

UNIVERSIDAD DEL MAR



BIOLOGÍA DE LA RAYA *Urotrygon nana* (Miyake y McEachran, 1988) (MYLIOBATIDAE: UROLOPHIDAE) DURANTE EL PERÍODO DE VEDA DE CAMARÓN-2003 EN EL GOLFO DE TEHUANTEPEC, MÉXICO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE :

I. LICENCIADO EN BIOLOGÍA MARINA

PRESENTA

Ana Bricia Guzmán Castellanos

Director de tesis

M. en C. Ana María Torres Huerta

Puerto Ángel, Oaxaca

Junio 2006



UNIVERSIDAD DEL MAR

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

Después de realizar una segunda revisión de la tesis "**Biología de la raya *Urotrygon nana* Miyake y McEacharan, 1998 (MYLIOBATIDAE: Urolophidae) durante el período de veda del camarón 2003 en el Golfo de Tehuantepec**", presentada por la pasante de Biología Marina Ana Bricia Guzmán Castellanos. Se considera que el documento cumple con los requisitos y calidad académica necesaria para proceder a ser defendida mediante el examen de grado correspondiente.

M. en C. Ana María Torres Huerta
Profesor Investigador- Universidad del Mar
Director de Tesis

M. en C. Pedro Cervantes Hernández
Jefe de Postgrado- Universidad del Mar
Revisor de Tesis

Dr. Carlos Villavicencio Garayzar
Laboratorio de Elasmobranquios
Universidad Autónoma de Baja California Sur
Revisor de Tesis

Hidrobiol. Juan Fco. Meraz Hernando
Profesor Investigador- Universidad del Mar
Revisor de Tesis

M. en C. José Alberto Montoya Márquez
Profesor Investigador- Universidad del Mar
Revisor de Tesis

*La captura por descarte no es un fenómeno que existe por si mismo;
es simplemente el resultado de deficiencias en nuestra capacidad
de seleccionar lo que cosechamos del océano (Hall et al., 2000).*

RECONOCIMIENTO

Al Proyecto Derrotero y Red de Estaciones en el Golfo de Tehuantepec primer ciclo de muestreo en altamar (CRIP-Salina Cruz, Oaxaca.) durante el período de veda de camarón, comprendido de abril a agosto de 2003, por las facilidades otorgadas para la obtención rayas. Dirigido por el Biol. Oswaldo Morales Pacheco y el Ecol. Mar. Sebastián Ramos Cruz.

RESUMEN

Se analizaron 588 rayas redondas *Urotrygon nana* capturadas de abril a agosto de 2003 en el Golfo de Tehuantepec. De cada organismo se registró el sexo, estado de madurez y 10 características morfométricas; en el caso de las hembras grávidas, se registró el número y longitud total de los embriones. Se encontró que la longitud total (Lt) en hembras fue de 8.2 a 37.6 cm; mientras que, en machos fue de 8.0 a 29 cm de Lt. La proporción de sexos en neonatos y adultos fue de 1:1, contrario en juveniles donde existe segregación por sexos. En la relación longitud total-peso hembras y machos, crecen relativamente en longitud y aumentan en peso, siendo las hembras de mayor tamaño y peso. De acuerdo a caracteres morfométricos, el dimorfismo sexual, se presentó en longitud y ancho de disco, longitud preorbital, distancia interorbital, longitud preoral, distancia internasal y longitud de la boca. El dimorfismo sexual dentario, se presentó en machos a partir del estado juvenil. Para machos y hembras la talla de primera madurez, se dio a partir de 13.4 cm y 16.6 cm de Lt, respectivamente. La fecundidad fue de 1 a 4 embriones; las crías nacen de mayo a agosto con tallas de 8.3 a 9.4 cm de Lt. Tanto neonatos como juveniles se distribuyeron cercanos a la costa y en aguas poco profundas; mientras que, los adultos tienden a una distribución más amplia con respecto a la costa, al mismo tiempo que se mueven hacia aguas más profundas. El Golfo de Tehuantepec es una importante zona de nacimiento, crianza y reproducción de la raya redonda.

Palabras clave: *Urotrygon nana*, raya redonda, biología, Golfo de Tehuantepec, Oaxaca.

ÍNDICE

		Página
I.	Introducción	1
I.1	Importancia económica y ecológica de los batoideos	2
I.2	Ubicación taxonómica	3
I.3	Diagnóstico de la especie	3
II.	Antecedentes	5
III.	Justificación	7
IV.	Hipótesis de trabajo	9
V.	Objetivos	10
V.1	Objetivo general	10
V.2	Objetivos particulares	10
VI.	Material y métodos	11
VI.1	Descripción del área de estudio	11
VI.1.1	Caracterización del área de estudio	13
VI.2	Captura de los organismos	14
VI.3	Trabajo de laboratorio	16
VI.4	Distribución horizontal, vertical y abundancia	16
VI.5	Composición de tallas y proporción de sexos	17
VI.6	Relación longitud total-peso	17
VI.7	Morfometría	18
VI.8	Madurez sexual	20
VI.9	Fecundidad y talla de nacimiento	21
VI.10	Análisis estadísticos	22
VII.	Resultados	26
VII.1	Distribución horizontal	26
VII.2	Distribución vertical	28
VII.3	Abundancia	29
VII.4	Composición de tallas	32
VII.5	Proporción de sexos	34
VII.6	Relación longitud total-peso	35
VII.7	Descripción Morfométrica	36
VII.7.1	Características descriptivas	36
VII.7.2	Morfometrías	38
VII.7.3	Número y forma de dientes	46
VII.8	Madurez sexual	47
VII.9	Fecundidad	50
VII.10	Talla de nacimiento	51

VIII. Discusiones	
VIII.1 Distribución y abundancia	52
VIII.2 Composición de tallas y proporción de sexos	54
VIII.3 Relación longitud total–peso	55
VIII.4 Morfometría y dimorfismo sexual	56
VIII.5 Madurez sexual	59
VIII.6 Fecundidad y talla de nacimiento	59
IX. Conclusiones	62
X. Bibliografía	65

Lista de tablas

Tabla	Página
1. Abundancia relativa para <i>U. nana</i> por estado de madurez y sexo	29
2. Proporción de sexos por estado de madurez en cada subzona de pesca de camarón en el Golfo de Tehuantepec.	34
3. Distribución de cargas factoriales por rotación ortogonal para las diferentes variables morfométricas de <i>U. nana</i> .	38
4. Valores obtenidos para cada tipo de regresión; de las distintas variables morfométricas en machos de <i>U. nana</i> .	39
5. Valores obtenidos para cada tipo de regresión; de las distintas variables morfométricas en hembras de <i>U. nana</i> .	40
6. Resultados del análisis discriminante, aplicado a machos y hembras sexualmente maduros de <i>U. nana</i> .	45

Lista de figuras

Figura	Página
1. Vista dorsal de hembra y macho de la raya redonda <i>U. nana</i> capturada en el Golfo de Tehuantepec.	4
2. Mapa del área de estudio, ubicando las estaciones de muestreo en el Golfo de Tehuantepec.	12
3. Fauna acompañante durante la pesca de camarón en el Golfo de Tehuantepec y separación de la raya redonda.	15
4. Proporciones morfométricas utilizadas en la raya <i>U. nana</i> .	19
5. Distribución horizontal por estados de madurez de <i>U. nana</i> en el Golfo de Tehuantepec.	27
6. Distribución horizontal de hembras y machos de <i>U. nana</i> en el Golfo de Tehuantepec.	27

Figura	Página
7. Distribución vertical de neonatos, juveniles y adultos de <i>U. nana</i> en el Golfo de Tehuantepec.	28
8. Distribución vertical de hembras y machos de <i>U. nana</i> en el Golfo de Tehuantepec.	29
9. Abundancia relativa de <i>U. nana</i> de acuerdo a las subzonas de pesca de camarón en el Golfo de Tehuantepec.	30
10. Abundancia relativa de <i>U. nana</i> en los diferentes estados de madurez de acuerdo a las subzonas de pesca de camarón en el Golfo de Tehuantepec.	31
11. Abundancia relativa de <i>U. nana</i> por sexos de acuerdo a las subzonas de pesca de camarón en el Golfo de Tehuantepec.	32
12. Composición de tallas para hembras de <i>U. nana</i> en el Golfo de Tehuantepec.	33
13. Composición de tallas para machos de <i>U. nana</i> en el Golfo de Tehuantepec.	33
14. Relación longitud total-peso de <i>U. nana</i> en el Golfo de Tehuantepec.	35
15. Ángulo rostral de hembras y machos de <i>U. nana</i> .	37
16. Relación Longitud total-longitud de disco en <i>U. nana</i> en el Golfo de Tehuantepec.	41
17. Relación Longitud total-ancho de disco en <i>U. nana</i> en el Golfo de Tehuantepec.	41
18. Relación Longitud total-longitud pre-orbital en <i>U. nana</i> en el Golfo de Tehuantepec.	42
19. Relación Longitud total- distancia inter-orbital en <i>U. nana</i> en el Golfo de Tehuantepec.	42
20. Relación Longitud total- longitud pre-oral en <i>U. nana</i> en el Golfo de Tehuantepec.	43
21. Relación Longitud total-distancia inter-nasal en <i>U. nana</i> en el Golfo de Tehuantepec.	43
22. Relación Longitud total- longitud de la cola en <i>U. nana</i> en el Golfo de Tehuantepec.	44

Figura		Página
23.	Relación Longitud total- longitud de boca en <i>U. nana</i> en el Golfo de Tehuantepec.	44
24.	Distribución de los marcadores en el análisis discriminante en machos y hembras maduros de <i>U. nana</i> .	46
25.	Mandíbulas superior e inferior de machos y hembras de <i>U. nana</i> .	47
26.	Relación Longitud total-longitud del mixopterigio de <i>U. nana</i> .	48
27.	Relación Longitud total-ancho del útero izquierdo en hembras sin embriones de <i>U. nana</i> en el Golfo de Tehuantepec.	49
28.	Talla de Madurez sexual para machos y hembras de <i>U. nana</i> en el Golfo de Tehuantepec.	49
29.	Relación longitud promedio de ovocitos en útero de <i>U. nana</i> durante el período de muestreo en el Golfo de Tehuantepec.	50
30.	Relación de la talla embrionaria de <i>U. nana</i> durante el período de muestreo en el Golfo de Tehuantepec.	51

I. INTRODUCCIÓN

Los batoideos son peces cartilagosos representados por rayas, rajas y mantarrayas (Compagno *et al.*, 1995; Calliet *et al.* 1986). Se han descrito aproximadamente 450 especies; las cuales se clasifican en 5 órdenes: Pristiformes, Rhinobatiformes, Rajiformes, Torpediniformes y Myliobatiformes (Compagno *et al.* 1995); dentro de este último grupo se encuentra la familia Urolophidae, la cuál incluye a los géneros *Urolophus* y *Urotrygon* (Nishida y Nakaya, 1990). Las rayas redondas del género *Urotrygon* se agrupan en 13 especies, localizadas principalmente en las inmediaciones de lagunas y estuarios (McEachran y Miyake, 1986; Platell *et al.* 1998); la mayor parte de ellas son bénticas y permanecen semienterradas en fondos blandos por largos períodos de tiempo (McEachran y Miyake, 1988).

Las rayas redondas al igual que otros peces cartilagosos, son altamente vulnerables a la mortalidad por pesca debido a que exhiben diversas adaptaciones reproductivas como: fertilización interna, períodos largos de gestación y un número reducido de crías que al nacer son autosuficientes en su hábitat (Wourms, 1977; Calliet *et al.* 1986). Para estos organismos no existe una pesquería dirigida, debido a que presentan tallas pequeñas; sin embargo, las pesquerías de arrastre demersal capturan grandes cantidades de éstas, lo que ha provocado una importante disminución en sus poblaciones (Hall *et al.* 2000; FAO, 2001; Andrew y Pepperell, 1992; Dulvy y Reynolds, 2002; McEachran y Notarbartolo, 1995).

I.1 Importancia económica y ecológica de los batoideos

En las últimas décadas, las investigaciones revelan el estado crítico en el que se encuentran las actuales especies de peces batoideos, que son y han sido vulnerables a los cambios en su entorno dado por diversas causas, principalmente la sobreexplotación de especies comerciales. Lo cuál ha despertado un gran interés en la pesca artesanal y de mediana altura, como una necesidad de definir y de entender el entorno esencial de los peces comercialmente capturados por pesca de arrastre (Simpfendorfer y Heupel, 2004). La FAO (2001) reporta que el descenso en la abundancia de rayas, ha sido principalmente ocasionado por la pesquería de camarón.

Tomando un indicador que, el retiro masivo de éstas, puede afectar no sólo al número de depredadores, sino también a la presa, o peor aún a un grupo de competidores o simplemente dar lugar a cambios en la estructura de la comunidad (Hall *et al.* 2000; Walmsley–Hart *et al.* 1999).

Del 2001 al 2003 la captura incidental de batoideos para el Pacífico mexicano fue de 4,404 toneladas (SAGARPA, 2004), capturando a más de 19 especies (Hilborn *et al.* 2004). Tapia-García y García-Abad (1998) indican que los batoideos capturados en el Golfo de Tehuantepec procedentes de la pesca de arrastre son: *Narcine entemedor* Jordan y Starks, 1895; *Urotrygon rogersi* (Jordan y Starks, 1895); *Narcine vermiculatus* Breder, 1928; *Raja equatorialis* Jordan y Bollman, 1890; *Urotrygon munda* Gill, 1863; *Urotrygon nana* Miyake y McEachran, 1988; *Rhinobatos leucorhynchus* Günther, 1866; *Urotrygon chilensis* (Günther, 1872); *Dasyatis longus* (Garman, 1880) y *Zapterix exasperata* (Jordan y Gilbert, 1880).

I.2 Ubicación taxonómica según Compagno *et al.* (1995)

PHYLUM: Chordata

SUBPHYLUM: Vertebrata

SUPERCLASE: Gnathostomata

CLASE: Chondrichthyes

SUBCLASE: Elasmobranchii

ORDEN: Myliobatiformes

FAMILIA: Urolophidae

GÉNERO: *Urotrygon*

ESPECIE: *Urotrygon nana* (McEachran y Miyake 1988)

I.3 Diagnósis de la especie

La raya redonda *Urotrygon nana* se caracteriza por presentar ojos pequeños, disco de forma casi redonda y el margen derecho levemente cóncavo en machos. 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 un racimo de papilas (McEachran y Miyake, 1988).

Dentículos pequeños que cubren densamente el rostro y el margen extremo del disco. Estos 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 se 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. Talla máxima reportada 25 cm de Lt. Talla de madurez sexual entre 15 y 16 cm de Lt.

Coloración café pardusca (McEachran y Miyake, 1986; McEachran y Miyake, 1988)
(Figura 1).

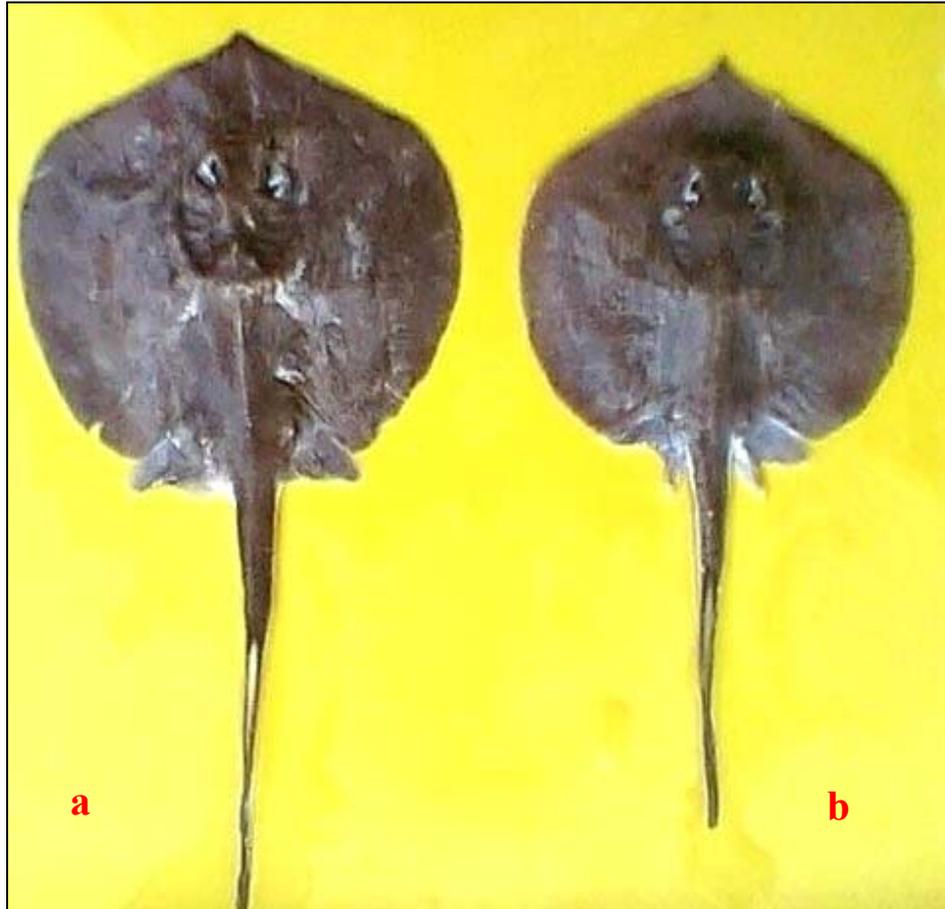


Figura 1. Vista dorsal de la raya redonda *U. nana*. a) Hembra, b) Macho. Foto: Yáñez-Lobato B.

II. ANTECEDENTES

Los peces batoideos presentan cambios intraespecíficos en relación con el tamaño, el sexo o la localización geográfica; debido a esto, las descripciones de rayas se han realizado con base en sus características morfológicas como la forma del cuerpo, el tamaño, la espinulación, la coloración, la forma y cantidad de dientes (Leible, 1988; Braccini y Chiamonte 2002a; Braccini y Chiamonte, 2002b).

Los trabajos enfocados a la descripción de rayas para el Pacífico mexicano son escasos; de las 42 especies registradas para la región, solo 19 cuentan con una descripción morfológica y para el resto se desconocen las características intraespecíficas que las diferencian. Para el caso particular de la raya redonda *U. nana*, McEachran y Miyake (1986) reportaron resultados preliminares de taxonomía para el género *Urotrygon* basados en la morfología externa; en ese mismo año ambos autores realizaron una diagnosis más precisada de la especie. Posteriormente en (1988) publicaron un artículo donde describen a tres nuevas especies del género *Urotrygon* en el Pacífico Este Tropical, incluyendo a *U. nana*.

Así mismo, los trabajos sobre la biología de peces batoideos en el Pacífico mexicano se han enfocado a las especies comerciales que se distribuyen principalmente al noroeste de México, entre los cuales destacan el trabajo para *Molula munkiana*

(Villavicencio-Garayzar, 1991), *Gymnura marmorata* y *Narcine brasiliensis* (Villavicencio-Garayzar, 1993b y 1993c), *Dasyatis longus* (Villavicencio-Garayzar *et al.* 1994), *Zapteryx exasperata* (Villavicencio-Garayzar, 1995), *Myliobatis californiana* y *M. longirostris* (Villavicencio-Garayzar, 1996) y *Rhinobatos productus* (Villavicencio-Garayzar, 1993a; Salazar-Hermoso y Villavicencio-Garayzar, 1999).

Para la parte sur del Pacífico mexicano Van Der Heiden y Plascencia (1990) describieron los rangos de extensión geográfica de la raya *U. nana* a lo largo del Pacífico en las costas de América. Castro-Aguirre y Espinosa-Pérez (1996) contribuyen con la descripción de la raya *U. nana*, la cual ha sido comúnmente confundida con *Urolophus nebulosus* (Garman, 1885) y con *Urotrygon munda*.

McEachran *et al.* (1996) realizan un análisis filogenético de la interrelación entre batoideos incluyendo al género *Urotrygon*. Finalmente, Tapia-García y Gutiérrez-Díaz (1998) aportaron información acerca de la raya *U. nana* como una especie abundante, frecuencia de captura baja y con posibles perspectivas de explotación en la captura de arrastre de fondo en la costa de Oaxaca y Chiapas.

III. JUSTIFICACIÓN

Los elasmobranchios poseen características biológicas particulares como: baja fecundidad y largos periodos de gestación que determinan un potencial reproductivo mínimo y una gran longevidad, que da por consecuencia tasas de crecimiento poblacional muy bajas (Holden, 1974; Calliet *et al.* 1986; Hoening y Gruber, 1990). Aunado a esto, existe un desconocimiento de la biología de estas especies, su distribución y explotación a las que han sido sometidas; sin olvidar que juegan un papel importante en el mantenimiento del equilibrio ecológico marino (Stevens, 1987). De las poblaciones de batoideos en particular se conoce muy poco acerca de ellos, principalmente la tendencia que tienen a cualquier tipo de segregación (Springer, 1967) y abundancias, este desconocimiento puede ser resultado de las inadecuadas estadísticas pesqueras (González-García, 1998).

En aguas mexicanas se tienen reportadas 80 especies de tiburones y 87 de rayas aproximadamente, ubicando a nuestro país como un sitio de conservación y de protección a la diversidad de estos peces (Applegate *et al.* 1979; Castro-Aguirre y Espinosa-Pérez, 1996). En 1994, la Novena Conferencia de las Partes Contratantes de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES) aprobó la resolución para la evaluación del estado biológico y comercial de los peces cartilaginosos, buscando establecer programas en las pesquerías multiespecíficas enfocadas

hacia un manejo para proteger las especies vulnerables y no disminuir sus poblaciones (FAO, 1997; Dayton *et al.* 1995).

Por lo que conocer y entender la biología básica de cada una de las especies acompañantes del camarón es una labor en extremo amplia; sin embargo, es un principio fundamental para la evaluación, administración y manejo de las poblaciones de estos y otros organismos. Por otra parte, sí se detectan, conocen y, en su caso, se protegen las áreas de apareamiento, crianza y distribución de estos organismos; se tendrá un mayor conocimiento de la interacción e importancia en los aspectos biológicos y ecológicos; y quizás un posible desarrollo de iniciativas en pro de la conservación de su hábitat (Bonfil, 1994; Carrier *et al.* 2004).

En el litoral del golfo de Tehuantepec existen 61 cooperativas camaroneras que impactan continuamente sobre un gran número de poblaciones naturales y sobre el equilibrio ecológico al ser pesquerías multiespecíficas (Yáñez-Arancibia, 1985; Ruíz-Durá, 1993). Es por esto, que en el presente estudio se aportara información de la distribución, abundancia, caracteres morfométricos y reproducción de *U. nana*, como una de las especies más abundantes de peces batoideos, que conforman la fauna acompañante proveniente de la captura incidental, en la pesca de arrastre del camarón.

IV. HIPÓTESIS DE TRABAJO

1. De acuerdo con los hábitos reproductivos reportados para los elasmobranquios, se esperan diferencias en la abundancia, distribución horizontal y vertical en neonatos, juveniles y adultos en ambos sexos de la raya redonda.
2. Se ha registrado en la mayoría de elasmobranquios, un tipo de crecimiento alométrico en el que las hembras alcanzan mayor talla y peso que los machos. Por lo que se espera el mismo patrón en la raya redonda y una madurez sexual más temprana en los machos a tallas menores que las hembras.
3. Dado que hasta el momento no se tiene conocimiento de una característica física en la raya redonda para el dimorfismo sexual, se pretende que éstas puedan ser diferenciadas con base en la forma y cantidad de dientes, así como en el tamaño y forma del cuerpo.

V. OBJETIVOS

V.1 Objetivo general

Describir la biología de *Urotrygon nana* durante el período de veda de camarón de abril a agosto de 2003 en el Golfo de Tehuantepec.

V.2 Objetivos particulares

- Determinar la distribución horizontal, vertical y la abundancia para los diferentes estados de madurez sexual, así como por sexos.
- Determinar la proporción sexual por estados de madurez.
- Determinar la frecuencia de tallas para neonatos, juveniles y adultos.
- Estimar la relación longitud total-peso para ambos sexos.
- Detectar diferencias morfológicas entre hembras y machos.
- Determinar la talla de primera madurez, fecundidad y talla de nacimiento.

VI. MATERIAL Y MÉTODOS

VI.1 Descripción del área de estudio

El Golfo de Tehuantepec se localiza entre las latitudes 15°01'00'' y 16°32'30''; y las longitudes 92°41'45'' y 95°14'15''. Cuenta con una extensión de 125,000 km² (Monreal y Salas de León, 1998), ubicándose entre Puerto Ángel, Oaxaca y Puerto Madero, Chiapas (Figura 2). De acuerdo a García (1988) y Robles *et al.* (1988) presenta la mayor parte del año, un clima cálido-subhúmedo distinguiéndose tres subregiones:

- a. Subregión central del Golfo de Tehuantepec (parte del Istmo y oeste de la Laguna del Mar muerto).
- b. Subregión oeste (mayor parte de la costa Oaxaqueña).
- c. Subregión este (parte de la costa Chiapaneca).

La Subregión central es la más importante, ya que presenta variación en sus condiciones ambientales a lo largo del año (Robles *et al.* 1988). Así mismo, presenta dos épocas climáticas bien marcadas correspondientes a la época de lluvias (mayo a octubre) y a la época de secas (noviembre a mayo) (Secretaría de Marina, 1988).

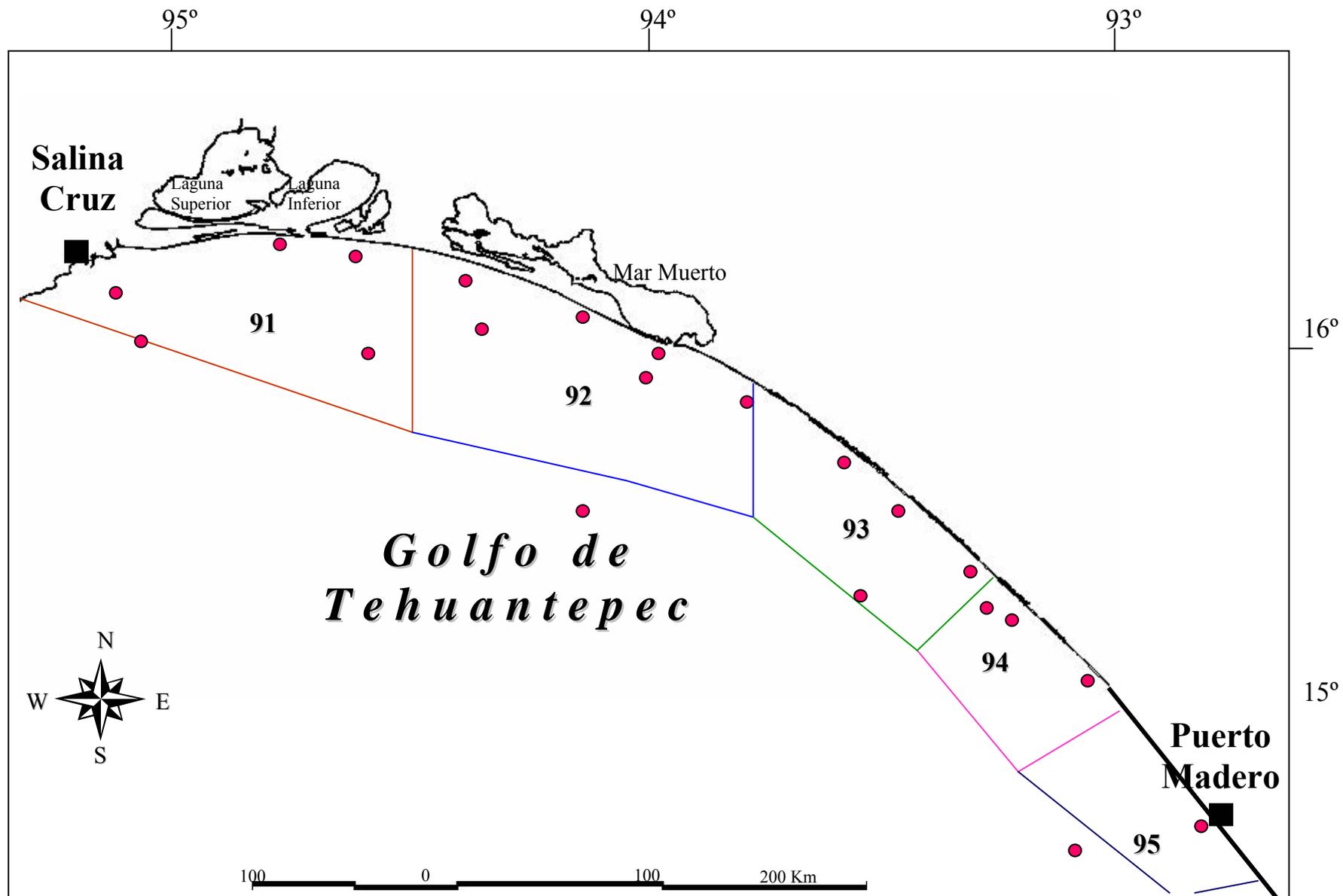


Figura 2. Mapa del área de estudio, ubicando las estaciones de muestreo (puntos rojos) y las subzonas de pesca 91, 92, 93, 94 y 95.

Aunado a las características anteriores y a la influencia de importantes corrientes oceánicas: como la Corriente Nor-Ecuatorial (CNE), la Contracorriente Ecuatorial (CCE), la Corriente Costera de Costa Rica (CCCR), y en condiciones invernales la Corriente de California (CC) (Wyrski, 1967) permiten que sean zonas altamente productivas desde el punto de vista ecológico (García, 1988).

De acuerdo a Tapia-García y Gutiérrez-Díaz (1998) la costa de Oaxaca y Chiapas se divide en dos regiones: la primera, comprende la mayor parte del Golfo de Tehuantepec, desde Salinas del Márquez, Oaxaca, al río Suchiate en Chiapas; esta región presenta una plataforma continental amplia y de fondos blandos. La segunda región, consta de escasa plataforma de litoral rocoso, y comprende la mayor parte oeste de la costa oaxaqueña.

VI.1.1 Caracterización del área de estudio

La temperatura promedio anual del agua superficial es de 25 a 30°C con un valor anual promedio de salinidad de 34.5 ppm (Gallegos y Barberán, 1998). En invierno, el golfo responde a la presencia de “Nortes” (procedentes del Golfo de México), que son fuertes vientos que cruzan el Istmo de Tehuantepec y se intensifican, induciendo a la formación de frentes oceánicos en la parte suroeste y de surgencias por el lado sureste del golfo (Ortega-García *et al.* 2000).

El tiempo de respuesta de las surgencias al viento es de aprox. 36 hrs y su área de influencia es de 500 km² (Trasviña *et al.* 1995). Existe un hundimiento de la pycnoclina hasta los 100 m de profundidad. Mientras que, en la parte occidental se produce una convergencia de Ekman y la mezcla se extiende a un máximo de 120 m (Barton *et al.* 1993).

Durante el período de lluvias el aporte de agua va acompañado de una gran cantidad de nutrimentos, y durante el período de secas se presentan fuertes vientos que alcanzan una velocidad de hasta 18 km/seg (Turner, 1992) denominados “tehuanos”. Los cuales oscilan de 3 a 5 días; estos son vientos de descenso, los cuales tienen la particularidad de ser más fuertes que los “Nortes”. Y son generados por giros anticiclónicos provenientes del noroeste de Canadá (Ortega-García *et al.* 2000).

El agua superficial trae consigo sedimentos fosfatados, silicatos, nitritos y nitratos (Ortega-García *et al.* 2000), que se presentan como reemplazo de foraminíferos, micromoluscos, pterópodos, entre restos de otros organismos marinos (Morales de la Garza, 1990), iniciándose una red trófica que a su vez produce y nutre a diferentes comunidades biológicas; por lo que la concentración de nutrimentos es mayor a las reportadas para otras áreas oceánicas y zonas de surgencia (Morales de la Garza, 1990; Ortega-García *et al.* 2000).

VI.2 Captura de los organismos

Los ejemplares examinados fueron obtenidos de los arrastres camaroneros realizados por el Proyecto Derrotero y Red de Estaciones en el Golfo de Tehuantepec primer ciclo de muestreo en altamar (CRIP-Salina Cruz, Oaxaca.) durante el período de veda de camarón, comprendido de abril a agosto de 2003. Dicho proyecto estableció 62 estaciones de muestreo de las cuales, sólo en 21 estuvo presente la raya redonda (Figura 2). De éstas, 19 estaciones se localizaron dentro de las subzonas de pesca de camarón 91, 92, 93, 94 y 95; y dos fuera de éstas.

Los arrastres camareros fueron realizados con dos redes de fondo, de aproximadamente 9 m de cala y una abertura de malla de $1\frac{3}{4}$ pulgadas. Los lances se realizaron durante las 24 horas con un promedio de seis arrastres por día, una duración de dos a cuatro horas y a una velocidad de 2 a 3 nudos/min. De cada lance realizado se registró la posición geográfica mediante un GPS Garmin y la profundidad de captura mediante una Ecosonda.

La captura de cada lance se depositó en cubierta en dónde se separó el camarón y las especies de peces que fueron de interés para la tripulación (Figura 3a). De la fauna de acompañamiento se seleccionó una muestra aleatoria del 10%; la cual, fue congelada en la cámara de refrigeración del barco a $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ para evitar su descomposición y posteriormente se realizó la separación de las rayas de forma manual (Figura 3b).



Figura 3. a) Fauna acompañante durante la pesca de camarón en el Golfo de Tehuantepec y b) Separación de la raya redonda. Foto: Bautista Guerrero E. y Torres Huerta A. M.

VI.3 Trabajo de laboratorio

Las muestras fueron transportadas y descongeladas en el laboratorio de Análisis y Tecnología de Alimentos (LATA) de la Universidad del Mar. Las rayas redondas se identificaron por medio de las claves propuestas por Compagno *et al.* (1995); Castro-Aguirre y Espinoza-Pérez. (1996) y McEachran y Miyake (1988).

De cada raya se registró el peso total, sexo, estado de madurez y medidas morfométricas. El peso total se obtuvo con una balanza granataria Scout con un grado de precisión de 0.1 g., los embriones se pesaron con una balanza analítica Startorius, con un grado de precisión de 0.01 mg. El sexo se determinó por la presencia de los mixopterigios (órganos copuladores) en las aletas pélvicas de los machos (Pratt y Otake, 1990).

El estado de madurez fue categorizado como neonato, juvenil y adulto. Los neonatos fueron considerados aquellos organismos de vida libre con vestigios de vitelo en la parte ventral (Castro, 1993) y con la coloración patrón de la especie. Como juveniles se consideraron los organismos sin vitelo, en el caso de machos se consideraron sexualmente inmaduros al presentar mixopterigios sin calcificar y en hembras al presentar gónadas indiferenciadas (Pratt y Otake, 1990). Fueron sexualmente maduros, en el caso de los machos con mixopterigios calcificados (Clark y Von Schmidt, 1965) y las hembras con ovocitos maduros en el ovario, huevos y/o embriones en el oviducto (Springer, 1967; Pratt, 1979).

VI.4 Distribución horizontal, vertical y abundancia

La distribución horizontal se determinó a través de la distancia de captura a partir de la línea de costa; esto es, se localizaron las estaciones de captura en un mapa georeferenciado del Golfo de Tehuantepec usando el programa Arcview 3.2a. La distancia de captura fue

obtenida en kilómetros y transformada a millas náuticas. La distribución vertical se determinó por la profundidad de captura reportada por el barco de pesca. La abundancia relativa se calculó con el número total de organismos por estados de madurez y sexos en cada subzona de pesca de camarón.

VI.5 Composición de tallas y proporción de sexos

Las medidas de longitud total (Lt) para juveniles y adultos fueron tomadas a partir de la punta del disco hasta el final de la aleta caudal (Figura 4), mediante un Ictiómetro con precisión de un cm. En el caso de neonatos y embriones se utilizó un vernier Caliper con precisión de un mm. Los organismos se separaron por sexo y se obtuvieron tallas promedio para cada grupo, realizando histogramas de frecuencia relativa. La proporción de sexos se determinó asumiendo una relación 1:1.

VI.6 Relación longitud total-peso

Para la relación entre la longitud total y el peso se utilizaron datos por sexos, mediante la ecuación modificada de Ricker (1975):

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

donde:

P = peso total (kg)

Lt = longitud total (cm)

a = ordenada al origen

b = pendiente

Los parámetros a y b se estimaron mediante el análisis de regresión lineal a los datos transformados logarítmicamente en base 10 (Steel y Torrie, 1988).

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

En caso de que la pendiente fuera igual a 3, entonces la relación se considera de tipo isométrico, es decir, las proporciones de los organismos se mantienen constantes a través del tiempo; en caso de que la pendiente fuera diferente a tres, la relación es de tipo alométrico, la proporción de los organismos no es constante a través del tiempo (Pereiro, 1993).

VI.7 Morfometría

Según lo propuesto por McEachran y Miyake (1988), se trabajó con 10 proporciones morfométricas en 467 rayas de ambos sexos, estas fueron: Longitud total (Lt), Longitud de disco (LD), Ancho de disco (AD), Longitud pre-orbital (LPO), Distancia inter-orbital (DIO), Longitud de la boca (LB), Longitud pre-oral (Lporal), Distancia inter-nasal (DIN) y Longitud de la cola (LC) (Figura 4). El Ángulo rostral (AR) sólo se registró para 85 rayas, que no fueron incluidas dentro de los análisis de morfometría, debido a que esta variable no cumplió con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, por lo que los resultados se reportan de forma descriptiva.

Se probaron tres tipos de modelos para cada variable: lineal, potencial y exponencial. Para el modelo lineal, el tipo de relación fue determinado por el valor de la pendiente; isométrico cuando era igual a 0.5 y alométrico cuando fue diferente a 0.5. Para la regresión de tipo potencial el valor criterio para la alometría fue uno. (Gutiérrez y Sánchez, 1998).

$$\text{Lineal: } Y_2 = a + bY_1 \pm S_{y1y2}$$

$$\text{Potencial: } Y = aY_1^b S_{y1y2}$$

$$\text{Exponencial: } Y_2 = a(e^{y_1b}) \pm S_{y_1y_2}$$

donde:

Y_1 Y_2 : Variables aleatorias

a= ordenada al origen

b= pendiente de la regresión

e= base de los logaritmos naturales

$S_{y_1y_2}$ = error estándar de la regresión

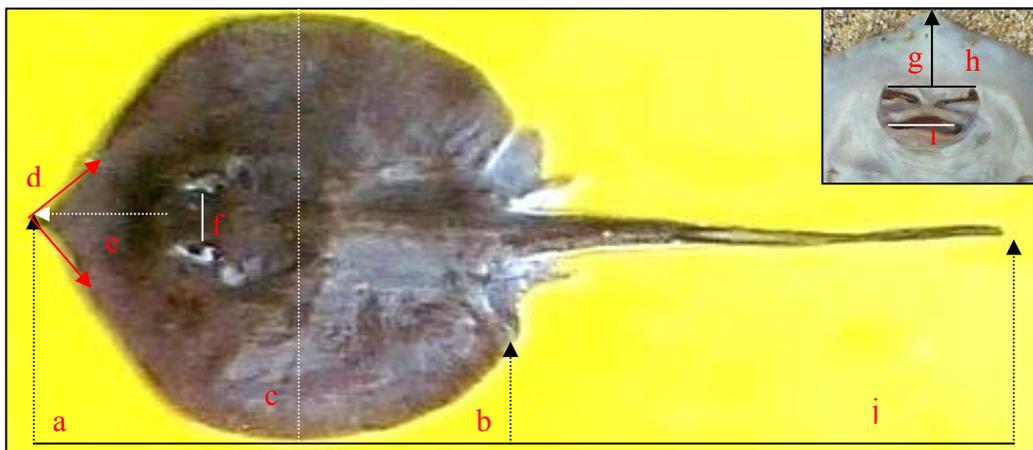


Figura 4. Proporciones morfométricas utilizadas en *U. nana*. a) Longitud total, b) Longitud de Disco, c) Ancho de Disco, d) Ángulo Rostral, e) Longitud preorbital, f) Distancia Interorbital, g) Longitud preoral, h) Distancia internasal, i) Longitud de la Boca y j) Longitud de la Cola. Foto: Yáñez-Lobato B. y Castellanos A.

Para determinar qué tipo de modelo representó mejor los resultados, se utilizó el valor de R^2 (coeficiente de determinación), el cuál indica el porcentaje de variación explicada en la variable dependiente. Se hicieron pruebas de pendientes para definir la isometría o alometría en relación con el tipo de regresión que presentó el mejor ajuste (R^2 más alto) (Gutiérrez y Sánchez, 1998).

Asimismo, se extrajo la mandíbula de 18 hembras y 18 machos, para examinar el número de hileras de dientes en la mandíbula superior e inferior y se realizó una descripción de la forma de los dientes en los diferentes estados de madurez y sexos.

VI.8 Madurez sexual

La talla mínima de primera madurez sexual se define como la menor longitud a la cual al menos un ejemplar evidencia un desarrollo gonadal máximo (Pratt, 1988). Las hembras se consideraron adultas o maduras al presentar ovarios grandes, el útero izquierdo bien desarrollado y la presencia de ovocitos maduros en el ovario o huevos y/o embriones en el oviducto o útero (Springer, 1967; Pratt, 1979); en ausencia de embriones o huevos, la madurez en las hembras se determinó por el ancho del útero izquierdo.

En el caso de las hembras grávidas se registró el número de embriones por hembra, longitud total y sexo de cada embrión; en hembras no grávidas se registró el ancho del útero izquierdo. En los machos se tomó la longitud y el estado de calcificación de los mixopterigios (Pratt, 1988). Los machos fueron considerados adultos o maduros cuando los mixopterigios sobrepasaban el extremo posterior de las aletas pélvicas, la estructura interna es visible, dura y osificada (Clark y Von Schmidt, 1965; Pratt, 1988).

La talla de madurez del 50% se estimó para cada sexo, ajustando la proporción de individuos maduros en cada intervalo de tallas a una función logística, de acuerdo a los criterios establecidos por Somerton (1980), Gaertner y Laloe (1986) y Sokal y Rohlf (1996):

$$Y = \frac{1}{1 + e^{(a-bx)}}$$

donde:

Y = Proporción de individuos maduros

x = Marca de clase de la longitud de referencia

a y b = Constantes del modelo

e = Base del logaritmo neperiano

Linealizando la ecuación anterior, mediante una transformación logarítmica tenemos:

$$\ln\left(\frac{1}{Y} - 1\right) = a - bx$$

Se estiman los parámetros a y b por medio de mínimos cuadrados. Así, la longitud a la cual el 50% de la población se encontrara sexualmente madura ($X_{0.5}$) será a:

$$X_{0.5} = \frac{a}{b}$$

La ecuación original se modifica para incluir $X_{0.5}$, obteniéndose:

$$Y = \frac{1}{1 + a^{\left(\frac{1-x}{X_{0.5}}\right)}}$$

VI.9 Fecundidad y talla de nacimiento

La fecundidad se estimó mediante el número de ovocitos y embriones encontrados en cada útero por hembra grávida. La talla de nacimiento se consideró a partir de la talla más grande del embrión y del neonato de menor tamaño capturados en un mismo tiempo y lugar (Pratt, 1988).

VI.10 Análisis estadísticos

Los supuestos de normalidad y homocedasticidad para los análisis de regresión y de comparación (ANOVA) se comprobaron a través del análisis de los residuales (Hair *et al.* 1999). En el caso de la distribución horizontal y vertical se violaron los supuestos de normalidad y homocedasticidad, por lo que se procedió a utilizar estadística no paramétrica. Todos los análisis estadísticos se realizaron a un nivel de confianza de 95%.

Para la distribución horizontal y vertical se realizaron comparaciones por estados de madurez aplicando la prueba de Kruskal-Wallis (Zar, 1996):

$$H = \frac{12 \sum_{i=1}^k n_i (\bar{R}_i - \bar{R})^2}{N(N+1)}$$

donde:

H = Estadístico de la prueba de Kruskal-Wallis

n_i = Número de observaciones en el grupo i

\bar{R}_i = Promedio de todos los rangos, dado explícitamente por $(N+1)/2$

Para comparar la distribución horizontal y vertical por sexos se aplicó la prueba de Mann-Whitney (Zar, 1996):

$$U_1 = n_1 n_2 + \frac{n_1(n_1+1)}{2} - R_1$$

donde:

U_1 = Estadístico de la prueba de Mann-Whitney

n_1 y n_2 = número de observaciones de la muestra 1 y 2, respectivamente

R_1 = suma de rangos de las observaciones

En el caso de encontrar diferencias significativas con la prueba de Kruskal-Wallis se realizó una comparación múltiple mediante el método de Dunn para datos no paramétricos (Zar, 1996):

$$Q = \frac{\bar{R}_B - \bar{R}_A}{SE}$$

donde:

Q = Estadístico de la prueba del método de Dunn

\bar{R}_A y \bar{R}_B = Rango medio del grupo A y B

SE = Error estándar

Para evaluar las variaciones en la abundancia, con respecto al número total de organismos por subzona, se aplicó un análisis de contingencia usando la Chi-cuadrada, al 95% de confianza (Zar, 1996):

$$X^2 = \frac{\sum (f - F)^2}{F}$$

donde:

X^2 = Estadístico de Chi-cuadrado

f = frecuencia observada

F = frecuencia esperada

En el caso de encontrar diferencias significativas en abundancia se aplicaron análisis posteriores, eliminando la fuente principal de variabilidad (Cortés, 1997).

Asimismo, se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov (Zar, 1996) para establecer diferencias de tallas entre machos y hembras.

$$D = \text{Max} |F(Y1) - F(Y2)|$$

donde:

D = Estadístico de la prueba de Kolmogorov-Smirnov

$F(Y1)$ y $F(Y2)$ = Frecuencia acumulada relativa

La proporción de sexos se determinó asumiendo una relación 1:1. Esta relación se probó mediante el estadístico de prueba de Chi-cuadrada (Zar, 1996).

Se aplicó la prueba de t de Student (Zar, 1996) para verificar el tipo de alometría en la relación longitud total-peso:

$$t = \frac{b_1 - 3}{Sb_1}$$

donde:

b_1 = pendiente

Sb_1 = error estándar de la pendiente

El análisis de covarianza (ANCOVA) se aplicó para determinar diferencias en la relación talla-peso entre machos y hembras.

Con el fin de conocer la variabilidad morfométrica intraespecífica de la raya redonda, se realizó un análisis de factores (AF), mediante el método de extracción de Componentes Principales (AF-CP) (Hair *et al.* 1999; Peña, 2002), con el fin de determinar las dimensiones corporales responsables de la variabilidad intraespecífica e identificar las variables responsables de ésta. Para seleccionar el número de factores a extraer se siguieron los criterios de raíz latente, porcentaje de varianza explicada y gráfico de caída (Hair *et al.* 1999; Peña, 2002), la significancia de la aportación de cada variable en los factores se determinó cuando la carga factorial fue ≥ 7 (Hair *et al.* 1999). Se hizo la rotación varimax para maximizar la varianza de los coeficientes de las variables en los factores.

Por otra parte, el tipo de alometría e isometría en cada variable, se determinó probando tres tipos de modelos de regresión: lineal, potencial y exponencial (Gutiérrez y Sánchez 1998). El ajuste del modelo a los datos se hizo mediante el valor de R^2 , los supuestos fueron comprobados usando el análisis de los residuales (Mendenhall y Sincich, 1996). Para verificar el tipo de relación, se utilizó la prueba t de Student ($\alpha=0.05$), con la hipótesis a

probar que $b=0.5$ en el caso del modelo lineal y $b=1$ en el caso del modelo potencial (Gutiérrez y Sánchez, 1998, Lleonart *et al.*, 2000). Para evaluar diferencias significativas en el crecimiento relativo entre machos y hembras en cada una de las relaciones morfométricas se aplicó una *t*-student ($\alpha=0.05$) sobre las pendientes (Zar, 1996).

Con el fin de identificar diferencias sexuales morfométricas en organismos adultos se usó el análisis discriminante ($\alpha=0.05$) sobre las variables morfométricas normalizadas (NORM), utilizando como criterio de inclusión el valor de F (Fisher) mínimo de entrada (3; por ser éste el valor mínimo significativo). El poder discriminante de cada variable se determinó con los valores absolutos de los coeficientes estandarizados, así mismo se analizaron las cargas discriminantes (correlaciones de estructura) y los valores parciales de la F (Hair *et al.* 1999).

Asimismo, se extrajo la mandíbula de 18 hembras y 18 machos, para examinar el número de hileras de dientes en la mandíbula superior e inferior y se realizó una descripción de la forma de los dientes en los diferentes estados de madurez y sexos.

VII. RESULTADOS

Durante la temporada de veda de camarón de abril a agosto de 2003, se registraron un total de 588 rayas redondas *U. nana*, de las cuales 280 fueron hembras (47.61%) y 308 fueron machos (52.38%). De acuerdo al estado de madurez, fueron registrados un total de 107 neonatos (18.19%), 291 juveniles (49.48%) y 190 adultos (32.31%).

VII.1 Distribución horizontal

La distribución horizontal por estados de madurez para neonatos fue de 0.91 a 3.8 millas náuticas a partir de la línea de costa ($\bar{x}=2.1$), para juveniles de 0.7 a 4.6 ($\bar{x}=2.6$) y para adultos de 0.5 a 4.7 ($\bar{x}=2.2$). Se encontró dependencia (diferencias significativas) entre los estados de madurez con respecto a la distribución horizontal ($H=31.07$, $gl= 2$, $p<0.01$). La prueba de comparaciones múltiples indicó que entre neonatos y juveniles no existieron diferencias significativas ($Q=3.63$, $p>0.05$); pero sí entre neonatos y adultos ($Q=-0.28$, $p<0.05$); así como, entre juveniles y adultos ($Q=-5.01$, $p<0.05$) (Figura 5).

En cuanto a la distribución horizontal por sexos, se observó que las hembras se distribuyen de 0.7 a 5.6 millas náuticas a partir de la línea de costa ($\bar{x}=2.8$) y los machos de 0.4 a 3.8 ($\bar{x}= 2.1$). El análisis estadístico reveló diferencias significativas en la distribución horizontal entre machos y hembras ($U=2223.00$, $p<0.05$) siendo éstas las que se distribuyen a mayor profundidad (Figura 6).

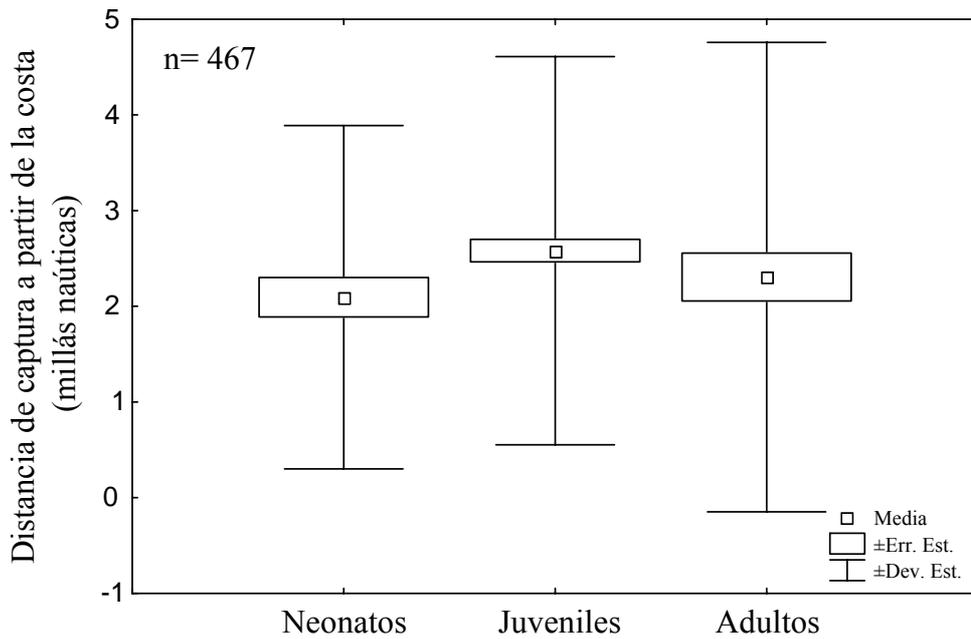


Figura 5. Distribución horizontal de *U. nana* de acuerdo al estado de madurez en el Golfo de Tehuantepec, durante el periodo de veda de 2003.

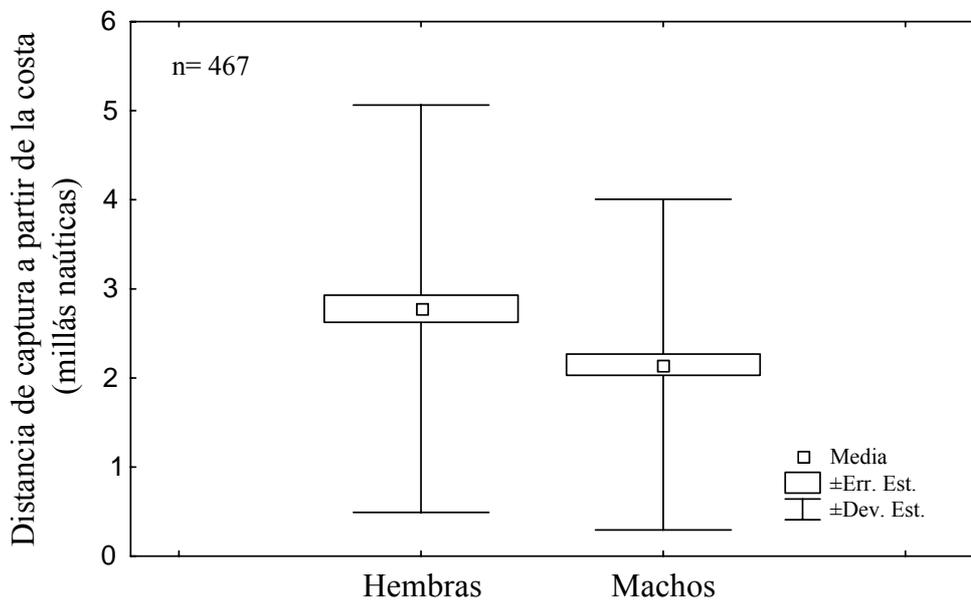


Figura 6. Distribución horizontal de *U. nana* de acuerdo al sexo en el Golfo de Tehuantepec, durante el periodo de veda de 2003.

VII.2 Distribución vertical

La profundidad de captura por estados de madurez fue la siguiente: para neonatos varió de 11 a 22 metros ($\bar{x}=16.5$) en juveniles de 11 a 22 metros ($\bar{x}=17.2$) y en adultos de 12 a 25 metros ($\bar{x}=18.3$). Se encontraron diferencias significativas en la distribución vertical por estados de madurez ($H=7.52$, $gl=2$, $n=457$, $p=0.02$).

La prueba de comparaciones múltiples indico diferencias significativas entre neonatos y juveniles ($Q=-0.81$, $p<0.05$), entre neonatos y adultos ($Q=0.97$, $p<0.05$) y entre juveniles y adultos ($Q=2.35$, $p<0.05$) (Figura 7).

De acuerdo al sexo, se observó que las hembras se distribuyen de 13 a 23 metros de profundidad ($\bar{x}=18.0$) y los machos de 11 a 22 metros ($\bar{x}=17.0$). El estadístico reveló que no existen diferencias significativas entre la profundidad de captura de machos y hembras ($U=25797.00$, $p = 0.33$) (Figura 8).

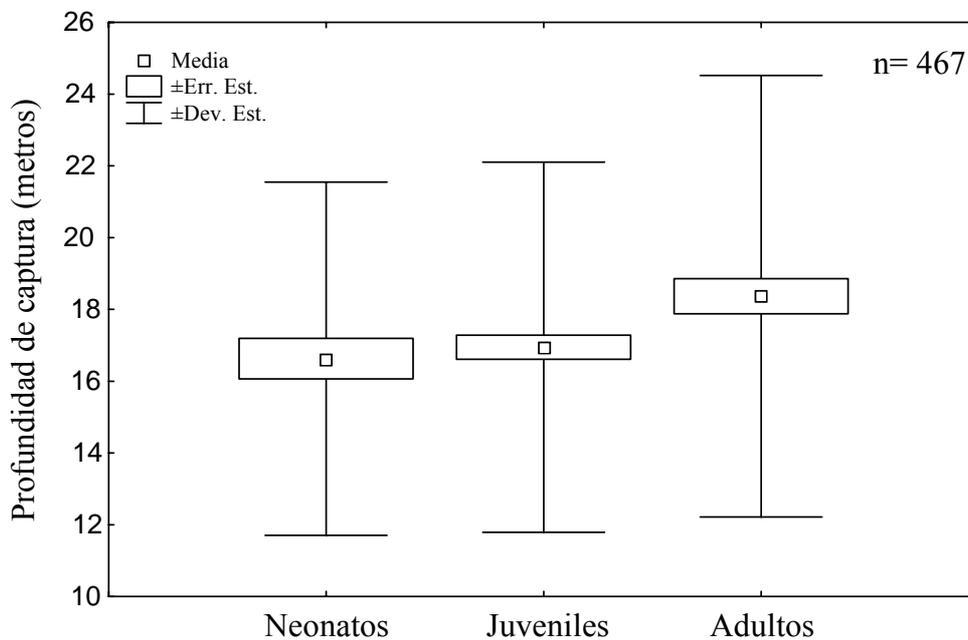


Figura 7. Distribución vertical de *U. nana* de acuerdo al estado de madurez en el Golfo de Tehuantepec, durante el periodo de veda de 2003.

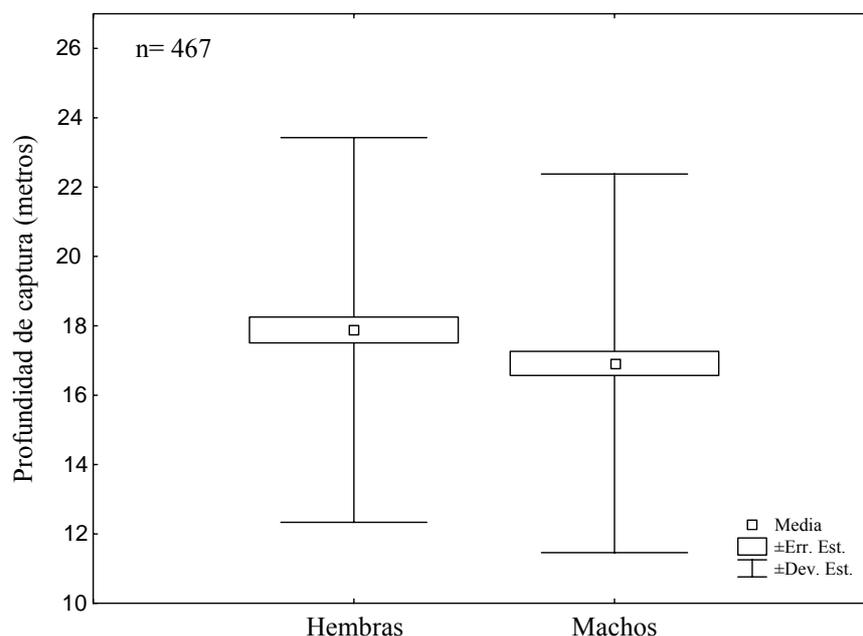


Figura 8. Distribución vertical de *U. nana* de acuerdo al sexo en el Golfo de Tehuantepec, durante el periodo de veda de 2003.

VII.3 Abundancia

De acuerdo a la clasificación de las subzonas de pesca del camarón se observaron los mayores porcentajes de captura de *U. nana* en las subzonas 91 (49.0%) y 93 (23.0%). El porcentaje restante fue capturado en las subzonas 92, 94 y 95 (Tabla 1) (Figura 9).

Tabla 1. Abundancia relativa de *U. nana* por estado de madurez y sexo capturada en el Golfo de Tehuantepec.

Subzona de pesca	Neonatos	Juveniles	Adultos	Total	Hembras	Machos	Total
91	6.0	33.6	9.9	49.5	27.2	22.3	49.5
92	3.2	4.5	3.4	11.1	4.5	6.6	11.1
93	1.93	9.2	11.8	22.9	9.2	13.7	22.9
94	1.93	2.1	3.6	7.7	2.1	5.6	7.7
95	3.0	1.9	3.9	8.8	4.5	4.3	8.8
Total	75	240	152	100	222	245	100

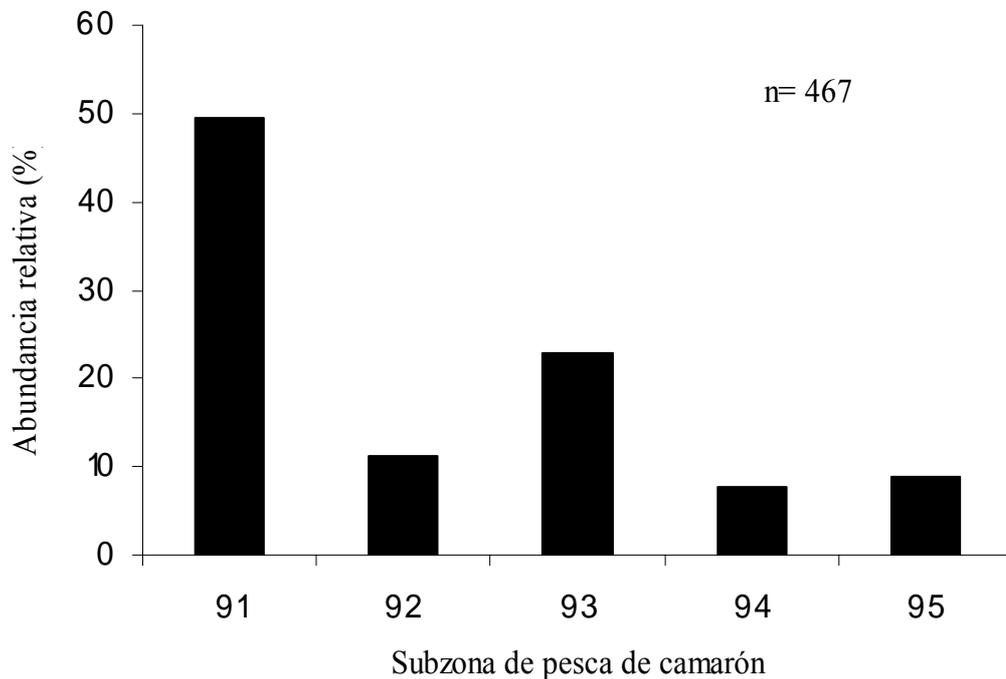


Figura 9. Abundancia relativa de *U. nana* en las sub-zonas de pesca de camarón en el Golfo de Tehuantepec.

Por estados de madurez se observó que la mayor abundancia de neonatos y juveniles estuvo presente en la subzona 91 (37.3% y 65.4%, respectivamente), para adultos la mayor abundancia estuvo en la subzona 91 y 93 (30.3 y 36.2%) (Figura 10). Mientras que las menores abundancias para neonatos se registraron en la subzona 93 y 94 (12.0% ambas), para juveniles se registraron en la subzona 94 y 95 (4.2 y 3.8%, respectivamente) y para adultos en la subzona 92 (10.5%). El análisis de contingencia indicó diferencias significativas de los estados de madurez por subzona de pesca ($X^2=75.64$, $gl=8$, $p<0.001$). La fuente principal de variación se observó en la subzona 91 y 93, el análisis posterior eliminando esta fuente de variación no indicó diferencias significativas ($X^2=4.98$, $gl=4$, $p=0.28$).

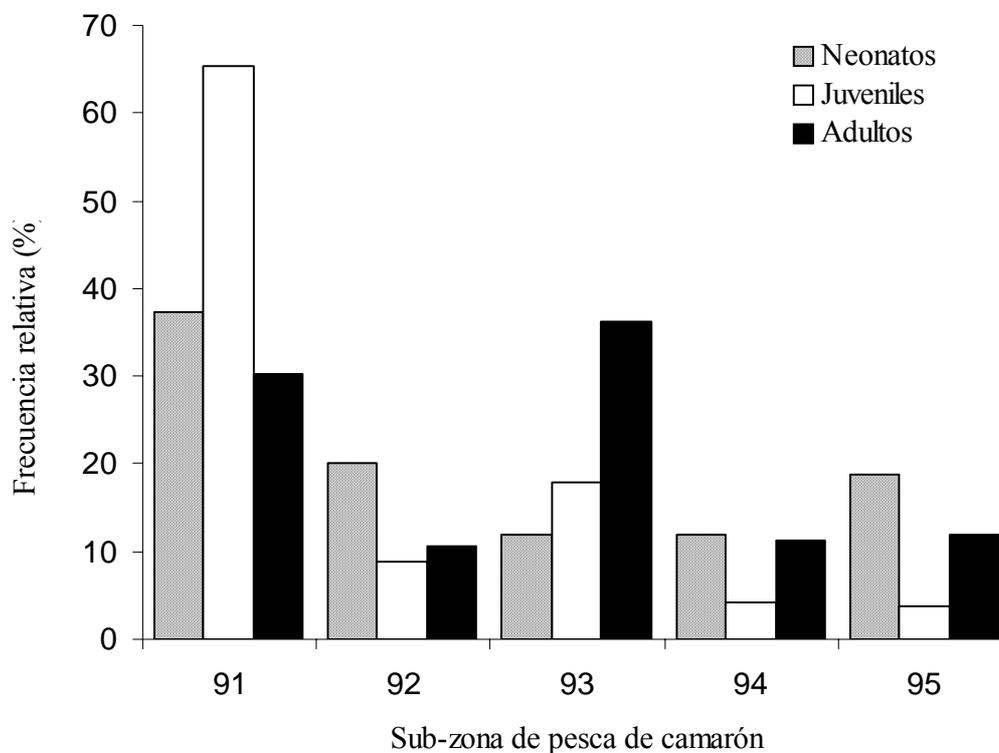


Figura 10. Abundancia relativa de los diferentes estados de madurez de *U. nana* por subzonas de pesca de camarón en el Golfo de Tehuantepec.

De acuerdo al sexo, la mayor abundancia de hembras se presentó en la subzona 91 (57.2%) y la menor abundancia en la subzona 94 (4.5%). En el caso de los machos, la mayor abundancia se observó en la subzona 91 (42.4%) y la menor en la subzona 95 (8.2%) (Figura 11).

El análisis de contingencia indicó que existieron diferencias significativas ($X^2=14.37$, $gl=4$, $p<0.001$). La fuente principal de variación se observó en la subzona 91; el análisis posterior eliminando esta fuente de variación indicó diferencias no significativas ($X^2=4.98$, $gl=3$, $p=0.22$).

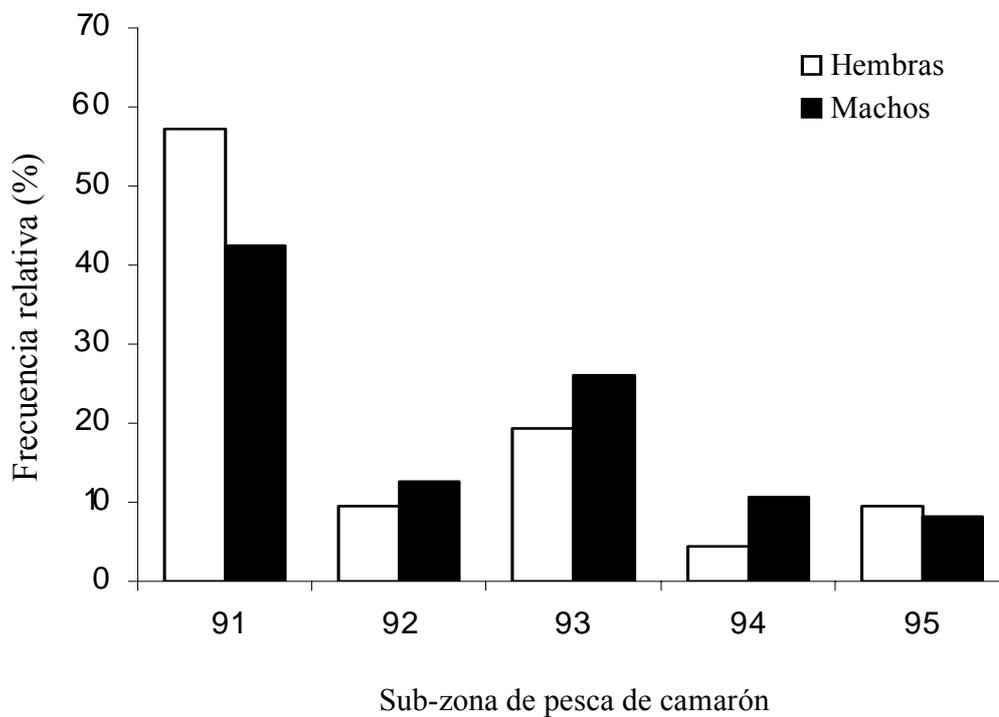


Figura 11. Abundancia relativa de machos y hembras de *U. nana* por sub-zonas de pesca de camarón en el Golfo de Tehuantepec.

VII.4 Composición de tallas

El intervalo de tallas para hembras de *U. nana* fue de 8.0 a 37.6 cm de Lt ($\bar{x}=17.66$) y para machos de 8.2 a 29.3 cm de Lt ($\bar{x}=16.32$). Las tallas dominantes en hembras correspondieron a juveniles entre 13.0 y 19.9 cm de Lt ($\bar{x}=16.71$) (Figura 12); seguidas por adultos entre 20 y 29.3 cm de Lt ($\bar{x}=22.95$) con excepción de una hembra de 37.6 cm Lt. Los neonatos hembras presentaron tallas de 8.0 a 12.8 cm de Lt ($\bar{x}=10.42$).

Para machos, las tallas dominantes fueron de juveniles entre 12.1 y 18.0 cm de Lt ($\bar{x}=15.93$), seguidas por adultos con tallas de 18.1 a 29.3 cm de Lt ($\bar{x}=19.76$), y finalmente neonatos de 8.2 a 11.6 cm de Lt ($\bar{x}=9.99$) (Figura 13).

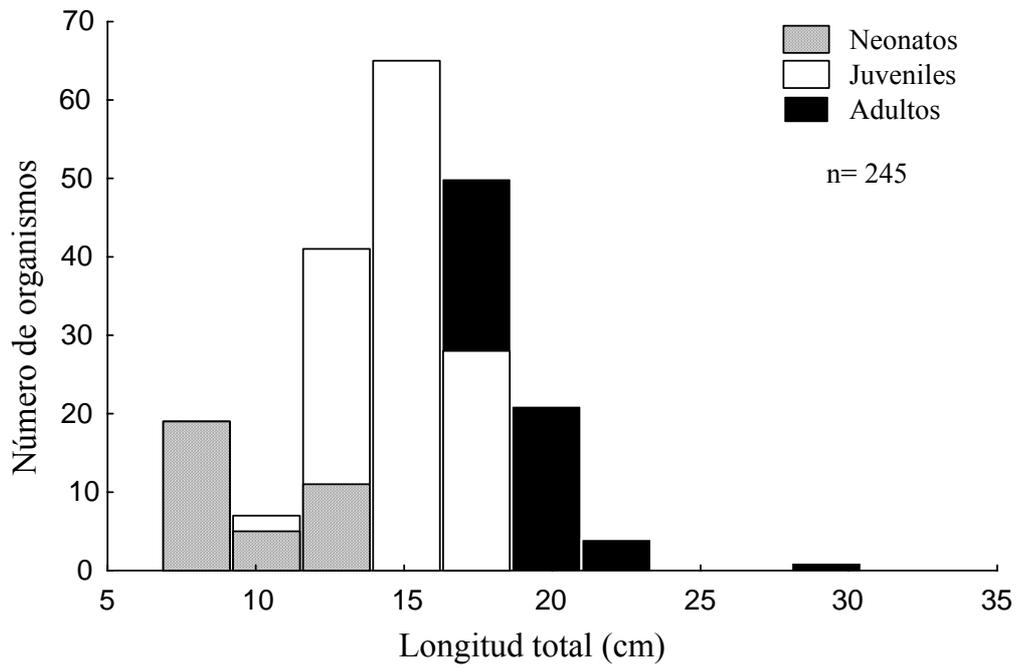


Figura 12. Composición de tallas para hembras de *U. nana* en el Golfo de Tehuantepec.

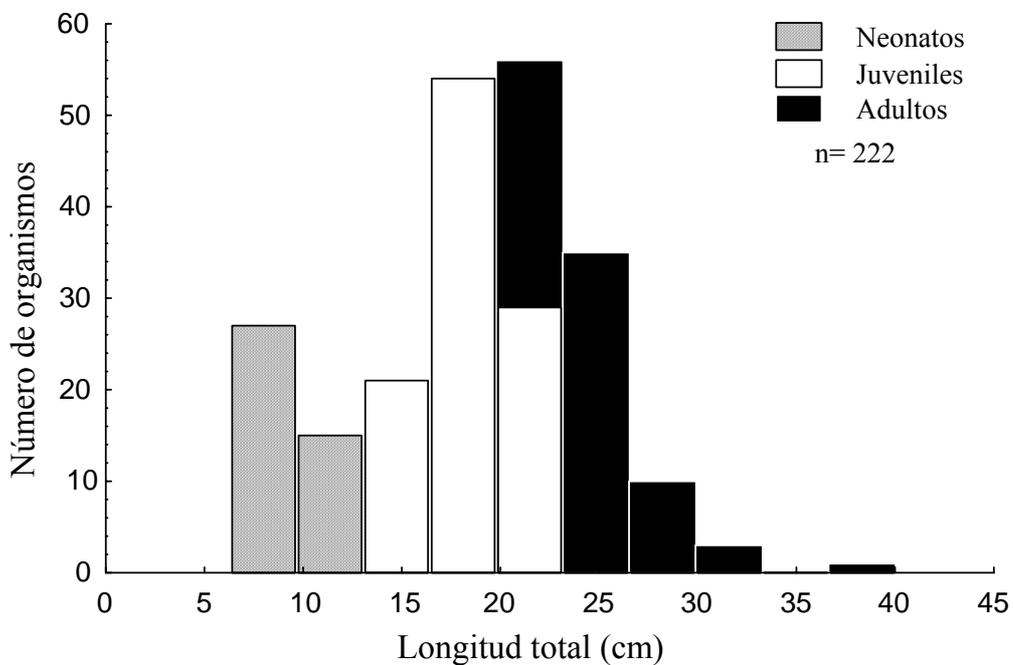


Figura 13. Composición de tallas para machos de *U. nana* en el Golfo de Tehuantepec.

Se encontraron diferencias significativas entre la distribución de frecuencia de tallas (para ambos sexos) ($D_{max}=0.05$, $p<0.01$).

VII.5 Proporción de sexos

La proporción de sexos para neonatos fue de 0.7:1 (hembras por macho), para juveniles de 1.3:1 y para adultos de 1:1. La prueba de X^2 indicó que en neonatos ($X^2=1.08$, $gl=1$, $p=0.30$) y adultos ($X^2=0.00$, $gl=1$, $p=1.00$) no existe diferencia significativa; mientras que, para juveniles existe diferencia significativa ($X^2=4.27$, $gl=1$, $p=0.04$).

La prueba de X^2 por subzona de pesca mostró que la proporción de sexos encontrada en neonatos, juveniles y adultos no presentaron diferencias significativas (Tabla 2), con excepción de los juveniles en la subzona 93 que presentan diferencias significativas con una proporción de sexos de 4.3:1 (hembras por macho) ($X^2=16.95$, $gl=1$, $p\leq 0.01$) y los adultos en la subzona 94 con una proporción de 4.6:1 ($X^2=7.12$, $gl=1$, $p\leq 0.01$).

Tabla 2. Proporción de sexos por estado de madurez en las sub-zonas de pesca del camarón en el Golfo de Tehuantepec.

Subzona de pesca	Estado de madurez	Proporción (hembra/macho)	X^2	p
91	Neonatos	0.4:1	3.57	0.06
	Juveniles	0.9:1	0.16	0.69
	Adultos	0.6:1	1.72	0.19
92	Neonatos	1.1:1	0.07	0.79
	Juveniles	2:1	2.33	0.13
	Adultos	1.2:1	0.25	0.62
93	Neonatos	1.2:1	0.11	0.74
	Juveniles	4.3:1	16.95	≤ 0.01
	Adultos	0.7:1	0.89	0.35
94	Neonatos	2:1	1.00	0.32
	Juveniles	1.5:1	0.40	0.53
	Adultos	4.6:1	7.12	≤ 0.01
95	Neonatos	0.5:1	1.14	0.29
	Juveniles	0.1:1	0.11	0.74
	Adultos	1.2:1	0.22	0.64

VII.6 Relación longitud total–peso

En cuanto al peso, se registraron 241 machos (con un intervalo de 2.5 a 124.3 gr), y 222 hembras (con un intervalo de 1.3 a 169.9 gr). La relación longitud total-peso en machos, estimó un valor de la pendiente de 2.68 ($a=0.0129$, $R^2=0.78$). En hembras se estimó el valor de pendiente de 2.87 ($a=0.008$, $R^2=0.88$).

La prueba t indicó que la pendiente fue menor a 3 para machos ($t=-3.62$, $gl=239$, $p\leq 0.01$) y hembras ($t=-1.91$, $gl=220$, $p=0.06$). Por lo que el tipo de relación en ambos sexos es alométrico negativo, en el cual las hembras alcanzan mayor peso y longitud que los machos (Figura 14).

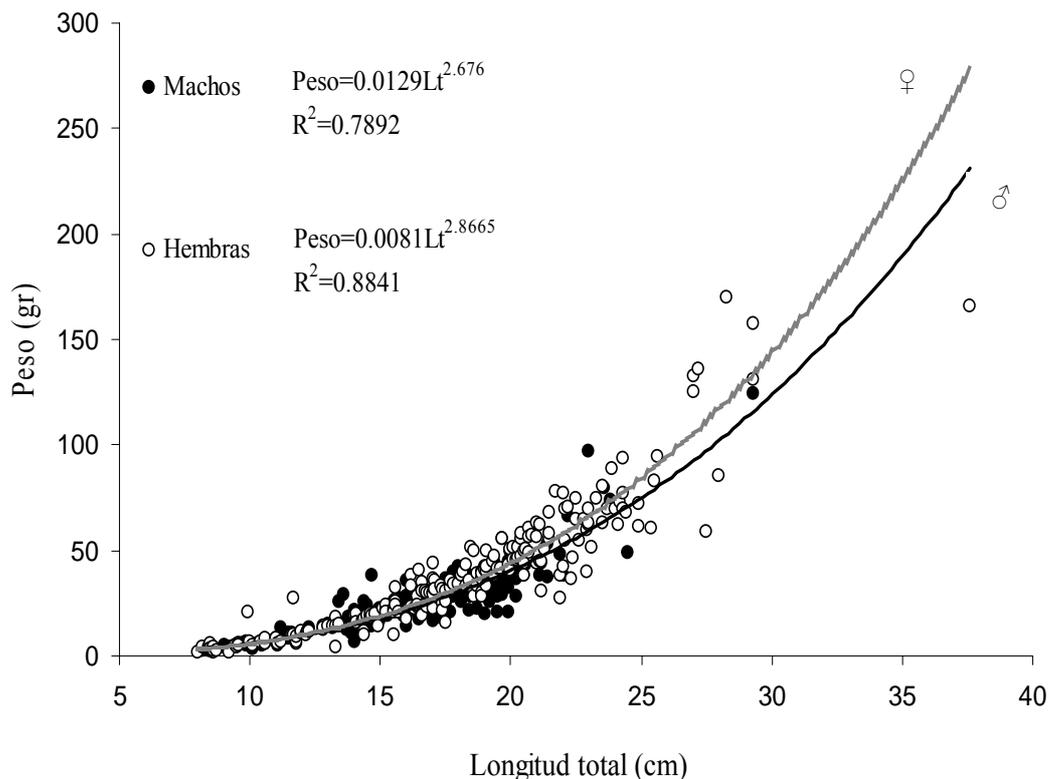


Figura 14. Relación longitud total-peso de *U. nana* en el Golfo de Tehuantepec.

El análisis de covarianza aplicado para determinar diferencias entre sexos indicó que no existen diferencias significativas entre las pendientes de ambos sexos ($F=2.817$, $gl=459$, $p=0.09$).

VII.7 Descripción Morfométrica

VII.7.1 Características descriptivas

Tanto hembras como machos de la raya *U. nana* presentaron cuerpo en forma de disco casi redondo, el cuál no presentó aguijones. Para hembras el ancho de disco representó el 58.7% de la Lt, la longitud de disco el 51.9%, la longitud-preorbital el 14.9%, la distancia-interorbital el 6.96%, la longitud de la boca el 5.49%, la longitud pre-oral el 13.5%, la distancia inter-nasal el 5.30% y finalmente la longitud de la cola el 49.5%. Para machos el ancho de disco representó el 58.5% de la Lt, la longitud de disco el 52.1%, la longitud-preorbital el 15.8%, la distancia-interorbital el 7.19%, la longitud de la boca el 6.37%, la longitud pre-oral el 14.2%, la abertura máxima de la boca el 5.86%, la distancia inter-nasal el 5.91% y finalmente la longitud de la cola el 50.7%.

La raya redonda presenta un gran número de dentículos dérmicos en la parte periférica del disco y con mayor abundancia de éstos en el hocico, por arriba de los espiráculos y en el margen del disco, disminuyéndose a largo de la línea media, para ambos sexos, lo cuál no se observó en embriones. Se notaron claramente los cartílagos radiales por la parte ventral y dorsal del disco; aletas pélvicas sin lóbulos, cola de forma lobulada. Los machos a diferencia de las hembras presentaron una sola espina, en ambos sexos la forma de la espina es de tipo aserrada, ubicadas en la parte media de la cola.

El promedio encontrado para machos respecto a la longitud del orbital fue 0.84, al ancho del orbital de 0.40, a la longitud del espiráculo de 0.71 y al ancho del espiráculo de

0.50. Para hembras el promedio de las medidas tomadas fue: la longitud del orbital de 0.35, el ancho del orbital de 0.18, la longitud del espiráculo de 0.54 y el ancho del espiráculo de 0.24.

Las hembras neonato presentaron un ángulo rostral (AR) de 122° a 126° ($\bar{x}=121.0^{\circ}$), los juveniles de 119° a 131° ($\bar{x}=124.1^{\circ}$) y los adultos de 122° a 138° ($\bar{x}=129.7^{\circ}$). En los machos el ángulo rostral varió de 113° a 120° ($\bar{x}=116.3^{\circ}$) en neonatos, de 109° a 120° ($\bar{x}=113.6^{\circ}$) en juveniles y de 104° a 112° ($\bar{x}=108.2^{\circ}$) en adultos. Lo cuál indica que en hembras el desarrollo del ángulo rostral (ancho de la punta del hocico) es mucho más amplio que en machos; y conforme estas alcanzan tallas mayores el ángulo rostral se incrementa, contrario a lo que ocurre a machos, en los cuales el ángulo rostral disminuye conforme estos crecen (Figura 15).

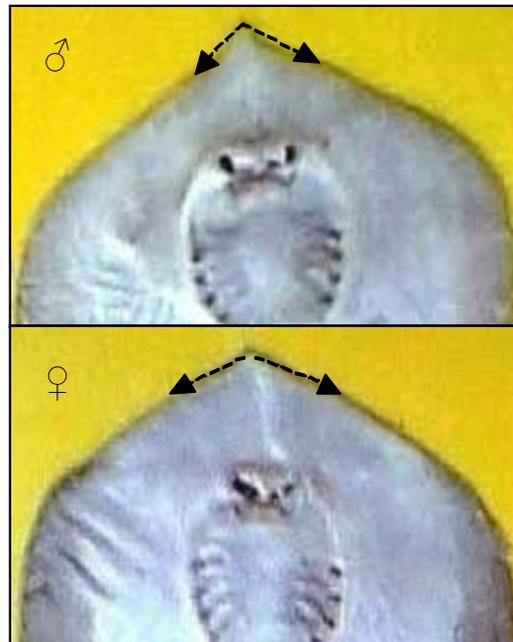


Figura 15. Ángulo rostral de machos y hembras de *U. nana* en el Golfo de Tehuantepec.

VII.7.2 Morfometría

El Análisis de componentes principales, extrajo dos componentes, el primero con un valor propio de 5.99 (67%) y el segundo 1.39 (15%). Para conocer la contribución de las variables a cada factor, la rotación varimax indicó que las variables Lt, LD, AD, LPO, LPoral y LC fueron significativas (>0.7); por el contrario LB, DIO y DIN no mostraron significancias (tabla 3). En el segundo componente solo DIN fue significativa.

Tabla 3. Distribución de cargas factoriales por rotación ortogonal (Varimax) en el ACP para las diferentes variables morfométricas de la raya *U. nana* en el Golfo de Tehuantepec. Las variables significativas se marcan en negritas y con asterisco.

Variables Morfométricas	Cp1	Cp2
Lt	0.9702*	0.0340
LD	0.9551*	0.1380
AD	0.9468*	0.1133
LPO	0.8882*	0.2599
DIO	0.6257	0.4020
Lporal	0.8600*	0.3080
DIN	0.0427	0.9181*
LC	0.9537*	0.0353
LB	0.6410	0.4251
Valor propio	5.9919	1.3820
% Acumulado	0.6658	0.1536

Dado que la variable Lt obtuvo la mayor carga factorial, se decidió usar a ésta como variable independiente en el análisis morfométrico. De acuerdo a los valores de R^2 del análisis de regresión (lineal, potencial y logarítmico de las variables morfométricas) el modelo potencial fue el que mejor se ajustó, con excepción de LB, por lo que los resultados

de las pruebas de pendiente se reportan en base a este tipo de modelo. Las tablas 4 y 5 representan los valores obtenidos para cada una de las regresiones.

Tabla 4 Resultados de los valores obtenidos para cada tipo de regresión de las distintas variables morfométricas en machos de la raya *U. nana* en el Golfo de Tehuantepec. Se indica el tipo de alometría; número de individuos (*n*); ordenada al origen (*a*); pendiente (*b*); coeficiente de determinación (R^2) y el estadístico de prueba para la pendiente (*t*).

Variable x(y)	Tipo de regresión	<i>n</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	R^2	<i>t</i> - student	Tipo de alometría
Lt-LD	Lineal	242	0.92	0.1	0.88	20.70	Negativa
	Potencial	242	0.69	0.89	0.90		
	Exponencial	242	3.1	0.05	0.86		
Lt-AD	Lineal	241	2.16	0.4	0.83	16.76	Negativa
	Potencial	241	1.07	0.78	0.90		
	Exponencial	241	3.94	0.05	0.88		
Lt-LPO	Lineal	236	0.36	0.14	0.83	15.68	Negativa
	Potencial	236	0.22	0.88	0.85		
	Exponencial	236	0.97	0.1	0.81		
Lt-DIO	Lineal	237	0.20	0.06	0.60	8.14	Negativa
	Potencial	237	0.12	0.81	0.65		
	Exponencial	237	0.46	0.05	0.64		
Lt-LPoral	Lineal	239	0.17	0.13	0.83	17.04	Negativa
	Potencial	239	0.17	0.94	0.85		
	Exponencial	239	0.82	0.06	0.82		
Lt-DIN	Lineal	238	0.14	0.67	0.73	17.47	Positiva
	Potencial	238	0.03	1.26	0.78		
	Exponencial	238	0.23	0.08	0.74		
Lt-LC	Lineal	242	0.07	0.5	0.92	28.11	Negativa
	Potencial	242	0.51	0.99	0.93		
	Exponencial	242	2.69	0.07	0.91		
Lt-LB	Lineal	24	0.24	0.04	0.63	1.78	Isométrico
	Potencial	24	0.14	0.73	0.59		
	Exponencial	24	0.51	0.04	0.62		

Tabla 5. Resultados de los valores obtenidos para cada tipo de regresión de las distintas variables morfométricas en hembras de la raya *U. nana* en el Golfo de Tehuantepec. Se indica el tipo de alometría; número de individuos (*n*); ordenada al origen (*a*); pendiente (*b*); coeficiente de determinación (R^2) y el estadístico de prueba para la pendiente (*t*).

Variable x(y)	Tipo de regresión	<i>n</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	R^2	<i>t</i> - student	Tipo de alometría
Lt-LD	Lineal	219	0.51	0.5	0.91	25.67	Negativo
	Potencial	219	0.59	0.95	0.93		
	Exponencial	219	3.16	0.05	0.88		
Lt-AD	Lineal	219	2.15	0.5	0.87	20.55	Negativo
	Potencial	219	0.97	0.82	0.93		
	Exponencial	219	4.24	0.05	0.85		
Lt-LPO	Lineal	213	0.63	0.1	0.83	13.03	Negativo
	Potencial	213	0.25	0.81	0.84		
	Exponencial	213	1.10	0.05	0.77		
Lt-DIO	Lineal	213	0.34	0.05	0.66	8.09	Negativo
	Potencial	213	0.13	0.76	0.73		
	Exponencial	213	0.52	0.04	0.66		
Lt-LPoral	Lineal	212	0.40	0.11	0.82	14.08	Negativo
	Potencial	212	0.20	0.85	0.85		
	Exponencial	212	0.92	0.05	0.80		
Lt-DIN	Lineal	213	0.04	0.05	0.71	13.71	Positiva
	Potencial	213	0.05	1.02	0.77		
	Exponencial	213	0.31	0.06	0.70		
Lt-LC	Lineal	211	0.72	0.5	0.88	25.65	Negativo
	Potencial	211	0.59	0.94	0.94		
	Exponencial	211	3.13	0.06	0.88		
Lt-LB	Lineal	22	0.12	0.05	0.85	4.18	Negativa
	Potencial	22	0.08	0.86	0.83		
	Exponencial	22	0.47	0.04	0.85		

Los resultados anteriores indican, que tanto machos como hembras de la raya redonda, presentan una relación de tipo alométrico negativo, el cuál se da en las siguientes variables morfométricas: LD (Figura 16), AD (Figura 17), LPO (Figura 18), DIO (Figura 19), LPoral (Figura 20) y LC (Figura 21); DIN (Figura 22) para ambos sexos fue de tipo alométrico positivo, y en machos LB (Figura 23) fue lineal isométrico.

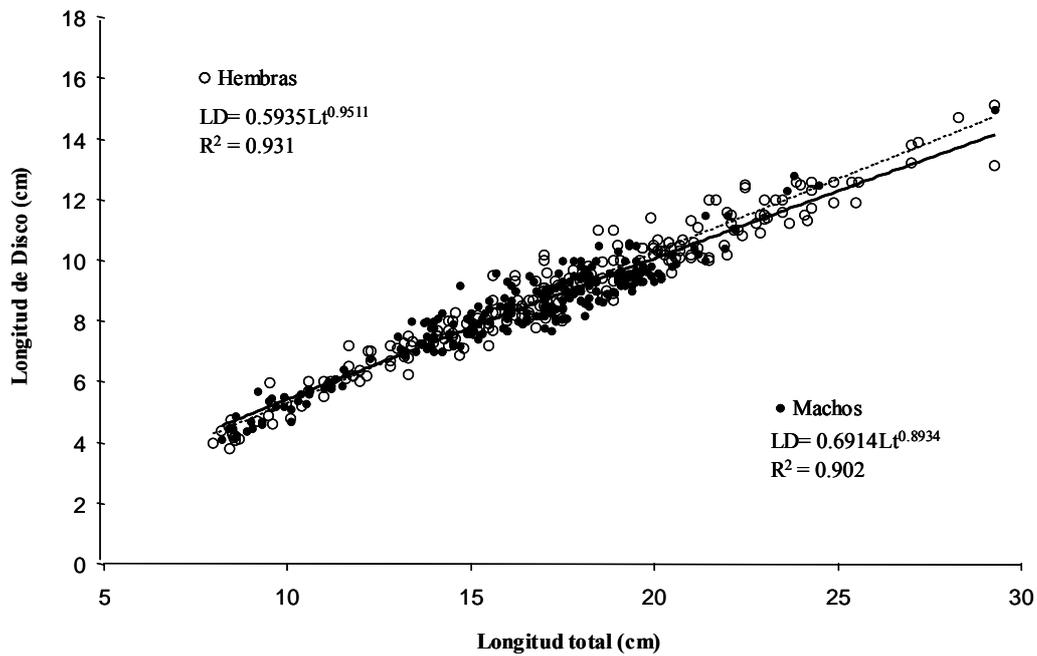


Figura 16. Relación Longitud total-longitud de disco en machos y hembras de *U. nana* en el Golfo de Tehuantepec.

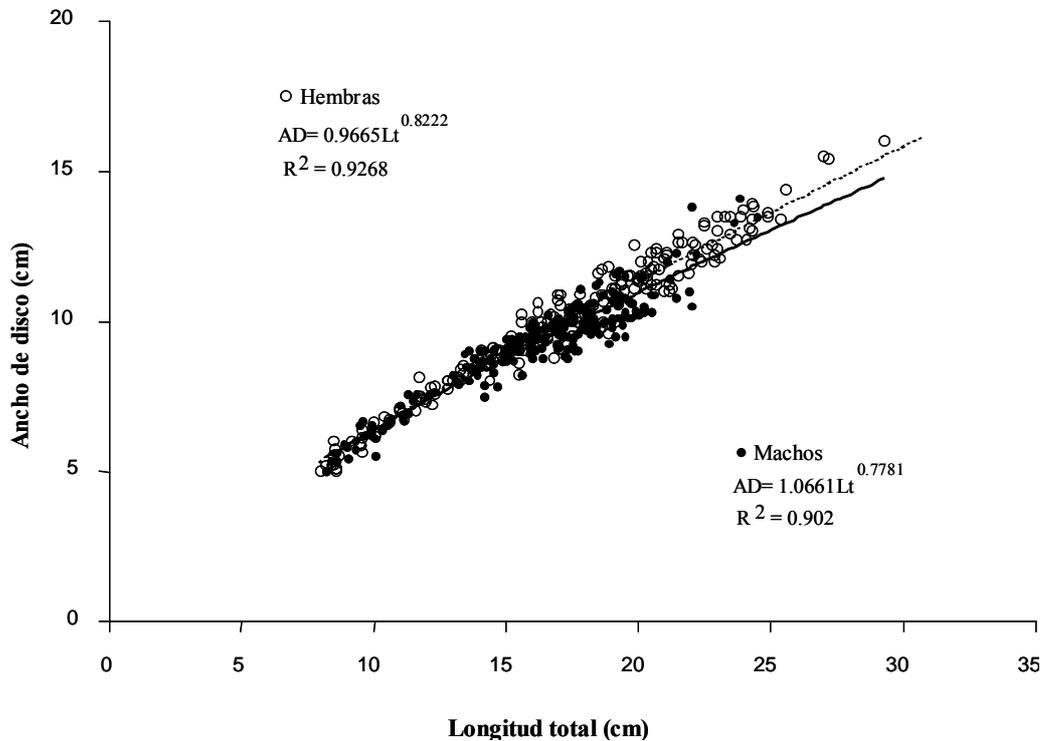


Figura 17. Relación Longitud total-ancho de disco en machos y hembras de *U. nana* en el Golfo de Tehuantepec.

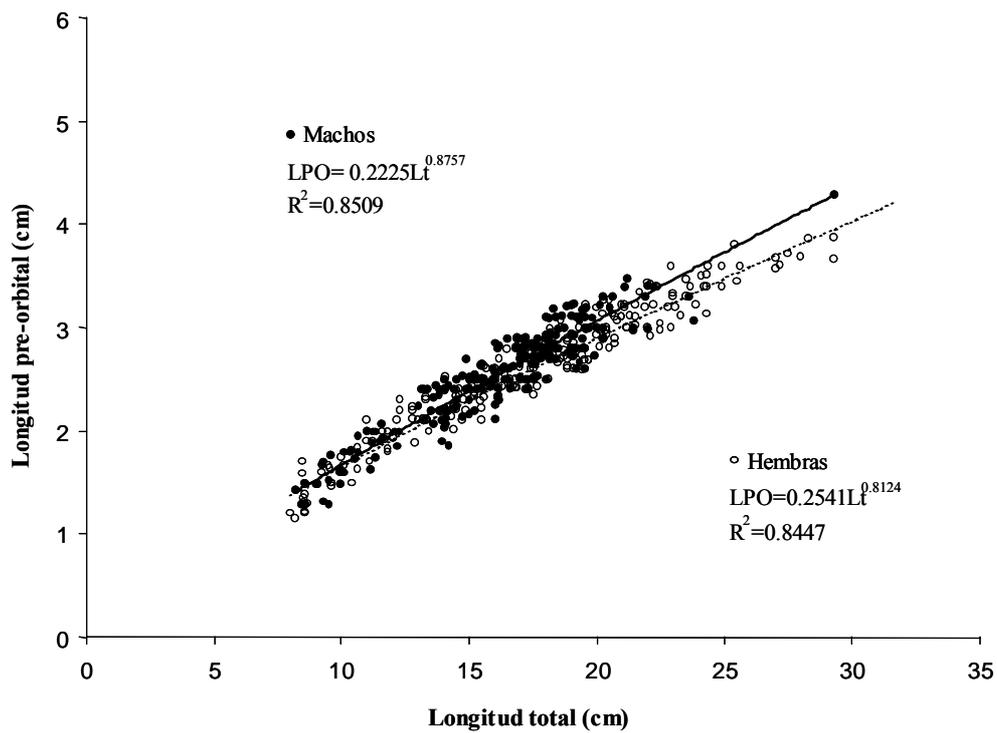


Figura 18. Relación Longitud total-longitud pre-orbital en machos y hembras de *U. nana* en el Golfo de Tehuantepec

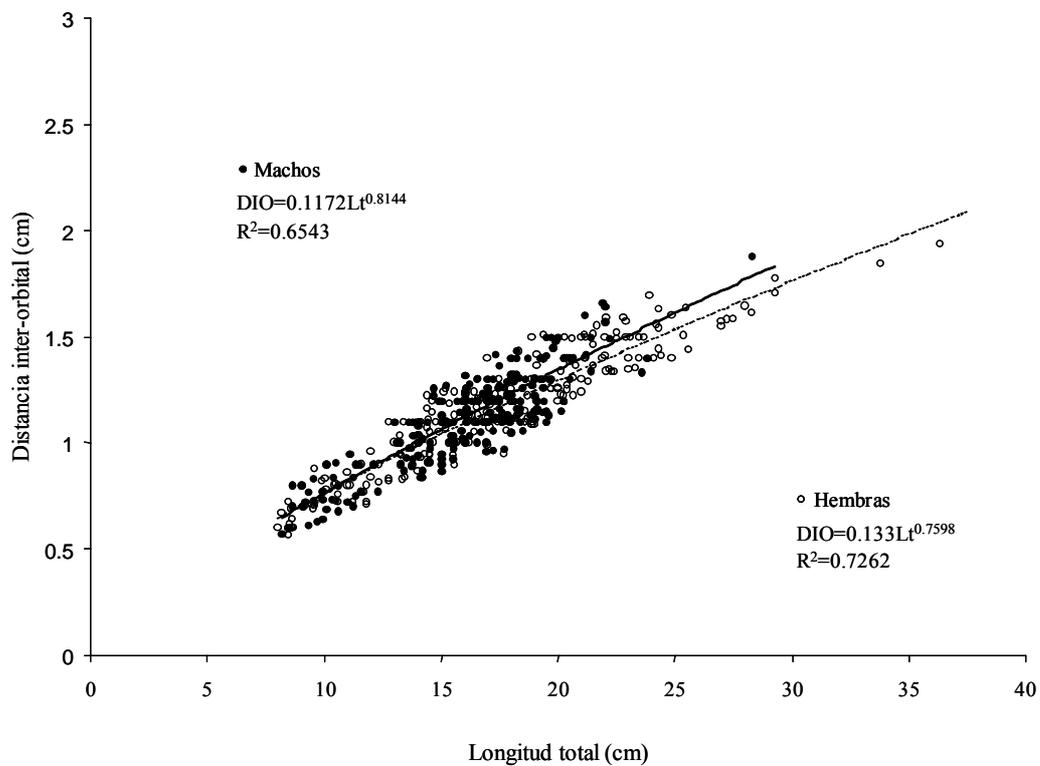


Figura 19. Relación Longitud total-distancia interorbital en machos y hembras de *U. nana* en el Golfo de Tehuantepec.

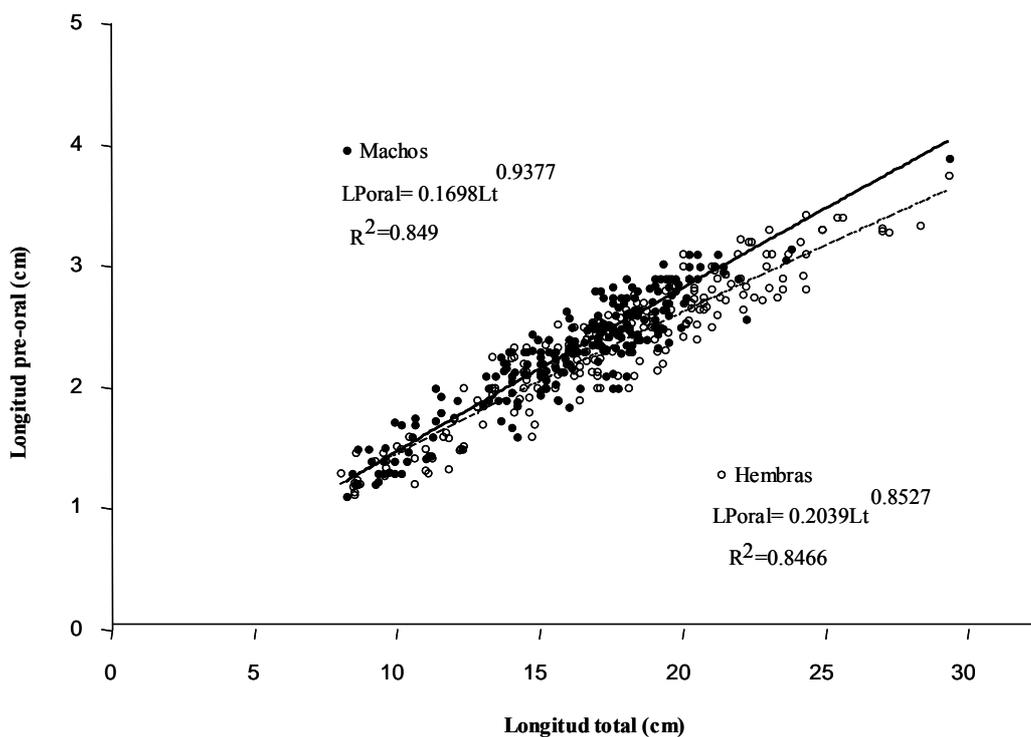


Figura 20. Relación Longitud total-longitud preoral en machos y hembras de *U. nana* en el Golfo de Tehuantepec

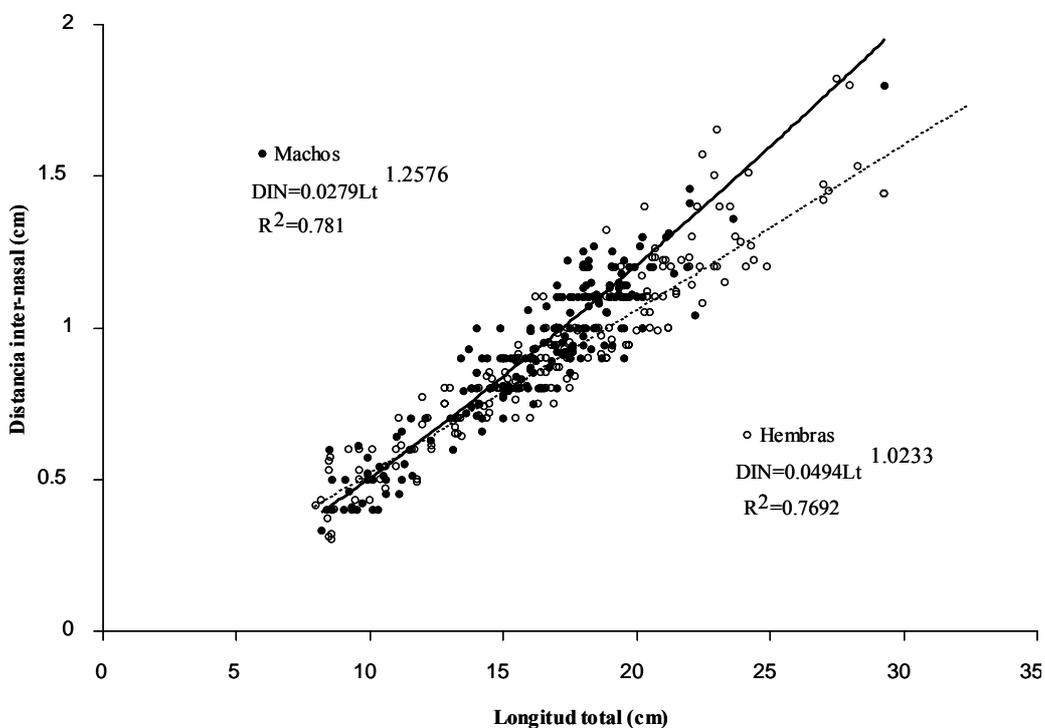


Figura 21. Relación Longitud total-distancia inter-nasal en machos y hembras de *U. nana* en el Golfo de Tehuantepec

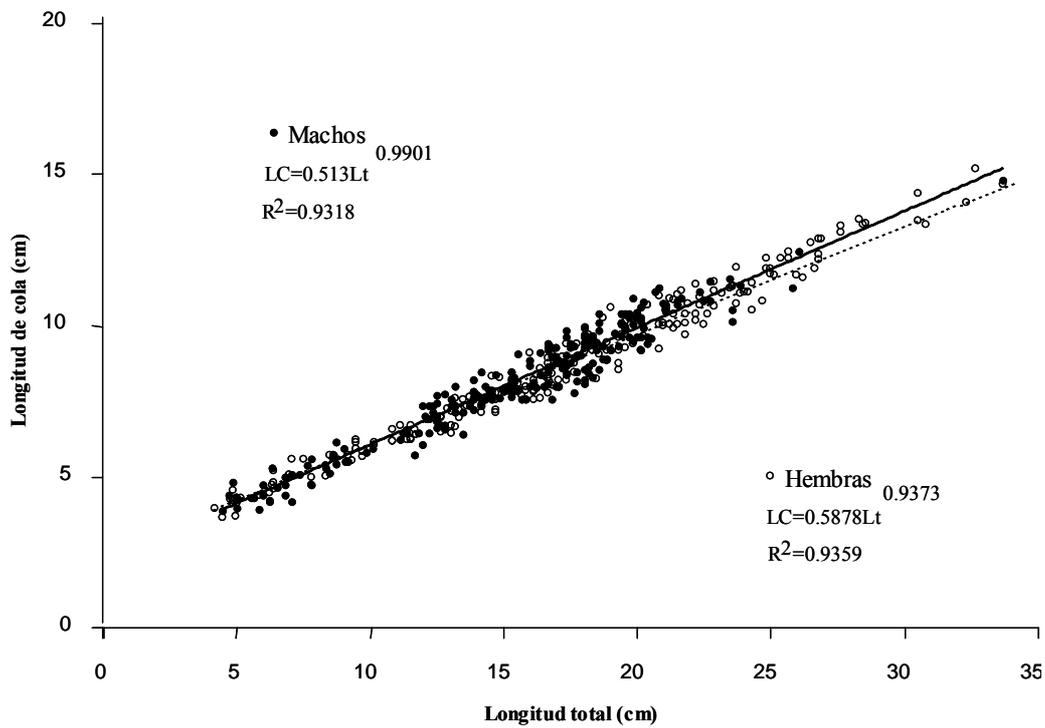


Figura 22. Relación Longitud total-longitud de cola en machos y hembras de *U. nana* en el Golfo de Tehuantepec

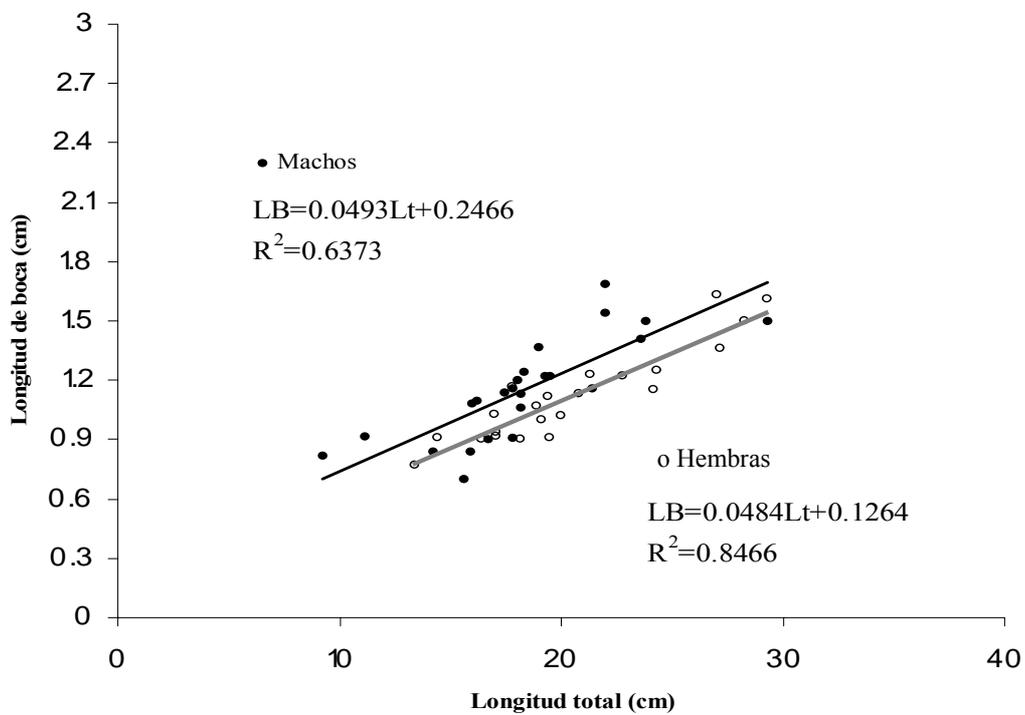


Figura 23. Relación Longitud total-longitud de boca en machos y hembras de *U. nana* en el Golfo de Tehuantepec

Las variables morfométricas responsables del dimorfismo sexual en organismos adultos (con mayor poder de discriminación) fueron: Lt ($\lambda_p = 0.620$, $F=13.26$, $p<0.05$), AD ($\lambda_p = 0.598$, $F=7.95$, $p<0.05$), DIN ($\lambda_p = 0.592$, $F=6.38$, $p<0.05$), DIO ($\lambda_p = 0.579$, $F=3.37$, $p>0.05$) y LPoral ($\lambda_p = 0.578$, $F=3.25$, $p>0.05$).

La prueba de X^2 indicó que la función discriminante fue significativa, lo que indica la presencia de dimorfismo sexual en machos y hembras adultos ($X^2=79.39$, $gl=5$, $p<0.05$).

La función discriminante se formó por cinco variables, en la tabla 6 se muestran los coeficientes (no estandarizados y estandarizados); siendo la Lt, AD, LPoral, DIN y DIO los principales caracteres morfométricos que indicaron dimorfismo sexual entre sexos. Los resultados discriminantes para ambos sexos fueron graficados y separados claramente ($p<0.001$) (Figura 25).

Tabla 6. Resultados del análisis discriminante, aplicado a machos y hembras sexualmente maduros de la raya *U. nana* en el Golfo de Tehuantepec. Se indica la función discriminante y sus respectivos coeficientes estandarizados y no estandarizados y el coeficiente de clasificación de cada variable usada.

Variable morfométrica	Coeficientes no estandarizados	Coeficientes estandarizados	Clasificación de los coeficientes	
			Machos	Hembras
Lt	0.35	0.73	3.62	4.22
DIN	-1.48	-0.38	0.16	-2.42
AD	0.44	0.61	-0.26	0.50
DIO	-0.27	-0.24	-0.01	-0.47
LPoral	-0.87	-0.30	11.58	9.57
Constante	-7.98	--	-50.18	-64.08

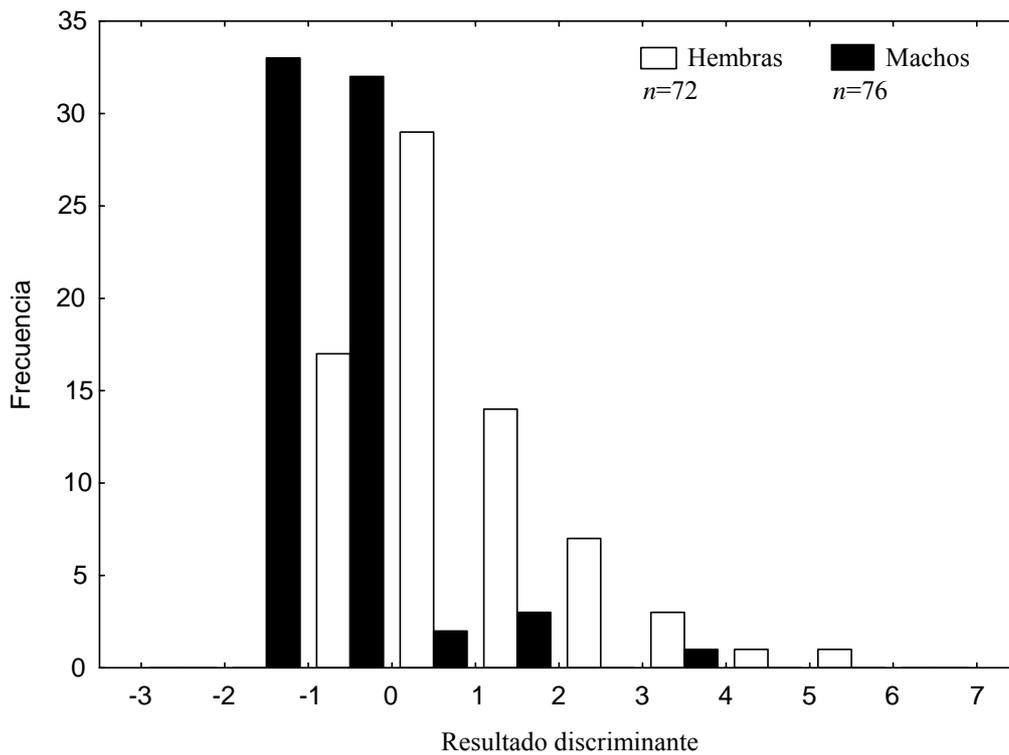


Figura 24. Distribución de los puntajes en el análisis discriminante en machos y hembras maduros de *U. nana* en el Golfo de Tehuantepec.

La clasificación de las rayas adultas, basada en el porcentaje de discriminación fue correcta en un 83.91%, con solamente 6 machos y 11 hembras sin clasificar.

VII.7.3 Número y forma de dientes

Al analizar la mandíbula superior e inferior en machos se encontró que, los neonatos presentaron de 22 a 27 hileras de dientes superiores y de 30 a 32 en la mandíbula inferior, los juveniles de 26 a 37 en la superior y de 28 a 38 en la inferior y los adultos de 38 a 44 en ambas mandíbulas. Los neonatos hembra presentaron de 26 a 28 hileras de dientes en ambas mandíbulas, los juveniles de 31 a 38 y los adultos de 38 a 41.

La forma de los dientes en machos adultos con tallas mínimas de 18.8 cm de Lt y 1.4 cm de LB fueron de tipo aguzados, con una ligera curvatura hacia dentro; tanto en la mandíbula superior como en la inferior (Figura 25 A, B). Los machos juveniles menores de 18 cm de Lt, presentaron dientes con una cúspide aguda y LB de 0.6 a 1 cm (Figura 25 E). Las hembras exhibieron dientes tipo mosaico que se caracterizaron por ser aplanados, sin cúspides en los tres estados de madurez (Figura 25 C, D, F).

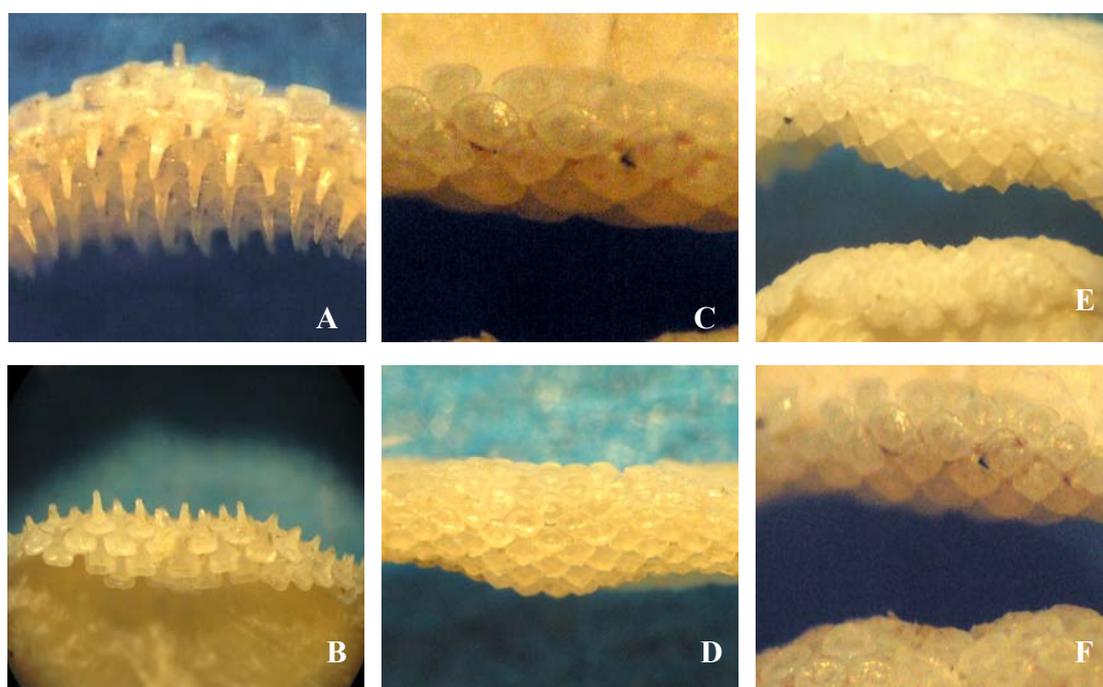


Figura 25. A, B) Mandíbula superior e inferior macho adulto; C, D) mandíbula superior e inferior hembra adulta; E) mandíbula de macho juvenil; F) mandíbula de hembra juvenil de *U. nana* en el Golfo de Tehuantepec. Fotos: Mora Heredia E.

VII.8 Madurez sexual

De 230 machos examinados, se observó que los machos con tallas de 8.2 a 12.1 cm de Lt presentaron mixopterigios sin calcificar (Figura 26). Los machos de 12.2 a 18 cm de Lt, representaron un crecimiento acelerado de los mixopterigios. Mientras que, los machos con tallas superiores a 18.1 cm de Lt, presentaron mixopterigios calcificados. El modelo

logístico indicó que la talla de 13.4 cm de Lt representa el 50% de machos maduros (Figura 28).

Para el caso de las hembras se observó que las tallas entre 11.6 y 14.7 cm de Lt presentaron ovarios y el útero izquierdo sin desarrollar (Figura 27); mientras que, las hembras de 17.8 a 29.3 cm de Lt presentaron ovarios y el útero izquierdo desarrollados. Se observó que en las hembras entre 15.2 a 17.7 cm de Lt se presenta un crecimiento acelerado del útero izquierdo. El modelo logístico indicó que la talla de 16.6 cm de Lt representa el 50% de hembras maduras (Figura 28).

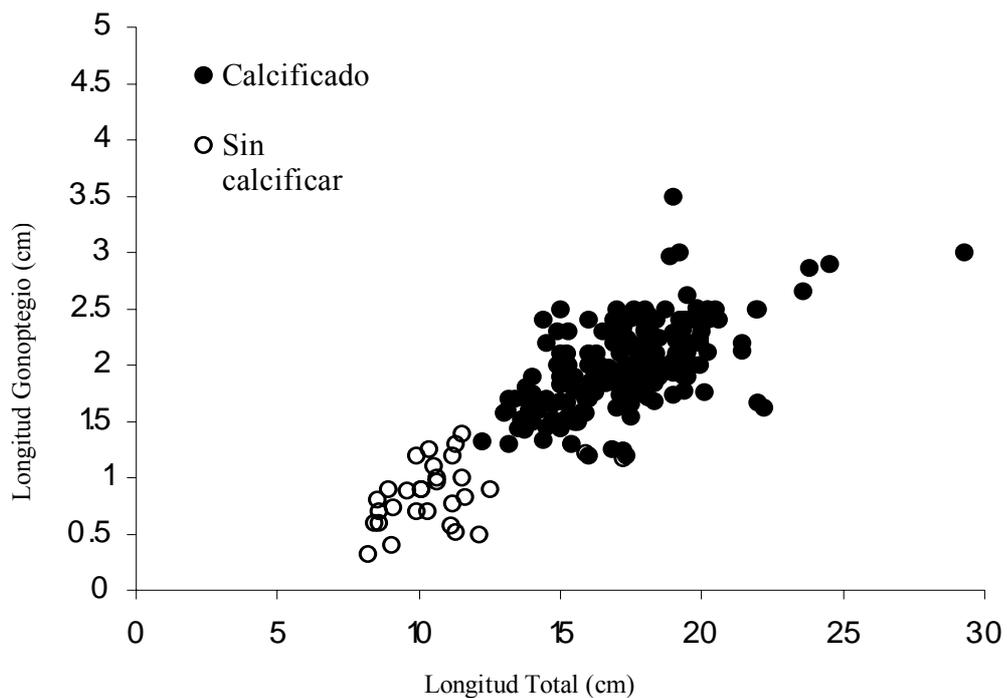


Figura 26. Relación longitud total-longitud del mixopterigio en machos de *U. nana* en el Golfo de Tehuantepec.

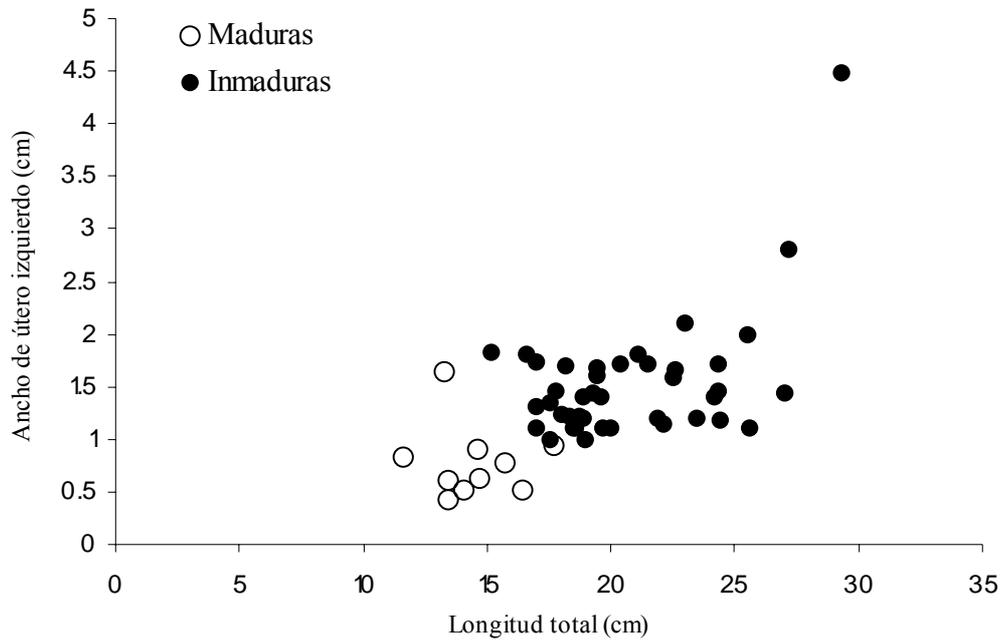


Figura 27. Relación longitud total-ancho del útero izquierdo en hembras sin embriones de *U. nana* en el Golfo de Tehuantepec.

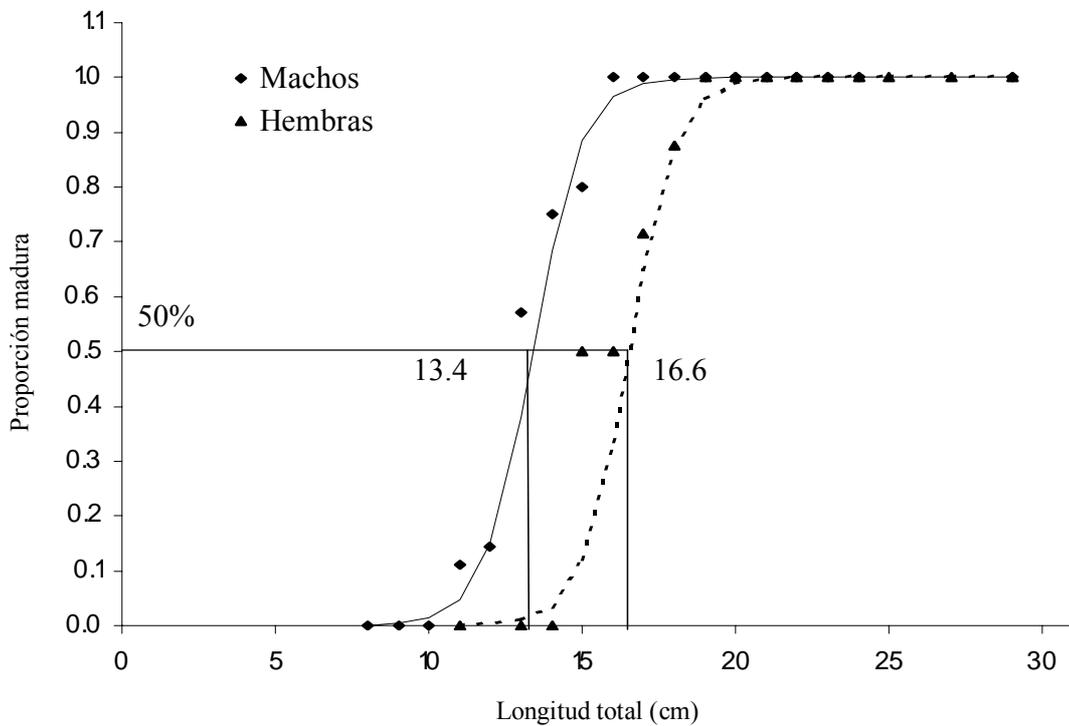


Figura 28. Talla de madurez sexual para machos y hembras de *U. nana* en el Golfo de Tehuantepec.

VII.9 Fecundidad

En 43 hembras grávidas examinadas el número de embriones varió de 1 a 4. De estas, 22 con tallas entre 15.2 y 29.3 cm de Lt solo desarrollaron el útero izquierdo; mientras que, 21 hembras con tallas de 16 a 28.3 cm de Lt desarrollaron ambos úteros.

Así mismo, solo en 10 hembras con tallas de 17 a 29.3 cm de Lt fue posible observar ovocitos en abril ($\bar{x}=0.3$), mayo ($\bar{x}=0.15$), julio ($\bar{x}=0.56$) y agosto ($\bar{x}=0.1$); siendo el mes de junio el único mes en el que no se registro ninguna hembra con ovocitos (Figura 29).

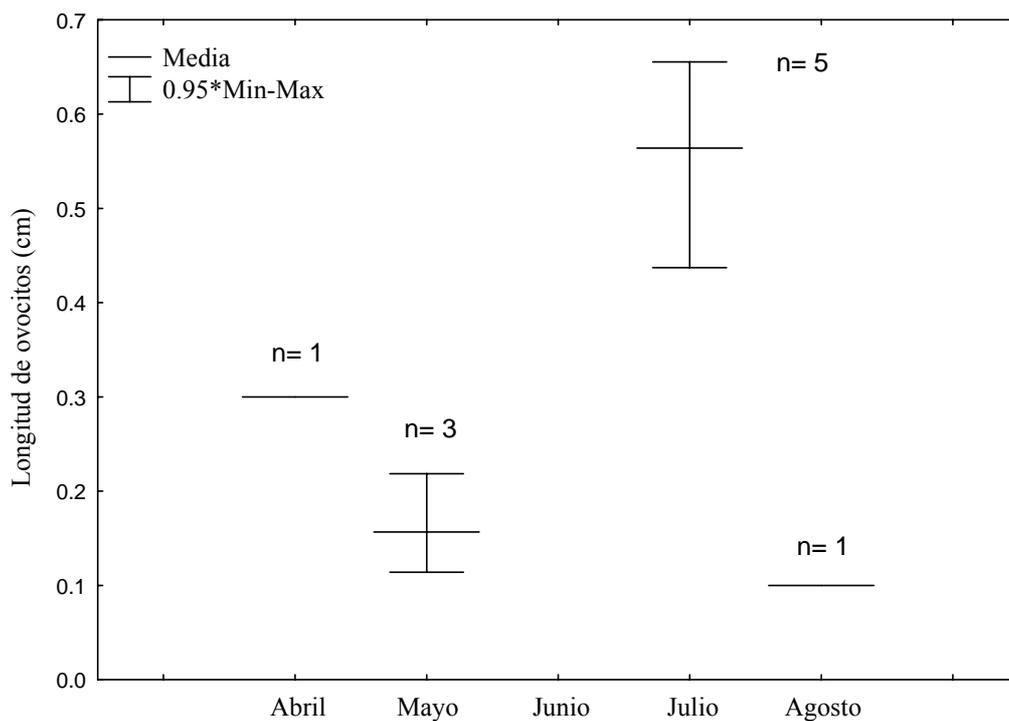


Figura 29. Relación longitud promedio de ovocitos en útero de *U. nana* durante el período de muestreo en el Golfo de Tehuantepec.

La proporción de sexos en embriones para el útero izquierdo y derecho fue de 0.7:1(hembras por macho) ($X^2=0.86$, $gl=1$, $p>1$) y 0.6:1 ($X^2=1.92$, $gl=1$, $p=0.19$)

respectivamente; en ambos casos la proporción no se desvía significativamente de la proporción 1:1 esperada.

VII.1.9 Talla de nacimiento

En 93 embriones examinados se observaron tallas promedio en abril de 5.2 cm, en mayo de 6.1 cm, en junio de 5.9 cm, en julio de 6.3 cm y en agosto de 5.9 cm de Lt (Figura 30). Mientras que los neonatos estuvieron presentes de mayo a agosto de 2003 con una talla promedio de 6 cm de Lt. Por lo que, la talla de nacimiento registrada para neonatos de la raya *U. nana* durante este periodo, fue de 8.3 cm de Lt y la talla máxima embrionaria promedio fue de 9.4 cm de Lt. Por lo tanto, se asume que la raya redonda nace con tallas entre 8.3 y 9.4 cm de Lt.

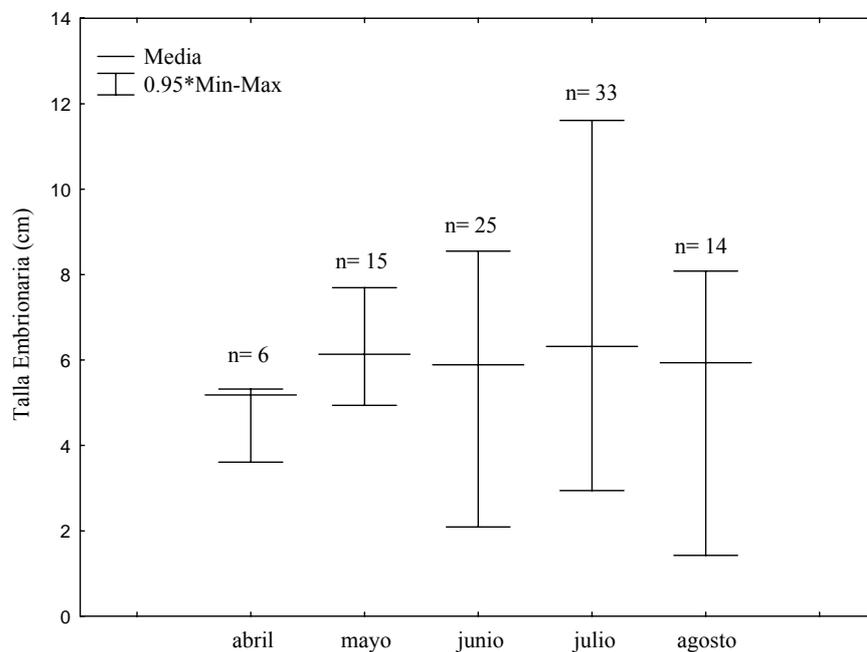


Figura 30. Relación de la talla embrionaria de *U. nana* durante el período de muestreo en el Golfo de Tehuantepec.

VIII. DISCUSIONES

VIII.1 Distribución y abundancia

Los elasmobranquios presentan una tendencia a segregarse por tallas y sexos, debido a las diferencias en el hábitat, preferencias alimenticias y de reproducción (Springer, 1967). La distribución y abundancia de la raya redonda *U. nana* en el Golfo de Tehuantepec, durante la temporada de veda del camarón de abril a agosto de 2003, indica que tanto neonatos como juveniles se distribuyen cercanos a la costa y en aguas poco profundas; mientras que, los adultos tienden a una distribución más amplia con respecto a la costa, al mismo tiempo que se mueven hacia aguas más profundas. Lo anterior sugiere que la especie nace cerca de la costa y utiliza estas áreas como zonas de crianza; específicamente, las mayores abundancias de neonatos y juveniles se presentan en aguas costeras de la sub-zona de pesca 91 con el 39.6% de la abundancia total. Mientras que, los adultos fueron más abundantes en la sub-zona de pesca 93 (11.8%) y 91 (9.9%).

Considerando que de mayo a octubre se presenta en el Golfo de Tehuantepec la temporada de lluvias, con un incremento en el aporte de nutrientes y por consecuencia un incremento en la productividad biológica, sería lógico, que, las rayas redondas, se encuentran preferentemente cercanas a la desembocadura de la Laguna Superior e Inferior y Mar Muerto, respectivamente; sistemas lagunares que durante este mismo período aportan también una gran cantidad de nutrientes a la subzona de pesca 91 y 93. Lo anterior indica

que la abundancia alta de neonatos y juveniles, así como, de hembras grávidas de la raya redonda encontrada en estas subzonas podría estar asociada a esta productividad; permitiendo así, que las rayas y otros organismos presentes cuenten con una mayor disponibilidad de alimento, menor competencia y protección contra sus depredadores; además de ofrecer las condiciones optimas para el nacimiento y la crianza de juveniles. Lo anterior concuerda con Snelson y Williams (1981), Beltrán-Félix (1986), Simpfendorfer y Milward (1993) quienes mencionan que las bahías, esteros y lagunas costeras, son lugares elegidos por varias especies de elasmobranchios como sitios de cópula, gestación, expulsión de crías y crianza de juveniles en alguna etapa de su vida.

A pesar de que existe este aporte de nutrientes en la subzona 91 y 93 durante la época de lluvias, la mayor productividad se observa de octubre a abril con valores máximos durante diciembre, mientras que en el sureste del golfo la productividad está presente durante casi todo el año, ya que se encuentra bajo la influencia de la Corriente Costera de Costa Rica y de la productividad generada en el Golfo del Papagayo, durante el verano e invierno respectivamente (Ortega-García *et al.*, 2000). Según lo reportado por Tapia-García y Gutiérrez-Díaz (1998) la mayor densidad de macroinvertebrados bentónicos para el Golfo de Tehuantepec se observa durante la época de lluvias frente a la desembocadura de la Laguna Superior e Inferior, y en la época de secas las mayores densidades se observan en la costa sureste. En este trabajo sólo fue posible obtener información de abril a agosto, y es muy probable que las rayas redondas también se desplacen hacia el sureste en la época de surgencias, al igual que ocurre con los macroinvertebrados.

Por otra parte, los machos tienden a distribuirse más cercanos a la costa que las hembras; las cuales se encuentran en aguas más profundas y abarcan una distribución horizontal más amplia. La captura de los individuos de mayor tamaño, son menos

susceptibles a las redes de arrastre, esto puede deberse a que tienden a distribuirse en profundidades mayores donde no pueden ser fácilmente capturados. A diferencia de neonatos y juveniles, los adultos de ambos sexos, se mueven hacia zonas en donde no se realizan regularmente estas capturas.

La presencia de hembras grávidas y neonatos indica que durante el período de veda del camarón, la especie se encuentra en su período de reproducción, y la presencia de juveniles indica que la zona es utilizada como una área de crianza; por lo que, en el Golfo de Tehuantepec, se llevan a cabo procesos biológicos de gran importancia para la raya redonda *U. nana*.

VIII.2 Composición de tallas y proporción de sexos

La talla máxima encontrada para hembras de *U. nana* es de 37.6 cm de Lt y para machos de 29.3 cm de Lt. Para las hembras esta talla es menor a la talla máxima reportada de 46.1 cm de Lt por Miyake y McEachran (1988); mientras que, para machos la talla observada es mayor a la que reportan estos mismos autores de 16.8 cm de Lt.

El 37.3% de los neonatos entre 8 y 12 cm de Lt se localizaron en la sub-zona 91, el 65.4% de los juveniles entre 13 y 17 cm de Lt se localizan también en la sub-zona 91 y el 66.4% de adultos en la subzona 91 y 93. Además, considerando que las proporciones de sexos en embriones, neonatos y adultos es de 1:1 y en juveniles difiere de esta proporción debido a que el número de machos en la sub-zona 93 fue mayor al de las hembras. Esto sugiere que nacen igual número de machos y hembras de la raya redonda y su principal zona de nacimiento se localiza en la subzona de pesca 91. Al pasar al estado juvenil la raya redonda se mantiene en esa subzona utilizando este sitio como principal zona de crianza,

observándose segregación por sexos en este estado de madurez. Mientras que la mayor proporción de hembras grávidas y machos adultos se presentó en la subzona 91 y 93. Es importante considerar que el periodo de muestreo coincide con su periodo reproductivo, por lo que es muy probable que en este estado de madurez se presente segregación por sexos fuera del periodo de reproducción. Esto coincide con Strasburg (1958) quien señala que en los elasmobranquios cuando se presenta el mayor número y tamaño de hembras, los machos son más numerosos y viceversa, proporción que disminuye al momento en que entran en un período de apareamiento.

Las redes de arrastre capturan desde neonatos hasta adultos, incluyendo a las hembras grávidas, lo cual puede repercutir a futuro en la población de rayas redondas y además en muchas otras especies asociadas a la captura de camarón.

VIII.3 Relación longitud total–peso

Weatherley (1972), Beamish y McFarlane (1985), McMahon y Tyler-Bonner (1986) señalan que la relación entre el peso y la longitud es considerada un buen indicador del comportamiento biológico de una especie. En la raya redonda, tanto hembras como machos, presentan una relación de tipo alométrico negativo, esto significa que, la tasa de crecimiento relativo en talla es mayor que en peso. A partir de los 15 cm de Lt, las hembras adquieren mayor peso que los machos, esto se puede deber a que conforme alcanzan la madurez sexual, las hembras son fecundadas y el peso registrado considera a los embriones presentes dentro de ésta. En este sentido, Carrier *et al.* (2004) señalan que en la mayoría de las especies de elasmobranquios, las hembras suelen ser de mayor peso que los machos de la misma talla.

Al igual que en *U. nana*, se ha reportado en otros peces batoideos que las hembras crecen más en tamaño y peso que los machos, tal es el caso de *Zapterix brevirostris* (Da Silva, 1987), *Dasyatis centroura* (Struhsaker, 1969), *D. sabina* (Snelson *et al.* 1988), *Myliobatis californica* (Cailliet *et al.* 1988), *Rhinoptera bonasus* (Neer y Thompson, 2005), *Rhinobatos productus* (Villavicencio, 1993), *Urotrygon reticulata*, *U. simulatrix* (McEachran *et al.* 1988), *Torpedo torpedo*, *T. marmorata* (Abdel-Aziz, 1994) y *Psammobatis extenta* (Braccini *et a.*, 2002a).

VIII.4 Morfometría y dimorfismo sexual

La identificación de estructuras externas e internas, que constituyen las proporciones corporales de un organismo, son una valiosa herramienta en la identificación taxonómica; además, aportan mayor entendimiento en los aspectos biológicos, ya que generalmente los organismos no crecen isométricamente (Bass, 1973; Braccini y Chiaramonte, 2002a y 2002b). Las relaciones morfométricas permiten conocer el tipo de proporción que existen entre el crecimiento relativo entre dos o más estructuras corporales de un organismo (McMahon y Tyler-Bonner, 1986), así mismo se han utilizado para identificar poblaciones de una misma especie (Skillman, 1989; Suzuki, 1989).

En el presente estudio la Lt mostró ser la variable de mayor influencia en la forma de las rayas, por lo que es válido tanto desde el punto de vista estadístico como biológico tomar a la variable Lt como variable independiente en el análisis morfométrico. El hecho de que las cargas factoriales sean de igual signo, muestra que existe variación en la talla de la raya, pero no en la forma (Cuadras, 1991), esto probablemente debido al efecto de los diferentes grupos de tallas encontrados.

Las variables que el ACP agrupó en el primer componente muestra el mismo tipo de tendencia alométrica, en cambio DIN incluyó en el segundo componente como única variable, porque presentó otro tipo de alometría, tanto machos como hembras, presentaron en su mayoría alometría negativa (entre la longitud total y longitud del disco, ancho del disco, longitud preorbital, distancia entre los ojos y la longitud preoral); y solamente una dimensión fue alométrica positiva (longitud total vs distancia entre las narinas), en el caso de machos el tipo de alometría entre la longitud total y la longitud de la boca fue de tipo isométrico, lo cual pudo deberse al número pequeño de muestras (n=24). Todo lo anterior indica que las relaciones morfométricas que determinan la forma de la raya son de tipo alométrica negativa con respecto a la talla, lo cual indica que existe mayor variabilidad debido a la talla, lo cual confirma lo obtenido por el ACP.

A pesar de que el Ángulo rostral (AR) no se consideró dentro de las variables morfométricas, cabe señalar que es una característica merística importante que puede aportar información respecto a la biología de las rayas redondas durante el período reproductivo. En machos de *U. nana* se observó un AR de 104° a 120° y para hembras de 119° a 138°, en un intervalo de tallas de 8 a 21.5 cm de Lt. McEachran y Miyake (1988) reportan en machos un AR de 110° a 130° y de 120° a 133° en hembras. Es importante señalar que estos autores realizaron su análisis sobre organismos de tallas mayores a las encontradas en este estudio. Además dichos autores no consideraron los estados de madurez, a diferencia, en el presente estudio se observó que conforme las hembras aumentan en talla, disminuye el ángulo rostral, esto significa que en organismos adultos el AR va a ser menor. Otro punto importante es que esta medida se puede considerar para diferenciar entre sexos, ya que los machos presentan un ángulo rostral más agudo que las hembras.

Respecto a la morfometría Braccini y Chiaramonte (2002b) determinan que el dimorfismo sexual es común en Elasmobranquios, así en la raya *P. extenta* observan que los individuos en diferente estado de desarrollo, varían en sus proporciones corporales. Por su parte, Lamilla *et al.* (1984) sugieren 17 medidas proporcionales en 168 rayas de *Psammobatis lima*, capturadas mediante la pesca de arrastre en el Litoral de Valdivia, Chile. En el presente trabajo se encontró que las dimensiones responsables del dimorfismo sexual en organismos maduros fueron: Lt, AD, DIN, DIO y LPoral

En la raya redonda los recién nacidos o neonatos presentan un mayor número de hileras de dientes en la mandíbula inferior; conforme los organismos adquieren mayor tamaño y llegan al estado de madurez adulto, el número de hileras se incrementa e iguala en ambas mandíbulas (38 a 44 hileras de dientes). Mientras que, las hembras también incrementan el número de hileras de dientes conforme pasan de un estado de madurez a otro; sin embargo, el número de hileras se mantiene igual en ambas mandíbulas durante los diferentes estados de madurez. Moss (1967) y (1972) menciona que el tamaño de los dientes en tiburones está relacionado con el incremento en talla; por lo que, los dientes pequeños son sustituidos por dientes más grandes conforme el organismo crece. Esta característica ha sido definida como poliofiodoncia o sustitución continua de los dientes (Kemp, 1999; Motta, 2004), y ha sido observado en rayas (Kajiura y Tricas, 1996; Kobelkowsky, 2002).

Las hembras de la raya redonda en la costa de Oaxaca y Chiapas, presentan desde el estado neonato hasta el adulto la forma de los dientes molariformes. Mientras que, en los machos la forma de dientes es de tipo en cúspide, presente tanto en neonatos como en juveniles, y cambian a tipo aguzado en adultos. Esto concuerda con Motta (2004), quien menciona que en Elasmobranquios es común encontrar heterodoncia sexual; esto es, los

dientes de los adultos machos son diferentes en forma de los dientes de las hembras y en machos inmaduros.

Por lo que la variación dentaria entre machos y hembras de la raya redonda puede deberse a diferencias en la alimentación y a estrategias reproductivas, considerando que los dientes en cúspide de los machos, les permiten sujetar a la hembra durante el apareamiento; Kajiura y Tricas, 1996; Feduccia y Slaughter, 1974, mencionan que la morfología de los dientes en adultos machos de algunas rayas es dinámica y periódica.

VIII.5 Madurez sexual

Pratt 1988, señala que en la madurez sexual es importante considerar el desarrollo de los mixopterigios. En rayas redondas el 11.7% correspondió a machos inmaduros, y el 88.2% a machos sexualmente maduros; contrario a hembras en donde el 80.3% correspondió a hembras inmaduras y el 19.6% a hembras sexualmente maduras.

La talla de primera madurez encontrada para machos de *U. nana* en el Golfo de Tehuantepec fue de 13.4 cm de Lt y para hembras de 16.6 cm de Lt. McEachran y Miyake (1988) reportan una talla máxima de 25 cm de Lt y una talla de madurez sexual entre los 15 y 16 cm de Lt para ambos sexos; sin embargo, no distinguen entre hembras y machos.

VIII.6 Fecundidad y talla de nacimiento

Existen dos aspectos importantes acerca del desarrollo intrauterino empírico y contemporáneo sobre tiburones y rayas descrito y propuesto por Hamlett *et al.* (1999), uno es: el mecanismo de la producción, transferencia y utilización de los nutrientes, que son requeridos para el desarrollo embrionario, después de que la yema del huevo se ha consumido, especialmente en los tiburones placentarios y oofagos y las rayas aplacentadas

o con placentas no verdaderas, y otro la regulación del entorno intrauterino, tomada como una necesidad fisiológica para todas las formas vivíparas, ovovivíparas y ovíparas, en las que el útero es central en cada uno de estos mecanismos reproductivos.

La fecundidad de la raya redonda en el Golfo de Tehuantepec es de 1 a 4 embriones. Las hembras maduras desarrollan el útero izquierdo donde presentan de 1 a 2 embriones. Sin embargo, algunas hembras mayores a 17 cm de Lt, pueden desarrollar también el útero derecho y presentar en este, de 1 a 2 embriones. Al parecer la fecundidad no es dependiente de la talla materna, ya que, las hembras grávidas con tallas mayores tienen igual número de embriones, que las hembras grávidas de longitudes menores.

Los embriones se acomodan uno sobre otro en el útero; uno con la región cefálica dirigida hacia la cloaca de la madre y otro con la cabeza en dirección contraria. La cola de los embriones se encuentra plegada hacia un costado y el embrión que está apunto de ser expulsado mantiene la aleta caudal fuera de la cloaca de la madre. La pared del útero que se encuentra pegada a las hembras grávidas dorsalmente, conserva una gran cantidad de vellosidades muy delgadas, que pueden tener la función de sostener al embrión hasta que sea capaz de alimentarse por él mismo. Los embriones al ser expulsados conservan gran cantidad de vitelo, lo que indica que posiblemente, no reciben ningún suplemento de alimento directo por parte de la madre.

Los embriones presentes en el útero derecho conservan tallas menores comparadas con los embriones del útero izquierdo; lo anterior puede ser debido a que el útero izquierdo presenta un mayor espacio que el útero derecho, el cual comparte espacio con el sistema digestivo, lo que impide que se expanda más y por lo tanto los embriones alcancen tallas menores.

Wourms (1977) menciona al respecto que, en los elasmobranquios existe una tendencia en el crecimiento postembrionario, y este es en la mayoría de los casos exponencial, y aquellas especies que presentan tallas embrionarias pequeñas, el crecer rápidamente, reduce el riesgo de ser depredado inmediatamente después del nacimiento (Branstetter, 1993).

El estudio realizado sugiere que las crías de la raya redonda nacen durante mayo, junio, julio y agosto. La principal zona de nacimiento de la especie se localiza en la subzona de pesca 91 y 93, es decir, en aguas cercanas a la desembocadura de las lagunas Superior e Inferior y Mar Muerto respectivamente, en dónde la raya redonda nace con tallas entre 8.3 y 9.4 cm de Lt en el Golfo de Tehuantepec.

IX. CONCLUSIONES

Se concluye que de abril a agosto de 2003 en el Golfo de Tehuantepec la raya redonda *U. nana*:

nana:

- Tanto neonatos como juveniles se distribuyen cercanos a la costa y en aguas poco profundas; las mayores abundancias de neonatos y juveniles se presentan en aguas costeras de la sub-zona de pesca 91 y 93. Mientras que, los adultos tienden a una distribución más amplia con respecto a la costa, al mismo tiempo que se mueven hacia aguas más profundas.
- Los machos tienden a distribuirse más cercanos a la costa a diferencia de las hembras; las cuales se encuentran en aguas más profundas y abarcan una distribución horizontal más amplia.
- La talla para neonatos es de 8 a 12 cm de Lt, para juveniles de 13 a 17 cm y para los adultos de 18.1 a 37.6 cm de Lt.
- No se presentó segregación por sexos en neonatos y juveniles, pero sí en adultos.
- En la relación longitud total-peso el tipo de relación en ambos sexos es alométrico negativo.
- La Longitud total fue la variable de mayor influencia en la forma de las rayas.

- La relación entre la Longitud total vs longitud del disco, ancho del disco, longitud preoral y la longitud de cola fue alométrica negativa.
- La relación entre la longitud total y distancia entre las narinas fue alométrica positiva
- En machos la relación entre la longitud total y longitud de la boca fue de tipo isométrico a diferencia de las hembras.
- En el presente trabajo se encontró que las dimensiones responsables del dimorfismo sexual en organismos maduros fueron: Longitud total, longitud del disco, ancho del disco, distancia internasal, distancia interorbital y longitud preoral.
- Se presenta dimorfismo sexual dentario en la raya redonda; a partir de juveniles en machos que han alcanzado la madurez sexual el tipo de dientes es diferente, en hembras no se presenta en ninguna etapa de su crecimiento, diferencia en la forma de los dientes.
- Los neonatos en machos presentan un mayor número de hileras de dientes en la mandíbula inferior, en los organismos de mayor tamaño el número de hileras se incrementa e iguala en ambas mandíbulas (38 a 44 hileras de dientes); teniendo una forma de dientes de tipo en cúspide presente en neonatos y juveniles, y tipo aguzado en adultos. Las hembras conservan el mismo número de hileras en ambas mandíbulas durante los diferentes estados de madurez, la forma de los dientes es molariforme.
- La talla de primera madurez para machos es de 13.4 cm de Lt y para hembras de 16.6 cm de Lt.
- La fecundidad es de 1 a 4 embriones por hembra.

- Durante los meses de mayo, junio, julio y agosto en el Golfo de Tehuantepec, nacen las crías de la raya redonda, principalmente en la subzona de pesca 91 y 93. El nacimiento se da a tallas entre 8.3 y 9.4 cm de Lt.
- Las hembras maduras desarrollan el útero izquierdo donde presentan de 1 a 2 embriones. Sin embargo, algunas hembras mayores a 17 cm de Lt pueden desarrollar también el útero derecho y presentar en este también de 1 a 2 embriones. Los embriones del útero derecho son de menor tamaño comparados con los embriones del útero izquierdo.

X. BIBLIOGRAFÍA

- ABDEL AZIZ, S.H.** 1994 Observations on the biology of the common Torpedo (*Torpedo torpedo*, Linnaeus, 1758) and marbled electric ray (*Torpedo marmorata*, Risso, 1810) from Egyptian Mediterranean waters. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* 45: 693-704.
- ANDREW, N. L., y J. G. PEPPERELL.** 1992. The by-catch of shrimp trawl fisheries. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 30:527-565.
- APPLEGATE, S. P.; L. ESPINONZA-ARRUBARRENA; L. B. MANCHACALOPEZ y F. SOTELO-MACIAS.** 1979. Tiburones mexicanos. Sub-secretaría de Educación e Investigación Tecnológica, México, D. F. 146 p.
- BARTON, E. D.; A. J. BROWN.; P. M. KOSRO.; M. LAVIN.; J. M. ROBLES.; R. L. SMITH.; H. S. VELEZ y A. TRASVIÑA.** 1993. Superquirt: Dynamics of the Gulf of Tehuantepec, México. *Oceanography*, 6, 23-30. *En: ORTEGA-GARCÍA, S. et al., 2000. El Golfo de Tehuantepec como un centro de actividad biológica y su importancia en las pesquerías.* Cap. 22. BAC. Centros de Actividad Biológica del Pacífico Mexicano. 336:354 p.
- BASS, A. J.** 1973. Analysis and description of variation in the proportional dimensions of scyliorhinid, carcharhinid and sphyrnid sharks. *En: Braccini, J. M. y G. E. Chiaramonte. 2002. Biology of the skate Psammobatis extenta (Garman, 1913) (Batoidea: Rajidae)* Revista Chilena de Historia Natural. 75:179-188.
- BEAMISH, R. J y G. A. MCFARLANE.** 1985. Annulus development on the second dorsal spine of the spiny dogfish (*Squalus acanthias*) and its validity for age determination. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 42: 1799-1805.
- BELTRÁN, F. J. L., M. G. HAMMANN, A. CHAGOYA-GUZMÁN y S. ÁLVAREZ-BORREGO.** 1986. Ictiofauna del Estero de Punta Banda, Ensenada Baja

- California, México, antes de una operación de dragado. *Ciencias Marinas*, 12(1):79-92.
- BONFIL, R.** 1994. Overview of world elasmobranch fisheries. FAO. Fisheries technical paper 341, 1-119 p.
- BRACCINI, J. M. y G. E. CHIARAMONTE.** 2002a. Biology of the skate *Psammobatis extenta* (Garman, 1913) (Batoidea: Rajidae) *Revista Chilena de Historia Natural*. 75:179-188.
- BRACCINI, J. M. y G. E. CHIARAMONTE.** 2002b. Intraspecific variation in the external morphology of the sand skate. *Journal of fish Biology*. 61,959-972.
- BRANSTETTER, S.** 1993. Conservation of elasmobranch, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Marine Fisheries Service. Thec. Rep., no. 115, 99 p.
- CAILLIET, G. M.; L. MILTON S. y E. ALFRED W.** 1986. *FISHES: A field and Laboratory Manual on Their Structure, Identification and History*. Waveland Press, Inc. Illinois. 183 p.
- 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.553, 3-595 p.
- CASTRO, J. I.** (1993) The shark nursery of Bulls Bay, South Carolina, with a review of the shark nurseries of the southeastern coast of the United States. *Envir. Biol. Fish.* 38:37-48.
- CASTRO-AGUIRRE, J. L. y H. ESPINOSA-PÉREZ.** 1996. Listados faunísticos de México. VII. Catálogo sistemático de las rayas y especies afines de México (Chondrichthyes: Elasmobranchii: Rajiformes: Batoideiomorpha). Univ. Autónoma de Méx. 75 p.
- CLARK, E. y K. VON SCHMIDT.** 1965. Sharks of central gulf coast of Florida. *Bull. Mar. Sci.* 15: 13-83.
- COMPAGNO, L. J. V.; F. KRUPP y W. SCHNEIDER.** 1995. Tiburones. *En: Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental* W. Fischer, F. Krupp, W. Schenider, C. Sommer, K. E. Carpenter and V.H Niem (Eds.), Vol. II: 648-746.

- CORTÉS, E.** 1997. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 54:726-738.
- CUADRAS, C.M.** 1991. Métodos de análisis multivariante. PPU. Barcelona, 641 p.
- DA SILVA, B. V.** 1987. Length-Weight relationship of the little guitarfish *Zapterix brevirostris* (Chondrichthyes: Rhinobatidae), from Itaipu Inlet, Río de Janeiro, Brazil. *Copeia* 3: 787-789.
- DAYTON, P.; S. THRUSH.; T. AGARDY y R. HOFMAN.** 1995. Environmental effects of marine fishing. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 5(153): 1-28.
- DULVY, N. C. y J. D REYNOLDS.** 2002. Predicting extinction vulnerability in skates. *Conservation Biology.* 16: 440-450.
- FAO.** 1997. Informe del taller regional sobre la utilización de la fauna de acompañamiento del camarón (FAC). Centro de Investigaciones Pesqueras, La Habana, Cuba en colaboración con la Dirección de Industrias Pesqueras, FAO, Roma, Italia. 83 p.
- FAO.** 2001. Orientaciones técnicas para la pesca responsable. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Vol. 4. Supl. 1. La ordenación Pesquera 1. Conservación y ordenación del tiburón. Apéndice IV: Clasificación de las pesquerías e tiburón.
- FEDUCCIA, A. y B. H. SLAUGHTER.** 1974. Sexual dimorphism in skates (Rajidae) and its possible role in differential niche utilization. 28, 164–168 .
- GAERTNER D. y F. LALOE.** 1986. Etude biometrique de la taille a'premier maturité sexuelle de *Geryon maritae*, Maning et Holthuis, 1981 de Senegal. *Oceanol. Acta,* 9(4) :479-487.
- GALLEGOS, G. A. y F. J. BARBERÁN.** 1998. Surgencia eólica. *En: Tapia-García (Ed.). El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos, Universidad Autónoma Metropolitana.-Iztapalapa, México.* 240 p.
- GARCÍA, E.** 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen. *Inst. Geog. Universidad Autónoma de México.* 213 p.

- GONZALEZ-GARCIA, M. J.** 1998. Desarrollo embrionario de *Rhinobatos productus* (Girard, 1854)(Chondrichthyes:Rajiformes:Rhinobatidae) México. Tesis de Licenciatura en Biología Marina, Universidad Autónoma de Baja California Sur. 70 p.
- GUTIERREZ, S. J. y F. SÁNCHEZ G.** 1998. Matemáticas para las ciencias naturales. Sociedad Mexicana de Matemáticas. México. Vol. II. 590 p.
- HAIR, J. F. Jr.; R. E. ANDERSON; R. L. TATHAM y W. C. BLACK.** 1999. Análisis multivariante. Quinta edición. Prentice Hall, Madrid. 832 p.
- HALL, A. M.; D. L. ALVERSON. y KAIJA I.** 2000. Marine Pollution Bulletin Vol. 41, Nos.1-6. 204-219.
- HAMLETT. C. W.** 1999. Sharks, Skates and Rays. The Biology of Elasmobranch Fishes. University Press, Baltimore. 491 p.
- HILBORN, R.; K. STOKES; J.J. MAGUIRE; T. SMITH; L. W. BOTSFORD; M. MANGEL; J. ORENSANZ; A. PARMA; J. RICE; J. BELL; K.L. COCHRANE; S. GARCIA; S. J. HALL; G. P. KIRKWOOD; K. SAINSBURY; G. STEFANSSON y C. WALTERS.** 2004. Ocean & Coastal Management. Elsevier Ltd. 47:197 –205 p.
- HOENING, J.M. y S. GRUBER,** 1990. Life-History Patterns in the Elasmobranchs: Implications for Fisheries Management. NOAA Technical Report NMFS 90: 1-16
- HOLDEN, M. J.** 1974. Problems in the rational exploitation of elasmobranch populations and some suggested solutions. *In:* F. R. Harden Jones (editor), *Sea fisheries research*, J. Willey and Sons, N. Y., 117-137.
- KAJIURA, M. S. y T. C. TRICAS.** 1996. Seasonal dynamics of dental sexual dimorphism in the Atlantic stingray *Dasyatis sabina*. The Journal of Experimental Biology 199, 2297–2306
- KEMP, N. E.** 1999. Integumentary system and teeth. Chapter 2. *En:* W. C. Hamlett. Sharks, skates and rays. The Biology of elasmobranchs fishes. University Press, Baltimore. 516 p.
- KOBELKOWSKY, DÍAZ. A.** 2002. El sistema digestivo de *Dasyatis sabina* (Rajiformes:Dasyatidae). VIII Congreso Nacional de Ictiología. 113 p.

- LAMILLA, G. J.; R. PEQUEÑO G y H. FIGUEROAS.** 1984. Aspectos biológicos de *Psammobatis lima*, (poey 1835), en el litoral de Valdivia, Chile (ELASMOBRANCHII, RAJIDAE). REV. COM. PERM. PACIFICO SUR, (14):183-209.
- LEGENDRE, P., Y L. LEGENDRE.** 1998. *Numerical ecology*. 2nd English edition. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands. 419 p.
- LEIBLE, M. D.** 1988. Revisión de métodos para estudios taxonómicos de rayas (Rajiformes: Rajidae) Gayana Zoología (Chile) 52:15-93.
- McEACHRAN, J. D. y MIYAKE, T.** 1986. Taxonomy of the Stingray Genus *Urotrygon* (Myliobatiformes: Urolophidae) Preliminary Results Based on External Morphology. Department of Wildlife and Fisheries Sciences, Texas A. & M. University, Collage Station, Texas, U.S.A. 291-302.
- McEACHRAN, J. y MIYAKE, T.** 1988. Three new of the Stingray Genus *Urotrygon* (MYLIOBATIFORMES : UROLOPHIDAE) from the Eastern Pacific. Bulletin of Marine Science. 42(3):366-375.
- McEACHRAN, J. D. y G. NOTARBARTOLO, D.** 1995. Peces Batoideos. En: Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental W. Fischer, F. Krupp, W. Schenider, C. Sommer, K. E. Carpenter and V.H Niem (Eds.), Vol. II: 746-792.
- McEACHRAN, J. D.; KATHERINE A. DUNN y MIYAKE TSUTOMU.** 1996. Interrelationships of the Batoid Fishes (Chondrichthyes: Batoidea). En: Allen. B. Thomas. The Shark Almanac. A fully illustrated natural history of sharks, skates and rays. 1999. United States of America. 274 p.
- McMAHON, T. A. y J. T. TYLER-BONNER.** 1986. Tamaño y vida. Biblioteca Scientific American. Prensa Científica Edit. Labor, Barcelona España. 55 p.
- MONREAL, G. M. y D. SALAS DE LEÓN.** 1998. Dinámica y estructura termohalina. 13:26. En: M. Tapia-García (Ed.) *El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos*, 240 p. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México, ISBN 970-654-348-1.

- MORALES DE LA GARZA, E. A.** 1990. Estudio de sedimentos fosfatados en el Golfo de Tehuantepec, México. Tesis de Maestría en Ciencias del Mar, Universidad Nacional Autónoma de México. 113 p.
- MOSS, S. A.** 1967. Tooth replacement in the lemon shark, *Negaprion brevirostris*. *En: Sharks, skates and rays*. Ed. P. W. Gilbert.; R. F. Mathewson and D. P. Rall. 319-29. Baltimore: Johns Hopkins. University Press.
- MOSS, S. A.** 1972. The feeding mechanism of sharks of the family Carcharhinidae *En: W. C. Hamlett. Sharks, skates and rays. The Biology of elasmobranchs fishes.* University Press, Baltimore. 516 p.
- MOTA, J. P.** 2004. Prey Capture Behavior and Feeding Mechanics of Elasmobranchs. *En: C. Jeffrey, Carrier.; Harold, I. Pratt, Jr. y José 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. 553, 3-595.*
- NEER, A. J. y B. A. THOMPSON.** 2005. Life history of the cownose ray, *Rhinoptera bonasus*, in the northern Gulf of Mexico, with comments on geographic variability in life history traits. *Environmental Biology of Fishes. 73: 321–331 .*
- NISHIDA, K. y K. NAKAYA.** 1990. Taxonomy of the genus *Dasyatis* (Elasmobranchii : Dasyatidae) from the North Pacific. 90:346 p.
- ORTEGA-GARCÍA, S.; J. A. TRIGUEROS-SALMERÓN; R. RODRÍGUEZ-SÁNCHEZ; S. LLUCH-COTA y H. VILLALOBOS.** 2000. El Golfo de Tehuantepec como un centro de actividad biológica y su importancia en las pesquerías. Cap. 22. BAC. Centros de Actividad Biológica del Pacífico Mexicano. 336-354.
- PEREIRO, J. A.** 1993. Consideraciones generales sobre la dinámica de poblaciones sometidas a pesca. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía 9 (1): 57-74*
- PLATELL, M. E.; POTTER, I. C. y K. R. CLARKE.** 1998. Resource partitioning by species of elasmobranchs (Batoidea: Urolophidae) in coastal waters of temperate Australia. *Marine Biology 131: 719-734.*
- PRATT, H. L.** 1988. Elasmobranch Gonad Structure: A description and survey. *Copeia 729p*

- PRATT, H.L. Jr.** 1979. Reproduction in the blue shark, *Prionace glauca*. Fish. Bull. 77(2):445-469.
- PRATT, H. L. Jr. y T. Otake**, 1990. Recommendations for work needed to increase our knowledge of reproduction relative to fishery management. *En:* H. L. Pratt, Jr., S. H. Gruber, and T. Taniuchi, eds. *Elasmobranchs as living resources: advances in the biology, ecology, sistematics, and the status of the fisheries*, U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 90, 509-510.
- RICKER, W. E.** 1975. Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Populations. Bulletin 191 of the Fisheries Research Board of Canada. Department of the Environment Fisheries and Marine Service. Ottawa. 382 p.
- ROBLES, J. M.; GARCIA, C. J.; LAVIN, P. M. y M. L. ARGOTE. E.** 1988. Observaciones Eulerianas de corrientes y temperatura en el Golfo de Tehuantepec: diciembre de 1988/enero de 1989. Centro de Investigaciones Científicas y de Educación superior de Ensenada. Baja California. 51 p.
- RUÍZ, DURÁ. M. F.** 1993. Recursos Pesqueros de las Costas de México. Su conservación y manejo socioeconómico. 3ª Edición. Limusa-Noriega Editores. 283 p.
- SAGARPA.** 2004. Carta Nacional Pesquera. Diario Oficial de la Federación. Lunes 15 de marzo. Segunda Sección. México 129 p.
- SALAZAR-HERMOSO, F. y C. VILLAVICENCIO-GARAYZAR.** 1999. Abundancia relativa de la guitarra *Rhinobatos productus* (AYRES, 1856) (PISCES:RHINOBATIDAE) en la Bahía Almejas, Baja California Sur, de 1991 a 1995. Ciencias Marinas. 25(3):401-422.
- SECRETARÍA DE MARINA.** 1988. Compendio de estudios oceanográficos, *En:* Monreal, G. M. A y Salas de León. D. A. 1998. Dinámica y estructura termohalina, Cap. 2: 13-26. *En:* Tapia-García (Ed.) El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México. 240 p.
- SIMPFENDORFER, C. A. y M. R. HEUPEL.** 2004. Assessing habitat use and movement. *En:* J. C. Carrier, J. A. Musick, y M. R. Heithaus. 2004. Biology of sharks and their relatives. CRC Press.553, 3-595 p.

- SIMPFENDORFER, C. A. y N. E. MILWARD.** 1993. *En:* Platell, M. E.; Potter, I. C. y K. R. Clarke. 1998. Resource partitioning by species of elasmobranchs (Batoidea: Urolophidae) in costal waters of temperate Australia. *Marine Biology* 131: 719-734.
- SKILLMAN, R. A.** 1989. Status of Pacific billfish stocks. In Stroud, Richard H. (editor), *Planning the Future of Billfishes: Research and Management in the 90s and Beyond. Proceedings of the Second International Billfish Symposium, Kailua-Kona, Hawaii, August 1-5, 1988, Part 1: Fishery and Stock Synopses, Data Needs and Management*, National Coalition for Marine Conservation, Inc., Savannah, Georgia: 179-195.
- SNELSON, F. F. JR.; 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. JR. y S. E. WILLIAMS-HOOPER.** 1981. *En:* Platell, M. E.; Potter, I. C. y K. R. Clarke. 1998. Resource partitioning by species of elasmobranchs (Batoidea: Urolophidae) in costal waters of temperate Australia. *Marine Biology* 131: 719-734.
- SOKAL R. y F. ROHLF.** 1996. *Biometry. Third Edition.* W. H. Freeman and Co. New York. 887 p.
- SOMERTON, D.** 1980. A computer technique for estimating the size of sexual maturity in crabs. *Ca. J. Fish. Aquatic. Sci.*, 37:1488-1494.
- SPRINGER, S.** 1967. Social organization of shark populations. *In:* P. W. Gilbert, R. F. Mathewson, and D. P. Rall (eds.), *Sharks, skates and rays*, John Hopkins Press, Baltimore. 149-174.
- STEEL, G. D. R. y J. H. TORRIE.** 1988. *Bioestadística. Principios y Procedimientos.* Editorial Mc Graw Hill. Tercera edición.
- STEVENS, J. D.** 1987. *Sharks. Facts On Line.* U.S. A. 240 p.
- STRASBURG, D. W.** 1958. Distribution, abundance and habits of pelagic sharks in the central Pacific Ocean. *Fishery bulletin.* 138(58): 335-360.
- STRUHSAKER, P.** 1969. Observations on the biology and distribution of the thorny tail stingray, *Dasyatis centroura* (Pisces: Dasyatidae). *Bull. Mar. Sci.* 19:456-481.

- SUZUKI, Z.** 1989. Catch and fishing effort relationships for striped marlin, blue marlin, and black marlin in the Pacific Ocean, 1952 to 1985. In Stroud, Richard H. (editor), Planning the Future of Billfishes: Research and Management in the 90s and Beyond. Proceedings of the Second International Billfish Symposium, Kailua-Kona, Hawaii, August 1-5, 1988, Part 1: Fishery and Stock Synopses, Data Needs and Management, National Coalition for Marine Conservation, Inc., Savannah, Georgia: 165-177.
- TAPIA-GARCÍA, M. y B. GUTIÉRREZ-DÍAZ.** 1998. Recursos pesqueros de los estados de Oaxaca y Chiapas, Cap. 11: 149-162. En: M. Tapia-García (Ed.) *El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos*, 240 p. Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa, México, 1998. ISBN 970-654-348-1.
- TAPIA-GARCÍA, M. y M. C. GARCÍA-ABAD.** 1998. Los peces acompañantes del camarón y su potencial como recurso en las costas de Oaxaca y Chiapas; Cap. 13: 179-196. En: M. Tapia-García (Ed.) *El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos*, 240 p. Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa, México, ISBN 970-654-348-1.
- TRASVIÑA, A.; E. BARTON D.; J. BROWN; H. VÉLEZ S.; P. KOSRO M. y R. L. SMITH.** 1995. Offshore wind forcing in the Gulf of Tehuantepec, México: the asymmetric circulation. *Journal of Geophysical Research*, 663 p.
- TURNER, G. M. M.** 1992. Estudio Oceanográfico en algunos parámetros físicos y químicos de la zona de surgencia del Golfo de Tehuantepec, en los meses de mayo y noviembre de 1989. Tesis de Licenciatura en Biología Marina, Universidad Nacional Autónoma de Zaragoza. México, D. F. 95 p.
- VAN DER HEIDEN, A. M. y H. PLASCENCIA-GONZÁLEZ.** 1990. Range extensions of the lophiid anglerfish *Lophiodes spilurus* and the Stingray *Urotrygon nana*, along the Pacific coast of America. *Rev. Biol. Trop.*, 38(1):147.
- VILLAVICENCIO-GARAYZAR, C.** 1991. Observación de *Mobula munkiana* (CHONDRICTYES: MOBULIDAE) en la Bahía de la Paz, B.C.S., México. *Rev. Inv. Cient.* 2(2) 78-81.

- VILLAVICENCIO-GARAYZAR, C.** 1993a. Biología reproductiva de *Rhinobatos productus* (Pises: Rinobatidae), en Bahía Almejas, Baja California Sur, México. Rev. Biol. Trop. 41(3):777-782.
- VILLAVICENCIO-GARAYZAR, C.** 1993b. Notas sobre *Gymnura marmorata* (PISCES: DASYATIDAE) en Bahía Almejas, B.C.S., México. Rev. Inv. Cient. 3(1): 91-94.
- VILLAVICENCIO-GARAYZAR, C.** 1993c. Observaciones sobre la abundancia y biología reproductiva de *Narcine brasiliensis* (Pises: Torpenidae) en Bahía Almejas, B. C. S., México. Rev. Inv. Cient. 3(1): 95-99 .
- VILLAVICENCIO-GARAYZAR, C.; C. DOWNTOW-HOFFMANN y E. MARIANO-MELENDZ.** 1994. Tamaño y reproducción de la raya *Dasyatis longus* (Pises: Dasyatidae) en Bahía Almejas, B.C.S., México. Rev. Biol. Trop., 42(1/2):375-377.
- VILLAVICENCIO-GARAYZAR, C.** 1995. Biología reproductiva de la guitarra pinta *Zaterix exasperata* (Pises: Rhinobatidae) en Bahía Almejas, B. C. S., México. Ciencias Marinas, 21(2): 141-153 p.
- VILLAVICENCIO-GARAYZAR, C.** 1996. Tallas, proporción de sexos y reproducción de *Myliobatis californica* y *M. longirostris* (Pises: Myliobatidae) en Baja California Sur, México. Rev. Biol. Trop., 43(2): 291-295.
- WALMSLEY-HART, S. A.; W. SOVER H. y C. DUXTON D.** 1999. The biology the skates *Raja wallacei* and *Raja punctopunctata* (Batoidea: Rajidae) on the Agulhas Bank, South Africa., South Africa Journal of Marine Science. 21:165-179.
- WEATHERLEY, A. H.** 1972. Growth and ecology of fish population. En: Osorio-Dualiby; D. y M. Baez-Hidalgo. 2002. Relaciones Biométricas de la Bocona *Cetengraulis edentulus* (Cuvier, 1829) (Pises : Clupeiformes) en el sector costero, Isla de Salamanca, Caribe Colombiano. Rev. Invest. Mar. 23(2): 113-120.
- WOURMS, J. P.** 1977. T. Reproduction and Development in Chondrichthyan Fishes. Amer. Zool., 17:379-410.
- WYRTKI, K.** 1967. Circulación and water masses in the Eastern Pacific Ocean. Internacional Journal of Oceanology and Limnology. 1:117-147. En: ORTEGA-GARCÍA, S. et al., 2000. *El Golfo de Tehuantepec como un centro de actividad*

biológica y su importancia en las pesquerías. Cap. 22. BAC. Centros de Actividad Biológica del Pacífico Mexicano. 336:354 p.

YÁÑEZ-ARANCIBIA, A. 1985. Recursos pesqueros potenciales de México. La pesca acompañante del camarón. Progr. Univ. De Alimentos, Inst. Ciencias del Mar y Limnología., Inst. Nal. de Pesca. UNAM, México D. F. 748 p.

ZAR, J. H. 1996. Biostatistical Analysis. Tercera edición. Prentice Hall, EUA. 662 p.