testículos de 14 mm de longitud y el más grande de 26 mm de longitud.

El desarrollo de los gonopterigios es más rápido y se pueden considerar dos fases de crecimiento; la primera incluye a organismos juveniles con tallas de 4.3–9.3 cm de AD, los cuales presentan crecimiento lento; en la segunda etapa se observa un crecimiento acelerado, que incluye a organismos en estado de transición a la madurez, los cuales presentaron tallas de 7.0–9.0 cm de AD, encontrando organismos con gonopterigios

totalmente calcificados a partir de 9.0 cm de AD cuando se observa que el crecimiento se estabiliza (Figura 25). Se sugiere que la talla mínima de madurez está en 9.0 cm de AD, considerando que se comienza a observar el testículo con una textura más compacta y tomando en cuenta que a partir de esta talla todos los organismos presentaron el gonopterigio calcificado.

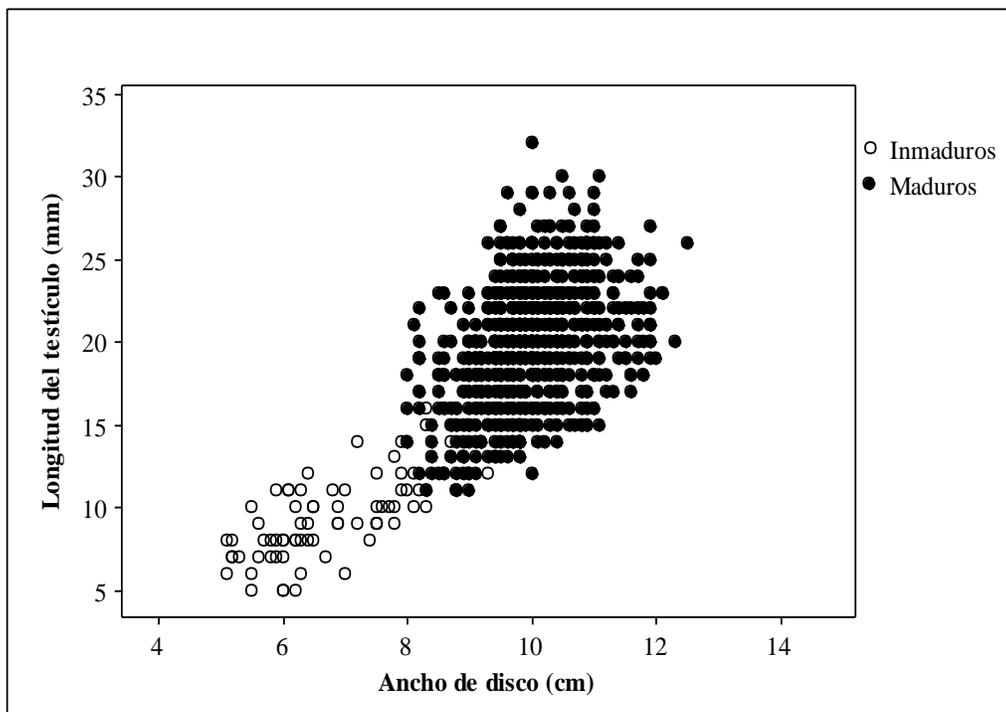


Figura 24. Relación entre el ancho de disco y la longitud del testículo de *U. nana*.

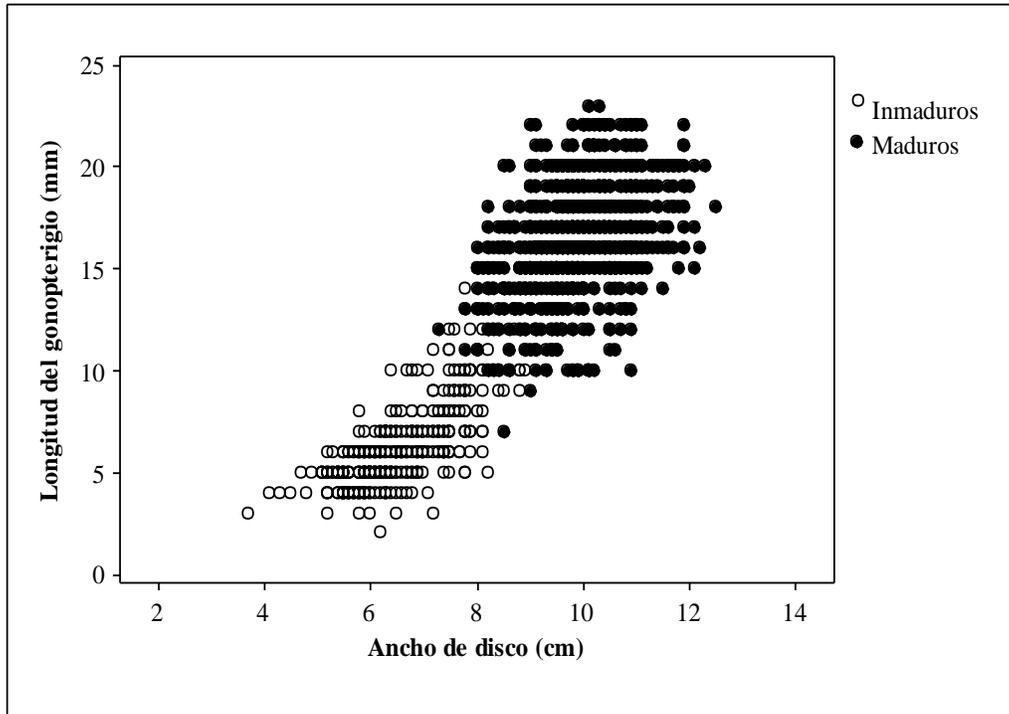


Figura 25. Relación entre el ancho de disco y la longitud del gonopterigio de *U. nana*.

8.6. Proporción de madurez sexual

La talla de primera madurez $AD_{50\%}$ de hembras fue de 7.5 cm de AD (11.7 cm de LT) (Figura 26). En los machos, el efecto de la interacción (AD|Índice) sobre la proporción de madurez fue significativa ($p = 0.039$). La prueba de Tukey mostró que los índices estimados con distintos criterios de madurez fueron diferentes entre sí (Tabla 5). Los datos tabulados de cada índice se presentan en la Tabla 6. La ojiva basada en la calcificación y rotación (C–R) mostró un valor de $AD_{50\%}$ de 8.2 cm de AD, la ojiva basada en la expansión del rifiodon (E) y la presencia de semen (S) mostraron valores de $AD_{50\%}$ de 8.4 y 8.5 cm de AD respectivamente (Figura 27) (Tabla 7).

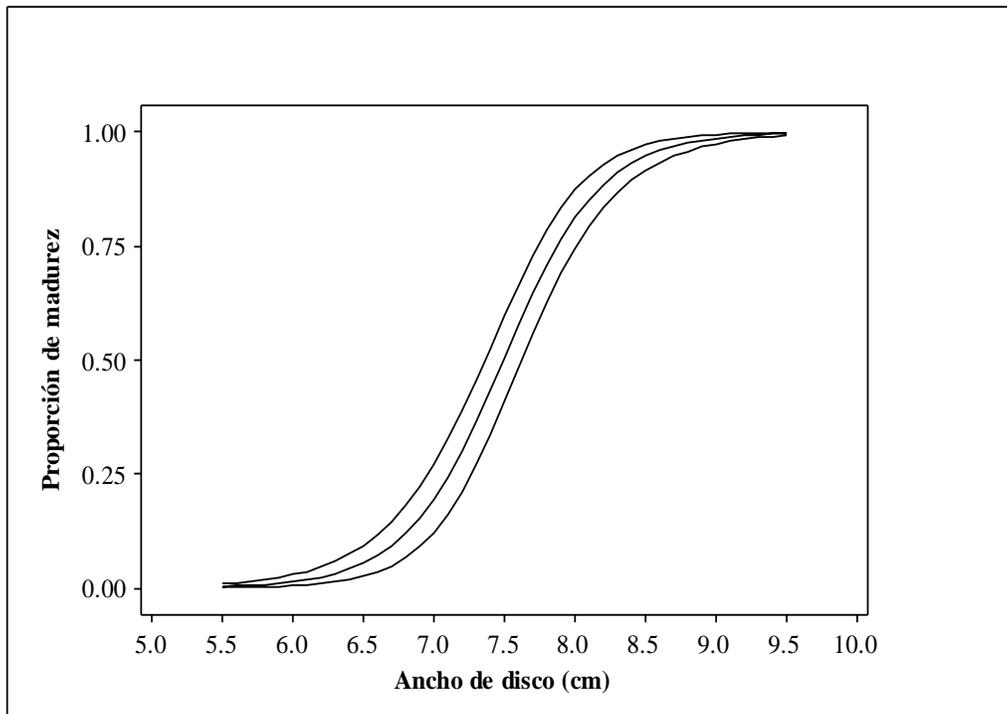


Figura 26. Proporción de madurez sexual para hembras de *U. nana* con intervalos de confianza (95%).

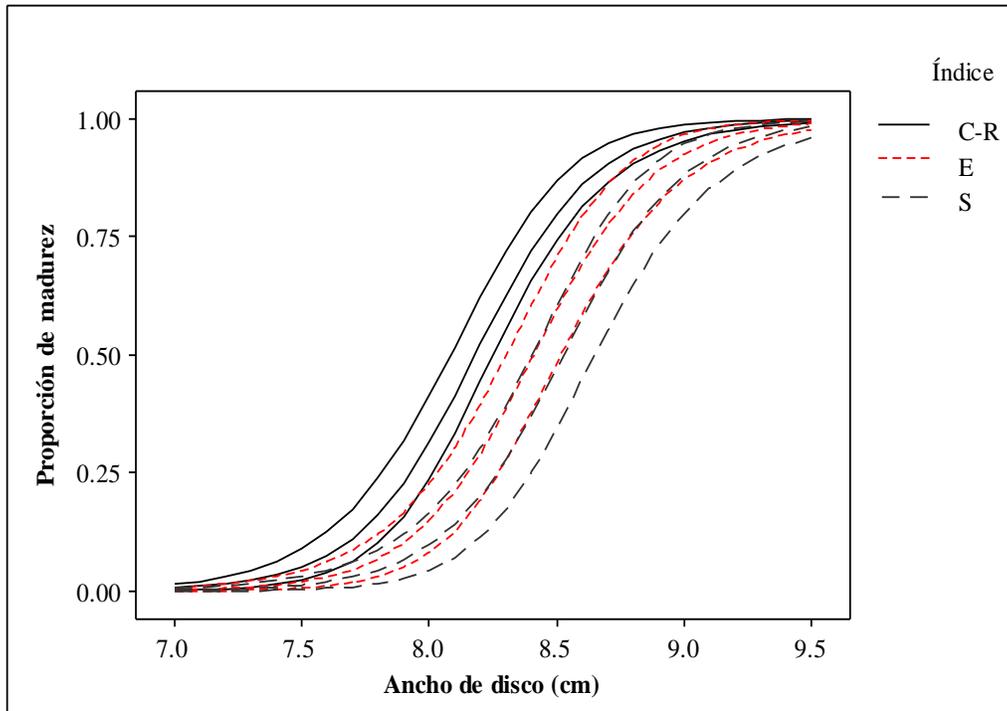


Figura 27. Proporción de madurez sexual para machos de *U. nana* para cada índice; C-R= Calcificación y rotación; E = Expansión del rifiodon; S = Semen, con sus respectivos intervalos de confianza (95%).

Tabla 5. Prueba de Tukey para cada uno de los índices de condición para machos.

Índice	n	Media	d.e.	IC del 95% para cada media sobre el conjunto de las desviaciones estándar			
				+-----+-----+-----+-----			
1	1332	0.7282	0.4450				(--*-)
2	756	0.5212	0.4999		(--*--)		
3	629	0.4245	0.4947	(--*--)			
				+-----+-----+-----+-----			
				0.40	0.50	0.60	0.70

Tabla 6. Datos tabulados para cada índice de madurez para machos de *U. nana*.

a)

AD (cm)	Índice I (C-R)			Pr. Obs.
	Inmaduros	Maduros	Total	
3-4	2		2	0.00
4-5	11		11	0.00
5-6	86		86	0.00
6-7	119		119	0.00
7-8	91	3	94	0.03
8-9	33	70	103	0.68
9-10	1	337	338	1.00
10-11		281	281	1.00
11-12		85	85	1.00
12-13		7	7	1.00
Total	343	783	1126	

b)

AD (cm)	Índice II (E)			Pr. Obs.
	Inmaduros	Maduros	Total	
3-4	2		2	0.00
4-5	11		11	0.00
5-6	86		86	0.00
6-7	119		119	0.00
7-8	91		91	0.00
8-9	33	12	45	0.27
9-10	1	136	137	0.99
10-11		86	86	1.00
11-12		20	20	1.00
12-13		2	2	1.00
Total	343	256	599	

c)

AD (cm)	Índice III (S)			Pr. Obs.
	Inmaduros	Maduros	Total	
3-4	2		2	0.00
4-5	11		11	0.00
5-6	86		86	0.00
6-7	119		119	0.00
7-8	91		91	0.00
8-9	33	13	46	0.28
9-10	1	93	94	0.99
10-11		87	87	1.00
11-12		32	32	1.00
12-13		3	3	1.00
Total	343	228	571	

Tabla 7. Valores de los parámetros de las ojivas de madurez de hembras (♀) y machos (♂)

Sexo	n	AD _{50%}			Error estándar	ϕ	Error estándar ϕ
		AD _{50%}	Linf	Lsup			
♀	1219	7.5	7.4	7.6	0.07	0.35	0.03
♂ (C-R)	1226	8.2	8.1	8.3	0.04	0.23	0.02
♂ (E)	599	8.4	8.3	8.5	0.05	0.23	0.03
♂ (S)	570	8.5	8.4	8.6	0.06	0.24	0.03

8.7. Fecundidad

Se encontraron embriones en 539 hembras muestreadas; de los 1027 embriones, el 32.4% se encontraron en el útero derecho, mostrando una dominancia del útero izquierdo. No se encontró una relación estadística entre la talla de la madre y el número de embriones ($n = 682$, $r^2 = 0.20$), ya que se encontraron hembras pequeñas con anchos de disco de 6.6 cm con tres embriones y de 7.9 cm de AD con cuatro embriones; mientras que la más grande con un AD de 14.5 cm presentó un embrión (Figura 28). La fecundidad varió entre uno y seis embriones (promedio = 1.8, d.e. = 1.01). La distribución de frecuencias del número de embriones por hembra indica una moda en el intervalo de un embrión (Figura 29). La proporción sexual embrionaria fue 1.37:1, hembras:machos respectivamente. La prueba de X^2 indicó que no existe diferencia significativa ($X_c^2 = 6.72$, $gl = 1$, $p < 0.05$).

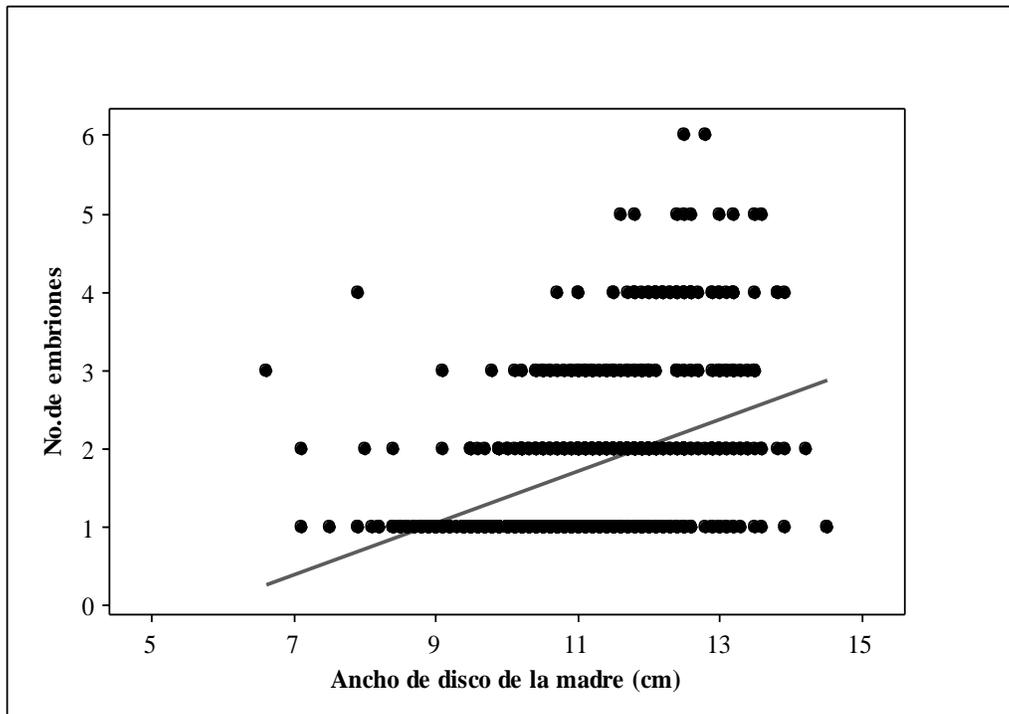


Figura 28. Relación entre el ancho de disco de hembras y el número de embriones ($n = 682$, $r^2 = 0.20$) de *U. nana*.

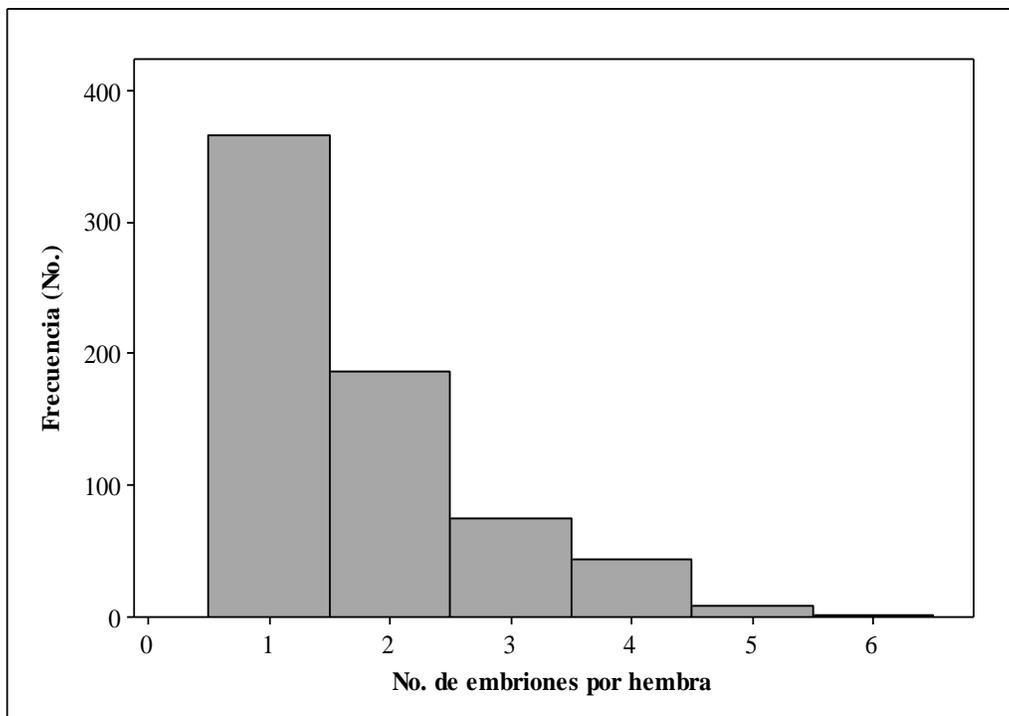


Figura 29. Distribución de frecuencia de embriones por hembra de *U. nana*.

8.8. Talla de nacimiento

Se examinaron 365 embriones en total. La talla promedio de los embriones fue mayor en agosto y enero (5.0 cm de AD, $n = 39$, d.e. = 1.24) y la menor en marzo (4.4 cm de AD, $n = 9$, d.e. = 1.26) (Figura 33). Los neonatos presentaron por su parte la mayor talla promedio en enero (6.4 cm de AD) y la menor en julio (5.1 cm de AD) (Figura 30). La talla promedio de los neonatos durante todo el periodo de estudio fue de 5.4 cm de AD, mientras que la talla promedio total de los embriones fue de 4.7 cm de AD, lo cual sugiere que la talla de nacimiento de la especie se encuentra entre los 4.7–5.4 cm de AD (7.6–8.6 cm de LT).

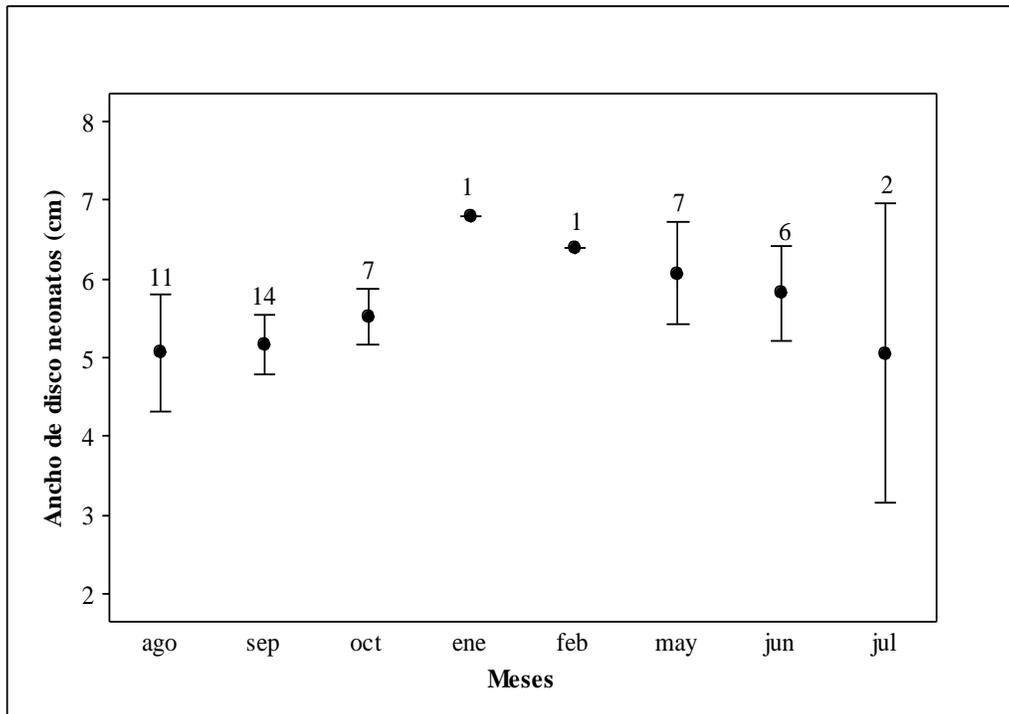


Figura 30. Crecimiento de neonatos por mes de *U. nana*.

8.9. Ciclo de ovulación y gestación

Se observó un mayor porcentaje de embriones en los meses de febrero, marzo, junio, julio y agosto, mientras que los neonatos y juveniles se presentaron en mayor proporción en septiembre; en el caso de los adultos se mantuvo relativamente constante durante el año. En cuanto a las hembras preñadas, su proporción en las capturas aumentó en marzo (Figura 31).

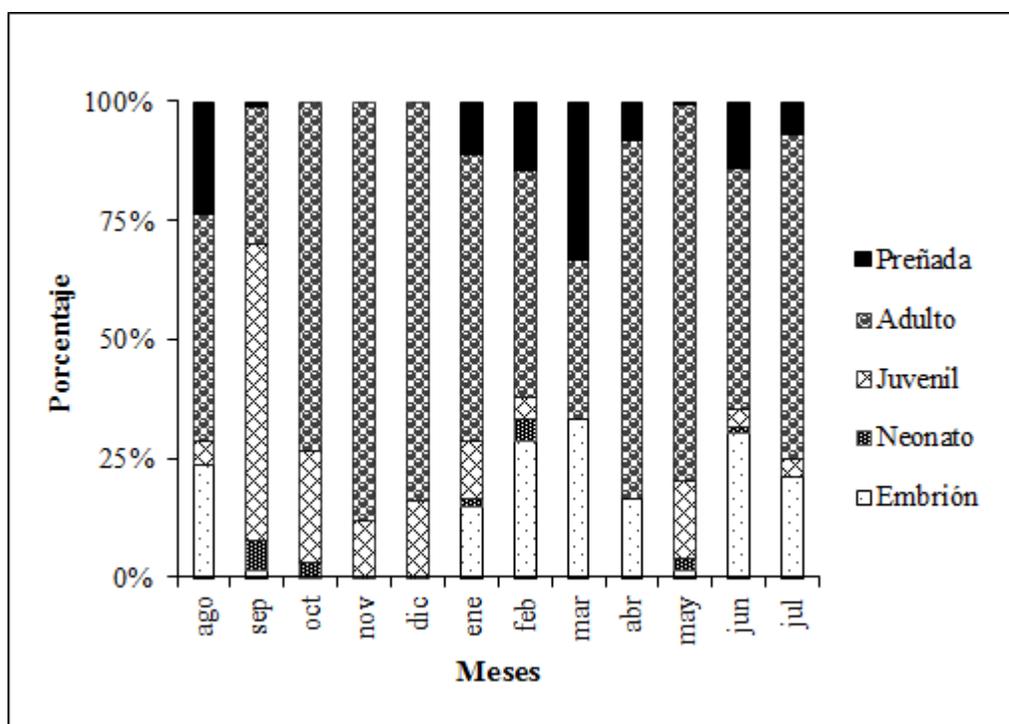


Figura 31. Proporción mensual de estados de desarrollo de hembras y machos de *U. nana*.

El diámetro máximo de los ovocitos presentes en hembras maduras se encontró en primavera, sugiriendo que las hembras estaban listas para la ovulación (Figura 32). Los embriones alcanzaron las mayores tallas en invierno y verano, siendo la talla más grande de 5.0 cm de AD en los meses de agosto y enero (Figura 33). Por lo que se puede considerar que el periodo de gestación es de aproximadamente 4–5 meses.

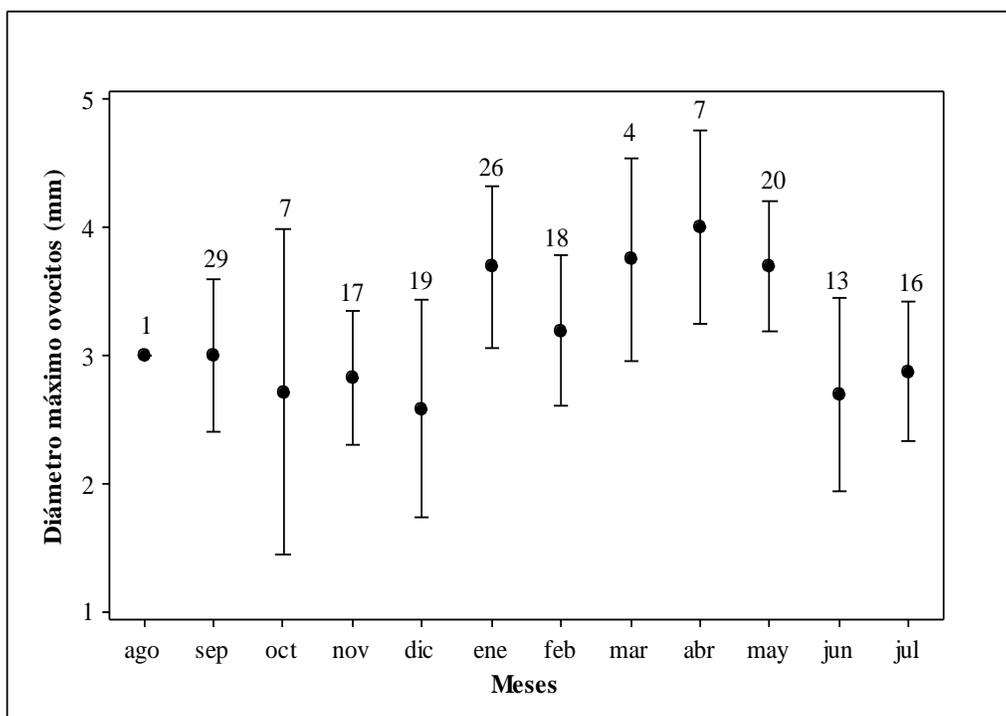


Figura 32. Diámetro mensual de los ovocitos de hembras maduras (d.e. = 1.38)

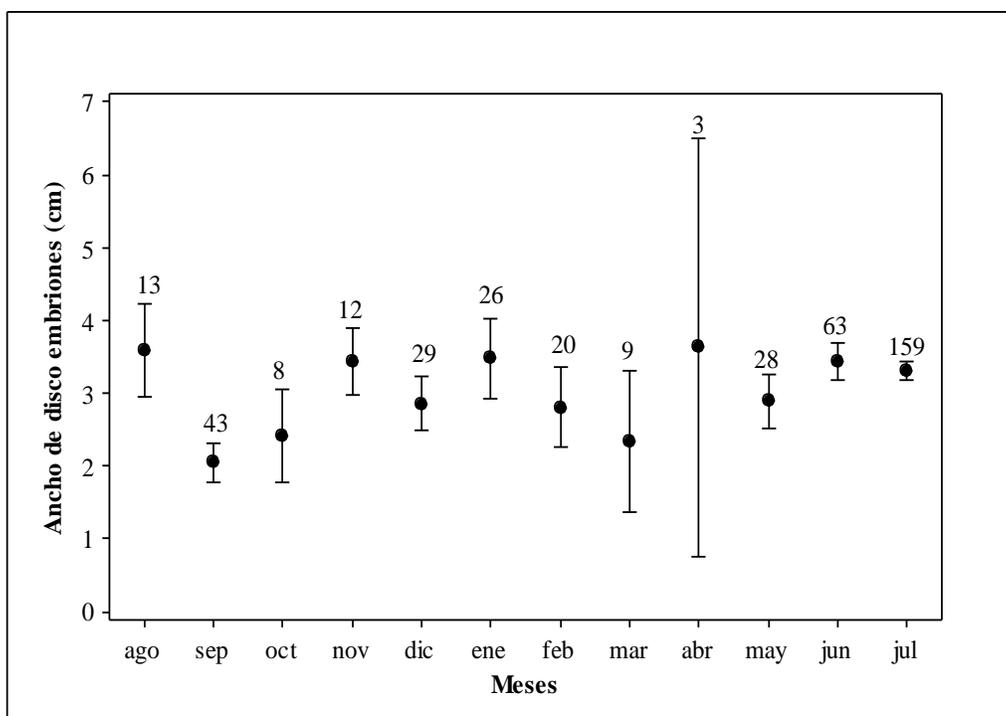


Figura 33. Crecimiento embrionario de *U. nana* por mes (d.e. = 1.05).

9. DISCUSIÓN

9.1. Análisis de la captura

La segregación por sexo, edad y tamaño es común en los elasmobranquios, siendo una estrategia para evitar la competencia por recursos, por las diferencias que se puedan presentar en el hábitat o debido a la reproducción (Pratt y Carrier, 2005). En el presente estudio se observó que tanto los neonatos como los juveniles se distribuyen en aguas poco profundas, ya que al ser zonas con una gran productividad biológica ofrecen una mayor cantidad de alimento y un sitio seguro ante sus posibles depredadores; mientras que en los adultos se observó una distribución más amplia.

La presencia de hembras preñadas en aguas poco profundas se debe a que son lugares óptimos para el nacimiento de sus crías, pues además de encontrar abundante alimento les ofrece seguridad y resguardo ante sus depredadores. Lo anterior concuerda con lo mencionado por Guzmán–Castellanos (2006) y Rubio–Lozano (2009). La distribución observada en los machos adultos coincide con lo descrito por Guzmán–Castellanos (2006), quien menciona que éstos tienden a distribuirse más cerca de la costa que las hembras; las cuales presentan una distribución horizontal más amplia y se encuentran en aguas más profundas.

Por lo que se puede observar en el presente estudio, los individuos maduros de *U. nana* son más abundantes en aguas poco profundas; lo cual es un patrón coincidente que se ha observado en otras especies de rayas y que está relacionado con sus eventos reproductivos, tal y como lo mencionan Hoisington y Lowe (2005) y Jirik y Lowe (2012) para *Urobotis halleri*, la cual se va hacia aguas poco profundas para aparearse y expulsar a sus crías, al igual que *Rhinobatos productus* (Márquez–Farías, 2007), *U. nana* (Guzmán–Castellanos, 2006), *Dasyatis sabina* (Wallman y Bennett, 2006) y *U. chilensis* (Rubio–Lozano, 2009). Además es común la presencia de hembras preñadas en estas aguas debido a que presentan

una maternidad termófila, la cual es un tipo de conducta materna con termorregulación en la cual las hembras preñadas muestran una preferencia por temperaturas cálidas (Shine, 2006; Jirik y Lowe, 2012). El uso de éstas aguas cálidas puede conferir beneficios reproductivos, tales como periodos cortos de gestación, porcentaje alto de supervivencia de las crías o tallas grandes de nacimiento, incremento porcentual del crecimiento en hembras inmaduras o un incremento en la producción de huevos en las especies ovíparas (Klimley, 1987; Economakis y Lobel, 1998; White y Potter, 2005; Wallman y Bennett, 2006; Hight y Lowe, 2007; Wearmouth y Sims, 2008; Jirik y Lowe, 2012).

9.2. Estructura de longitudes y pesos

La talla máxima encontrada en el presente estudio para hembras fue de 26.5 cm de LT y para machos de 23.0 cm de LT, la cual es menor a la reportada para la especie en el Golfo de Tehuantepec (Guzmán–Castellanos, 2006), (37.6 cm de LT para hembras y 29.3 cm de LT para machos). Lo anterior probablemente se deba al arte de pesca usado, ya que en dicho estudio se usaron redes de fondo con una abertura de malla de 1.75 pulgadas. Por otra parte, las tallas encontradas por Miyake y McEachran (1988) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica son similares a las encontradas en el presente estudio (24.3 cm de LT para hembras y 20.2 cm de LT para machos). En cuanto a las longitudes mínimas, las encontradas en el presente estudio (hembras 7.7. cm de LT, machos 5.9 cm de LT) son también similares a las reportadas por Miyake y McEachran (1988) (6.7 cm de LT para hembras y 8.2 cm de LT para machos), así como las reportadas por Guzmán–Castellanos (2006) (8.0 cm de LT para hembras y 8.2 cm de LT para machos).

Se observó que las hembras presentan tallas mayores que los machos, lo cual es una característica común en otras rayas y elasmobranquios; ya que es una adaptación a la viviparidad, pues a medida que aumenta el tamaño del disco mayor es la cavidad abdominal y por ende hay un mayor número de crías, o bien, hay pocas crías de mayor tamaño (Cortés,

2000). En la relación entre el ancho del disco y el peso, se observó que las hembras más grandes son más pesadas que los machos; ya que las hembras más pesadas (125 g) estaban en estado de gravidez y los embriones contribuyeron al peso total registrado.

9.3. Relación talla–peso (AD–P)

La relación entre la talla y el peso son de suma importancia para conocer la dinámica de la población y es muy útil para el manejo de las pesquerías, ya que las estimaciones de la biomasa dependen de los valores de las constantes estimadas de ésta relación (Rubio–Lozano, 2009). En esta relación influyen diversos factores, como son la condición del individuo, la cantidad de contenido en el estómago, el peso del hígado, el estado de madurez y la presencia de hembras grávidas (Kohler *et al.*, 1996; Rubio–Lozano, 2009). En *U. nana*, tanto las hembras como los machos presentan un crecimiento de tipo alométrico positivo, lo cual significa que el peso aumenta en mayor proporción con respecto al ancho del disco. Por lo general se ha observado en los batoideos que las hembras alcanzan tallas y pesos mayores que los machos, tal como se ha observado en *Dasyatis sabina* (Snelson *et al.*, 1988), *Myliobatis californica* (Martin y Cailliet, 1988), *Rhinobatos productus* (Villavicencio–Garayzar, 1995a), *Urotrygon nana* (Guzmán–Castellanos, 2006), *Urobatis halleri* (Serrano–Acevedo, 2007), *U. chilensis* (Rubio–Lozano, 2009), *Rhinobatos leucorhynchus* (Payán *et al.*, 2011). Lo cual coincide con lo encontrado en el presente estudio, en donde las hembras son más grandes y más pesadas que los machos.

9.4. Aspectos reproductivos

9.4.1. Proporción de sexos

En los elasmobranquios la proporción de sexos por tallas permite conocer factores importantes que podrían estar ocultos en la proporción sexual general, tales como cuál es la relación entre hembras y machos en un intervalo de tallas determinado (Tresierra y Culquichicón, 1995; Mejía–Mercado, 2006), lo cual puede indicar la influencia del reclutamiento de nuevos organismos a la población, el crecimiento, la mortalidad y la segregación espacial y temporal. En el presente estudio la proporción de sexos hembras:machos encontrada para neonatos fue 0.67:1, para juveniles 0.79:1 y para adultos 1.17:1. Guzmán–Castellanos (2006) encontró en el Golfo de Tehuantepec una proporción de sexos hembras:machos para neonatos de 0.7:1, para juveniles 1.3:1 y para adultos 1:1, lo cual es similar a lo encontrado en el presente estudio.

9.4.2. Descripción del sistema reproductor

Entre los elasmobranquios, las hembras presentan diferencias marcadas en cuanto al desarrollo y distribución de su sistema reproductor (Wourms, 1977). En los diversos estudios realizados en rayas, se ha observado que hay especies con ovarios pareados y funcionales; mientras que en otras solo uno es funcional; esto mismo se presenta en la glándula oviducal, el oviducto y el útero (Lutton *et al.*, 2005; Wourms, 1981; Hamlett y Koob, 1999).

En los elasmobranquios, los ovarios realizan tres funciones principales: 1) generación de células germinales, 2) adquisición y acumulación de vitelo y 3) biosíntesis y secreción de hormonas, en su mayoría esteroides (Hamlett y Koob, 1999). En la mayoría de las especies

vivíparas aplacentadas se ha observado la predominancia de un ovario sobre el otro, en los tiburones el ovario derecho es el que principal generador de ovocitos, mientras que el ovario izquierdo no es funcional, en las rayas el ovario izquierdo es el principal productor de ovocitos maduros (Hamlett y Koob, 1999), lo cual coincide con lo observado en *U. nana*.

En los elasmobranquios, los ovarios están asociados directamente con el órgano epigonal, el cual es un tejido autónomo linfomieloide, cuya función ha sido poco estudiada y por lo tanto poco conocida (Lutton *et al.*, 2005). Esta asociación que se presenta entre el ovario y el órgano epigonal varía entre las diferentes especies (Pratt, 1988); sin embargo para *U. nana* varía también entre las hembras maduras e inmaduras; ya que en las hembras inmaduras se observó al ovario cubierto por el órgano epigonal, lo cual coincide con la descripción realizada del ovario de *U. aspidura* y *U. rogersi* (Mejía–Mercado, 2006); mientras que en las hembras maduras el órgano epigonal se retrae y se observa el ovario en la superficie externa de este.

En cuanto a la organización y forma del oviducto y el útero, es muy variable entre los elasmobranquios debido a la amplia diversidad de especies y los patrones reproductivos existentes. En las especies ovíparas y vivíparas, las última región del oviducto se ensancha para formar el útero, el cual se presenta como una estructura altamente desarrollada y con varias modificaciones (Wourms, 1977). En *U. nana*, los úteros se observaron pareados cada uno al lado de la columna vertebral, unidos cada uno de éstos a la pared anterodorsal tal y como lo describe Wourms (1977) y Mejía–Mercado (2006) para *U. aspidura* y *U. rogersi*.

En algunas especies vivíparas se ha observado que ovulan ovocitos de tamaño relativamente grande, sin embargo existen algunas otras que ovulan ovocitos de tamaño pequeño (Hamlett y Koob, 1999). En *U. nana* al igual que en *U. aspidura* y *U. rogersi* (Mejía–Mercado, 2006) se observó la presencia de ovocitos pequeños, los cuales poseen poca cantidad de vitelo, el cual resulta insuficiente para completar el desarrollo de los embriones; a esto se puede atribuir la estrategia reproductiva que presentan, en donde el

epitelio del útero forma vellos alargados llamados trofonemas. Estas vellosidades aumentan la superficie disponible para la producción de leche intrauterina (histotrofo), la cual es secretada dentro del lumen del útero y de este modo, los embriones aparte de recibir nutrientes de la madre; en sus primeras etapas de desarrollo presentan un saco vitelino pequeño (Hamlett y Koob, 1999). Lo anterior se observó en *U. nana*, donde las trofonemas se observaron más desarrolladas en hembras maduras, las cuales estaban preparadas para la gestación. En las observaciones microscópicas realizadas se observó una alta vascularización, la cual es una condición necesaria y vital que garantiza la producción de histotrofo (Hamlett y Koob, 1999) y compensar las necesidades osmorreguladoras, respiratorias y excretoras del embrión (Wourms, 1981). En esta forma de reproducción se observa poca descendencia pero de tamaño grande, tal como se ha observado en *Torpedo ocellata*, *Dasyatis americana*, *Myliobatis freminvillei* (Hamlett y Koob, 1999), *U. aspidura*, *U. rogersi* (Mejía-Mercado, 2006), *U. nana* (Guzmán–Castellanos, 2006), *U. chilensis* (Rubio–Lozano, 2009); lo cual es similar a lo encontrado en el presente estudio.

El sistema reproductor de los machos de *U. nana* no varía mucho del patrón general de otras especies de elasmobranquios. Sin embargo, Hamlett y Koob (1999) mencionan la glándula alcalina, la cual se encuentra en la base del riñón y la vesícula seminal; pero en *U. nana* no se pudo identificar esta estructura pareada, ya que no fue posible observarla a simple vista.

Los testículos en los machos de *U. nana* son estructuras pares que se encuentran uno al lado del otro de la columna vertebral, lo cual coincide con lo descrito por Wourms (1977). Los gonopterigios se presentaron como estructuras pares y como extensiones de la base posterior de las aletas pélvicas, lo cual se ha reportado para todas las rayas.

En los tiburones se presenta el saco sifonal, el cual es remplazado en los batoideos por la glándula del gonopterigio, la cual se encuentra en ambos gonopterigios (La Marca, 1964; Babel, 1967; Mejía–Mercado, 2006); sin embargo esta estructura no fue revisada en los

organismos de *U. nana*. En algunos machos de *U. nana* se observó el rifiodon de los gonopterigios expandido, lo cual probablemente indicaba una etapa de cópula.

9.4.3. Estados de madurez

Para las hembras, Conrath (2004) mencionó que la madurez se determina mediante la evaluación de la condición del tracto reproductivo y observado la presencia o ausencia de ovocitos bien desarrollados en el ovario; presencia de huevos, capsulas uterinas o embriones en el útero. Para los machos, Urban (2000) mencionó que la mejor manera de definir la madurez es a partir del desarrollo de los órganos copuladores (gonopterigios), pues en los organismos adultos llegan más allá del extremo posterior de las aletas pélvicas. Esto difiere en lo observado en el presente trabajo, ya que la longitud de los gonopterigios de los organismos maduros e inmaduros no presentaron gran variación; por lo que se considera que las características más relevantes para el análisis en esta especie es la presencia y cantidad de semen y el aspecto en cuanto al color y forma de las gónadas. Para definir los estados de madurez se deben de realizar observaciones microscópicas, ya que sirven para sustentar y complementar las observaciones que se hacen para definir a un organismo como maduro o inmaduro; lo cual se consideró y se realizó en el presente estudio.

9.5. Proporción de madurez sexual

Conocer la talla media de madurez sexual de una especie es de gran importancia, ya que puede ayudar a determinar la talla óptima de primera o media de captura (Tresierra y Culquichicón, 1995). En el presente estudio, se encontró que las hembras maduran a una talla menor a la estimada previamente para la especie en el Golfo de Tehuantepec (~10.5 cm de AD, 16.6 cm de LT) (Guzmán–Castellanos, 2006). La diferencia en la talla de madurez sexual se puede deber a los factores característicos del hábitat de cada área de

estudio y por otra parte, también pueden influir los diferentes métodos y características (externas e internas) utilizadas para determinar el grado madurez.

En los machos no se tiene certeza en cuanto al mejor descriptor de madurez en el presente estudio, ya que los tres índices comparados presentaron diferencias significativas en la talla de madurez; las cuales son similares a la reportada por Guzmán–Castellanos (2006) (~8.7 cm de AD, 13.4 cm de LT), quien tomo en cuenta el tamaño y calcificación de los gonopterigios para establecer la talla de primera madurez.

9.6. Fecundidad

En el presente estudio se encontró una fecundidad similar a la reportada por Guzmán–Castellanos (2006) (uno a cuatro embriones), quien reportó una talla de nacimiento entre 8.3 y 9.4 cm de LT, la cual fue mayor a la encontrada en el presente estudio (4.7 y 5.4 cm de AD, 7.6 y 8.6 cm de LT).

Cervigón *et al.* (1992) mencionaron que en su mayoría las rayas de este género presentan de cuatro a seis embriones, lo cual se observó en *U. nana* durante el periodo de muestreo; sin embargo de las 682 hembras preñadas solamente dos tuvieron hasta seis embriones y nueve presentaron cinco embriones. En otras especies de la misma familia se ha observado esta tendencia como en *U. microphthalmum* (Almeida *et al.*, 2000) encontraron una fecundidad de uno a tres embriones, en *U. rogersi* (Mejía–Mercado, 2006) de uno a cuatro embriones, en *U. venezuelae* (Téllez *et al.*, 2006) de uno a cinco embriones y en *U. chilensis* (Rubio–Lozano, 2009) de uno a cinco embriones; lo cual puede estar relacionado con el tamaño que pueden llegar a alcanzar los embriones y el espacio que tienen disponible las hembras en sus úteros, ya que estas rayas presentan una cavidad abdominal relativamente pequeña.

Cervigón *et al.* (1992) plantearon que se presentó una tendencia dependiente de la fecundidad con la talla materna de *U. rogersi*, donde a mayor longitud de la madre, mayor es el número y talla de los embriones. Esta tendencia ha sido encontrada en *U. chilensis* (Rubio–Lozano, 2009), *Urobatis halleri* (Babel, 1967), *D. longa* (Villavicencio–Garayzar *et al.*, 1994); sin embargo en el presente trabajo no se encontró dicha relación.

9.7. Ciclo de ovulación y gestación

Según Wourms (1977) se pueden distinguir tres tipos generales de ciclos reproductivos en los elasmobranquios: 1) reproducción durante todo el año, 2) un ciclo anual parcialmente definido, con uno o dos picos durante el año, y 3) un ciclo anual, bianual o de mayor duración bien definido. En el presente estudio, se observó que posiblemente *U. nana* presenta un ciclo anual parcialmente definido, con uno o dos picos durante el año, observándose dos picos de crecimiento en los embriones en invierno y verano. Por otra parte, se observó que la ovulación se da principalmente en primavera. Guzmán–Castellanos (2006) para esta misma especie sugirió que las crías nacen durante mayo, junio, julio y agosto, lo cual es parecido con lo encontrado en el presente estudio.

Wourms (1977) sugirió que en las rayas vivíparas aplacentadas la gestación va de dos a cuatro meses; por otra parte, Hamlett y Koob (1999) consideraron que el periodo de gestación en las rayas de la familia Urotrygonidae y Urolophidae es corto. En estudios realizados en especies de la misma familia se ha observado que *U. chilensis* (Rubio–Lozano, 2009) presenta dos ciclo reproductivos por año con un tiempo de gestación de aproximadamente cuatro meses, mientras que *U. rogersi* (Mejía–Falla *et al.*, 2012) presenta tres ciclos reproductivos al año con un periodo de gestación de cuatro a cinco meses. En otras especies como *Dasyatis americana* (Henningsen, 2000) se han observado dos ciclos por año con un tiempo de gestación que varía entre 4.5 y 7.5 meses, en *P. violacea* (Ranzi, 1934 en Babel, 1967) se sugieren dos meses de gestación. Por otra parte, para *U. halleri*

(Babel, 1967) propuso un periodo de gestación de tres meses. En el presente estudio, se encontró que posiblemente *U. nana* presente un periodo de gestación similar al encontrado por estos autores (aproximadamente 4–5 meses).

10. CONCLUSIONES

- En la bahía de Teacapán, Sinaloa, se encuentran distribuidos organismos representativos de cada estado de madurez (neonatos, juveniles, adultos y hembras preñadas) de *U. nana*. Se observó una mayor captura de organismos maduros en ambos sexos, encontrando que las hembras son más grandes y pesadas que los machos.
- La relación morfométrica talla–peso presentó diferencias significativas entre sexos, mostrando ambos sexos crecimiento alométrico positivo.
- La proporción sexual hembras:machos de la especie fue significativamente igual a 1:1 para neonatos, juveniles y adultos.
- En las hembras se observó que ambos úteros son funcionales, pero se notó una predominancia en el uso de las estructuras del lado izquierdo. En los machos se presentaron ambos testículos con el mismo nivel de desarrollo.
- El modelo logístico indicó que el 50% de las hembras alcanzan la talla de madurez sexual a los 7.5 cm de AD, en los machos depende del criterio adoptado para definir la madurez, se encontró entre 8.2–8.5 cm de AD (considerando el grado de calcificación y rotación de los gonopterigios y la presencia de semen respectivamente).

- La fecundidad fue de 1–6 embriones, donde no se encontró una relación directa con el tamaño de la madre; la talla de nacimiento de las crías está entre 4.7 y 5.4 cm de AD (7.6 y 8.6 cm de LT).
- El diámetro máximo de los ovocitos presentes en hembras maduras se encontró en primavera, sugiriendo que las hembras estaban listas para la ovulación. Los embriones alcanzaron las mayores tallas en invierno y verano, por lo que se puede considerar que el periodo de gestación es de 4–5 meses aproximadamente.

A la luz de los resultados, y en el contexto de la hipótesis planteada, la raya *U. nana* tiene características típicas de los elasmobranquios, sin embargo, parece tener un crecimiento acelerado debido a la diferencia entre la talla de nacimiento y la talla de madurez. Sin embargo hacen falta más estudios sobre su biología, demografía, distribución y abundancia para saber cómo se está comportando la población.

11. REFERENCIAS

- Acevedo, E. y R. Rojas. Unpublished. Observation of the size maturity of round stingray *Urotrygon nana* (Rajiformes: Urolophidae).
- Allen, G. y D. Robertson. 1998. Peces del Pacífico Oriental Tropical. Conabio, Ciudad de México. 327 p.
- Almeida, Z. S.; J. S. Nunes y C. L. Costa. 2000. Presencia de *Urotrygon microphthalmum* (Elasmobranchii: Urolophidae) en aguas bajas de Maranhão (Brasil) y notas sobre su biología. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras. 29:67-72.
- Álvarez–Rubio, M.; F. Amezcua–Linares y A. Yáñez–Arancibia. 1986. Ecología y estructura de las comunidades de peces en el Sistema Lagunar Teacapán-Agua Brava, Nayarit, México. Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. pp. 185-242.
- Amezcua–Linares, F. 1972. Aportación al conocimiento de los peces del sistema de Agua Brava, Nayarit. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 209 p.
- Anderson, E. D. 1990. Fishery models as applied to elasmobranch fisheries. *En*. H. L. Pratt Jr.; S. H. Gruber y T. Taniuchi (Eds.). Elasmobranchs as living resources: advances in the biology, ecology systematic, and the status of the fisheries. NOAA Technical Report NMFS 90. pp. 473-484
- Andrew, N. L. y J. G. Pepperell. 1992. The by-catch of shrimp trawl fisheries. Oceanography Marine Biology Ann. Rev. 30:527-565.
- 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 y 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.
- Blanco–Parra, M. P.; J. F. Márquez–Farías y F. Galván–Magaña. 2009. Fishery and morphometric relationships of the banded guitarfish, *Zapteryx exasperata* (Elasmobranchii, Rhinobatidae), from the Gulf of California, Mexico. Pan-American Journal of Aquatic Sciences. 4(4):456-465.
- Bizzarro, J. J.; W. D. Smith; J. F. Márquez–Farías y R. E. Hueter. 2007. Artisanal fisheries and reproductive biology of the Golden cownose ray, *Rhinoptera steindachneri* Everman and Jenkins, 1891, in the northern Mexican Pacific. Fisheries Research. 84:137-146.
- Bonfil, R. 1994. Overview of world elasmobranch fisheries. FAO Fisheries Technical Paper. 341:119.
- Braccini, J. M.; T. I. Gillanders y T. I. Walker. 2006. Determining reproductive parameters species with asynchronous ovulation and parturition: piked spurdog (*Squalus megalops*) as a case study. Marine Freshwater Research. 57:105-119.
- Budker, P. 1958. La viviparité chez les sélachiens, *En*: P. P. Grassé (Ed.). *Traité de Zoologie: Anatomie, Systematique, Biologie*. Maison et Cie Editeurs Libraires de l'Académie de Médecine, Paris. pp. 1755-1790.
- Cailliet, G. M.; R. L. Radtke y B. A. Welden. 1986. Elasmobranch age determination and verification: a review, in *Indo-Pacific Fish Biology: Proceedings of the Second International Conference on Indo-Pacific Fishes*, T. Uyeno; R. Arai; T. Taniuchi y K. Matsuura (Eds.). Ichthyological Society of Japan, Tokyo. pp. 345-359.

- Carvalho, M. R. y N. R. Lovejoy. 2011. Morphology and phylogenetic relationships of a remarkable new genus and two new species of Neotropical freshwater stingrays from the Amazon basin (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). *Zootaxa* 2776:13-48.
- Carvalho, M. R.; M. H. Sajab-Pérez y N. R. Lovejoy. 2011. *Potamotrygon tigrina*, a new species of freshwater stingray from the upper Amazon basin, closely related to *Potamotrygon schroederi* Fernandez-Yépez, 1958 (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). *Zootaxa* 2827:1-30.
- Carrier, C. J.; H. L. Pratt JR. y J. I. Castro. 2004. Reproductive Biology of Elasmobranchs. *En: J. C. Carrier, J. A. Musick y M. R. Heithaus. Biology of sharks and their relatives.* CRC Press. pp. 3-595 .
- Castillo-Géniz, J. L. 2007. Historia de vida y biología pesquera de la raya, *Raja inornata* Jordan y Gilbert 1881, del norte del Golfo de California, México. Tesis de Doctorado en Ciencias, CICESE, Ensenada, México. 236 p.
- Castro, J. I.; P. M. Bubucis y N. A. Overstrom. 1988. The reproductive biology of the chaindogfish, *Scyliorhinus rotifer*. *Copeia*:740-746.
- 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. 75 p.
- Cepeda, G. H. 1977. Características Mareográficas en Machona, Tabasco y Agua Brava Nayarit. *Anales del Instituto de Geografía, UNAM.* 5 (22-23) 105-115.
- Cervigón, F. R.; W. Cipriani; L. Fischer; M. Garibaldi; A. J. Hendrickx; R. Lemus; J. M. Márquez; G. Robaina y B. Rodríguez. 1992. Guía de campo de las especies comerciales marinas y de aguas salobres de la costa septentrional de Sur América. Roma: Ficha FAO de identificación de especies para los fines de la pesca. ISBN 9253031298. 513 p.

- 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. Batoid Fishes. General Remarks. *En: K. E. Carpenter y 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. 1999b. Systematics and Body form. *En: W. C. Hamlett (Ed.). Sharks, skates and rays: the biology of Elasmobranch Fishes. Johns Hopkins University Press, Baltimore. pp. 1-42.*
- Compagno, L. V.; F. Krupp y W. Schneider. 1995. Tiburones. *En: W. F. Fischer; F. Krupp; W. Schneider; C. Sommer; K. E. Carpenter y V. H. Niem (Eds.). Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-Oriental. Vol. II: pp. 648-746.*
- Compagno, L. V. 2005. Checklist of living Chondrichthyes. *En: W. C. Hamlett (Ed.). Reproductive biology and phylogeny of Chondrichthyes: Sharks, Batoids and Chimaeras. Science Publishers, Inc., Enfield, New Hampshire, USA. pp. 503-548.*
- Conrath, C. L. 2004. Reproductive biology. *En: J. A. Musick y R. Bonfil (Eds.). Elasmobranch Fisheries Management Techniques. Asia-Pacific Economic Cooperation: Singapore. pp. 133-164.*
- 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.
- Curry, J. R.; F. J. Emmel y P. J. Crampton. 1969. Lagunas Costeras. *Mem. Simp. Intern. En: A. Ayala-Castellares y F. B. Phleger (Eds.) UNAM-UNESCO.*

- Daiber, F. C. y R. A. Booth. 1960. Notes on the biology of the butterfly rays, *Gymnura altavela* and *G. micrura*. *Copeia*. 2:137-139.
- De la Lanza, E. G.; S. N. Sánchez; V. Sorani y T. J. L. Bojórquez. 1996. Características geológicas, hidrológicas y del manglar en la planicie costera de Nayarit, México. *Boletín Investigaciones Geográficas*. 32:33-54.
- Downton-Hoffmann, C. y F. Galván-Magaña. 2007. Aspectos demográficos del pez guitarra, *Rhinobatos productus* (Ayres, 1856), en la costa occidental del Baja California Sur, México. I Reunión bianual. Retos de las ciencias acuáticas y pesqueras en México. La Paz, B. C. S.
- Dulvy, N. K. y J. D. Reynolds. 1997. Evolutionary transitions among egg-laying, live-bearing and maternal inputs in sharks and rays. *Proceedings of the Royal Society of London*. 264:1309-1315.
- Dulvy, N. K. y J. D. Reynolds. 2002. Predicting extinction vulnerability in skates. *Conservation Biology*. 16:440-450.
- Eberhard, W. G. 1998. Female roles in sperm competition. *En*: T. R. Birkhead y A. P. Moller (Eds.). *Sperm competition and sexual selection*. Academic Press, San Diego, USA. pp. 91-116.
- Economakis, A. y P. Lobel. 1998. Aggregation behavior of the grey reef shark, *Carcharhinus amblyrhynchos*, at Johnston Atoll, Central Pacific Ocean. *Environmental Biology of Fishes*. 51:129-139.
- Flores-Verdugo, F. J.; F. González-Farías; M. Blasco-Correa y A. Núñez-Pasten. 1997. The Teacapan-Agua Brava- Marismas mangrove ecosystem, Pacific coast of Mexico: an ecological and anthropogenic activity profile. *En*: B. Kjerfve; L. D. Lacerda y E. S. Diop (Eds.). *Mangrove Ecosystem Studies in Latin America and Africa*. UNESCO, París. pp. 35-46.

- García, E. 1973. Modificaciones al Sistema de clasificación Climática de Köppen (Adaptación a condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía, UNAM, México. 243 p.
- González-Farías, F.; F. Flores-Verdugo y T. M. Hernández-Garza. 1997. Annual variation of particule organic carbón and mangrove detritus in Agua Brava lagoon, Nayarit, Mexico. En: B. Kjerfve; L. D. Lacerda y E. S. Diop (Eds.). Mangrove Ecosystem Studies in Latin America and Africa. UNESCO, París. 349 p.
- Guzmán-Castellanos, A. B. 2006. Biología de la raya *Urotrygon nana* (Miyake y McEachran, 1988) (Myliobatidae: Urolophidae) durante el periodo de veda de camarón 2003 en el Golfo de Tehuantepec, México. Tesis de Licenciatura. UMAR, Oaxaca, México. 85 p.
- Hall, A. M.; D. L. Alverson y I. Kaija. 2000. Marine Pollution Bulletin Vol. 41, Nos. 1-6. 204-219.
- Hamlett, N. C. y T. Koob. 1999. Female reproductive system. En: W. C. Hamlett (Ed.). Sharks, skates and rays: the biology of Elasmobranch Fishes. Johns Hopkins University Press, Baltimore. 515 p.
- Henningsen, A. D. 2000. Notes on reproduction in the southern stingray, *Dasyatis americana* (Chondrichthyes: Dasyatidae), in a captive environment. Copeia. 3:826-828.
- Hight, B. V. y C. G. Lowe. 2007. Elevated body temperatures of adult female leopard sharks, *Triakis semifasciata*, while aggregating in shallow nearshore embayments: evidence of behavioral thermoregulation?. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 352:114-128.
- Hoisington, G. y C. G. Lowe. 2005. Abundance and distribution of the round stingray, *Urobatis halleri*, near a heated effluent outfall. Marine Environmental Research. 60: 437-453.

- Holden, M. J. 1974. Problems in the rational exploitation of elasmobranch populations and some suggested solutions. *En: Harden–Jones (Eds.). Ses Fisheries Research. John Wiley and Sons, New York. pp. 117-137.*
- Jirik, K. E. y C. G. Lowe. 2012. An elasmobranch maternity ward: female round stingrays *Urobatis halleri* use warm, restored estuarine habitat during gestation. *Journal of Fish Biology. 80:1227-1245.*
- Johnson, M. R. y F. F. Snelson. 1996. Reproductive life history of the Atlantic stingray *Dasyatis sabina* (Pisces, Dasyatidae), in the freshwater St. Johns River, Florida. *Bulletin of Marine Science. 59(1):74-88.*
- Joung, Shouu–Jeng y Che–Tsunng Chen. 1995. Reproduction in the sand bar, *Carcharhinus plumbeus*, in the waters off Northeastern Taiwan. *Copeia. 3:659-665.*
- King, J. R. y G. A. McFarlane. 2003. Marine fish life history strategies: applications to fishery management. *Fishery Management and Ecology 10:249-264.*
- Klimley, A. 1987. The determinants of sexual segregation in the scalloped hammerhead shark, *Sphyrna lewini*. *Environmental Biology of Fishes. 18:27-40.*
- Kobelkowsky, A. 2004. Sistema digestivo y dimorfismo sexual dental de las rayas. *En: M. Lozano; J. Contreras y A. Contreras (Eds.). Homenaje al Doctor Andrés Reséndez Medina. Universidad Autónoma de Nuevo León, México. 316 p.*
- Kohler, N. E.; J. G. Casey y P. A. Turner. 1996. Length-length and length-weight relationships for 13 shark species from the Western North Atlantic. USA Dep. Commer, NOAA Tech. Memo NMFS NE 110. pp. 1-22.
- Kuhnz, L. A.; J. J. Bizzarro; L. Chaney y D. A. Ebert. 2006. In situ video observations of deepliving skates and rays in the central and eastern North Pacific. 22nd Annual Meeting of the American Elasmobranch Society, abstract.

- La Marca, M. J. 1964. The functional anatomy of the clasper gland of the yellow stingray, *Urolophus jamaicensis* (Cuvier 1816). *Journal of Morphology*. 114:303-324.
- Lankford, R. R. 1977. Coastal lagoons of Mexico, their origin and classification. *En: Estuarine Processes II: Circulation, sediment and transfer of material in estuary*. Academic Press Inc. New York, USA. pp. 182-215.
- Liu Kwang-Ming; Che-Tsung Chen; Tai-Hsiang Liao y Shoou-Jeng Joung. 1999. Age, growth and reproduction of the pelagic thresher shark, *Alopias pelagicus* in the Northwestern. *Copeia*. 1:68-71.
- Lutton, B. V.; J. St. George; C. R. Murrin; L. A. Fileti y I. P. Callard. 2005. The elasmobranch ovary. *En: W. C. Hamlett (Ed.). Reproductive Biology and Phylogeny of Chondrichthyes: Sharks, Batoids and Chimaeras*. Science Publishers, Inc., Enfield, New Hampshire, USA. pp. 237-281.
- Martin, L. K. y G. M. Cailliet. 1988. Aspects of the reproduction of the bat ray, *Myliobatis californica* in central California. *Copeia*. 3:754-762.
- Martoja, R. y M. Martoja-Pierson. 1970. *Técnicas de Histología Animal*. Toray-Masson, Barcelona, España. 350 p.
- Márquez-Farías, J. F. 2000. Tiburones del Golfo de California. *En: Sustentabilidad y Pesca Responsable en México. Evaluación y manejo. 1999-2000*. INP. SEMARNAP. pp. 238-257.
- Márquez-Farías, J. F. 2002. The artisanal ray fishery in the Gulf of California: Development, Fisheries Research and Management Issues. *Sharks News* 14, July 2002.
- Márquez-Farías, J. F. 2007. Reproductive biology of shovelnose guitarfish *Rhinobatos productus* from the eastern Gulf of California México. *Marine Biology*. 151:1445-1454.

- Márquez-Farías, J. F. y M. P. Blanco-Parra. 2006. Las rayas del Golfo de California. *En: Sustentabilidad y Pesca responsable en México, Evaluación y Manejo*. Instituto Nacional de Pesca, SAGARPA. México. pp. 303-332.
- McEachran, J. D. 1995. Urolophidae. Rayas redondas. *En: W. Fischer; F. Krupp; W. Schneider; C. Sommer; K. E. Carpenter y V. H. Niem (Eds.). Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-Oriental. Vol. II: pp. 786-792.*
- McEachran, J. D. y N. Aschliman. 2004. Phylogeny of Batoidea. *En: J. C. Carrier; J. A. Musick y M. R. Heithaus (Eds.). Biology of Sharks and their Relatives*. CRC Press. pp. 79-113
- McEachran, J. D. y G. N. Di Sciara. 1995. Peces Batoideos. *En: W. Fischer; F. Krupp; W. Schneider; C. Sommer; K. E. Carpenter y V. H. Niem (Eds.). Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-Oriental. Vol. II: Vertebrados-Parte 1. Food and Agriculture Organization. pp. 746-792.*
- McEachran, J. D. y T. Miyake. 1990. Zoogeography and bathymetry of skates (Chondrichthyes, Rajoidei). *En: H. L. Pratt; S. H. Gruber y T. Taniuchi (Eds.) Elasmobranchs as living resources: advances in the biology, ecology, systematics and the status of the fisheries: NOAA Technical Report NMFS, 90: 304-326.*
- McEachran, J. D. y G. D. Notarbartolo. 1995. Peces Batoideos. *En: W. Fischer; F. Krupp; W. Schneider; C. Sommer; K. E. Carpenter y V. H. Niem (Eds.). Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-Oriental. Vol. II: pp. 746-792.*
- Mejía-Falla, P. A.; A. F. Navia y E. Cortés. 2012. Reproductive variables of *Urotrygon rogersi* (Batoidea: Urotrygonidae): a species with a triannual reproductive cycle in the eastern tropical Pacific Ocean. *Journal of Fish Biology*. 80:1246-1266.

- Mejía–Mercado, B. E. 2006. Aspectos Taxonómicos y biológicos de las rayas espinosas del género *Urotrygon* en el Pacífico Vallecaucano, Colombia. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología Marina, UJTL, Bogotá, Colombia. 103 p.
- Miyake, T. y J. D. McEachran. 1986. Taxonomy of the stingray genus *Urotrygon* (Myliobatiformes: Urolophidae). Preliminary results base on external morphology. Department of Wildlife and Fisheries Sciences, Texas A. & M. University, College Station, Texas, U.S.A. pp. 291-302.
- Miyake, T. y J. D. McEachran. 1988. Three new of the stingray genus *Urotrygon* (Myliobatiformes: Urolophidae) from the Eastern Pacific. *Bulletin of Marine Science*. 42(3):336-375.
- Musick, J. A. 1999. Life in the slow lane: ecology and conservation of long-lived marine animals: proceedings of the Symposium Conservation of Long-Lived Marine Animals held at Monterey, California, USA 24 August 1997. American Fisheries Society Symposium, 23. American Fisheries Society: Bethesda. ISBN 1-888569-15-8. 265 p.
- Osuna–Peralta, Y. R. 2012. Edad y crecimiento de la raya eléctrica, *Narcine vermiculatus* de la costa sur de Sinaloa, México. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias del Mar, UAS, Sinaloa, México. 69 p.
- Otake, T. 1990. Classification of Reproductive Modes in Sharks with Comments on Female Reproductive Tissues and Structures. NOAA Technical Reports/NMFS90. *Academic Journal*:111-130.
- Payán, L. F.; A. F. Navia; E. A. Rubio y P. A. Mejía–Falla. 2011. Biología de la raya guitarra *Rhinobatos leucorhynchus* (Günther, 1867) (Rajiformes: Rhinobatidae) en el Pacífico colombiano. *Latin American Journal of Aquatic research*. 39(2):286-296.

- Pérez–Flores, N. A. 2002. Distribución, abundancia y reproducción de las rayas del género *Urotrygon* (Myliobatiformes: Urolophidae), en el Golfo de Tehuantepec, México. Informe final de servicio social, UAM-Iztapalapa, México. 106 p.
- Pratt, H. L. 1979. Reproduction in the blue shark, *Prionace glauca*. Fishery Bulletin 77(2):445-470.
- Pratt, H. L. Jr. 1988. Elasmobranch gonad structure: a descriptive survey. Copeia. 3:719-729.
- Pratt, H. L. Jr. y J. C. Carrier. 2005. Elasmobranch Courtship and Mating Behavior. *En*: W. C. Hamlett (Ed.). Reproductive Biology and Phylogeny of Chondrichthyes: Sharks, Batoids and Chimaeras. Science Publishers, Inc., Enfield, New Hampshire, USA. pp. 128-135.
- Resendiz–Berumen, O. 2011. Aspectos reproductivos de la raya eléctrica, *Narcine vermiculatus* (Breder, 1928) de la costa sur de Sinaloa, México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias del Mar, UAS, Sinaloa, México. 59 p.
- Rosa, R. S.; P. Charvet–Almeida y C. C. Diban Quijada. 2010. Biology of the South American Potamotrygonid Stingrays. *En*: J. Carrier; A. Musick y M. R. Heithaus (Eds.). Sharks and their relatives II: biodiversity, adaptative physiology, and conservation. CRC Press. pp. 241-286.
- Rossouw, G. J. 1983. The biology of the sand shark *Rhinobatos annulatus*, in Algoa Bay with notes on other elasmobranchs. Ph. D. Thesis. University of Port Elizabeth, Cape Province, South Africa.
- Rubio–Lozano, M. S. 2009. Aspectos reproductivos de la raya *Urotrygon chilensis* (Günther, 1871) en las costas de Sinaloa, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 75 p.

- SAGARPA. 2010. Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca. Edición 2010. Comisión de Acuicultura y Pesca y Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México (versión electrónica).
- Salazar–Hermoso, F. y J. C. Villavicencio–Garayzar. 1999. Abundancia relativa de la guitarra *Rhinobatos productus* (Ayres, 1856) (Pisces: Rhinobatidae) en Bahía Almejas, Baja California Sur, de 1991 a 1995. *Ciencias Marinas*. 25(3):401-422.
- Serrano–Acevedo, M. G. 2007. Aspectos reproductivos de la raya redonda *Urobatis halleri* (Cooper, 1863) capturada en las costas de Sonora, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias del Mar, UAS, Sinaloa, México. 48 p.
- Shine, R. 2006. Is increased maternal basking an adaptation or a pre-adaptation to viviparity in lizards?. *Journal of Experimental Zoology*. 305:524-535.
- Smith, J. W. y J. V. Merriner. 1986. Observations of the reproductive biology of the cownose ray, *Rhinoptera bonasus*, in Chesapeake Bay. *Fisheries Bulletin*. 4:871-877.
- Snelson, F. F.; S. E. Williams–Hooper y T. H. Schmid. 1988. Reproduction and ecology of the Atlantic stingray, *Dasyatis sabina*, in Florida coastal lagoons. *Copeia*. 1988(3):729-739.
- Snelson, F. F.; S. E. Williams–Hooper y T. H. Schmid. 1989. Biology of the bluntnose stingray, *Dasyatis sayi*, in Florida coastal lagoons. *Bulletin of Marine Science*. 45:15-25.
- Springer, S. 1967. Social organization of shark populations. *En*: P. W. Gilbert; R. F. Mathewson y D. P. Rall (Eds.). *Sharks, skates and rays*. John Hopkins Press, Baltimore. pp. 149-174.
- Struhsaker, P. 1969. Observations on the biology and distribution of the thorny stingray, *Dasyatis centroura* (Pisces: Dasyatidae). *Bulletin of Marine Science* 2:456-481.

- 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 y M. Grijalba-Bendeck. 2006. Algunos aspectos biológicos de *Urotrygon venezuelae* Schultz, 1949, (Elasmobranchii, Rajiformes, Urolophidae), capturada en playa Salguero, Santa Marta, Caribe de Colombia. *U.D.C.A. Actualidad y Divulgación Científica*. 9 (2):75-87.
- Texeira, R. P. 1982. Biologie et dynamique des populations de *Rhinobatos horkelli* (Muller and Henle) du plateau continental du Rio Grande do Sul (Brésil). Ph. D., Oceanography, Université de Bretagne Occidentale. 238 p.
- Tortonese, E. 1950. Studi dui plagiostomi. III. Un Fondamentale carattere biologico degli Squali. *Arch. Ital. Zool.* 1950:101-155.
- Tresierra, A. y Z. Culquichicón. 1995. Manual de biología pesquera. Editorial Libertad. Trujillo, Perú. 227 p.
- Urban, H. J. 2000. Métodos y conceptos de la ecología de poblaciones. Universidad del Valle. Cali. 162 p.
- Van der Heiden, A. M. y H. G. Plascencia-González. 1990. Range extensions of the lophiid anglerfish *Lophiodes spilurus* and stingray *Urotrygon nana*, along the Pacific coast of America. *Revista de Biología Tropical*. 38(1):147.
- Villavicencio-Garayzar, C. J. 1991. Observations on the *Mobula munkiana* (Chondrichthyes: Mobulidae) in the Bahía de la Paz, B. C. S., México. *Revista de Investigación Científica*. 2(2):78-81.
- Villavicencio-Garayzar, C. J. 1993a. Notas sobre *Gymnura marmorata* (Cooper) (Pisces: Dasyatidae) en Bahía Almejas, B. C. S., México. *Revista de Investigación Científica UABCS*. 4(1):91-94.

- Villavicencio–Garayzar, C. J. 1993b. Observaciones sobre la biología reproductiva de *Narcine brasiliensis* (Olfers) (Pisces: Narcinidae), en Bahía Almejas, B. C. S., México. Revista de Investigación Científica. Serie Ciencias Marinas. UABCS. 4(1):95-99.
- Villavicencio–Garayzar, C. J. 1993c. Biología reproductiva de *Rhinobatos productus* (Pisces: Rhinobatidae), en Bahía Almejas, Baja California Sur, México. Revista de Biología Tropical. 41(3):441-446.
- Villavicencio–Garayzar, C. J. 1995a. Distribución temporal y condición reproductiva de las rayas (Pisces: Batoidei), capturadas comercialmente en Bahía almejas, Baja California Sur, México. Ciencias Marinas. 6(1-2):1-12.
- Villavicencio–Garayzar, C. J. 1995b. Biología reproductiva de la guitarra pinta *Zapteryx exasperata* (Pisces: Rhinobatidae), en Bahía Almejas, Baja California Sur, México. Ciencias Marinas. 21(2):141-153.
- Villavicencio–Garayzar, C. J. 1996. Tallas, proporción de sexos y reproducción de *Myliobatis californica* y *M. longirostris* (Pisces: Myliobatidae) en Baja California Sur, México. Revista de Biología Tropical. 43(2):291-295.
- Villavicencio–Garayzar, C. J.; C. Downton–Hoffmann. y E. M. Mariano. 1994. Tamaño y reproducción de la raya *Dasyatis longus* (Pisces: Dasyatidae), en Bahía Almejas, Baja California Sur, México. Revista de Biología Tropical. 42(1/2):375-377.
- Walker, T. I. 1998. Can shark resources be harvested sustainably? A question revisited with a review of shark fisheries. Marine and Freshwater Research. 49:553-572.
- Walker, T. I. 2004. Management measures. En: J. A. Musick y R. Bonfil (Eds.). Technical Manual for the Management of Elasmobranchs. Asia Pacific Economic Cooperation Secretariat, Singapore. Chapter 13. pp. 285-321.

- Walker, T. I. 2005. Reproduction in fisheries science. *En*: W. C. Hamlett (Ed.). Reproductive Biology and Phylogeny of Chondrichthyes: Sharks, Batoids and Chimaeras. Science Publishers Inc., Enfield, New Hampshire, USA. pp. 81-127.
- Wallman, H. y W. Bennett. 2006. Effects of parturition and feeding on thermal preference of Atlantic stingray, *Dasyatis Sabina* (LeSueur). *Environmental Biology Fishes*. 75:259-267.
- Wearmouth, V. J. y D. Sims. 2008. Sexual segregation in marine fish, reptiles, birds and mammals: behaviour patterns, mechanisms and conservation implications. *Advances in Marine Biology*. 54:107-170.
- Wenner, E. 1972. Sex ratio as a function of size in marine crustacean. *The American Naturalist*. 106 (949):321-330.
- West, G. 1990. Methods of assessing ovarian development in fishes: A review. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*. 41:192-222.
- White, W. y I. Potter. 2005. Reproductive biology, size and age compositions and growth of the batoid *Urolophus paucimaculatus*, including comparisons with other species of the Urolophidae. *Marine and Freshwater Research*. 56:101-110.
- Wourms, J. P. 1977. Reproduction and development of Chondrichthyan fishes. *American Zoologist*. 21:473-515.
- Wourms, J. P. 1981. Viviparity: the maternal-fetal relationship in fishes. *Ibid*. 21:473-515.
- Wourms, J. P. y L. S. Demski. 1993. The reproduction and development of Sharks, Skates, Rays and Ratfishes: Introduction, history, overview and future prospects. *Environmental Biology of Fisheries*. 38:7-21.
- Yañez-Arancibia, A. y F. Amezcua-Linares. 1979. Ecología de *Urolophus jamaicensis* (Cuvier, 1816) en la 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).