



CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
DEL NOROESTE, S.C.

Programa de Estudios de Posgrado

**DINÁMICA POBLACIONAL DEL TIBURÓN
BIRONCHE, *Rhizoprionodon longurio* (JORDAN Y
GILBERT 1882), EN EL GOLFO DE CALIFORNIA**

TESIS

Que para obtener el grado de

Doctor en Ciencias

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

Presenta

David Corro Espinosa

La Paz, Baja California Sur, febrero de 2011

ACTA DE LIBERACION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B. C. S., siendo las 8 horas del día 20 del Mes de Enero del 2011, se procedió por los abajo firmantes, miembros de la Comisión Revisora de Tesis avalada por la Dirección de Estudios de Posgrado del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., a liberar la Tesis de Grado titulada:


"Dinámica poblacional del Tiburón Bironche, *Rhizoprionodon longurio* (Jordan y Gilbert 1882), en el Golfo de California"

Presentada por el alumno:

David Corro Espinosa

Aspirante al Grado de DOCTOR EN CIENCIAS EN EL USO, MANEJO Y PRESERVACION DE LOS RECURSOS NATURALES CON ORIENTACION EN Biología Marina

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

 LA COMISION REVISORA

<u>Dr. Arturo Muhlia Melo</u>	<u>Dra. Yanira Artemiza Green Ruíz</u>
DIRECTOR DE TESIS	CO-TUTOR
<u>Dr. Felipe Galván Magaña</u>	<u>Dr. Leonardo A. Abitia Cárdenas</u>
CO-TUTOR	CO-TUTOR
<u>Dr. Agustín Hernández Herrera</u>	
CO-TUTOR	
<u>DRA. ELISA SERVIERE ZARAGOZA,</u> DIRECTORA DE ESTUDIOS DE POSGRADO	

CONFORMACIÓN DE COMITÉS

TUTORIAL

		INSTITUCIÓN
Dr. Arturo Muhlia Melo	(Director)	CIBNOR
Dr. Yanira Artemiza Green Ruíz	(Co-tutor)	INAPESCA
Dr. Felipe Galván Magaña	(Co-tutor)	CICIMAR
Dr. Leonardo Andrés Abitia Cárdenas	(Co-tutor)	CICIMAR
Dr. Agustín Hernández Herrera	(Co-tutor)	CICIMAR

REVISOR DE TESIS

Dr. Arturo Muhlia Melo	(Director)	CIBNOR
Dr. Yanira Artemiza Green Ruíz	(Co-tutor)	INAPESCA
Dr. Felipe Galván Magaña	(Co-tutor)	CICIMAR
Dr. Leonardo Andrés Abitia Cárdenas	(Co-tutor)	CICIMAR
Dr. Agustín Hernández Herrera	(Co-tutor)	CICIMAR

JURADO DE EXAMEN DE GRADO

Dr. Arturo Muhlia Melo
 Dr. Yanira Artemiza Green Ruíz
 Dr. Felipe Galván Magaña
 Dr. Leonardo Andrés Abitia Cárdenas
 Dr. Agustín Hernández Herrera
 Dr. Enrique Morales Bojórquez

RESUMEN

Fueron analizados 956 individuos de vida libre, 456 machos y 500 hembras y 513 embriones. Los machos presentaron el intervalo 39.8 a 119.0 cm LT y las hembras de 33.5 a 134.5 cm LT. Fueron encontradas tres modas en la frecuencia de longitudes. El peso de los machos fluctuó de 202 g para un neonato macho de 28 cm LT a 12 Kg para una hembra preñada de 121 cm LT. El peso promedio del testículo para individuos sub-adultos y adultos fue de 34 g, mientras que el del ovario fue de 20 g. El 73 % de los machos y el 57 % de las hembras se encontraron sexualmente maduros. La relación macho : hembra fue de 1 : 1 para embriones e individuos de vida libre. El diámetro promedio del ovocito mayor fue de 9.5 mm. El promedio de crías/hembra fue de 7.5. Los resultados del Índice Gonadosomático sugieren que los machos de *R. longurio* están activos reproductivamente durante abril-mayo. El valor de $L_{50\%}$ para machos fue = 100.53 cm LT y $\Phi = 2.07$; para las hembras fue $L_{50\%} = 92.36$ cm LT y $\Phi = 2.07$. El valor de los parámetros de la proporción de la talla de las hembras preñadas fue $L_{50\%} = 106.4$ cm LT y $\Phi = 6.11$. La edad a la que el 50% de los machos y las hembras estuvo maduro fue 1.7 y 2.4 años de edad, respectivamente. Fueron estimados los parámetros del modelo de von Bertalanffy, utilizando el número de bandas de edad en centra vertebrales. La periodicidad anual en la depositación de las bandas de edad fue verificada a través del análisis del incremento marginal. Los machos de *R. longurio* registraron una longitud máxima de 119.0 cm LT y una edad máxima de 6 años y las hembras una longitud máxima de 124 cm LT y una edad máxima de 7 años. Los individuos de ambos sexos crecen con una tasa similar hasta la edad de 2 años, entonces la tasa de crecimiento disminuye en los machos. La especie registra > 50 % de su longitud total máxima promedio durante su primer año de vida. Los parámetros derivados de los datos de edad a la longitud son $L_{\infty} = 110.54$ cm, $k = 0.58$ años⁻¹ y $t_0 = -1.49$ años para machos y $L_{\infty} = 124.46$ cm, $k = 0.46$ años⁻¹ y $t_0 = -1.43$ años para hembras. *R. longurio* tiene un ciclo de vida corto y crece más rápido que la mayoría de los otros tiburones carcharhínidos en el Golfo de California. Esta información facilita la obtención de pronósticos más realistas en los estudios demográficos y con ello se podrán proporcionar bases para probar diferentes escenarios de explotación comercial de la especie.

Palabras clave: Parámetros reproductivos, edad y crecimiento, *Rhizoprionodon longurio*.

ABSTRACT

This study analyzed 956 free-living individuals, 456 males and 500 females. The males showed the range from 39.8 to 119.0 cm TL and females from 33.5 to 134.5 cm TL. We find three modes in the frequency of lengths. The weight of the males ranged from 202 g for a male neonate of 28 cm TL and 12 kg for a pregnant female of 121 cm TL. The average weight of the testis for individual sub-adults and adults was 34 g, while the average of ovary was 20 g. 73% of males and 57% of females were sexually mature. The male:female ratio was 1:1 for embryos and free-living individuals. The average of diameter of largest oocytes was 9 mm. The average number of offspring per female was 7.5. The Gonadosomatic Index results suggest that males of *R. longurio* are reproductively active during April and May. The value of $L_{50\%}$ for males was 100.53 cm LT and $\Phi = 2.07$, for females was $L_{50\%} = 92.36$ and $\Phi = 2.07$. The value of the parameters of the proportion of pregnant female size was $L_{50\%} = 106.4$ cm LT and $\Phi = 6.11$. The age at which 50% of males and females were mature was 1.7 and 2.4 years, respectively. We estimated the parameters of von Bertalanffy model, using the number of age bands in vertebral centra. The annual periodicity in the deposition of the age bands was verified by analyzing the marginal increase. Males of *R. longurio* recorded a maximum length of 119.0 cm LT and a maximum age of 6 years and females a maximum length of 124 cm LT and a maximum age of 7 years. Individuals of both sexes grow at a similar rate until the age of 2 years, then the growth rate decreases in males. The species recorded > 50% of the average maximum total length during their first year of life. The parameters derived from age data length are $L_{\infty} = 110.54$ cm, $k = 0.58 \text{ year}^{-1}$ and $t_0 = -1.49$ years for males and $L_{\infty} = 124.46$ cm, $k = 0.46 \text{ years}^{-1}$ and $t_0 = -1.43$ years for females. *R. longurio* has a short life cycle and is growing faster than most other carcharhinids sharks in the Gulf of California. This information helps to obtain more realistic forecasts of demographic studies and thus may provide a basis to test different scenarios of commercial exploitation of this species.

Key words: Reproductive parameters, age and growth, *Rhizoprionodon longurio*.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres, Juan Corro León † y Ana María Espinosa Luengas, cuyo esfuerzo recorrió un largo camino para formarme como ser humano (y que no supe aquilatar sino hasta que tuve que iniciar la formación de mis propios hijos) y muchos sacrificios, para que yo materializara mi instrucción escolar. A ellos todo mi reconocimiento, profundo agradecimiento, respeto y amor.

A mi esposa Guadalupe Estela Mendivil Zayas, gran compañera en el camino que llamamos vida y alegre motivación en todo momento. A ti con todo mi amor.

A mis hijos, David Narayán, Ariadna Natalia y Daira Guadalupe, también con mucho amor, para que vean en este esfuerzo académico el aliciente de su propia superación. A ti hijo, que me asististe desinteresadamente en algunos de los muestreos realizados en el campo pesquero de Playa Sur, Mazatlán. Muchas gracias por tu agradable, juvenil, apoyo.

A mis hermanos, Mariano Noé y Débora. Mis hermanos mayores, con quienes espero volver a coincidir en nuestra forma de ver la vida. A ellos, que mucho les debo por sus atenciones y ejemplos. A mi querido hermano Lázaro, quien cargó sobre sus hombros el esfuerzo de apoyar económicamente a nuestra familia, cuando aun era casi un niño. A ti hermano con todo mi cariño, afecto y reconocimiento. A mi hermana, María Edelmira quien me ha apoyado en mis continuos viajes a la ciudad de México en compañía de mi hija Ariadna y de quien he recibido comprensión y solidaridad. A Juan, mi hermano que radica en Querétaro y que me recibe con los brazos abiertos. Muchas gracias. Y a ti, querido hermano Saúl, que el destino llevó a otro continente y que, aunque la barrera de la distancia te limita, puedes brindar ahora a los hijos, que tanto deseaste, una mejor calidad de vida.

A mi amigo el Biól. Remigio Bush Medina †, exdirector del CRIP-Mazatlán, quien alguna vez me externó su deseo de verme obtener este grado académico.

Dedico también la presente tesis a los profesores que me han instruido, en todos los distintos niveles escolares que he cursado y de los cuales conservo recuerdos memorables, ya que, al lograr este grado académico, no puedo dejar de recordar el Colegio de Santa Catarina; a la Escuela Primaria “José Ponciano Arriaga” en la calle de Jesús María; la Escuela Secundaria N° 1 de Regina, la Escuela Nacional Preparatoria N° 7, de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en La Viga. Todos ellos en el Centro Histórico del D. F.; A la entonces Escuela Nacional de Estudios Profesionales “ENEP Zaragoza”, de la UNAM en la Cabeza de Juárez; la Facultad de Ciencias, UNAM, en Ciudad Universitaria; el entonces Instituto Nacional de Enfermedades Pulmonares, de la Secretaría de Salubridad y Asistencia (Servicio Social), el Instituto de Biomédicas de la UNAM (Servicio Social). Todas ellas en la Ciudad de México, D. F. A la entonces Estación Mazatlán, del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, ahora Unidad Académica de la UNAM en Mazatlán, Sinaloa (Tesis de Licenciatura en Biología), La Facultad de Ciencias

del Mar, de la Universidad Autónoma de Sinaloa (Maestría en Ciencias, especialidad en Biología Pesquera, Tesis de Maestría), en Mazatlán, Sinaloa y al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. en la ciudad de La Paz, Baja California Sur.

A Dios Todopoderoso, mi Señor, por todo lo que a través de la vida Él me ha proporcionado.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C.(CIBNOR), en la ciudad de La Paz, Baja California Sur, como institución receptora de los estudios de Posgrado, todas las facilidades que fueron ofrecidas a mi persona, con el propósito de que obtuviese yo el grado académico que me propuse.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por la Beca de Doctorado y la Extensión de Beca de Doctorado, que me ofreció para la realización de mis estudios en el CIBNOR.

Agradezco a mi Director de Tesis, el Dr. Arturo Fabian Eduardo Muhlia Melo, por todos los apoyos que me brindó, especialmente los referentes a mi estancia en el extranjero y mi participación en el Proyecto del CIBNOR, número 62546, aprobado y financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), debido a que el primero de estos me permitió capacitarme en temas académicos de mi interés y el segundo me brindó condiciones óptimas para adquirir la información de campo necesaria para el estudio de mi especie objetivo. Muchas gracias.

A mis tutores, la Dra. Yanira Artemiza Green Ruíz, Dr. Felipe Galván Magaña, Dr. Leonardo Andrés Abitia Cárdenas y el Dr. Agustín Hernández Herrera. Por las recomendaciones y consejos que me ofrecieron y por su interés en estar presentes en las Reuniones de Comité Tutorial.

Ofrezco un segundo agradecimiento a la Dra. Yanira Artemiza Green Ruíz por ofrecerme amablemente las instalaciones del Laboratorio de Edad y Crecimiento de Organismos Marinos (LECOM), del Centro Regional de Investigaciones Pesqueras de Mazatlán, del cual es ella responsable. Agradezco también al Dr. Fernando Márquez Farías su amable asesoría.

Agradezco al Biól. Luis Beléndez Moreno y al M. en C. Gabriel Aldana Flores, responsables en sus respectivos periodos de la Dirección General de Investigación Pesquera del Pacífico Norte y del despacho de la misma y autoridades del Centro Regional de Investigaciones Pesqueras de Mazatlán, del Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA), de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), por todas las facilidades brindadas a mi persona, a fin de que realizara mis estudios de

doctorado. Agradezco también al Dr. Abraham Navarrete del Proo, actual responsable de esta Dirección General, por su valioso apoyo y por la aceptación y promoción del Convenio de Colaboración INAPESCA-CIBNOR, mediante el Proyecto 62546 del CONACYT denominado “Dinámica poblacional de elasmobranquios de importancia comercial, *Rhizoprionodon longurio*, Tiburón Bironche y *Rhinoptera steindachneri*, Raya Tecolote, en el Golfo de California”.

A la M. en C. Carmen Rodríguez Jaramillo, responsable del Laboratorio de Histología e Histoquímica del CIBNOR, por su amabilidad y facilidades brindadas en el procesamiento de los cortes histológicos de mi especie objetivo. También deseo agradecer a la Técnico de este Laboratorio, Eulalia Meza Chávez. Muchas gracias al M. en C. Vicente Hernández Covarrubias, del Laboratorio de Sanidad Acuícola del CRIP-Mazatlán, por complementar el procesamiento de los cortes histológicos de mi especie objetivo.

Al Dr. Juan Matías Braccini, investigador del Marine and Freshwater Fisheries Research Institute, de la Industry Primary, en Queenscliff, Victoria, Australia, por sus atinados consejos y recomendaciones en el tema de edad y crecimiento.

A la Dra. Cynthia Awruch, del Fishing and Fisheries Research Centre de la School of Health and Environmental Sciences de la James Cook University North of Queensland, en Queensland, Australia, por la capacitación brindada a un servidor en temas de interpretación gonádica en tiburones. Igualmente quiero agradecer al Dr. Colin Simpfendorfer, investigador y Director del Fishing and Fisheries Research Centre, por sus amables recomendaciones en el tema de edad y crecimiento.

A los doctores que estuvieron presentes en mi examen predoctoral: Dr. Arturo Muhlia Melo, Dra. Yanira Artemiza Green Ruíz, Dra. Martha Haro Garay, Dr. Francisco Arreguín Sánchez y Óscar Holguín Quiñónez. Muchas gracias.

A la Dra. Elisa Serviere Zaragoza, actual responsable de la Dirección de Estudios de Posgrado del CIBNOR, por sus atenciones. A la Dra. Thelma Rosa Castellanos Cervantes, quien fungió como Directora de Estudios de Posgrado del CIBNOR, gran parte del periodo de mis estudios de doctorado y que autorizó apoyos económicos en mi estancia en el extranjero, mi más sincero agradecimiento.

A la Lic. Leticia González Rubio, del Departamento de Becas, de la Dirección de Estudios de Posgrado, del CIBNOR, por su apoyo, amable y eficiente, en mi estancia en el extranjero y en la aclaración de las dudas existentes en mis trámites. A la Lic. Osvelia Ibarra Morales, Betty Gálvez y Tania Núñez, del Departamento de Control Escolar de la misma Dirección, por sus consideraciones para mi persona por radicar fuera de la ciudad de La Paz, B. C. S., muchas gracias. Al Ing. Horacio Sandoval Gómez y al Lic. José Manuel Melero Astorga, del Laboratorio de Cómputo del CIBNOR por su gran apoyo y profesionalismo.

Al Ing. Pesquero Crescencio Castillo Castro, del CET-Mar N° 28 de Altata, Navolato,

Sinaloa, de la Dirección General de Educación en Ciencia y Tecnología del Mar, por su gran compañerismo, profesionalismo y dedicación, brindados en más de una década, como asistente de muestreo en los campamentos pesqueros de la región de Altata y La Reforma, Sinaloa y Coordinador del Departamento de Servicio Social de ese plantel. Hago también patente mi agradecimiento a los cerca de 40 alumnos de nivel bachillerato de esta institución, que participaron a lo largo de varios años en las labores de muestreo de las especies de elasmobranquios, coordinados por el Ing. Castillo Castro.

A Ira Fogel, editor del CIBNOR, mi más sincero reconocimiento, por revisar y efectuar las correcciones necesarias al manuscrito de edad y crecimiento en idioma Inglés, para que este fuese sometido y eventualmente publicado en un Journal internacional.

Al M. en C. Israel Salazar Navarro, de los Proyectos Langosta y Jaiba del Centro Regional de Investigaciones Pesqueras de Mazatlán, por proporcionarme datos de temperatura del agua de mar. Al Técnico Alfredo Agustín Verde Hernández, del LECOM, por su apoyo en las actividades que realicé en esta área. Al Ing. Pedro Valdés Ledón, del mismo Centro de Investigación, por su apoyo técnico en computación cuando fue requerido.

Gracias al Dr. Enrique Morales Bojórquez y el M. en C. Raúl Carvajal Valdés, quienes me asistieron en el manejo de los datos de edad y crecimiento.

A los contribuyentes fiscales de nuestro país, quienes con sus aportaciones hacen posible que el CONACyT esté en condiciones de proporcionar becas adecuadas a los estudiantes de posgrado. Ahora más que nunca un servidor se siente comprometido en devolver a la sociedad beneficios que de ella ha recibido.

Hago un reconocimiento especial a Gregorio Gilberto Cruz Fuentes, por la original muestra de generosidad que manifestó al regalarme su equipo personal de cómputo portátil, en forma inmediata, luego de enterarse de la pérdida del mío.

Al Dr. José Antonio Farías Sánchez, del Instituto Tecnológico de Mazatlán, de la SEP, por ofrecerme amablemente su disposición para revisar mi tesis, misma que por diversos motivos no pudo concretarse. Por su intención desinteresada, muchas gracias.

Finalmente, mis agradecimientos no estarían completos si no menciono a los pescadores ribereños, trabajadores del mar, que a pesar de su empeño y gran esfuerzo físico, muchas veces agotador, me permitieron revisar su captura y disponer de ejemplares de *R. longurio* para que yo registrase la información necesaria y colectase el material biológico requerido.

Por ello, agradezco a los pescadores ribereños de los campos pesqueros de:

Sonora (El Choyudo y Santa Bárbara): Ismael Galván Ruíz, Ramón Espinosa, David Figueroa, Baltazar Perroste Ávalos, José Cecilio Jara Ruiz y su amable esposa

Maricruz.

Sinaloa (La Reforma, Las Aguamitas, Dautillos y Yameto) Jesús Enrique Mascareño. Juan Eduardo, Eleazar G. Zambada, Sergio Mejía Godoy, José Basilio Gavilanes, Urbano Bueno Olivas, Ramón López Castro, Daniel Beltrán C., “el burras”, Juan Hernández, Jesús Alejandro Bojórquez Saéñz alias “cariño”; “el conejo”, Damian Subia, Javier Lassetter, Daniel Bueno, Casildo Espinosa Gastelúm, Esteban Camargo; Josué Guadalupe Rubio Verdugo “el lupillo”; Martín Santillañez, Omar Osvaldo, Teófilo Heredia, a “el cumbias”, a Juan “el reversas”, Guadalupe Medina, Natanael Soberanes Mejía, Sénen López López, Aldo Cuitláhuac Atondo, Felipe Atondo Aguilar, Leobardo López, Fernando Atóndo, al gran Matías, a los hermanos Atondo Tuasón: Guadalupe “el colonias”, Victorino “el tori”, Julio César “el jobas” y Nabor y sus respectivas esposas; a Jesús “el piringüey”, su amable esposa Rosy y a toda su familia, a Carlos, Amauri e Iván Atondo. A la Sra. Enedina de Atondo “Doña Ene”, por su amistad y atenciones a mi persona, las cuales fueron constantes y por años; Arnulfo Gallardo “el pelón”. A los hermanos Iván, Carlos y Cristóbal Inzunza Espinoza, este último “el tobalito” (mi gran amigo. Espero que pronto resuelva el problema en el que se encuentra) y a su padre Cristóbal Inzunza Castro “el tobal”, Mario Alberto Meza Borquez “la chilindrina”, Ramón Jiménez Espinoza, José Ramón Osuna, Sr. Clodomiro, Ramón Bojorquez, Praxedis Sánchez Pedroza “el prajedes”.

(Barras de Piaxtla y Playa Sur) Jesús Medina “el chuy” y familia, Mario Gastelum “el cabechas”, a su hijo “el cabo”, Teófilo Jiménez, Germán Bracamontes el “toy loco”, Fernando Bracamontes López, Gerónimo Rocha, José Luis Kelly, Rubén Oliverio Arias, Tomás Herrera Martínez, José de Jesús Sánchez Tavares, José Ramón Osuna, Gustavo Domínguez, Fidel Benítez, Felipe de Jesús Meza.

(Teacapán) Erasmo Brambila López “el ñoño” y a Marcelino Brambila López, Humberto Toledo López “el chaca”, Mercedes Martínez, Noé Zambrano, Carlos Urias, Omar Alejandro, Sergio Sánchez Barrón “el pelos ponk”, José Martín Villalbazo Aguilar, a “el mayo”, a Martín Barrón “el greñas”, Juan Luis Acevedo Nava, Ismael López Delgado, Juan Carlos Pérez, David González Brambila “el papiringo”, Luis Sánchez, Alejandro Barrón Ibarra “el alejo”, Octavio Castro Montoya, Cipriano Rojas Cedano, Jorge Luis Ibarra Padilla, Hipólito García Mancillas, Roberto Mancillas Seguame, Cesario Porras Robles, Enrique Cabrales Sillas “el cuervo”, Vicente Fausto Padilla, Sergio Javier Delgado Mancillas, Adrián Barrón Rodríguez, “el nargas”, Juan José Sánchez “poder”, a los hermanos Camilo y Humberto Toledo y a Juan Salazar Denis “el manaquito”.

A los pescadores ribereños que involuntariamente pueda estar omitiendo, muchas gracias.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
CONTENIDO	xi
LISTA DE FIGURAS	xiii
LISTA DE TABLAS	xviii
ABREVIATURAS	xx
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	4
2.1 Distribución de <i>R. longurio</i>	4
2.2 Hábitat	5
2.3 Migración en el Golfo de California.....	6
2.4 Protección de las especies.....	6
2.5 La pesquería de tiburones y rayas en México.....	8
2.6 Estudio de las especies de tiburón.....	12
2.6.1 Relaciones tróficas.....	13
3. JUSTIFICACIÓN	14
4. OBJETIVO GENERAL	18
4.1 Objetivos particulares.....	18
5. MATERIAL Y MÉTODOS	19
5.1 Área de estudio.....	19
5.2 Campos pesqueros, muestreo y morfometría.....	26
5.3 Condición reproductiva y desarrollo gonádico.....	28
5.4 Edad y crecimiento.....	34
6. RESULTADOS	36
6.1 Estructura de tallas.....	37
6.2 Distribución espacio-temporal.....	37
6.3 Relación longitud-peso de machos y hembras.....	40
6.4 Relación LT vs. peso del hígado.....	43
6.5 Condición reproductiva.....	44
6.6 Proporción de madurez sexual.....	54
6.7 Desarrollo gonádico.....	61
6.7.1 Tracto reproductor.....	61
6.8 Edad y crecimiento.....	70
7. DISCUSIÓN	82
7.1 Condición reproductiva y desarrollo gonádico.....	82
7.2 Edad y crecimiento.....	90

	Página
8. CONCLUSIONES	95
9. LITERATURA CITADA	98
10. APÉNDICES	122
10.1 Sinopsis biológica de la especie.....	123
10.1.1 Sistemática y descripción.....	123
10.1.2 Sistemática.....	123
10.1.3 Descripción según Castro (1983) y Compagno (1984).....	124
10.1.4 Características diagnósticas.....	124
10.2 Registro histórico de especies de tiburón en el sur del Golfo de California y aguas adyacentes.....	126
10.3 Especies del género <i>Rhizoprionodon</i>	130
11. ANEXOS	132
11.1 Age and growth of Pacific sharpnose shark <i>Rhizoprionodon longurio</i> in the Gulf of California.....	133
11.2 Proporción de longitud a la madurez del tiburón <i>Rhizoprionodon</i> <i>longurio</i> , en el Golfo de California, México.....	163

LISTA DE FIGURAS

- Fig. 1.** Producción histórica de las capturas comerciales de tiburón, en el periodo 1976-2007, en el litoral Pacífico de México. (◆) total de tiburón (“tiburón” y “cazón”); (■) total de “cazón”; (▲) promedio del “cazón” de los estados del Golfo de California (Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa y Nayarit) y (x) promedio del “cazón” de los estados del centro y sur del litoral Pacífico de México.....9
- Fig. 2.** Golfo de California. División en tres regiones de acuerdo a las características hidrológicas según el criterio de Roden y Groves (1959) y localidades de muestreo (Tomado de *Google*).....20
- Fig. 3.** Área de estudio. Zonas de influencia de las flotas ribereñas artesanales y localidades de muestreo de *R. longurio*.....27
- Fig. 4.** Hembra de *R. longurio* de 99.2 cm LT. A) Vista lateral del organismo completo, registro de medida morfométrica (la LT es LT_{nat}) y área de extracción (rectángulo negro) de las vértebras empleadas en el análisis de edad y crecimiento y B) Vista lateral de la cabeza, donde se aprecia el círculo blanco que rodea al ojo (Flecha). Fotografías del autor.....28
- Fig. 5.** Longitud del gonopterigio (LG) en *R. longurio*. Fotografía del autor.....30
- Fig. 6.** Ovario izquierdo de *R. longurio* con ovocitos vitelogénicos. DOM = Diametro del ovocito mayor. Fotografía del autor.....30
- Fig. 7.** Glándula nidamentaria izquierda de *R. longurio*. Fotografía del autor.....31
- Fig. 8.** Distribución de frecuencia de longitudes de *R. longurio* (sexos combinados) capturados de febrero de 2005 a agosto de 2009, en la costa continental del Golfo de California.....38

	Página
Fig. 9. Distribución de frecuencia de longitudes de <i>R. longurio</i> (sexos combinados, n = 956) en las principales localidades de muestreo, en la costa continental del Golfo de California en 2005-2009.....	41
Fig. 10. Relación entre la LT y el peso de individuos de vida libre de <i>R. longurio</i> (sexos combinados) capturados de febrero de 2005 a agosto de 2009, en la costa continental del Golfo de California.....	43
Fig. 11. Relación entre la LT y el peso del hígado de machos de <i>R. longurio</i> , en el Golfo de California.....	44
Fig. 12. Relación entre la LT y el peso del hígado de hembras de <i>R. longurio</i> , en el Golfo de California.....	45
Fig. 13. Relación entre la LT y el peso del testículo izquierdo de <i>R. longurio</i> , en el Golfo de California en 2005-2009. La línea vertical representa la longitud a la cual el 50 % de los organismos se encuentra sexualmente maduro.....	46
Fig. 14. Índice Gonadosomático de machos de <i>R. longurio</i> , de diciembre a junio, en el Golfo de California. El número arriba de cada valor es la n mensual.....	47
Fig. 15. Relación entre la LT y el peso del ovario izquierdo de <i>R. longurio</i> , en el Golfo de California.....	47
Fig. 16. Índice Gonadosomático de hembras de <i>R. longurio</i> , de diciembre a junio, en el Golfo de California. El número arriba de cada valor es la n mensual.....	48
Fig. 17. Relación entre la LT y la longitud del gonopterigio de <i>R. longurio</i> , en el Golfo de California. La última línea vertical a la derecha representa la longitud a partir de la cual el 50% de los organismos se encuentra sexualmente maduro.....	50
Fig. 18. Relación entre la LT de hembras y el promedio de ovocitos de <i>R. longurio</i> , en el Golfo de California.....	51

	Página
Fig. 19. Relación entre la LT de hembras y el diámetro del ovocito mayor de <i>R. longurio</i> , en el Golfo de California. La línea vertical señala la longitud a la cual el 50% de los organismos se encuentra sexualmente maduro.....	52
Fig. 20. Relación entre la LT de hembras y el promedio del diámetro de los ovocitos por intervalo de clase de <i>R. longurio</i> , en el Golfo de California. El número arriba de cada barra es el valor de n del intervalo de clase. La línea vertical señala la longitud en la cual el 50 % de los organismos se encuentra sexualmente maduro.....	53
Fig. 21. Relación entre la LT de hembras y el ancho de la glándula nidamentaria de <i>R. longurio</i> , en el Golfo de California. La línea vertical señala la longitud en la cual el 50 % de los organismos se encuentra sexualmente maduro.....	54
Fig. 22. Relación entre la LT de hembras y el ancho de la bolsa uterina izquierda de <i>R. longurio</i> , en el Golfo de California.....	54
Fig. 23. Distribución de frecuencias de longitud para hembras y machos de <i>R. longurio</i> ...	55
Fig. 24. Estructura de longitudes por estadio de madurez de <i>R. longurio</i> en el Golfo de California.....	56
Fig. 25. Estructura de longitud por estadio binario de madurez (0= inmaduro, 1= maduro) de <i>R. longurio</i> en el Golfo de California.....	58
Fig. 26. Ojivas de madurez mostrando la proporción de la madurez sexual para los machos (—) y las hembras (---) de <i>R. longurio</i> en el Golfo de California.....	60
Fig. 27. Talla en la que el 50% de los individuos de ambos sexos de las especies del género <i>Rhizoprionodon</i> , adquieren su primera maduración sexual, en base a las ojivas de madurez del modelo logístico. h= hembras, m= machos. Fuente: 1) Carlson y Baremore (2003); 2) Motta <i>et al.</i> (2007), 3) (a) Henderson <i>et al.</i> (2006); (b) Harry <i>et al.</i> (En prensa) y 4) Presente estudio.....	61

Fig. 28. Corte transversal del testículo izquierdo de un macho sub-adulto de *R. longurio* de 87 cm LT. Fotografía: Vicente Hernández Covarrubias.....62

Fig. 29. Corte histológico transversal de testículo. (A) Zona de espermatogonias primarias, (B) Detalle de espermatogonia secundaria, (C) Detalle de zona de degeneración, (D) detalle de zona de conducto eferente y (E) Detalle de vaso sanguíneo. Fotografías del autor.....64

Fig. 30. Corte histológico transversal del testículo mostrando los siete estadios de la espermatogénesis usados para clasificar los espermatocistos de *R. longurio*. (1) Estadio 1, espermatocistos conteniendo espermatoblastos con cuatro o menos espermatogonias secundarias. Los núcleos de las células de Sertoli pueden ser vistos en la periferia (flechas), (2) Estadio 2, núcleos de la célula de Sertoli (Flecha) se ven migrar del interior de la membrana basal del espermatocisto, (3) Estadio 3, los espermatocistos contienen espermatocitos primarios con cromatina de aspecto granular, que tiñe de color oscuro. El núcleo de las células de Sertoli (Flecha) ha completado su migración a la membrana basal. (4) Estadio 4, los espermatocistos contienen espermatogonias secundarias fácilmente identificables por su núcleo extremadamente pequeño (Flecha). Los núcleos de las células de Sertoli están localizados contra la membrana basal (Flecha). (5) Estadio 5, los espermatocistos contienen espermatidas con núcleo elíptico (Flecha). (6) Estadio 6, los espermatocistos contienen espermatoblastos con núcleos de esperma (SP), embebidos en el citoplasma de las células de Sertoli (Flecha), se encuentran separados uno de cada otro. (7) Estadio 7, los espermatocistos, contienen cabezas de espermatozoides empacados en forma compacta y formando una figura en espiral. Fotografías del autor.....66

Fig. 31. Corte transversal de ovario de una hembra sub-adulta de *R. longurio* de 79 cm LT. Fotografía: Vicente Hernández Covarrubias.....67

Fig. 32. Corte transversal de folículos categorizados con dos magnificaciones: 1. Previtelogénico temprano; 2. Previtelogénico; 3. Vitelogénico temprano; 4. Vitelogénico; N, núcleo folicular; ZP, zona pellucida; M, membrana basal; E, epitelio folicular; V, plaquetas de vitelo; TI, teca interna, TE, teca externa. Fotografías del autor.....69

Fig. 33. Histograma de longitud de frecuencias de machos (A) y hembras (B) de *R. longurio*, incluidos en el análisis de edad y crecimiento.....71

Fig. 34. Relación entre el radio vertebral y la longitud total de *R. longurio*, ($n = 546$), en el Golfo de California. Machos (A), hembras (B).....72

Fig. 35. Frecuencia de longitudes de embriones (■) de diciembre a mayo y de neonatos (□) de junio a agosto para ambos sexos de *R. longurio*, capturado en el Golfo de California...73

Fig. 36. Trazo del error en la comparación de la edad de *R. longurio*, por conteo de bandas de edad en vértebras, por dos lectores independientes. Cada barra de error representa el 95% del intervalo de confianza para la edad promedio asignada por el Lector 2 a todos los animales a una edad determinada por el Lector 1. También se presenta la línea de equivalencia uno-a-uno.....75

Fig. 37. Vértebras de *R. longurio*. (a) de un embrión tardío macho de 36.3 cm LT, radio vertebral de 0.30 cm, (b) de un macho de 95.0 cm LT, radio vertebral de 0.85 cm, edad estimada de 3 años. (c) de una hembra de 120.0 cm LT, radio vertebral de 1.35 cm, edad estimada de 6 años. MN = marca de nacimiento, 1, 2, 3, 4, 5 y 6 = bandas de las edades 1, 2, 3, 4, 5 y 6, CC = cuerpo calcáreo, I = intermedialia y RV= radio vertebral.....75

Fig. 38. Histograma de frecuencia de edades de *R. longurio*, basado en la asignación de edades en acuerdo entre el Lector 1 y el Lector 2. Machos (A), hembras (B).....76

Fig. 39. Radio del incremento marginal mensual para machos y hembras de *R. longurio* en el Golfo de California (Las barras de error son el error estándar. Los números arriba y debajo de las barras de error son los individuos de edad 0 y >0, respectivamente).....77

Fig. 40. Curva de von Bertalanffy para machos (A) y hembras (B) de *R. longurio*, en el Golfo de California, basada en las estimaciones de las bandas de edad en vértebras....78

Fig. 41. Relación entre la LT y el peso corporal de embriones de *R. longurio* (sexos combinados), en el Golfo de California.....79

Fig. 42. Frecuencia de longitud de embriones en desarrollo (diciembre-abril) y neonatos (mayo) de *R. longurio*, en el Golfo de California.....81

Fig. 43. Desarrollo embrionario de *R. longurio*. (*) cápsula blastódica, (♦, o, ■) embriones, (♦) fuente Mejía Salazar (2007), (■) fuente presente estudio, (o) promedio de valores de Mejía-Salazar (2007) y presente estudio. La flecha vertical indica el mes (junio), en que se lleva a cabo el nacimiento, fecundación en las hembras y la implantación de los productos de la fecundación.81

LISTA DE TABLAS

Tabla I. Máxima LT registrada de <i>R. longurio</i> , en estudios realizados de 1981 a la fecha, en la costa del Océano Pacífico en México. GDC = Golfo de California.....	42
Tabla II. Radio sexual de neonatos e individuos de vida libre de ambos sexos de <i>R. longurio</i> en la costa continental del Golfo de California.....	49
Tabla III. Distribución de frecuencia de longitudes por estadios de madurez y estadio binario de madurez y preñez, de la población de <i>R. longurio</i> . (Estadios de madurez de 0 a 3= neonato, juvenil, sub-adulto y adulto en ambos sexos; en hembras, 4 = preñez; 5 = <i>post partum</i>).....	57
Tabla IV. Parámetros reproductivos de las especies de tiburón del género <i>Rhizoprionodon</i>	59
Tabla V. Clases de madurez de machos de <i>R. longurio</i>	65
Tabla VI. Intervalo de longitud total de organismos y clasificación de folículos en <i>R. longurio</i> , basados en el tamaño y las características histológicas. Folículo PVT, previtelogénico temprano; Folículo PV, previtelogénico; Folículo VT, vitelogénico temprano y Folículo V, vitelogénico, MDF, máximo diámetro folicular.....	68
Tabla VII. Porcentaje de acuerdo (PA) entre la lectura de edades del Lector 1 y el Lector 2, para cada grupo de edad de <i>R. longurio</i> , en el Golfo de California.....	74
Tabla VIII. Parámetros de edad y crecimiento de algunas especies de tiburón del género <i>Rhizoprionodon</i>	80
Tabla IX. Posición taxonómica de <i>R. longurio</i> , Tiburón Bironche.....	123
Tabla X. Registro histórico de tiburones en el área sur del Golfo de California y áreas adyacentes. Campañas de investigación realizadas en aguas: C= Costeras, O= Oceánicas y O-C= Oceánico-costeras. X= Especies registradas. 1) Corro Espinosa (en preparación); 2)	

	Página
Pérez Jiménez <i>et al.</i> (2005a); 3) Castro Aguirre <i>et al.</i> (2005); 4) Vázquez Rojano (2003); 5) Corro Espinosa y Hernández Carvallo (2002); 6) Sarabia Alvarado y Velásquez Mayorquín (2002); 7) Pérez Jiménez y Venegas Herrera (1997) y Furlong Estrada y Barragán Cuencas (1997); 8) Castillo Géniz (1992); 9) Righetty Rojo y Castro Morales (1990); 10) Galván Magaña <i>et al.</i> (1989); 11) Rodríguez García (1986); 12) Manjarrez <i>et al.</i> (1983); 13) Saucedo Barrón <i>et al.</i> (1982); 14) Applegate <i>et al.</i> (1979); 15) Hernández Carvallo (1976); 16) Hernández Carvallo (1971); 17) Castro Aguirre (1967); 18) Kato <i>et al.</i> (1967); 19) Kato (1965); 20) Rosenblatt y Baldwin (1958) y 21) Beebe y Tee-Van (1941).....	126

ABREVIATURAS

- APEC*.....Grupo de Trabajo de Pesquerías de la Cooperación Económica Asia-Pacífico.
- CETMAR N° 28.....Centro de Estudios Tecnológicos del Mar N° 28, en Altata, Navolato, Sinaloa. Dirección General de Educación en Ciencia y Tecnología del Mar, SEP.
- CIAT.....Comisión Interamericana del Atún Tropical.
- CIBNOR.....Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C.
- CICAA.....Comisión Interamericana para la Conservación del Atún Tropical.
- CITES*.....Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres.
- CONAPESCA.....Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca, de México.
- CONABIO.....Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, de México.
- CRIP-Mazatlán.....Centro Regional de Investigaciones Pesqueras de Mazatlán. Mazatlán, Sinaloa. Instituto Nacional de Pesca, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- CSIRO*.....Organización para la Investigación Industrial y el Bienestar Común, de Australia.
- DOF.....Diario Oficial de la Federación.
- FAO*.....Organización de Agricultura y Alimentación de las Naciones Unidas.
- ICES*.....Consejo Internacional de Exploración del Mar.
- IOTC*.....Comisión del Atún para el Océano Índico.

* Por sus siglas en Inglés.

- MAFFRI*.....Instituto de Investigación en Pesquerías Marinas y de Agua Dulce, Queenscliff, Victoria, Australia.
- NAFO*.....Organización de la Pesquería del Atlántico Noroeste.
- NOM-029.....Norma Oficial Mexicana de Tiburones, Rayas y Especies Afines NOM-029-PESC-2005.
- OLDEPESCA.....Organización Latinoamericana de Desarrollo Pesquero.
- OFPPC*.....Programa de Pesquerías Oceánicas de la Comunidad del Pacífico.
- PANMCT.....Plan de Acción Nacional para el Manejo y Conservación de Tiburones, Rayas y Especies Afines en México. Publicado por la CONAPESCA.

* Por sus siglas en Inglés.

1. INTRODUCCIÓN

Rhizoprionodon longurio (Jordan y Gilbert, 1882), Tiburón Bironche (Carcharhinidae), es una especie de pequeña talla, que habita aguas costeras cálidas en el Pacífico Este tropical, desde el sur de California a Perú (Castro, 1983). Este tiburón es común en el Golfo de California, donde exhibe una migración reproductiva estacional durante el periodo frío del año, asociada al cambio de temperatura en el agua. *R. longurio* frecuenta áreas de fondos musgosos y posee una dieta basada en especies de hábitos demersales (Márquez- Farías *et al.*, 2005). Es una de las tres especies de mayor importancia en la pesca ribereña artesanal de Sonora y Sinaloa, por sus volúmenes de captura, al ocupar el segundo lugar sólo por debajo de *Mustelus henlei*, tiburón mamón (Sonora) y *Sphyrna lewini*, tiburón cabeza de martillo o cornuda común (Sinaloa) (Corro-Espinosa y Hernández-Carvallo, 2002, Bizzarro *et al.*, 2009 a, Bizzarro *et al.*, 2009 b).

Debido a que *R. longurio* es una especie altamente migratoria, se presenta en las costas arriba señaladas durante el periodo noviembre-mayo, en el que está disponible para una pesquería altamente estacional (Márquez-Farías *et al.*, 2005). Es capturada con cimbras y redes de enmalle, principalmente como parte de la pesquería artesanal multi-específica. Los recién nacidos y juveniles son capturados con redes de enmalle, como fauna de acompañamiento en la pesquería costera del pez sierra (*Scomberomorus sierra*) y en la pesquería de camarón (*Penaeus spp.*).

La información del ciclo de vida de *R. longurio* es relativamente escasa. Aquella sobre reproducción y alimentación para una región pequeña dentro del Golfo de California está disponible (Márquez-Farías *et al.*, 2005). La selectividad de las artes de pesca, cerca de la entrada del Golfo de California, ha sido descrita para esta y otras especies de tiburón (Pérez-Jiménez *et al.*, 2005a).

El género *Rhizoprionodon* integra a siete especies, todas ellas comunes en las descargas pesqueras de distintas áreas costeras alrededor del mundo (Simpfendorfer, 1993, Loeffler y

Sedberry, 2003, Márquez-Farias *et al.*, 2005, Capapé *et al.*, 2006, Lessa *et al.*, 2009). Algunos estudios de las especies *Rhizoprionodon* son los de Parson (1983) y Loefer y Sedberry (2003), quienes analizaron la biología reproductiva y la historia de vida de *Rhizoprionodon terraenovae*, respectivamente. Simpfendorfer (1992), estudió la estrategia reproductiva de *Rhizoprionodon taylori* en la Bahía de Cleveland, norte de Queensland, Australia. Por su parte, Henderson *et al.* (2006) y Capapé *et al.* (2006) estudiaron la biología reproductiva de *Rhizoprionodon acutus*, en las aguas costeras de Oman (Península Arábiga) y de Senegal (Atlántico Este Tropical), respectivamente, mientras que Lessa *et al.* (2009) estudiaron la edad y crecimiento de *Rhizoprionodon lalandii* y *Rhizoprionodon porosus* en las costas de Brasil. Contrario al desarrollo de la pesca artesanal de tiburones en nuestro país y a la bien documentada presencia de *R. longurio* en el Golfo de California, se han llevado a cabo muy pocos estudios sobre su biología y ecología. Información detallada de la proporción de individuos en condición de madurez en cualquier tamaño es aun inexistente. La proporción de madurez u ojivas de madurez es un elemento significativo en los estudios demográficos, usualmente basados en estructura de edades. La incorporación de la ojiva de madurez produce un pronóstico más realista de las tasas reproductivas poblacionales y ofrece, a la vez, una línea base para la realización de pruebas en diferentes escenarios de explotación. Este estudio es importante, debido a que es una especie que se encuentra sujeta a una intensa explotación comercial en la costa continental de este ecosistema. Se ha considerado que en Sonora, algunos tiburones de gran talla (*Carcharhinus leucas*, *C. limbatus*, *C. obscurus* y *Galeocerdo cuvier*) han sido sobre-explotados por la pesca ribereña artesanal, lo que ha motivado un cambio en el esfuerzo pesquero hacía las poblaciones costeras de pequeños elasmobranquios (Bizzarro *et al.*, 2009 a), tales como *R. longurio*. Además esta población es también impactada por la pesca comercial de embarcaciones tiburonerías de mediana altura y por las embarcaciones de pesquerías de otros recursos marinos que capturan neonatos, juveniles y adultos en forma incidental. Actualmente *R. longurio* está catalogado en la Red List de CITES como una especie con *Información Deficiente* y cuya tendencia poblacional *Se desconoce* a la fecha (<http://www.iucnredlist.org/apps/redlist/search>).

Estudios de otros tiburones *Rhizoprionodon* indican que este género muestra tasas elevadas de crecimiento y ciclos de vida cortos (Simpfendorfer, 1993, Loefer y Sedberry, 2003). Simpfendorfer (1993) estudió la edad y crecimiento del tiburón nariz puntiaguda de Australia, *Rhizoprionodon taylori* y sugirió una edad máxima de 6 años para los machos y de 7 años para las hembras, mientras que para el tiburón de nariz puntiaguda del Atlántico, *Rhizoprionodon terraenovae*, en el sureste de los estados Unidos de Norteamérica Loefer y Sedberry (2003) registraron una edad máxima de 11+ años. Lessa *et al.* (2009) señalan una edad máxima de seis años y de cinco años para los tiburones nariz puntiaguda de Brasil, *Rhizoprionodon lalandii* y del Caribe, *Rhizoprionodon porosus*, sexos combinados, respectivamente.

Contrario a la mayoría de las especies de carcharhínidos que tienen una longevidad relativamente alta, un crecimiento lento y una maduración sexual tardía (v. gr. *Carcharhinus brachyurus*, Walter y Ebert, 1991, *Galeorhinus galeus*, Ferreira y Vooren, 1991, *C. leucas*, Wintner *et al.*, 2002), *R. longurio* madura a una edad relativamente temprana (2-3 años de edad), tiene un ciclo reproductivo anual y produce de 1 a 11 crías (Márquez-Farías *et al.*, 2005). Aunque no existe evidencia de sobreexplotación pesquera en esta especie, estas características explican su habilidad para soportar la presión pesquera de tiburones existente en el Golfo de California.

R. taylori y *R. terraenovae* tienen una baja longevidad, similar a la de otros tiburones de talla relativamente pequeña (que van desde 134 a 189 cm LT), dentro de la familia Carcharhinidae (*Carcharhinus isodon*; *C. acronotus*; *C. porosus*; y *C. cautus*). Las edades máximas de *C. isodon* son de 10.3 años los machos y 12.3 años las hembras (Drymon, 2003); de *C. acronotus* son de 9 años los machos y 16 las hembras (Carlson *et al.*, 1999); de *C. porosus* es de 12 años las hembras (Lessa y Santana, 1998); y de *C. cautus* son de 12 años los machos y 16 las hembras (White *et al.*, 2002a).

El impacto en la pesca de los stocks de tiburones y rayas alrededor del mundo es materia actual de considerable preocupación internacional (Stevens *et al.*, 2000). En México se

estima que 130,000 embarcaciones artesanales capturan aproximadamente el 40 % de la captura marina nacional (Arreguín-Sánchez *et al.*, 2004). Aunque los tiburones y las rayas comprenden una proporción relativamente pequeña de la producción pesquera mexicana, su contribución excede enormemente el promedio mundial (FAO, 2005; Bizzarro *et al.*, 2009 a). El Golfo de California es la principal área marina productiva de México y las pesquerías artesanales de tiburón y rayas son muy importantes a través de esta región (Corro-Espinosa y Hernández-Carvalho, 2002, Márquez-Farías, 2002).

Por lo anterior, se tiene como propósito el complementar la información, hasta ahora parcial, de la condición reproductiva de esta especie para entender las fases del ciclo reproductivo que se desarrollan en el periodo frío del año en el área de estudio. Previo a este estudio, la edad y crecimiento de *R. longurio* en el Golfo de California es prácticamente desconocida. Por ello y con el propósito de mejorar nuestro entendimiento de la capacidad de *R. longurio* para responder a la presión pesquera en el Golfo de California, es necesario conocer, también, la edad y el crecimiento de los organismos muestreados en esta área. Esta información es esencial para los planes de manejo y sustentabilidad de esta especie.

2. ANTECEDENTES

2.1 Distribución de *R. longurio*.

De acuerdo a Castro (1983) y Compagno (1984), *R. longurio* se distribuye del Golfo de California a Perú, incluyendo las Islas Malpelo y Cocos (Robertson y Allen, 2002). En la costa mexicana del Océano Pacífico, se le ha detectado, además del Golfo de California en donde es abundante, en la costa centro (Amezcu-Linares, 1996) y en el Golfo de Tehuantepec (Mejía-Salazar, 2007). No sé sabe, con certeza, si se distribuye con esta misma abundancia en la costa occidental de la Península de Baja California (Castillo-Geníz, 1990),

a pesar de que Hubbs y McHugh (1950), detectaron su presencia, hace varias décadas, en la costa de San Diego, en Estados Unidos de Norteamérica, en Bahía San Juanico y Bahía Ballenas, en la costa occidental de Baja California Sur y Bahía Ballenas, en la costa occidental de Baja California.

2.2 Hábitat

Como ya se señaló, *R. longurio* es una especie costera que habita aguas poco profundas con fondos terrígenos, la preferencia de este tipo de fondos explica su reducida abundancia en la costa oriental de la Península de Baja California, donde estos fondos son poco comunes y donde predominan los fondos rocosos y declives. La plataforma continental en Sonora es relativamente amplia y poco accidentada, mientras que en Sinaloa adquiere mayor amplitud y ésta es mayor en Nayarit. La plataforma continental del sur de Sinaloa comprende una variedad de ambientes ecológicamente diferentes, en donde predomina la playa arenosa y los sedimentos presentan variaciones en cuanto a su contenido porcentual de arena, limo y arcilla y abundan los de tipo limo-arcilloso y la arcilla-limosa López-Áviles (1986).

Una característica de gran importancia en el hábitat de *R. longurio* lo constituyen las surgencias, mismas que aportan gran cantidad de nutrientes a la capa superficial del agua y elevan considerablemente, con ello, los niveles en la productividad biológica que son indispensables para asegurar alimento suficiente a los distintos estadios de la especie. En el lado continental del Golfo de California estos procesos de surgencia son mas frecuentes durante el invierno, debido a la intensidad de los vientos del noroeste (Roden, 1958) y es en esta época del año cuando los adultos de la especie se encuentra en aguas de la plataforma continental y a profundidades cercanas a las 30 brazas (aproximadamente 54 metros). La productividad biológica en los estados de Sonora, Sinaloa y Nayarit se ve incrementada por la existencia de una cantidad considerable de lagunas y bahías costeras, con alta productividad biológica que mantienen comunicación directa con el océano. En Sonora estas son la Bahía San Jorge, Bahía de Guaymas y Bahía de Agiabampo, en Sinaloa, la Bahía de Santa María, el sistema lagunar Huizache-Caimanero y en Nayarit el sistema

lagunar Teacapán-Agua Brava.

2.3 Migración en el Golfo de California

En el Golfo de California *R. longurio* es una especie altamente migratoria, realiza desplazamientos masivos en dirección norte-sur, que inician a finales de otoño (noviembre). Este desplazamiento se verifica en la costa continental de este ecosistema. En el invierno (diciembre-marzo) es una especie común en las capturas de la pesca ribereña artesanal de Sonora, Sinaloa y Nayarit, en donde se presenta en forma sucesiva o en ocasiones simultánea en la costa de dos de estos tres estados. En Sinaloa, las mayores capturas de la especie se presentan entre finales de diciembre y finales de marzo, con un pico en el mes de febrero. A partir de abril la especie desaparece paulatinamente de las capturas ribereñas artesanales de tiburón. A finales de la primavera las capturas, en los estados mencionados, suelen ser muy esporádicas y con abundancia reducida. Al finalizar el otoño, se repite nuevamente el ciclo. De junio a agosto, los adultos de la especie desaparecen de las capturas comerciales y, en estas, sólo se presentan los recién nacidos y juveniles en las áreas de crianza, mismos que son capturados como pesca incidental en la pesquería artesanal ribereña de escama, particularmente la del pez sierra (*Scomberomorus sierra*).

2.4 Protección de las especies

Contexto internacional. En la década de los 90's diversas organizaciones internacionales (FAO, APEC, CIAT, ICES, CICAA, NAFO, OLDEPESCA, IOTC y OFPPC), efectuaron acciones para alentar a sus países miembros a recopilar información de las pesquerías de tiburón y desarrollaron bases de datos regionales, para evaluar las poblaciones explotadas comercialmente (CONAPESCA-INP, 2004).

En 1994, la Novena Conferencia de las Partes de la CITES adoptó una resolución y solicitó a la FAO y otras instituciones internacionales establecer programas para la generación de datos biológicos y de comercio de tiburones. En 1999 el Plan de Acción Internacional para la Conservación y el Manejo de los Tiburones (PAI), fue sancionado y adoptado por el Comité de Pesca de la FAO y por la Conferencia de esta misma organización.

En agosto de 2009 el Fish and Wildlife Service, de los Estados Unidos de Norteamérica, solicitó a la CONABIO de México, a través del Departamento del Interior de ese país, información del estado de las poblaciones de seis especies de tiburones oceánicos y costeros en México: *Sphyrna lewini*, Cornuda Común, *Sphyrna zygaena*, Cornuda Prieta, *Sphyrna mokarran*, Cornuda Grande, *Carcharhinus longimanus*, Tiburón Puntas Blancas, *C. obscurus*, Tiburón Zarco y *C. plumbeus*, Tiburón de las Arenas. Lo anterior, con el fin de evaluar si calificaban para su inclusión en el Apéndice II de la CITES, debido a que, sostiene el documento, estas especies son vulnerables a pesquerías dirigidas e incidentales y mantienen dominancia en el mercado mundial de aletas de tiburón.

Contexto nacional. En diciembre de 2004 la autoridad pesquera en nuestro país publicó el Plan de Acción Nacional para el Manejo y Conservación de Tiburones, Rayas y Especies Afines en México (PANMCT) (CONAPESCA-INP, 2004), el cual tiene como antecedente principal el PAI.

La Norma Oficial Mexicana de Tiburones, Rayas y Especies Afines NOM-029-PESC-2005 (NOM-029), fue publicada hace algunos años en el DOF, pero fue suspendida por la autoridad pesquera en los meses posteriores, debido a la inconformidad presentada por algunos de los sectores usuarios de este recurso pesquero. Así, el 14 de febrero de 2007 la NOM-029 fue nuevamente publicada en el DOF y el 15 de mayo del mismo año entró en vigor. Esta Norma es un instrumento considerado en las Estrategias y Procedimientos de Manejo y Regulación del PANMCT.

La NOM-029 incluye especies de tiburones y rayas con protección especial, debido a su

alta vulnerabilidad y/o de las que se tiene escasa información hasta el momento. Estos elasmobranquios son *Rhincodon typus*, Tiburón Ballena, *Cetorhinus Maximus*, Tiburón Peregrino, *Carcharodon carcharias*, Tiburón Blanco, *Pristiophorus Schroederi*, Tiburón Sierra y los pez Sierra, *Pristis pectinata*, *P. perotteti* y *P. microdon* y las mantarrayas, *Manta birostris*, *Mobula japanica*, *M. thurstoni*, *M. munkiana*, *M. hypostoma* y *M. tarapacana*.

2.5 La pesquería de tiburones y rayas en México

Las pesquerías de tiburones y rayas en nuestro país se han desarrollado de acuerdo a tres categorías o unidades pesqueras y la longitud de la eslora de las embarcaciones utilizadas: la pesquería de altura, con embarcaciones mayores a 27 m de eslora; la pesquería de mediana altura, con embarcaciones de 10 a 27 m de eslora y la pesquería artesanal, con embarcaciones menores de 10 m eslora, estas últimas llamadas comúnmente “pangas”.

Estadísticas de las capturas de tiburón en las costas del Océano Pacífico en México. Las estadísticas pesqueras de las capturas comerciales de las especies de tiburón, en los Anuarios Estadísticos Pesqueros, incluyen las categorías de “cazón” y “tiburón” (en la primera se ubican los tiburones con una longitud menor a 150 cm LT y la segunda a los tiburones con mayor talla a esta). La información (que incluye a las tres unidades pesqueras) fue analizada para 31 años, de 1976 a 2007.

En el periodo en referencia, en México fueron capturadas 902,803 toneladas métricas (tm) de tiburón y 297,571 tm de cazón obtenidas a nivel nacional, el litoral Pacífico registró el 60 % de la captura de cazón. El litoral del Golfo de México y Mar Caribe registró el restante 40 %. Los estados con mayor captura de este recurso en el litoral Pacífico, incluido el Golfo de California, fueron Sonora, Sinaloa, Baja California Sur, Nayarit y Oaxaca, con un promedio de 1,786 tm, 1,515 tm, 1,118 tm, 345 tm y 303 tm, respectivamente (Secretaría de Pesca, 1978-1994, SEMARNAP, 1995-2000 y CONAPESCA, 2000-2009). En ese periodo, la captura de cazón en estos cinco estados, cuatro de ellos localizados en el

Golfo de California, representó el 88 % del obtenido en aguas del litoral Pacífico.

Durante varios años de la década de los 80's México se mantuvo en los primeros cinco lugares a nivel mundial en la producción de elasmobranquios (Bonfil, 1994 y FAO, 1985, en Castillo-Géniz, 1990). En las décadas de los 70's y 80's la captura de estas especies en México mantuvo un promedio aproximado de 35,000 tm anuales (Castillo-Géniz, 1990), para luego declinar a finales de la década de los 90's. La tendencia a la baja ha continuado hasta el 2007, con un promedio de 25,343 tm anuales (Fig. 1).

Debido a que en México las estadísticas de producción pesquera no disciernen por especie, es difícil determinar el efecto que décadas de explotación han tenido en cada una de ellas.

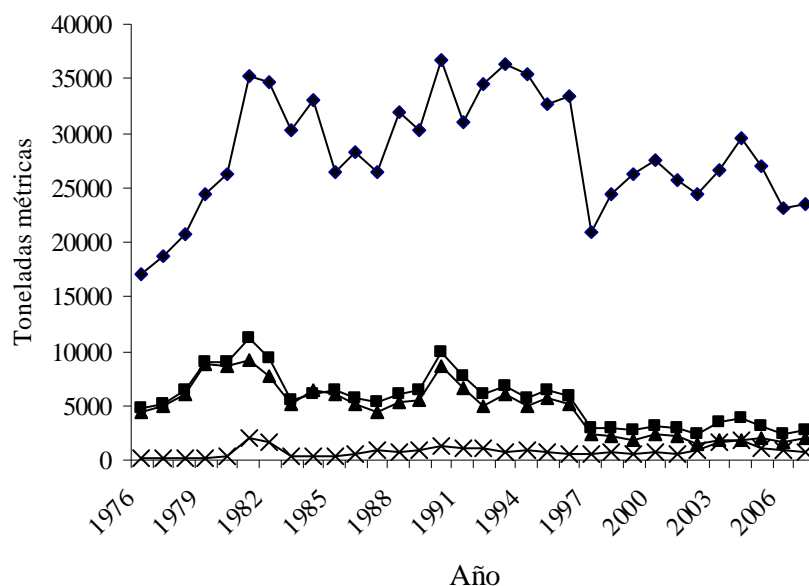


Fig. 1. Producción histórica de las capturas comerciales de tiburón, en el periodo 1976-2007, en el litoral Pacífico de México. (♦) total de tiburón (“tiburón” y “cazón”); (■) total de “cazón”; (▲) “cazón” de los estados del Golfo de California (Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa y Nayarit) y (x) “cazón” de los estados del centro y sur del litoral Pacífico de México.

La pesquería ribereña artesanal de tiburones y rayas en el Golfo de California. En la pesca artesanal, el régimen de captura de tiburones y rayas es altamente estacional; se desarrolla de noviembre a julio, con una mayor actividad de enero a marzo. Las mayoría de las poblaciones de hábitos costeros u oceánico-costeros muestran una mayor disponibilidad a la pesca comercial en este periodo, mismo que coincide muchas veces con la época reproductiva de las especies y su mayor cercanía a aguas costeras, lo que las hace altamente susceptibles a la sobreexplotación, al capturar grandes porcentajes de recién nacidos, juveniles y hembras preñadas. A partir de agosto la captura de este recurso es suspendida, debido a los preparativos efectuados por los pescadores para el inicio de la pesquería de camarón, que les genera mayores ganancias económicas. Los rendimientos económicos para los pescadores artesanales en esta última pesquería disminuyen por lo general en noviembre, cuando inician una nueva temporada de pesca de elasmobranquios.

Se estima que únicamente en Sinaloa, diez mil familias de las comunidades pesqueras artesanales dependen de los ingresos obtenidos por la pesquería de tiburones y rayas a lo largo del periodo señalado. El número de campamentos pesqueros artesanales en Sonora, Sinaloa y Nayarit es de 19 (Bizzarro *et al.*, 2009 a), 29 (Bizzarro *et. al.*, 2009 b) y 5, respectivamente. La mayoría de ellos, con pescadores de tiburón y rayas, que utilizan pangas “tipo Bugi”, con eslora de 7.0 m en promedio, construidas de fibra de vidrio y poliuretano, con capacidad de carga de 1.5 a 2 toneladas; motores fuera de borda, marca Yamaha, Johnson y más recientemente Honda, de 75 a 115 y hasta 215 caballos de fuerza y autonomía de 1 a 3 días. Son tripuladas por dos a tres pescadores. Las especies que capturan son de hábitos costeros. La profundidad de las zonas de pesca suele ser menor de 30 brazas. El arte de pesca utilizado es la cimbra o palangre y la red de enmalle. De acuerdo a la normatividad, las cimbras autorizadas para la pesca artesanal de tiburón son de dos tipos: de deriva y de fondo y deben poseer un máximo de 350 y 500 anzuelos, respectivamente. Las redes de enmalle de fondo deben poseer un máximo de 750 m de longitud por 50 mallas de altura máxima y estar confeccionadas con hilo de poliamida y una apertura mínima de seis pulgadas (NOM-029).

Composición de las capturas. En la pesquería artesanal del Golfo de California son capturadas 30 especies de tiburones y 24 de rayas, pertenecientes a 12 y 9 familias, respectivamente (CONAPESCA-INP, 2004). Las especies de tiburón de mayor abundancia en las capturas pertenecen al orden Carcharhiniformes. En el norte, las capturas en la pesquería artesanal de la costa de Sonora, está caracterizada por los cazones Mamones *Mustelus lunulatus*, *M. californicus*, *M. henlei* y por *R. longurio*, Tiburón Bironche (Márquez-Farías, 2001, Bizzarro *et al.*, 2009 a). Los juveniles de *Sphyrna lewini*, Cornuda Común y *S. zygaena* Cornuda Prieta. *Squatina californica*, Tiburón Perro o Angelote y *Heterodontus* spp., Tiburones Gata, son también importantes en las capturas (Márquez-Farías, 2001 y Hueter *et al.*, 2002).

En el centro y sur del Golfo de California, las principales especies son juveniles de *Sphyrna lewini*, Cornuda Común, adultos de *R. longurio*, Tiburón Bironche y juveniles de *Sphyrna zygaena*, Cornuda Prieta, que son descargadas en la costa de Sinaloa (Corro-Espinosa y Hernández-Carvalho, 2002). En la costa de Nayarit, las especies más importantes son *R. longurio*, Tiburón Bironche, *S. zygaena*, Cornuda Prieta, *Carcharhinus falciformis*, Tiburón Sedoso y *Prionace glauca*, Tiburón Azul (Pérez-Jiménez *et al.*, 2005 a).

En la pesquería artesanal de rayas del Golfo de California, la producción comercial del estado de Sonora es la más importante (Márquez-Farías, 2002). Las especies más comunes son *Rhinobatos productus*, Pez Guitarra, *Dasyatis brevis*, Raya Cola de Látigo Arenera, *Rhinoptera steindachneri*, Raya Tecolote, *Gymnura marmorata*, Raya Mariposa y *Narcine entemedor*, Raya Guitarra Eléctrica (Márquez-Farías y González-Corona, 2000; Márquez-Farías, 2002, Hueter *et al.*, 2002). En los estados de Sinaloa y Nayarit, las especies con mayor abundancia son los juveniles y adultos de *R. steindachneri*, Raya Tecolote, juveniles de *D. longus*, Raya Cola de Látigo Coluda y adultos de *R. glaucostigma*, Guitarra Punteada, *Dasyatis brevis*, Raya Cola de Látigo Arenera y *Gymnura marmorata*, Raya Mariposa. En las costas de Nayarit las más abundantes son estas últimas tres especies y los adultos de *Aetobatus narinari*, Raya Gavilán.

2.6 Estudio de las especies de tiburón

Otras especies. Los tiburones y rayas del Golfo de California y áreas adyacentes, han sido relativamente poco investigados, a pesar de que los primeros estudios datan de hace más de cuatro décadas (Kato 1965, Hernández-Carvalho, 1967 y Kato y Hernández-Carvalho, 1967); en ellos se analizó a *Carcharodon carcharias*, Tiburón Blanco, presente en el interior del golfo y se enlistaron otras especies de tiburón registradas en el área, se efectuaron campañas de marcado de tiburón y se hizo una revisión de los tiburones del importante género *Sphyrna*.

Las descargas artesanales de especies costeras de tiburón en el sur del Golfo de California, efectuadas en el campamento pesquero Playa Sur, en Mazatlán, han sido relativamente de las estudiadas con más frecuencia, ya que a partir de la década de los 80's la Universidad Autónoma de Sinaloa inició su análisis (Saucedo-Barrón *et al.*, 1982, Manjarrez-Acosta *et al.*, 1983, Rodríguez-García, 1986 y Righetty-Rojo y Castro-Morales, 1990, entre otros), no obstante, se trata de información parcial y no publicada.. Por su parte, Corro-Espinosa y Hernández-Carvalho (2002), estudiaron las especies de tiburones y rayas registradas o con una alta probabilidad de encontrarse en aguas de Sinaloa.

En el extremo sur de la Península de Baja California, Galván-Magaña *et al.* (1989), revisaron la abundancia estacional y los hábitos alimenticios de individuos de 11 especies de tiburón, obtenidos en aguas costeras de la Isla Cerralvo, B. C. S. Pérez-Jiménez y Venegas-Herrera (1997) y Furlong-Estrada y Barragán-Cuencas (1997), aportaron información de las especies oceánicas de tiburón, capturadas al sur de las Islas Marías y descargadas en La Cruz de Huanacastle, Nayarit. Esta información y la obtenida en la Isla Isabel, Nayarit, está contenida en Pérez-Jiménez *et al.* (2005 a).

Un menor número de estudios de las especies de rayas ha sido efectuado en el Golfo de California, o en áreas más extensas que incluyen esta región. Destacan los de Castro-

Aguirre (1965) y Castro-Aguirre y Espinosa-Pérez (1996). Por su parte, Villavicencio-Garayzar (1991) efectuó observaciones de *Mobula munkiana*, Manta de Munk, en la Bahía de La Paz, B. C. S. y Gámez-Moedano (2003) y Vázquez-Rojano (2003) estudiaron aspectos biológicos de las especies de rayas de interés comercial en el centro y sur de Sinaloa. Recientemente, Castillo-Géniz (2007) estudió la historia de vida y biología pesquera de la raya *Raja inornata*, (aun sin nombre común en idioma Español) en el norte del Golfo de California, perteneciente al orden Rajiformes, uno de los órdenes de rayas menos estudiado en nuestro país. Por su parte, Downton-Hoffman (2007) y Márquez-Farías (2007), analizaron la biología y demografía de *Rhinobatos productus*, pez guitarra, a partir de ejemplares capturados en las costas de Sonora y en lagunas en la costa occidental de Baja California Sur.

R. longurio. En la costa del Océano Pacífico en México los primeros antecedentes de estudio de *R. longurio* se remontan a Kato y Hernández-Carvallo (1967), quienes marcaron a esta y a otras especies en el área de la boca de este golfo. Saucedo-Barrón *et al.* (1982) y Rodríguez-García (1986) la registraron como una especie importante en las capturas artesanales en Mazatlán, Sinaloa. En esta misma área, Castillo Géniz (1990) estudió la pesquería de *R. longurio*, una de las especies más importantes económicamente en Sinaloa por su volumen de captura. Corro-Espinosa y Hernández-Carvallo (2002) destacaron su importancia entre las especies de tiburón presentes en las costas de Sinaloa o con alta probabilidad de ocurrencia en estas. Por su parte, Márquez-Farías *et al.* (2005) realizaron observaciones biológicas de este tiburón en la costa sur de esta misma entidad. Sarabia-Alvarado y Velásquez-Mayorquín (2002) realizaron un análisis de la composición de sus capturas por la flota ribereña artesanal, que mantiene su área de influencia en las costas de Mazatlán. Finalmente, Mejía-Salazar (2007) analizó su biología reproductiva en dos localidades del Golfo de California y en la costa de Oaxaca.

Relaciones tróficas. Existe escasa información de los hábitos alimenticios de *R. longurio*. De acuerdo a Castillo-Géniz (1990) se han identificado en *R. longurio* los siguientes grupos taxonómicos en su contenido estomacal. Se presentan en orden de su importancia relativa:

1) Teleósteos. Fue el grupo alimenticio más importante y estuvo constituido por restos de individuos no identificados e individuos de las familias Serranidae (*Diplectrum* sp.), Clupeidae, Muraenidae, Synodontidae (*Synodus* sp.), Bothidae (*Syacium ovale*), Gerridae, Sciaenidae (*Bardiella* sp., *Larimus* sp.).

2) Cefalópodos. Octapoda. Octapodidae. Loliginidae (*Loliolopsis diomedae*)

3) Crustáceos. Isopoda y Decapoda.

4) Grupos diversos. Restos de isópodo, aves y pequeñas cantidades de arena, piedras y vegetales.

Esta información fue publicada en Márquez-Farías *et al.* (2005). Por su parte, Osuna-Peralta *et al.* (2010) identificaron 24 tipos de presas, de las cuales 19 fueron de peces, cuatro de cefalópodos y una de crustáceo. En este último estudio el Índice de Importancia Relativa indicó que los cefalópodos fueron la presa de mayor importancia. Estos autores sugieren que debido a que *R. longurio* se alimenta exclusivamente de un número muy limitado de presas debe ser considerado como “un predador especialista”.

3. JUSTIFICACIÓN

Los tiburones pertenecen a la Clase de peces marinos conocidos como Chondrichthyes o peces cartilaginosos. Esta Clase se divide en dos grandes grupos: los holocéfalos o quimeras y los elasmobranquios que incluye a los tiburones y rayas. Los tiburones se encuentran distribuidos en todos los océanos del mundo y mantienen una amplia distribución en aguas tropicales, templadas y polares. En nuestro país ha sido documentada la presencia de 104 especies de tiburones en ambos litorales (Applegate *et al.*, 1979); de estas especies, al menos un 38 % tiene importancia comercial (CONAPESCA-INP, 2004). Desde hace varias décadas los tiburones son aprovechados comercialmente debido a su

carne, aletas y otros productos, como son el cartílago y, cada vez con menos frecuencia, a su aceite de hígado y piel.

En México los tiburones y rayas no fueron protegidos como ocurrió, décadas atrás, con otros recursos pesqueros (camarón, langosta, algunas especies de peces de escama, etc.), sino hasta años recientes. Esta situación provocó que su pesquería comercial se desarrollara en ambos litorales del país, bajo un esquema de pesca no sustentable. A principios de los años 70's los pescadores comerciales de tiburón los consideraban especies perjudiciales, debido a los daños que ocasionaban en las artes de pesca e incluso en embarcaciones de mediano tamaño y, por ello, se planeó la disminución de sus poblaciones mediante diversos métodos, incluida la pesca intensiva (Hernández-Carballo, 1971). En ese periodo, a los stocks de tiburón de interés comercial no se les aplicaba un esfuerzo pesquero de la magnitud que ocurre en la actualidad. Ello sucedió paulatinamente con el incremento poblacional de los asentamientos humanos costeros, la demanda cada vez mayor en nuestro país de proteína de origen animal y el incremento de las unidades de las flotas pesqueras, particularmente en el Golfo de California, lo que ha tenido un efecto negativo en muchas poblaciones de estas especies. Otro problema en la conservación de este recurso marino lo representa la pesca comercial no dirigida a elasmobranquios, como es la pesca de camarón, debido a que estas flotas impactan a recién nacidos y juveniles de tiburón y rayas en forma incidental. En los últimos años y ante la crisis del sector pesquero nacional, una fracción de la flota camaronera con área de pesca en el Golfo de California ha acondicionado sus unidades para la pesca de tiburón, en la temporada del año en que deja de ser redituable su pesquería objetivo, incrementando el esfuerzo pesquero en tiburones y rayas.

La sensible disminución de las capturas y/o el colapso de pesquerías de tiburón en el mundo han sido documentadas en varios países. Como ejemplos de ello, se pueden citar las pesquerías de *Squalus acanthias*, Pez Perro Espinoso, de la Columbia Británica, Canadá, que colapsó en 1949, luego de una explotación de aproximadamente tres décadas. Trece años después del colapso, la producción no alcanzaba el 50 % de la máxima captura de 30,000 toneladas anuales. La pesquería de *Galeorhinus australis*, "school shark", del

sureste de Australia, que disminuyó, a menos del 50 % de sus mejores capturas anuales, 22 años después de que inició. La pesquería de *Galeorhinus zyopterus*, tiburón aleta de sopa, de California, Estados Unidos de Norteamérica, que disminuyó sus capturas anuales a menos de una tercera parte de las obtenidas a finales de los años 30's. La pesquería de *Isurus* spp, *Alopias* spp y *Squatina* spp., en la costa de Estados Unidos de Norteamérica y Canadá y cuyo colapso estuvo cerca en 1950, luego de que se elevaron las capturas a 56,000 toneladas anuales. La pesquería de *Squalus acanthias*, Pez Perro Espinoso, de Escocia y Noruega, que empezó con 6,660 toneladas anuales en 1946, con una captura máxima de 37,000 toneladas en 1958, para declinar gradualmente hasta 13,500 toneladas anuales en 1986. La pesquería de esta última especie en el Reino Unido, inició con exportaciones de 2,000 toneladas anuales en 1983, se incrementó a 6,000 toneladas anuales en 1987 y luego, dos años después disminuyó a sólo 1,100 toneladas anuales. La pesquería de *Lamna nasus*, el "Porbeagle shark" del Atlántico noroeste, que fue iniciada por Noruega en 1961 y que ocho años, después de ello, vio disminuidas sus capturas anuales a menos del 15 % de las cifras iniciales. La pesquería de esta misma especie y de *Scyliorhinus* spp. en Francia, que tuvo capturas promedio de 18,000 toneladas anuales en 1986 a menos de 12,000 toneladas anuales en 1990 (Anderson, 1993 y Pratt y Casey, 1993).

A diferencia de los peces teleósteos, los elasmobranquios poseen características de su historia natural que dificultan la explotación comercial por largos periodos. Estas características son una maduración sexual tardía (v. gr. hasta de 20 años la hembra y 22 el macho en *Carcharhinus obscurus*, Natanson *et al.*, 1995), bajas tasas de crecimiento (v. gr. *Carcharhinus leucas*, $k = 0.07 \text{ años}^{-1}$, Torson y Lace, 1982) y baja fecundidad (v. gr. dos crías por hembra en *Alopias pelagicus*, Castro, 1983), que las convierten en especies vulnerables como objetivos de explotación comercial.

En México la disminución de las capturas en las pesquerías de tiburón ha sido poco documentada. Lo anterior se debe a que en nuestro país el registro estadístico pesquero de tiburones no discierne por especie. Ello dificulta la adecuada administración de la pesquería de elasmobranquios, debido a que el descenso en la captura de una especie puede ser

enmascarado por el incremento en las capturas de otra especie. De acuerdo a Holts *et al.* (1998) la pesquería de tiburón en la costa oeste de los Estados Unidos de Norteamérica y en Baja California, México, experimentó una disminución de 25 % en la década de los 80's. Efectos dramáticos en la captura de las pesquerías de tiburón del Golfo de California pueden ser señalados para las costas de Sonora, donde existe evidencia indirecta de la disminución de los tiburones de gran talla (*Carcharhinus leucas*, *C. limbatus*, *C. obscurus* y *Galeocerdo cuvier*), en el tamaño de las especies objetivo de la pesquería y disminución en las descargas totales, lo que sugiere que la explotación de las poblaciones costeras de tiburones ha registrado o excedido los máximos rendimientos sustentables o que estas poblaciones han sido sobreexplotadas (Bizzarro *et al.*, 2009 a). En Sinaloa, el panorama es similar a Sonora ya que, en los últimos 15 años, tiburones de gran talla han desaparecido prácticamente de las descargas de la pesca artesanal (v. gr. *Carcharhinus obscurus* y *Sphyrna mokarran*) o ya es muy rara su captura (v. gr. *C. leucas*, *Negaprion brevirostris* y *Galeocerdo cuvier*) y algunas rayas (v. gr. *Pristis pectinata*) desaparecieron hace ya varios años de la pesca comercial (Corro-Espinosa, observación personal). Como ya se ha señalado, en Sonora existen evidencias de sobreexplotación de tiburones y que el esfuerzo pesquero se ha reorientado hacia las poblaciones costeras de elasmobranquios de pequeña talla (Bizzarro *et al.*, 2009 a). Al parecer, bases similares se están estableciendo para que ocurra el mismo proceso en Sinaloa. Por todo ello, existe necesidad de contar con estudios que contribuyan al manejo sustentable, de las especies de tiburón y para que este recurso con alta diversidad en nuestro país y principalmente en el Golfo de California sea conservada como un derecho legítimo de las actuales y futuras generaciones; por su naturaleza biológica *per se*; por la obligación que representa el mantener, preservar, la biodiversidad marina de nuestros océanos; como recursos marinos que al controlar las poblaciones de sus presas contribuyen a mantener el equilibrio ecológico en el ecosistema marino; por el beneficio que ellos aportan comercialmente en la industria alimentaria de nuestro país; por las fuentes de trabajo directas e indirectas que su explotación comercial representa; por el potencial turístico que prometen en la pesca deportiva (de captura y liberación) y en el buceo con tiburones, así como en las investigaciones biomédicas y de educación ambiental, entre otras.

4. OBJETIVO GENERAL

Aportar elementos de *R. longurio*, en aguas del Golfo de California, como son la fecundidad de las hembras; la talla y edad de primera maduración sexual y la longevidad, a utilizar en el análisis de la dinámica poblacional para fines de manejo y conservación del recurso.

4.1 Objetivos particulares

Condición reproductiva y desarrollo gonádico. Describir la condición reproductiva y el desarrollo gonádico de *R. longurio*, en la costa continental del Golfo California, durante el periodo invierno-primavera.

- Determinar la relación longitud-peso.
- Establecer la distribución espacio temporal y composición de tallas de esta especie.
- Estimar la fecundidad uterina y ovárica de *R. longurio*.
- Determinar la proporción sexual
- Estimar la madurez sexual de machos y hembras.
- Determinar la ojiva de madurez sexual para machos y hembras.
- Describir el desarrollo ovárico.
- Describir el desarrollo del espermatocisto.

Edad y crecimiento. Determinar la edad y crecimiento de machos y hembras mediante un método directo.

- Estimar la relación peso-longitud.
- Determinar la relación existente entre el radio vertebral y la LT.
- Determinar la estructura por edades y tallas, a través de las bandas de edad.

- Validar la edad mediante la determinación de la periodicidad de formación de las bandas de edad.
- Estimar los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy.
- Determinar el crecimiento embrionario en la población del Golfo de California.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Área de estudio

Morfología y topografía. El Golfo de California, Mar de Cortés o Mar Bermejo, es un cuerpo de agua marginal, con clima subtropical, ubicado en el noroeste de México, con una extensión longitudinal de 1,100 Km y 135 Km de ancho en promedio ($31^{\circ} 40' - 20^{\circ} 20'$ lat. N y $114^{\circ} 5'0 - 105^{\circ} 45'$ long W, aproximadamente) (Fig. 2). Tiene un área y volumen aproximados de $210,000 \text{ Km}^2$ y $123,000 \text{ Km}^3$, respectivamente (Roden, 1958). Se encuentra separado del Océano Pacífico por la Península de Baja California. Es un mar que se localiza entre esta península y los estados de Sonora, Sinaloa y Nayarit y, de acuerdo a Roden (1958), constituye la única cuenca de evaporación importante en el Océano Pacífico.

Cuencas oceánicas. En toda la extensión del Golfo de California existe una topografía compleja. Esta área posee las siguientes 10 cuencas, en la Región Norte, se ubican las cuencas Delfín, Sal Si Puedes y Tiburón. En la Región Central, las cuencas San Pedro Mártir, Guaymas, Carmen y Farallón y en la Región Sur, las cuencas Pescadero y Mazatlán. Estas cuencas tienen profundidad variable y llegan a registrar hasta $\leq 3,700$ metros (Kennett, 1982).

Existen diferentes criterios para dividir el Golfo de California en varias regiones o provincias, algunos de estos criterios son los sugeridos por Allen (1938) que lo dividió latitudinalmente, mientras que Gilbert y Allen (1943), establecieron cuatro provincias a través del análisis de los patrones de distribución del fitoplancton. Sverdrup (1941), lo

dividió batimétricamente en dos regiones. Thomson *et al.* (1979) establecieron cinco zonas, de acuerdo a la definición de las comunidades de peces en el área y Roden y Groves (1959) lo dividieron en base a sus características hidrológicas en tres provincias oceánicas. El presente estudio sigue este último criterio, por considerarse el más apropiado. La delimitación de las tres regiones es como sigue:

Región Norte: Del delta del Río Colorado al extremo sur de la Isla Tiburón.

Región Central: Del sur de la Isla Tiburón a Topolobampo Sinaloa.

Región Sur: La zona comprendida de Topolobampo a Cabo Corrientes, con una línea imaginaria que va de este último punto a Cabo San Lucas y que incluye el archipiélago de las Islas Marías e Isla Isabel.



Fig. 2. Golfo de California. División en tres regiones de acuerdo a las características

hidrológicas según el criterio de Roden y Groves (1959) y localidades de muestreo (Tomado de *Google*).

Plataforma continental. La costa peninsular del Golfo de California tiene una estrecha plataforma continental y es muy escarpada, con numerosas islas, formaciones rocosas que la flanquean y pequeñas playas arenosas. La costa continental presenta, en contraste, una amplia plataforma continental con grandes playas arenosas, lagunas costeras y bahías fangosas y abiertas (Lluch-Cota *et al.*, 2007). Esta última en su extremo norte es extensa, pero su amplitud disminuye en la costa peninsular drásticamente a partir del Canal de Ballenas, hasta el extremo sur en la boca del Golfo. La plataforma continental en Sonora es relativamente poco amplia y accidentada, se ensancha a lo largo de Sinaloa en donde presenta un ligero declive hasta llegar al límite superior del talúd continental y un ensanchamiento notorio hacia el extremo sur del estado. Este ensanchamiento adquiere su mayor amplitud en Nayarit.

En la Región Norte el Río Colorado se ha depositado a lo largo de millones de años una gran cantidad de sedimentos de origen terrígeno, mismos que de acuerdo a Kennett, (1982) dominan en el fondo plano. Grandes cantidades de estos sedimentos se mantienen en suspensión debido a las corrientes de marea (Gutiérrez y González, 1999).

Circulación oceánica y patrón de los vientos. En la Región Norte la circulación oceánica es impulsada principalmente por el esfuerzo variable del viento, mientras que en la Región Sur el factor predominante es la topografía accidentada. No obstante, la circulación de las aguas superficiales en todo el golfo obedece al patrón de los vientos (Hubbs y Roden, 1964, Roden y Emilsson, 1979).

Debido a su orientación geográfica la Península de Baja California corta la circulación principal del Océano Pacífico Este, por lo que en el Golfo de California se desarrollan como consecuencia patrones de circulación local (Maluf, 1983), que derivan de las principales características del golfo que son una intensa radiación solar y por lo tanto una

considerable evaporación, las cuales propician la formación de una capa superficial de alta salinidad y grandes variaciones de temperatura, diurnas y estacionales (Roden y Emilsson, 1979). En general, la variación espacial y temporal de las condiciones oceanográficas y atmosféricas es muy amplia, muy marcada y determinada por la combinación de los patrones de viento y las características topográficas complejas del golfo, que desempeñan un papel predominante en la circulación de las aguas, la distribución de la temperatura y otros factores hidrográficos como las surgencias (Roden y Groves, 1959).

Durante la primavera y el verano, en las Regiones Centro y Sur, la corriente marina va en dirección norte sobre el lado continental y hacia el sur en el lado peninsular (Roden, 1958). En la Regiones Norte y Central, los vientos del norte predominan en invierno, mientras que los del sur son más importantes en verano (Roden y Groves, 1959). A finales de verano y principios de otoño se producen intensos vientos locales. En particular, el Canal de Ballenas y la Fosa Salsipuedes se caracterizan por presentar una fuerte mezcla vertical, que es el resultado de las corrientes de marea y de los fuertes vientos del noroeste (Roden y Emilsson, 1979).

Mareas. Las corrientes de marea son de gran importancia en el Golfo de California, particularmente en la Región Norte (Roden y Emilsson, 1979), ya que en la boca del Río Colorado, en la parte más boreal del Golfo, las diferencias de nivel alcanzan hasta 10 m durante la primavera, mientras que la variación media en Mazatlán es cercana a 1 m y existe una dilación de marea de aproximadamente seis horas entre uno y otro punto (Phleger, 1963).

En verano se produce un persistente giro ciclónico y durante el invierno se presenta un giro anticiclónico en la Región Norte y ello es debido a la existencia de corrientes residuales por los vientos y las mareas que se oponen, de acuerdo a Lavin *et al.* (1997) y Marinone (2003) al forzamiento del Océano Pacífico.

En la Región Sur se produce la confluencia de tres distintas corrientes oceánicas que

producen en esta zona una dinámica compleja: El agua fría ($T < 22^{\circ}\text{C}$) y de baja salinidad de la Corriente de California, el agua cálida ($T > 26^{\circ}\text{C}$) y de salinidad intermedia del Pacífico Tropical Oriental (transportada por la Corriente de Costa Rica) y el agua cálida ($T > 28^{\circ}\text{C}$) y de elevada salinidad originada en el interior del Golfo de California, con influencia variable estacional y anualmente (Griffiths, 1968, Stevenson, 1970, Robinson, 1973 y Álvarez-Borrego, 2003).

Temperatura superficial y salinidades del agua de mar. La temperatura superficial del agua de mar es muy variable espacial y temporalmente. Las mínimas temperaturas se presentan en enero y febrero y las máximas en agosto y septiembre (Roden, 1958). En noviembre, la temperatura promedio aproximadamente los 23.5°C , 23.5°C y 26.8°C en las tres regiones, respectivamente (Soto-Mardones *et al.*, 1999).

La Región Norte del Golfo se caracteriza por grandes variaciones espaciales y estacionales de temperatura y salinidad (Roden y Emilsson, 1979). Existe un gradiente de la temperatura promedio mensual que va del interior del Golfo a la Región Sur, con un mínimo en la Zona de las Grandes Islas y un pequeño gradiente de esta última área a la Región Norte (Soto-Mardones *et al.*, 1999). En esta región se ha registrado el intervalo más amplio de la temperatura del Golfo de California, de acuerdo a Álvarez-Borrego (2003), consistente en 8.3°C en diciembre y de 32.6°C en agosto. En la Región Central la distribución vertical de la temperatura y de la salinidad muestra valores semejantes a los que presenta el agua del Pacífico Ecuatorial, si bien es en esta área donde este último tipo de agua, que ingresa al interior del golfo, adquiere las características propias del Golfo de California, debido a la evaporación (Roden, 1958). El clima de la Región Sur, de acuerdo con el sistema de clasificación climática de Köpen, modificado por García (1973), es tipo seco desértico, muy cálido, con régimen de lluvias en verano y una oscilación térmica extremosa. La temperatura media anual va de 22° a 27°C y la precipitación anual de 300 a 600 mm (Gurrola-López, 2000).

Precipitación. En cuanto a la precipitación, las costas de Baja California reciben menos

lluvia que el lado continental, por lo cual hay pocas corrientes fluviales que las drenen, mientras que en la costa oriental la descarga fluvial se incrementa hacia el sur. La mayor precipitación se registra de junio a octubre, cuando predominan los vientos del sureste (Álvarez-Arellano, 1984, Salinas-Zavala *et al.* (1998) y un transporte de grandes cantidades de vapor de agua en dirección noroccidental (Carleton *et al.*, 1990). En la Región Norte la precipitación es inferior a los 100 mm/año, concentrados de abril a junio y suele haber temporadas sin registro pluvial debido a la amplia variabilidad interanual (Roden y Emilsson, 1979), mientras que en la Región Central del golfo la costa oriental recibe dos veces más precipitación que la costa peninsular, en la cual las fluviales son muy ligeras. Finalmente, la precipitación en la región sur varía entre 500 y 1,000 mm/año (Roden, 1958).

Surgencias, nutrientes y productividad primaria. En verano las surgencias ocurren en el lado peninsular, mientras que en invierno, al cambiar la dirección de los vientos, aparecen en la costa oriental (Roden, 1958). Existen ciertas áreas, como el Canal de Ballenas, donde se presentan surgencias todo el año (Siegel-Causey, citado en Maluf, 1983).

La provincia sur del Golfo de California presenta características oceanográficas únicas en el mundo. Su circulación es muy compleja y de gran dinamismo; presenta corrientes de norte a sur durante el invierno y en sentido inverso en el verano, las que junto con los patrones de viento originan importantes zonas de surgencias, que se presentan en la costa oriental del golfo durante los meses de invierno y en la costa occidental en el verano (Álvarez-Borrego, 1983).

Los niveles de nutrientes en todo este sistema son anualmente elevados y muestran poca estacionalidad (Brusca *et al.*, 2005). Según Valdéz-Holguín *et al.* (1995), los valores de la productividad primaria se incrementan en el periodo de primavera, del sur del Golfo de California hacia la parte norte, alcanzando los máximos en la región de las islas Ángel de la Guarda y Tiburón (Zona de las Grandes Islas).

De acuerdo a Álvarez-Borrego y Lara-Lara (1991), el Golfo de California posee una productividad primaria con tasas excepcionalmente elevadas. Esto debido a los procesos físicos de mezcla, que continuamente fertilizan con nutrientes la zona eufórica (Valdéz-Holguín *et al.*, 1995). Las aguas con poco oxígeno y ricas en nutrientes son muy superficiales, por lo que se requiere relativamente poca energía para que estos nutrientes alcancen la zona eufórica. Así, las surgencias y la mezcla por mareas transportan agua profunda, fría y rica en nutrientes a la superficie (Álvarez-Borrego, 2003). Por su parte, Zeitzchel (1969) demostró que la productividad primaria en la Región Central del golfo presenta una tasa dos o tres veces superior a la del agua superficial de una misma latitud en el Océano Pacífico.

Álvarez-Borrego y Lara-Lara (1991) reportaron las mayores abundancias fitoplanctónicas en la Cuenca de Guaymas y Millán-Nuñez (1992) detectó valores muy elevados también en la región noroeste del golfo, donde ocurren intensas surgencias (Álvarez-Borrego y Lara-Lara, 1991). Se sabe que la turbulencia moderada en el golfo da como resultado una alta actividad de asimilación del fitopláncton, mayor que cuanto la turbulencia o estratificación son fuertes. Cabe resaltar que en el Golfo de California las áreas de surgencia se presentan entre las concentraciones de nutrientes superficiales más altas del mundo (Álvarez-Borrego *et al.*, 1978). Estas surgencias están relacionadas con el patrón estacional de los vientos, durante el invierno los vientos del noroeste regulan estos procesos en la costa este del golfo, mientras que en el verano la dirección de los vientos es del sureste y produce surgencias a lo largo de las costas de Baja California (Roden, 1958): Debido a que los datos de productividad primaria son escasos, no es posible describir apropiadamente su variabilidad estacional interanual, aunque se ha observado que la productividad primaria elevada se presenta en primavera y principios de verano (Álvarez-Borrego y Lara-Lara, 1991). La mezcla de mareas parece producir entre Baja California y la Isla Ángel de la Guarda (Canal de Ballenas) una surgencia constante y una surgencia orográfica, que puede ser importante en el sur de la Isla Tiburón (Maluf, 1983). Por otra parte, la penetración de las aguas del Pacífico Tropical en el golfo tiende a inhibir las surgencias (Álvarez-Arellano, 1984).

Finalmente y de acuerdo a Hastings (2000) y Brusca *et al.* (2005), la significativa riqueza biológica del Golfo de California está propiciada principalmente por su topografía con profundidad variable, las características particulares como hábitat y su exclusiva ubicación en la zona de transición faunística entre la zonas templada y tropical.

5.2 Campos pesqueros, muestreo y morfometría

El área de pesca de las flotas artesanales incluyó la costa continental del Golfo de California, del centro del estado de Sonora al norte del estado de Nayarit. Los especímenes de *R. longurio* fueron muestreados a partir de las descargas comerciales efectuadas en campos pesqueros artesanales, localizados en la costa de los estados de Sonora y Sinaloa, de febrero de 2005 a agosto de 2009 (Fig. 3). Los campos pesqueros fueron seis: Teacapán (Escuinapa), Playa Sur (Mazatlán), Yameto (Altata, Navolato) y La Reforma (Angostura) en el estado de Sinaloa y los campos pesqueros de Santa Bárbara (Huatabampito) y El Choyudo (Guaymas), en el estado de Sonora. Un número reducido de organismos juveniles fue obtenido de la Bahía de La Paz, en Baja California Sur.

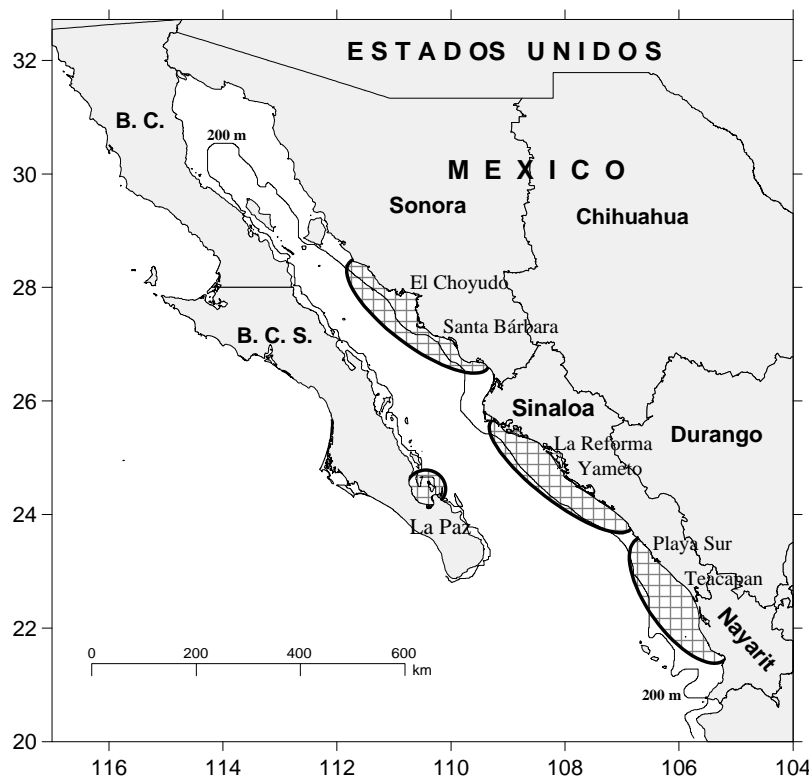
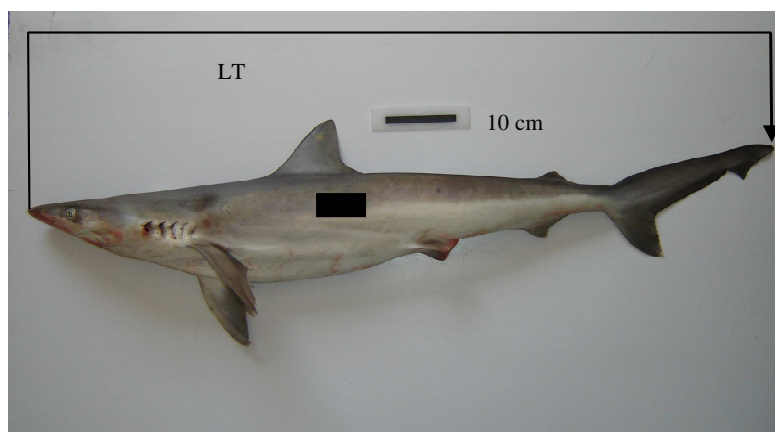


Fig. 3. Área de estudio. Zonas de influencia de las flotas ribereñas artesanales y localidades de muestreo de *R. longurio*.

Los animales fueron sexados y su longitud total flexionada (LT_{flex}) (Francis y Duffy, 2005) registrada en mm. La LT_{flex} es la distancia en línea recta entre la punta del hocico y el extremo distal de la aleta caudal, colocando esta última en línea recta con respecto al eje del cuerpo. En la presente tesis siempre se estará refiriendo a la LT_{flex} como LT , tanto en neonatos como individuos de vida libre, a menos que se haga la comparación con la LT natural (LT_{nat}), que es la distancia en línea recta entre la punta del hocico y el extremo distal de la aleta caudal en posición natural (Compagno, 1984) (Fig. 4).

A



B

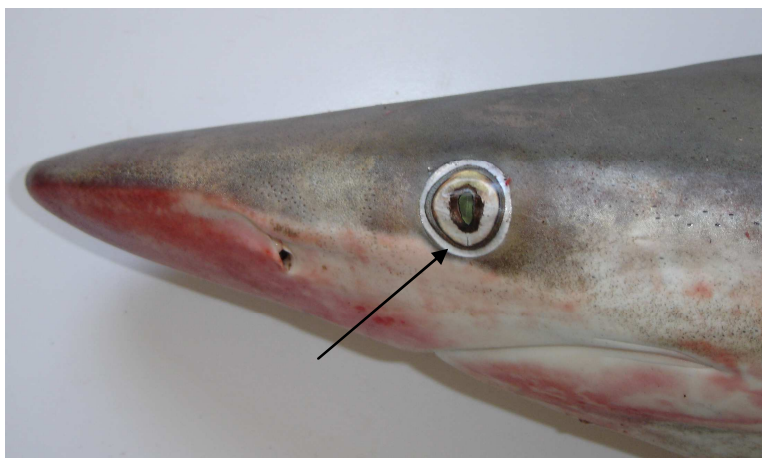


Fig. 4. Hembra de *R. longurio* de 99.2 cm LT. A) Vista lateral del organismo completo, registro de medida morfométrica (la LT es LT_{nat}) y área de extracción (rectángulo negro) de las vértebras empleadas en el análisis de edad y crecimiento y B) Vista lateral de la cabeza, donde se aprecia el círculo blanco que rodea al ojo (Flecha). Fotografías del autor.

5.3 Condición reproductiva y desarrollo gonádico

Condición reproductiva. Se siguió el criterio de Goldman (2004), complementado por Abdel-Aziz *et al.* (1993) y Castro (1993). El estadio de madurez sexual se determinó *in*

situ. Cuando este análisis no fue posible finalizarlo en el campo, se colectaron los aparatos reproductores en bolsas de polietileno, se mantuvieron en hielo, debidamente etiquetadas y se analizaron lo más inmediato posible.

Machos. Fue obtenida la longitud de los gonopterigios (LG), la cual es la distancia (mm) de la parte basal interna hasta la distal de estos órganos (Fig. 5). Un macho fue considerado sexualmente maduro cuando reunió las siguientes cuatro características: calcificación del gonopterigio, rotación de este órgano a 180 grados, apertura del rhipidion y presencia de semen en el gonopterigio o epidídimo, verificado en este último órgano, mediante una incisión.

Hembras. En las hembras se extrajo el ovario izquierdo (Fig. 6) y registró el promedio de ovocitos en desarrollo (PNO) u ovocitos vitelogénicos, el diámetro del ovocito vitelogénico mayor (DOM) mm y el promedio del diámetro de los ovocitos en desarrollo (PDO) mm, todos ellos observados macroscópicamente. Fue obtenido el peso de las gónadas de ambos sexos (g). Las hembras fueron consideradas maduras cuando presentaron productos de la fecundación en las bolsas uterinas o la presencia de grandes ovocitos vitelogénicos en proceso avanzado de desarrollo y cercanos a la ovulación. Lo anterior permitió determinar la edad de primera maduración sexual de las hembras.

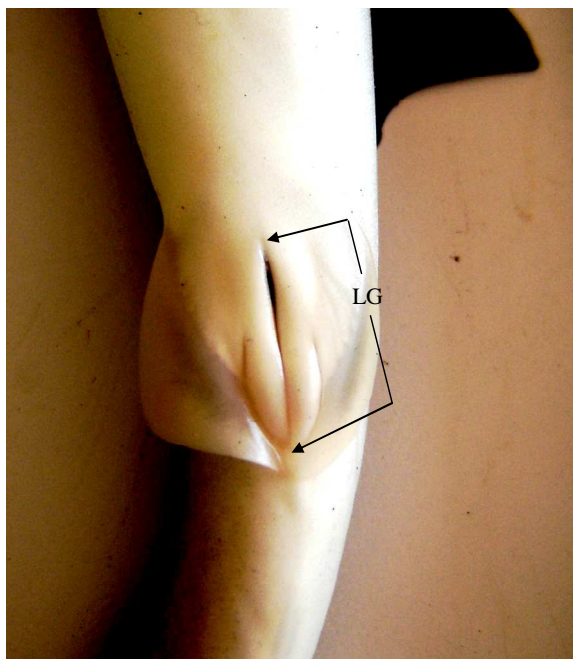


Fig. 5. Longitud del gonopterigio (LG) en *R. longurio*. Fotografía del autor.

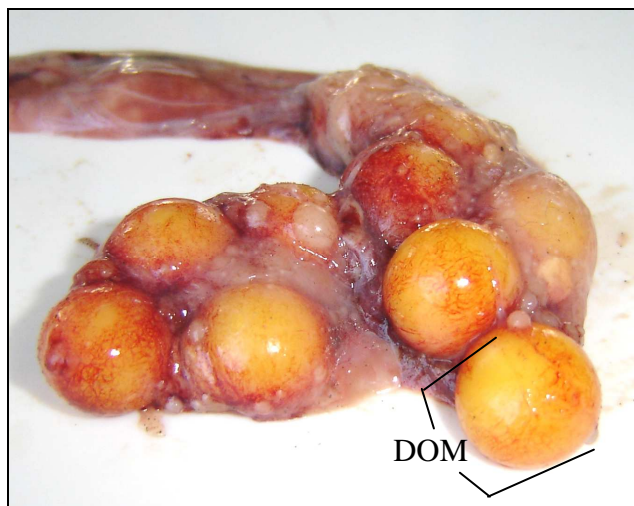


Fig. 6. Ovario izquierdo de *R. longurio* con ovocitos vitelogénicos. DOM = Diametro del ovocito mayor. Fotografía del autor.

Glándula nidamentaria. En las hembras se midió el ancho de una de las glándulas

nidamentarias (izquierda) (Fig. 7). Se extrajo uno de estos dos órganos y fijó en la Solución de Davidson y procesó histológicamente, con el propósito de verificar si en las hembras sexualmente maduras existe almacenamiento de esperma del macho

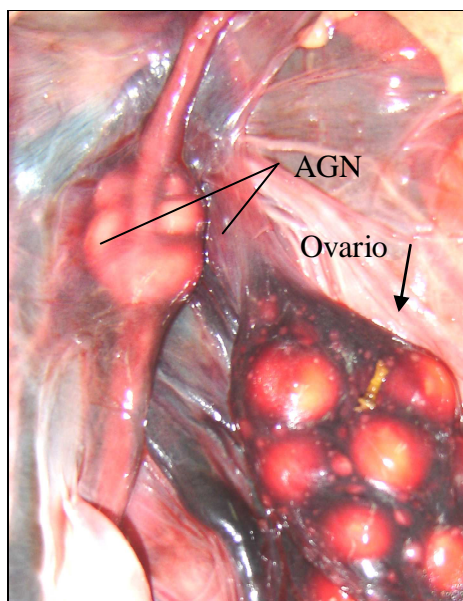


Fig.7. Glándula nidamentaria izquierda de *R. longurio*. Fotografía del autor.

Índice Gonadosomático (IGS). Fue disectada una de las dos gónadas en ambos sexos (la izquierda) y pesada con el propósito de obtener este índice, el cual es el peso de la gónada expresado como porcentaje del peso total del cuerpo. Fue obtenido a través de la siguiente ecuación:

$$\text{IGS} = (\text{peso de gónada (g)} / \text{peso total del cuerpo (g)}) \times 100 \quad (1)$$

Embriones. Fueron removidos de cada una de las bolsas uterinas, pesados, sexados y medidos (LT). Fue incorporada información adicional de 173 embriones, correspondientes de 22 hembras muestreadas en febrero de 1997 y enero de 1999, con el propósito de complementar los meses del año en que en el período 2005-2009 existió escasez de datos

de hembras preñadas. Se determinó la proporción macho : hembra tanto de los embriones en estadio en desarrollo como del estadio tardío. Se contabilizaron los embriones por hembra y bolsa uterina, para conocer la proporción existente entre ambas bolsas y se aplicó la prueba estadística de X^2 , para saber si existieron diferencias significativas entre sexos.

Asignación de estadios de madurez sexual. Para asignar las fases o estadios de madurez sexual en los machos y hembras se siguieron los criterios de Goldman (2004) y Márquez-Farías *et al.* (2005). En los machos se consideró el desarrollo del gonopterigio de acuerdo a las características antes señaladas. Se utilizaron cuatro fases de madurez para los machos: neonatos (0), juveniles (1), sub-adultos (2) y adultos (3). En las hembras la asignación de madurez incluyó la observación de la condición de los ovocitos, desarrollo de la glándula nidamentaria y la presencia de productos de la fecundación. Se utilizaron seis fases de madurez: neonato (0), juvenil (1), sub-adulto (2), adulto (3), preñez (4) y *post partum* (5).

Proporción de madurez sexual. Una submuestra de 590 individuos de *R. longurio* fue seleccionada para la determinación de la proporción de madurez. Los organismos fueron muestreados en la principal época de pesca de esta especie que va de diciembre a mayo.

Una vez que los estadios de madurez fueron asignados a cada individuo, los datos fueron tabulados por tamaños de clase. La función logística se ajustó a los datos binomiales de madurez (0 = inmaduro; 1 = maduro). La función logística obtenida que describe la proporción de madurez fue:

$$ML = \left(\frac{1}{1 + \exp(-(LT - L_{50\%}) / \Phi)} \right) \quad (2)$$

donde ML es la proporción de individuos maduros a la longitud LT (cm), $L_{50\%}$ es la longitud a la que el 50% de los individuos están maduros (tamaño medio de madurez) y Φ es la pendiente de la curva. Las diferencias específicas de sexo entre estas relaciones fueron

puestas a prueba, aplicando el Análisis de Covarianza (ANCOVA). Los parámetros estimados e intervalos de confianza para $L_{50\%}$ y Φ fueron obtenidos utilizando una regresión binaria y las rutinas de Análisis Probit contenidas en el software *Minitab* 16.0.

Análisis histológico del desarrollo gonádico. Las gónadas de ambos sexos fueron extraídas y fijadas con Solución de Davidson. A las 48 horas los órganos fueron cambiados a alcohol etílico a 70°. Posteriormente, los cortes histológicos se procesaron en los Laboratorios de Sanidad Acuícola del Centro Regional de Investigaciones Pesqueras de Mazatlán y el de Histología e Histoquímica del CIBNOR. Los tejidos fijados fueron luego sumergidos en una solución de etanol al 50 % (ETOH), saturada con Carbonato de Litio. Entonces se sumergieron en una solución de ETOH al 70 %. Los cassettes fueron colocados en un procesador de tejidos para deshidratarlos e infiltrarlos con parafina. Posteriormente se utilizó un microtomo para cortar secciones finas de 5 μm del tejido. Los cortes se procesaron utilizando técnicas histológicas convencionales y tinción con Hematoxilina y Eosina y se cubrieron con un medio sintético de montaje previo a la lectura en un microscopio óptico.

Testículos. Se efectuó una descripción histológica general del testículo. Se registró la longitud (mm), diámetro (mm) y peso (g) de este órgano. Fueron definidos y descritos los principales estadios de desarrollo del espermatocisto testicular el cual es la unidad celular funcional del testículo (Callard, 1991). Los estadios de desarrollo utilizados en *R. longurio*, fueron sugeridos para el tiburón *Sphyrna tiburo* por Parson y Grier (1992) y son siete a saber:

Estadio 1.- Espermatocistos que contienen espermatoblastos con cuatro o menos espermatogonias secundarias.

Estadio 2.- Células de Sertoli nucleadas migrando a posiciones interiores de la membrana basal del espermatocisto.

Estadio 3.- Espermatocistos que contienen espermatocitos primarios con cromatina granular, teñida de color oscuro.

Estadio 4.- Espermatocistos que contienen espermatocitos secundarios fácilmente identificables por su núcleo extremadamente pequeño.

Estadio 5.- Espermaticistos conteniendo espermátidas que poseen un núcleo elíptico.

Estadio 6.- Espermatocistos conteniendo espermatoblastos en donde el núcleo del esperma esta embebido en el citoplasma de la célula de Sertoli y que están separados unos de otros y,

Estadio 7.- Espermatocistos en donde el núcleo del esperma ha sido agrupado dentro de los espermatoblastos.

Ovario. Se efectuó una descripción histológica general del ovario funcional en *R. longurio*, el ovario izquierdo. Se registró el peso (g) de este órgano. Fueron definidos y descritos los principales estadios de su desarrollo.

5.4 Edad y crecimiento

Una sección de la columna vertebral, conteniendo de cuatro a ocho vértebras, fue removida directamente debajo de la primera aleta dorsal (Cailliet y Goldman, 2004) y mantenida en congelación.

Los individuos de vida libre fueron clasificados en los siguientes tres estadios: recién nacidos, en maduración (incluyendo sub-adultos) y maduros (Goldman, 2004, Natanson y Cailliet, 1986). Se siguió un criterio apropiado, aplicado a especies de elasmobranquios de pequeña talla (Abdel-Aziz *et al.*, 1993, Castro, 1993a), para estimar el período de parto, comparando el tiempo entre la captura de hembras con embriones grandes y la captura de

los especímenes de vida libre más pequeños. Para la apropiada identificación de los recién nacidos fue considerada la presencia de la cicatriz umbilical (Castro, 1993b, H. L. Pratt, NMFS, Narragansett, RI, comunicación personal, en Thorpe *et al.*, 2004) y la fecha de captura.

La edad fue determinada a partir de 421 de un total de 956 especímenes muestreados. En el laboratorio, las vértebras fueron limpiadas, sumergidas en alcohol etílico al 70 % por 24 horas y secadas por 24 horas (Conrath *et al.*, 2002, Goldman, 2004). Las vértebras secas fueron seccionadas sagitalmente a través del foco, con una cortadora con punta de diamante, de marca Isomet. Fueron intentadas diversas técnicas de tinción para mejorar la visualización de las bandas de edad (Goldman, 2004), pero las secciones vertebrales no teñidas mostraron la mayor visibilidad de las bandas de edad, por lo que no se utilizó tinción alguna para la determinación de la edad. Las secciones vertebrales se fijaron sobre portaobjetos con un medio de montaje y fueron pulidas con papel lija, de grano fino, hasta un grosor de aproximadamente 0.5 mm. Las secciones vertebrales fueron leídas en un microscopio estereoscópico con luz transmitida. Las imágenes y mediciones de las vértebras fueron obtenidas con un sistema de video y el software Image-Pro Plus ver. 4.5. El radio vertebral (RV) fue leído del foco de la vértebra a lo largo del eje del cuerpo calcareum al borde de la vértebra. La banda de edad fue definida como un par de bandas, constituidas por una banda clara y una banda oscura.

La identidad de la marca de nacimiento fue confirmada mediante el criterio de Natanson *et al.* (2002). La edad fue estimada asumiendo una formación anual de las bandas de edad. El conteo de todas estas bandas fue efectuado sin el conocimiento del sexo, la longitud o el mes de colección de los ejemplares. Las lecturas vertebrales fueron realizadas dos veces por dos distintos lectores. El conteo de las bandas de edad en donde se estuvo en desacuerdo fue efectuado una tercera vez. Cuando este tercer conteo no resultó en acuerdo, el espécimen fue excluido del análisis de la edad. El error en las lecturas de edad fue probado graficando los resultados del Lector número uno contra los resultados del Lector número dos (Campana *et al.*, 1995). El Análisis del Incremento Marginal (AIM) fue efectuado para

verificar la naturaleza anual de las bandas de edad. Una sub-muestra de secciones vertebrales ($n= 233$) conteniendo animales de ambos sexos, de todas las edades registradas fue seleccionada. Las edades 0+ a 7 fueron leídas en este análisis. Para obtener el radio del incremento marginal (RIM) se siguió el criterio y la fórmula proporcionados por Conrath *et al.* (2002):

$$\text{RIM} = \text{AM}/\text{ABP} \quad (3)$$

donde AM = la distancia de la última banda opaca al extremo distal del margen.

ABP = el ancho de la banda previa.

Los valores promedio mensuales del RIM fueron graficados, para determinar si hubo un patrón de crecimiento anual en el ancho del margen. Los datos de edad-a-la-longitud fueron ajustados a la Ecuación de Crecimiento de von Bertalanffy (von Bertalanffy, 1938, ECVB):

$$L_t = L_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)}), \quad (4)$$

donde L_t = longitud a la edad t ;

L_∞ = longitud asintótica;

k = coeficiente de crecimiento; y

t_0 = edad teórica a la edad cero.

El análisis fue hecho para cada sexo por separado. Los parámetros de la ECVB fueron estimados por medio de los mínimos cuadrados no lineales por el método cuasi-Newton. La prueba de máxima verosimilitud fue llevada a cabo en el Programa Excel 2003 (Microsoft Corp., Redmon, WA).

6. RESULTADOS

6.1 Estructura de tallas

Fueron muestreados 956 individuos, 456 machos y 500 hembras de vida libre y 513 embriones, en total 1,469 especímenes. El intervalo de longitudes fue de 33.5 a 134.5 cm LT, con el 80% de los individuos entre los 74.3 y 134.5 cm LT. Los machos presentaron el intervalo 39.8 a 119.0 cm LT, con una media de 88.3 cm LT y moda de 96.0 cm LT. Las hembras presentaron el intervalo de 33.5 a 134.5 cm LT, con una media de 93.3 cm LT y moda de 112.0 cm LT. Los organismos de vida libre más pequeños fueron dos recién nacidos, un macho de 39.8 cm LT y una hembra de 33.5 cm LT. La frecuencia de longitudes mostró tres grupos modales, mismos que corresponden a los recién nacidos, juveniles y sub-adultos y adultos. Debido a que existieron diferencias estadísticamente significativas entre la frecuencia de longitudes de ambos sexos (ANOVA, $P < 0.0005$; Mann-Whitney, Wilcoxon) la distribución de frecuencias se diferenció por sexos (Fig. 8). Las hembras alcanzaron una mayor LT que los machos, equivalente a 15.4 cm.

El 71% de los machos se encontró en el intervalo de 75.0 a 119.0 cm LT. El 78% de las hembras se encontró en el intervalo de 75.0 a 134.5 cm LT. Fueron encontradas tres modas en la frecuencia de longitudes, que corresponden básicamente a los estadios de recién nacido, juvenil y adulto, de ambos sexos.

6.2 Distribución espacio-temporal.

Fueron registrados los cuatro estadios asignados a los machos y los seis de las hembras. El 42% de los individuos fue muestreado en Yameto, Navolato, Sinaloa y el restante 57.5% en las otras localidades de muestreo (Fig. 9). Cinco únicos individuos (0.5 %) fueron obtenidos en la Bahía de La Paz, B. C. S.

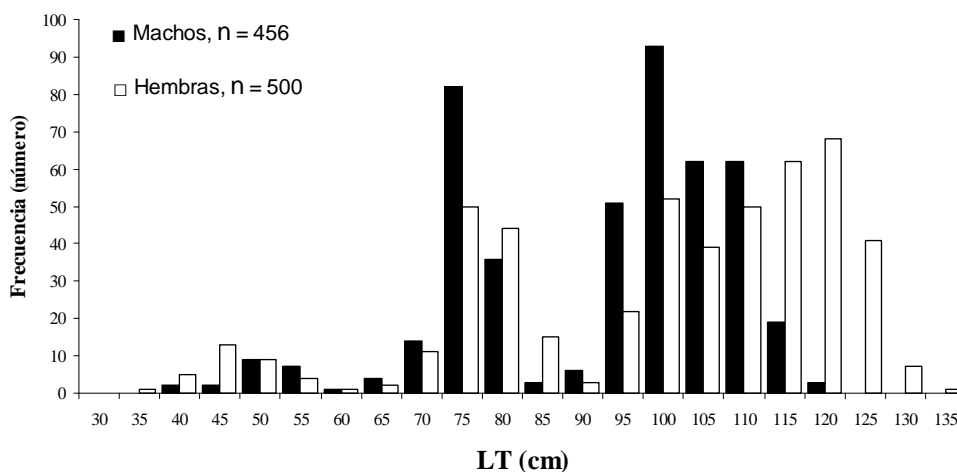


Fig. 8. Distribución de frecuencia de longitudes de *R. longurio* (sexos combinados) capturados de febrero de 2005 a agosto de 2009, en la costa continental del Golfo del California.

Los estadios de *R. longurio* de importancia comercial, capturados mediante redes de enmalle y palangres o cimbras, fueron juvenil tardío, sub-adulto y adulto. Son capturados por la flota ribereña artesanal en las costas de los estados de Sonora, Sinaloa y Nayarit en el periodo noviembre-abril. Los estadios mencionados no se encuentran disponibles de mayo a octubre, debido a su comportamiento migratorio. De acuerdo a los resultados obtenidos, las tallas de la especie en Teacapán representan todos los estadios aquí asignados, con predominio de los juveniles, que fueron capturados mayoritariamente en abril.

De mayo a agosto los estadios capturados son los recién nacidos y juveniles tempranos, los cuales fueron obtenidos a partir de la pesquería ribereña artesanal del pez sierra (*Scomberomorus sierra*), en donde se emplea la red de enmalle de tres pulgadas.

El Choyudo-Santa Bárbara. Fue registrado únicamente el 4% de los ejemplares, un número reducido de individuos, en un intervalo de 46.0 a 122.5 cm LT y una media de 90.0 cm LT, mediana de 80.1 cm LT y una moda de 76.5 cm LT. Los estadios predominantes fueron juvenil (tardío) y adultos. Sólo fue registrado un único espécimen neonato en el mes

de julio. Los juveniles tempranos y en desarrollo fueron registrados en enero y junio. Una reducida cantidad de sub-adultos fue detectada en junio. Los adultos fueron registrados en marzo, mayo y junio. El tamaño de muestra de esta localidad fue insuficiente para determinar una tendencia en estos estadios.

La Reforma. Fue registrado 13% de los individuos, en un intervalo de 61.1 a 126.0 cm LT. El muestreo de la captura fue efectuada únicamente en el mes de diciembre en que se encontraron mayoritariamente juveniles (tardíos) que dominaron con un 96 % en las descargas.

Yameto. Se muestreó el 42% de los individuos de *R. longurio* en este campo pesquero, en un intervalo de 40.0 a 134.5 cm LT y una media de 101.5 cm LT, mediana de 103.9 cm LT y una moda de 118.0 cm LT. Recién nacidos en números reducidos fueron registrados en marzo, junio y julio. Individuos en estadio juvenil (en desarrollo y tardío) se registraron en cantidades relativamente moderadas de diciembre a mayo, con una mayor cantidad en mayo. El estadio sub-adulto fue común de marzo a abril. Los adultos fueron muy abundantes y se presentaron de diciembre a mayo, con mayores números en marzo, abril y mayo.

Playa Sur. Fue muestreado el 17% de los individuos en esta localidad. Presentaron un intervalo de tallas de 47.0 a 121.0 cm LT y una media de 100.8 cm LT, mediana de 100.2 cm LT y una moda de 96.0 cm LT. El estadio predominante en las descargas fue el de adulto, el cual se capturó principalmente en marzo. Una muy reducida cantidad de neonatos fue registrada en julio y de juveniles en marzo y abril. Los juveniles (tardíos) y sub-adultos fueron muy escasos y se presentaron en las capturas en marzo y abril. Los adultos estuvieron presentes en grandes cantidades relativas en febrero, marzo y mayoritariamente en abril.

Teacapán. En esta localidad fue muestreado el 24% de los individuos. Presentaron un intervalo de tallas de 27.8 a 123.3 cm LT y una media de 76.0 cm LT, mediana de 74.7 cm

LT y moda de 95 cm LT. De mayo a agosto fueron registrados organismos recién nacidos y juveniles (tempranos, en desarrollo y tardíos). Una pequeña fracción de sub-adultos se presentó de diciembre a abril. Los adultos se muestrearon mayoritariamente en abril.

Bahía de La Paz. Fueron registrados únicamente cinco individuos neonatos en el intervalo de 35.9 a 46.7 cm LT en mayo y septiembre. Fueron registradas una media de 42.4 cm LT y mediana de 44.2 cm LT.

La comparación de la máxima talla registrada para machos y hembras de *R. longurio* en ocho estudios previos, que van de 1983 al 2005, indica que la talla de machos y hembras no ha sufrido cambios significativos en un lapso de 28 años (Tabla I).

6.3 Relación longitud-peso de machos y hembras

La relación longitud-peso fue estimada para la especie, tanto para sexos combinados como para cada uno de ellos. Los resultados en los sexos combinados se muestran en una curva del tipo exponencial (Fig. 10). Las hembras alcanzan pesos corporales superiores a los machos, debido a que el 38% de ellas se encontraron preñadas y con embriones en fases de desarrollo intermedio y avanzado y debido también a que presentaron una mayor talla respecto a los machos.

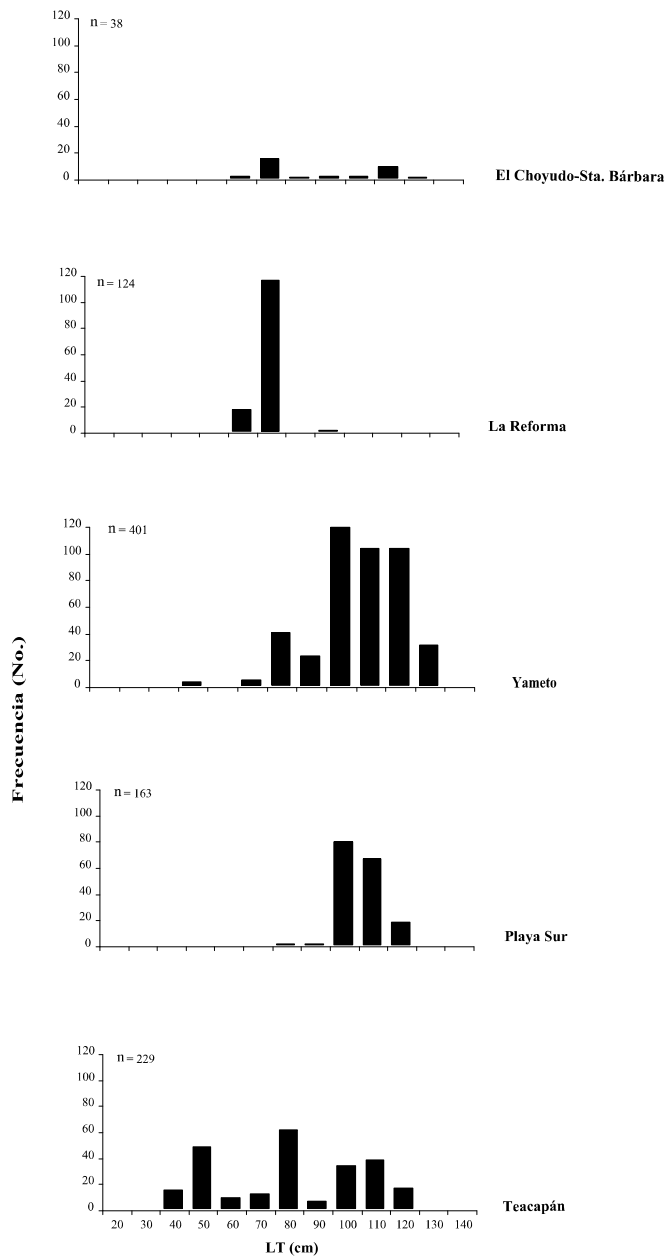


Fig. 9. Distribución de frecuencia de longitudes de *R. longurio* (sexos combinados, n = 956) en las principales localidades de muestreo, en la costa continental del Golfo de California en 2005-2009.

Tabla I. Máxima LT registrada de *R. longurio*, en estudios realizados de 1981 a la fecha, en la costa del Océano Pacífico en México. GDC = Golfo de California.

Área de estudio	Año(s) del muestreo	Morfométrico	Máxima LT registrada		n	Referencia
			♂	♀		
Sur de Sinaloa	1981-1982	LT _{nat}	114	122		Manjarrez <i>et al.</i> (1983)
Sur de Sinaloa	1987	LT _{nat}	110	120	1,145	Castillo-Geniz (1990)
Sur de Sinaloa	2002	LT _{nat}	112	122		Sarabia y Velásquez (2002)
Sur de Sinaloa	1994-1999	LT _{nat}	118	130	3,464	Márquez-Farías <i>et al.</i> (2005)
Sur del GDC	1995-2001	LT _{nat}	115	120	2,018	Pérez-Jiménez <i>et al.</i> (2005) b
GDC y costa de Oaxaca	2004-2006	LT _{nat}	120	125	387	Mejía-Salazar (2007)
Costa continental del GDC	2005-2009	LT _{flex}	119	135	956	Presente estudio

El peso de los machos fluctuó de 202 g para un neonato de 28 cm LT a 5.5 Kg para un adulto de 113 cm LT, mientras que el peso de las hembras fue de 212 g para un neonato de 37 cm LT a 12 Kg para una hembra preñada de 121 cm LT y cinco crías en su interior. El peso promedio de las hembras preñadas fue de 9.2 Kg, en un intervalo de longitud de 92 cm a 126 cm LT. Los valores de las constantes de la ecuación $W=a(LT)^b$

Que describe la relación longitud-peso fue la siguiente para los machos, $a= 0.00000081$, $b = 3.2217$, $r = 0.9793$ ($n= 320$). Para las hembras fue como sigue, $a = 0.00000052$, $b = 3.3908$, $r = 0.9727$ ($n = 307$). Y para ambos sexos fue como sigue, $a = 0.0000042$,

$b = 3.3278$, $r = 0.9753$ ($n = 627$).

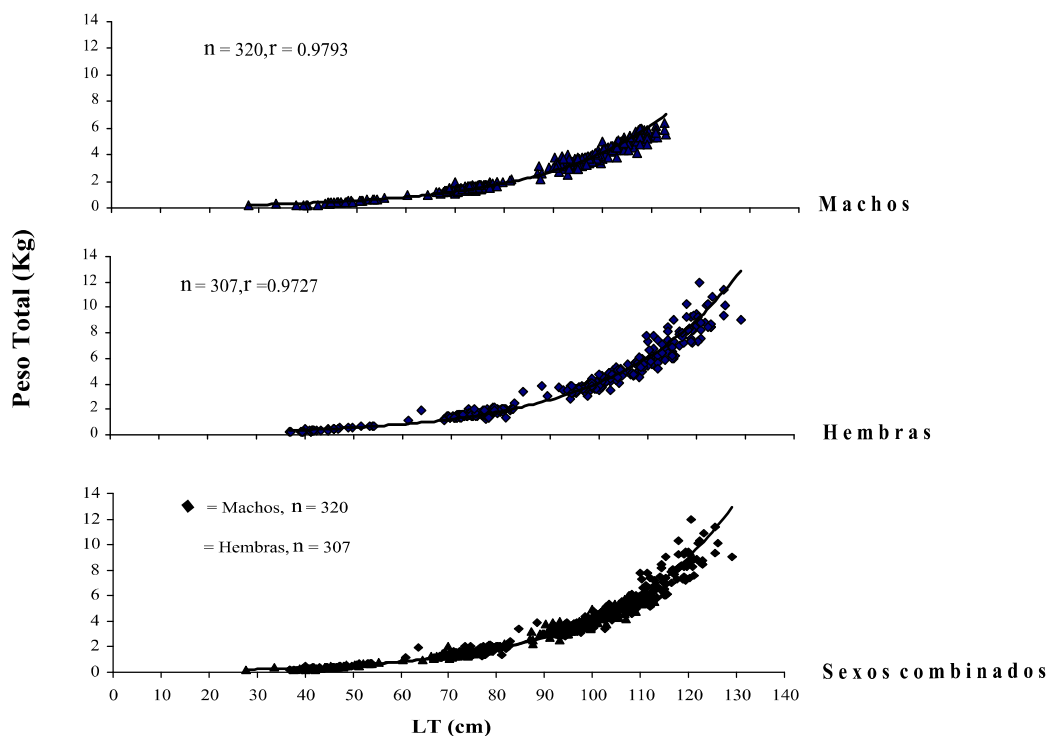


Fig. 10. Relación entre la LT y el peso de individuos de vida libre de *R. longurio* (sexos combinados) capturados de febrero de 2005 a agosto de 2009, en la costa continental del Golfo de California.

6.4 Relación LT vs. peso del hígado

Machos. La relación LT vs. peso del hígado en los machos mostró una curva exponencial. Los resultados de esta variable incluyeron embriones con un promedio de 12.3 g de peso del hígado, neonatos con un promedio de 27.5 g; juveniles y sub-adultos de 132 g y adultos de 267 g. de peso de este órgano (Fig. 11). El valor de $r = 0.8818$. El incremento en peso del hígado en embriones y juveniles tempranos es proporcional al crecimiento, poco perceptible en estos estadios, pero notorio a partir de los 70 cm LT (juveniles tardíos) y hasta los 119 cm LT (adultos).

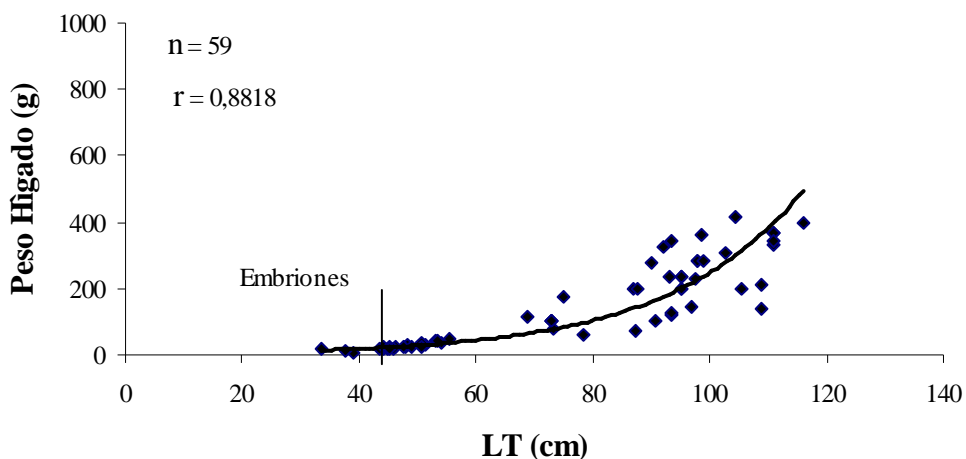


Fig. 11. Relación entre la LT y el peso del hígado de machos de *R. longurio*, en el Golfo de California.

Hembras. La relación LT vs. peso del hígado en las hembras mostró una curva exponencial. Los resultados de esta variable incluyeron embriones con un promedio de peso de hígado de 14.3 g y talla promedio de 29.7 cm LT, neonatos con un promedio de 41 g; juveniles 58 y adultos de 98 g (Fig. 12). El valor de $r = 0.9206$. El incremento en peso del hígado en embriones y juveniles es proporcional al crecimiento en estos estadios, pero poco perceptible hasta los 55.0 cm LT y es notorio de los 75.0 cm LT (juveniles tardíos) en adelante.

6.5 Condición reproductiva

Relación LT vs. peso del testículo. No fue posible obtener el peso del testículo de individuos juveniles ni de sub-adultos menores de 87 cm LT. Lo anterior debido a que en estas tallas el testículo es diminuto, filiforme, muy frágil en su manejo y de fácil deterioro. El registro de este variable se efectuó a partir de los 88 cm LT y hasta los 115 cm LT (adultos) (Fig. 13). Se considera que el peso del testículo de organismos de tallas menores fue inferior a 4 g, aproximadamente. El peso promedio del testículo para sub-adultos de 89

cm LT y adultos de hasta 114 cm LT fue de 34.4 g.

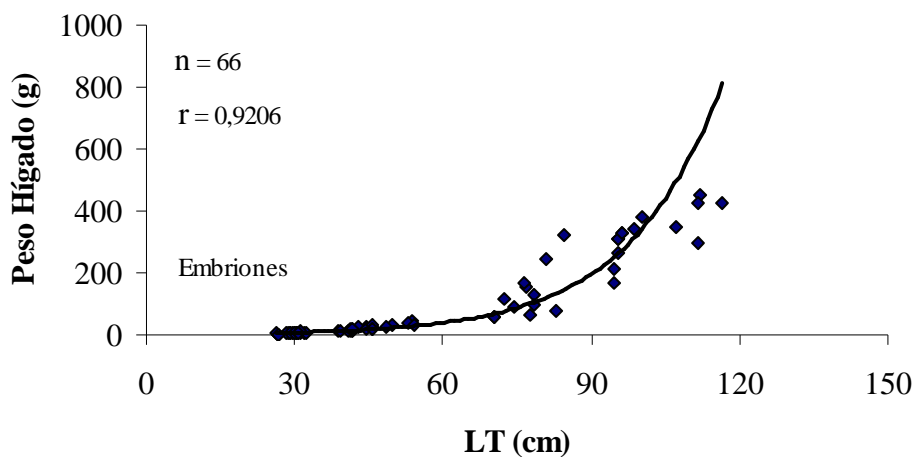


Fig. 12. Relación entre la LT y el peso del hígado de hembras de *R. longurio*, en el Golfo de California.

Índice Gonadosomático en machos. Los valores de este índice fueron obtenidos para el periodo diciembre-junio y presentaron una variación notoria. Los valores más bajos, entre 0.3 y 0.1%, se registraron en diciembre y junio, los intermedios en enero y marzo. El mayor valor, 1%, se registró en abril y disminuyó ligeramente, 0.95%, en mayo. Se careció de datos para el período julio-noviembre (Fig. 14).

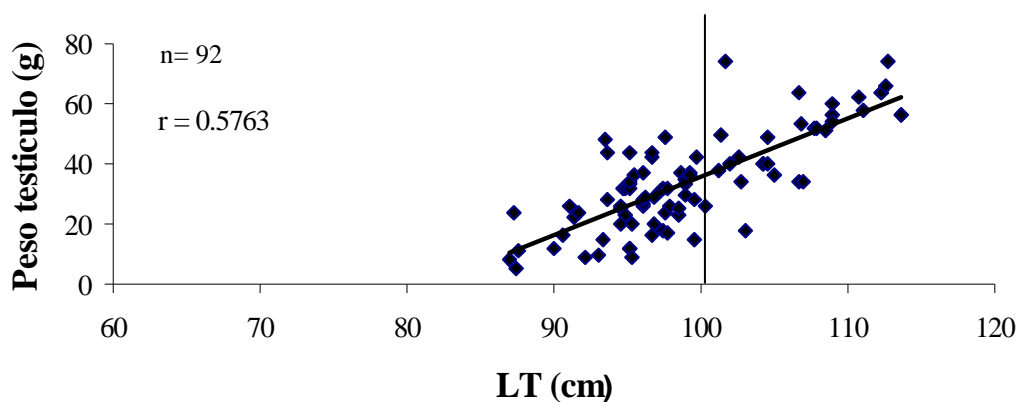


Fig. 13. Relación entre la LT y el peso del testículo izquierdo de *R. longurio*, en el Golfo de California en 2005-2009. La línea vertical representa la longitud a la cual el 50 % de los organismos se encuentra sexualmente maduro.

Relación LT vs. peso del ovario. El peso del ovario (separado del órgano epigonal) fue obtenido en especímenes desde los 69 cm LT (juveniles) y hasta hembras adultas de 127 cm LT. El peso de este órgano permanece menor a un gramo en especímenes de hasta 83 cm LT y experimenta un incremento mínimo a los 103 cm LT (Fig. 15). Un aumento notorio de la masa gonádica se presentó a partir de los 105 cm LT, talla cercana a la de maduración sexual. El peso promedio de este órgano en individuos menores a 100 cm LT registró 0.33 g, mientras que en los organismos mayores a esta longitud el promedio fue de 20.2 g. El ovario alcanzó su mayor peso en tallas de organismos adultos mayores a 110 cm LT.

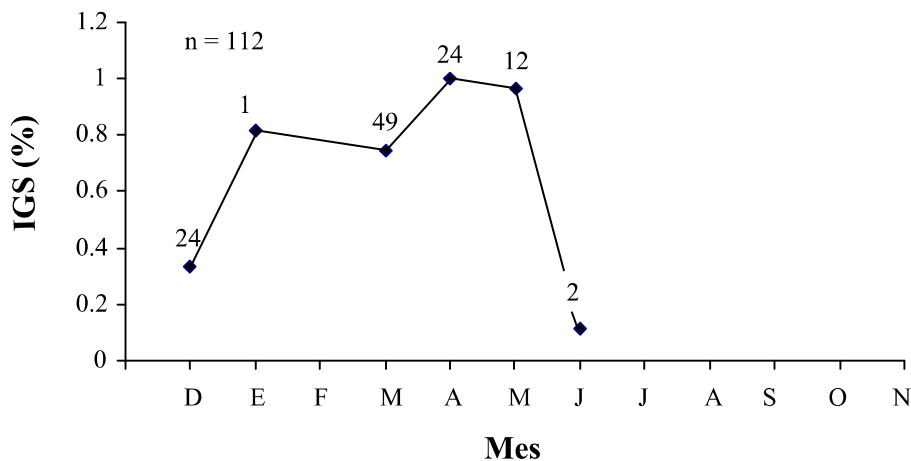


Fig. 14. Índice Gonadosomático de machos de *R. longurio*, de diciembre a junio, en el Golfo de California. El número arriba de cada valor es la n mensual.

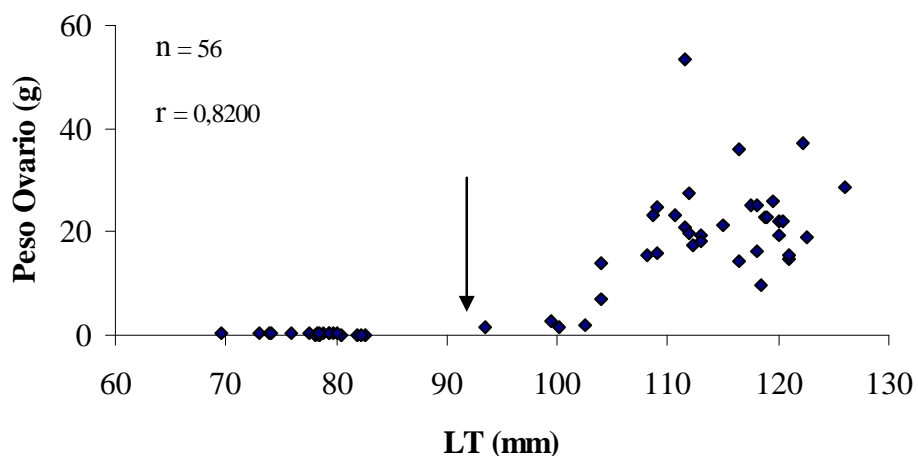


Fig. 15. Relación entre la LT y el peso del ovario izquierdo de *R. longurio*, en el Golfo de California.

Índice Gonadosomático (IGS) en hembras. Los resultados del IGS obtenidos en el período de estudio indican muy poca variación (Fig. 16). El menor valor, cercano a 0.2% fue obtenido en junio y el mayor en abril que no superó el 0.4%. Sólo fue posible obtener esta información en cuatro de los 12 meses del año. Los valores de este índice en las hembras mostraron valores relativamente inferiores respecto a los machos.

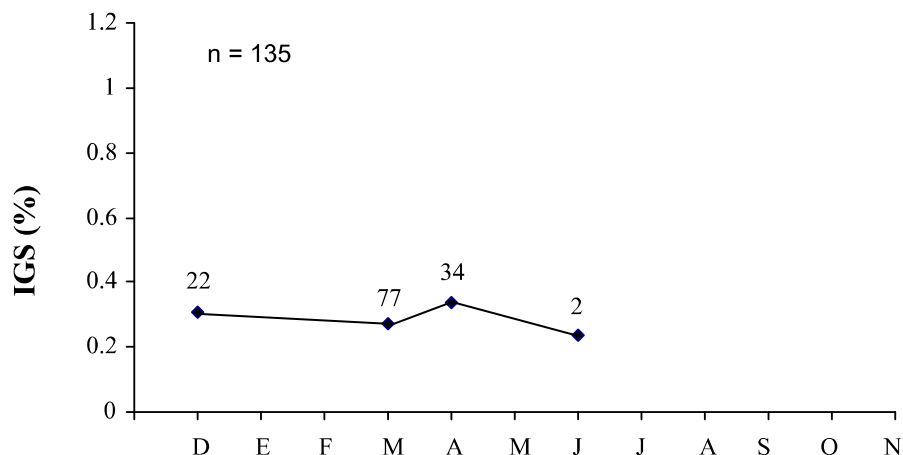


Fig. 16. Índice Gonadosomático de hembras de *R. longurio*, de diciembre a junio, en el Golfo de California. El número arriba de cada valor es la n mensual.

Radio sexual. Fueron sexados 1,469 individuos de *R. longurio*, de los cuales 956 fueron individuos de vida libre y 513 embriones. El 65% de los organismos muestreados se encontró sexualmente maduro. El 73% de los machos y el 57% de las hembras presentó esta condición. Los individuos de vida libre corresponden a los neonatos, juveniles, sub-adultos y adultos. Los embriones fueron divididos en dos categorías “en desarrollo” y “tardíos”. En general las hembras fueron ligeramente mayores en número que los machos. Se registraron 727 machos y 742 hembras. En embriones y el total de individuos de vida libre se encontró una relación cercana a 1 : 1. y no hubo diferencia significativa en la prueba X^2 ($P < 0.001$). En estadios de vida libre donde existieron diferencias notorias de este radio fue en el de juvenil, donde las hembras fueron tres veces más numerosas que los machos y en el de sub-adulto, en que los machos fueron dos a uno superiores en número a las hembras (Tabla II).

Tabla II. Radio sexual de neonatos e individuos de vida libre de ambos sexos de *R. longurio* en la costa continental del Golfo de California.

	Estadio	♂	♀	Macho : Hembra
Embriones	Embriones en desarrollo	99	112	1 : 1.3
	Embriones tardíos	156	146	1.1 : 1
	Total	255	258	1 : 1
Individuos de vida libre	Neonatos	35	52	1 : 1.5
	Juveniles	44	131	1 : 3
	Sub-adultos	48	21	2 : 1
	Adultos	345	280	1.2 : 1
	Total	472	484	1 : 1
	Global		727	742

Relación LT vs. longitud del gonopterigio (LG). Fue obtenida la longitud del gonopterigio de 523 machos. Esta medición incluyó embriones y todos los estadios de vida libre que fueron asignados. La longitud del gonopterigio mostró una típica curva sigmoideal en relación con la LT (Fig. 17). En los neonatos y juveniles tempranos el gonopterigio se presenta como una estructura pequeña y flexible, con una longitud promedio de 1.8 cm. En los neonatos el promedio de longitud de este órgano es de 2.2 cm. En los juveniles el promedio fue de 4.0 cm, mientras que en los sub-adultos el desarrollo de este órgano promedió 9.3 cm. En los sub-adultos se observó la elongación notoria del gonopterigio en proporción a la talla y se registraron sólo algunas de las cuatro características que indican la adquisición de la madurez sexual. Los adultos maduros, presentando estas cuatro características y fueron observados a partir de los 101 cm LT. La curva sigmoideal corresponde a las tres fases de crecimiento características del gonopterigio.

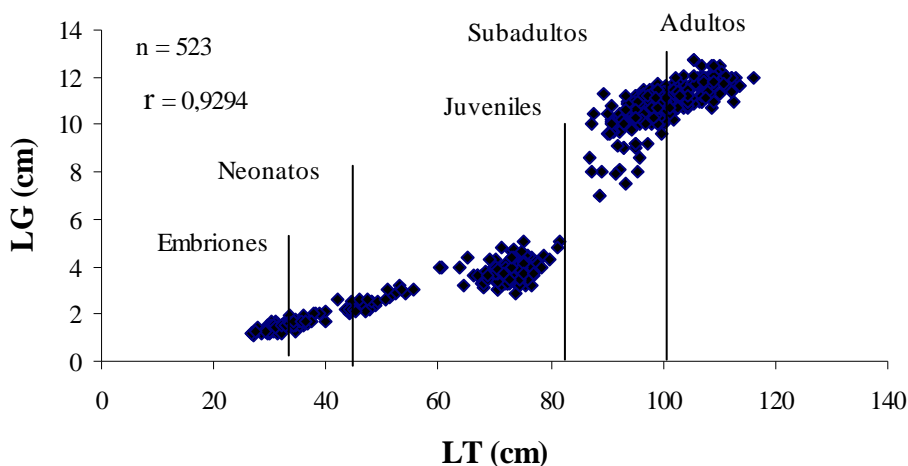


Fig. 17. Relación entre la LT y la longitud del gonopterigio de *R. longurio*, en el Golfo de California. La última línea vertical a la derecha representa la longitud a partir de la cual el 50% de los organismos se encuentra sexualmente maduro.

Hembras gestantes. Fueron registradas 68 hembras en esta condición, mismas que presentaron un intervalo de talla de 105 a 121 cm LT y con una media de 133.0 cm, mediana de 117.4 y moda de 113 de cm LT, respectivamente. Fueron extraídos, contabilizados y sexados 513 embriones (Tabla III). El intervalo en el número de embriones por hembra fue de 1 a 11. La bolsa uterina izquierda presentó un promedio de 4.5 embriones por hembra, mientras que en la bolsa uterina derecha este promedio fue de 4.6 embriones. La proporción bolsa uterina izquierda : bolsa uterina derecha fue de 1:1.03. El número de embriones no presentó relación estadística con la LT materna. El promedio de embriones por hembra fue de 7.5. El intervalo de longitud de los embriones, sexos combinados, fue de 27 a 39 cm LT; la de los embriones machos fue de 28 a 39 cm LT y la de los embriones hembras de 27 a 38 cm LT. Los embriones, sexos combinados, registraron un promedio de longitud total de 32 cm LT. La hembra con productos de la fecundación más pequeña registró 93 cm LT.

El 79% de 58 de las hembras presentó ovocitos en proceso de diferenciación, es decir con diámetro mayor o igual a 5 mm. El 20.7% de las hembras presentó ovocitos muy pequeños

u ovarios no diferenciados en los que no se pudieron identificar los ovocitos a simple vista.

Relación LT vs. promedio de ovocitos (PNO). Esta relación fue determinada en especímenes con una talla de 94.0 cm a 134.5 cm LT. Fue obtenido un coeficiente de correlación de $r = 0.1484$, por lo que esta relación no estuvo significativamente correlacionada (Fig. 18).

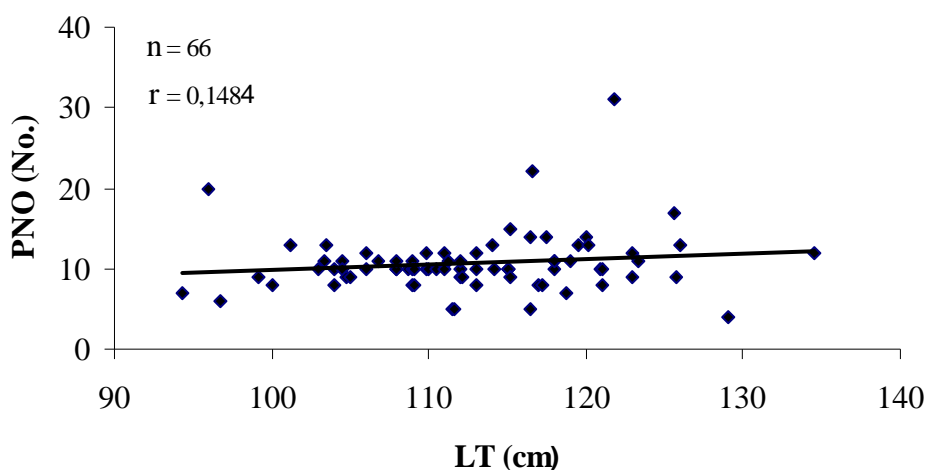


Fig. 18. Relación entre la LT de hembras y el promedio de ovocitos de *R. longurio*, en el Golfo de California.

Relación LT vs. diámetro del ovocito mayor (DOM). Esta relación se determinó para hembras juveniles desde los 40 cm LT a hembras adultas de hasta 135 cm LT. La curva resultante es del tipo sigmoideal (Fig. 19). En los individuos sub-adultos de 83 cm LT el diámetro del ovocito mayor permaneció inferior a 3.0 mm. De esta última longitud y hasta, aproximadamente, los 100 cm LT el promedio del diámetro es de 5.0 mm. (estadios sub-adulto y adulto). El diámetro del ovocito mayor en relación a la longitud total presentó sus mayores valores en individuos entre los 100 cm LT y aquellos que presentaron las longitudes mayores, con un valor máximo de 27 mm de diámetro para una hembra de 119

cm LT. El diámetro promedio de los ovocitos fue de 9.5 mm. Fue obtenido un coeficiente de correlación $r = 0.6933$ entre el diámetro del ovocito mayor y la longitud total de las hembras.

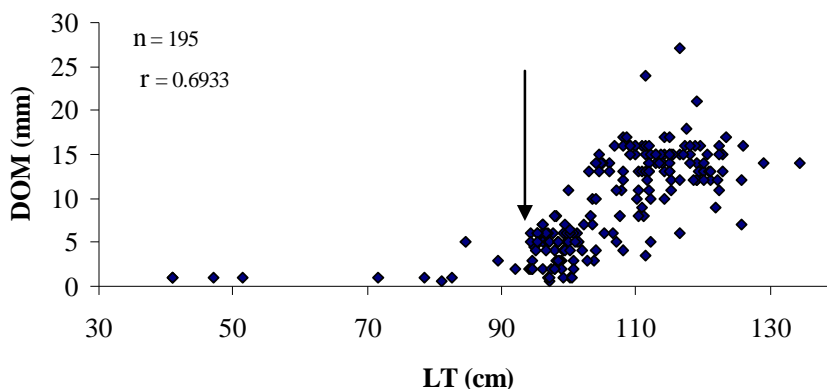


Fig. 19. Relación entre la LT de hembras y el diámetro del ovocito mayor de *R. longurio*, en el Golfo de California. La línea vertical señala la longitud a la cual el 50% de los organismos se encuentra sexualmente maduro.

Relación LT vs. promedio del diámetro de los ovocitos (PDO) por intervalo de clase.

Esta relación fue determinada para un total de 81 hembras e incluyó individuos desde los 40 cm hasta los 135 cm LT (recién nacidos a adultos) (Fig. 20). El promedio del diámetro de los ovocitos fue inferior igual a dos milímetros y permaneció constante en los organismos de 40 a 80 cm LT. En hembras de 80 a 90 cm LT (sub-adultos) el promedio se incrementó un milímetro. En los siguientes intervalos de clase de 100, 110, 120 y 130 cm LT el promedio del diámetro fue superior a los 10 mm. El intervalo de clase de 100 a 110 cm LT un promedio de 13 mm LT como el mayor valor.

Relación LT vs. ancho de la glándula nidamentaria (AGN). La relación de la longitud total de las hembras y el ancho de la glándula nidamentaria (Fig. 21) tiene características de una función sigmoïdal. Los organismos menores a 90 cm LT presentan un ancho de glándula nidamentaria inferior a 8 mm. A partir de esta talla el ancho incrementa su tamaño

hasta alcanzar 18 mm entre los 110 y 130 cm LT.

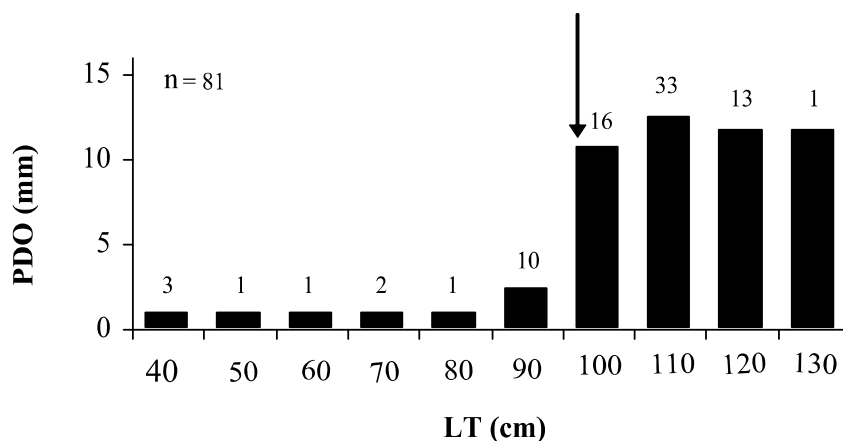


Fig. 20. Relación entre la LT de hembras y el promedio del diámetro de los ovocitos por intervalo de clase de *R. longurio*, en el Golfo de California. El número arriba de cada barra es el valor de n del intervalo de clase. La línea vertical señala la longitud en la cual el 50 % de los organismos se encuentra sexualmente maduro.

Relación LT vs. ancho de la bolsa uterina (ABU). Se registró el ancho de la bolsa uterina izquierda en individuos neonatos desde 45 a 52 cm LT, en juveniles tardíos de 74 a 83 cm LT y adultos con intervalo de 94 a 120 cm LT. Esta relación únicamente incluyó valores de hembras en donde los productos de la fecundación no fueron observados en las bolsas uterinas (Fig. 22).

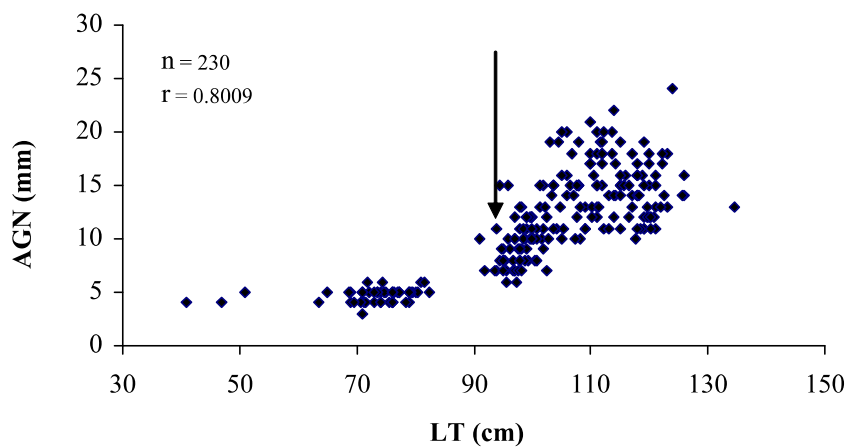


Fig. 21. Relación entre la LT de hembras y el ancho de la glándula nidamentaria de *R. longurio*, en el Golfo de California. La línea vertical señala la longitud en la cual el 50 % de los organismos se encuentra sexualmente maduro.

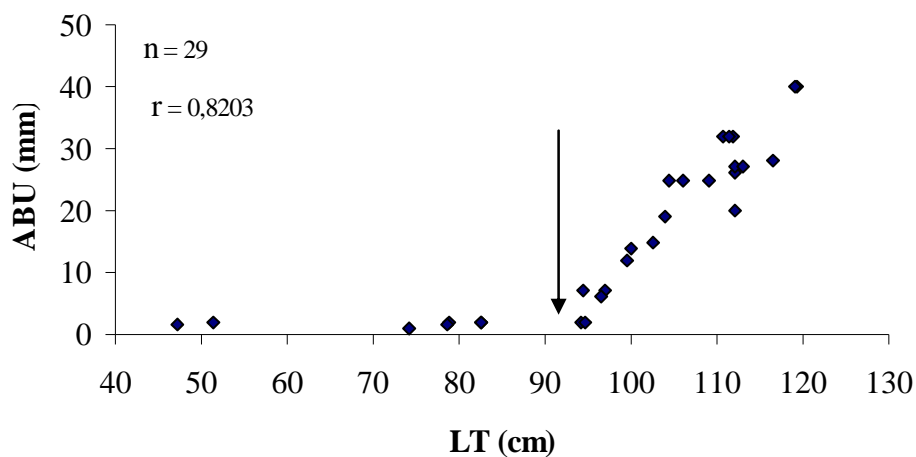


Fig. 22. Relación entre la LT de hembras y el ancho de la bolsa uterina izquierda de *R. longurio*, en el Golfo de California.

6.6 Proporción de madurez sexual

Distribución de tallas. Fueron encontradas diferencias estadísticamente significativas entre las frecuencias de longitud de machos y hembras (ANOVA, $P < 0.0005$; Mann-Whitney, Wilcoxon). La talla media de los machos fue de 90.3 cm LT (Mín= 40.0 cm LT, Máx= 112.7 cm LT, n= 283) y la de las hembras fue 97.81 cm LT (Mín= 41.0 cm LT, Máx= 129.0 cm LT, n= 307). La distribución de las frecuencias de longitud de los especímenes examinados mostró dos modas en cada sexo (Fig. 23). Para los machos la moda de juveniles se ubicó en los 75 cm LT y en los individuos más grandes en los 100 cm LT. Las hembras mostraron dos modas una a los 95 cm LT y la otra en los individuos grandes a los 115 cm LT.

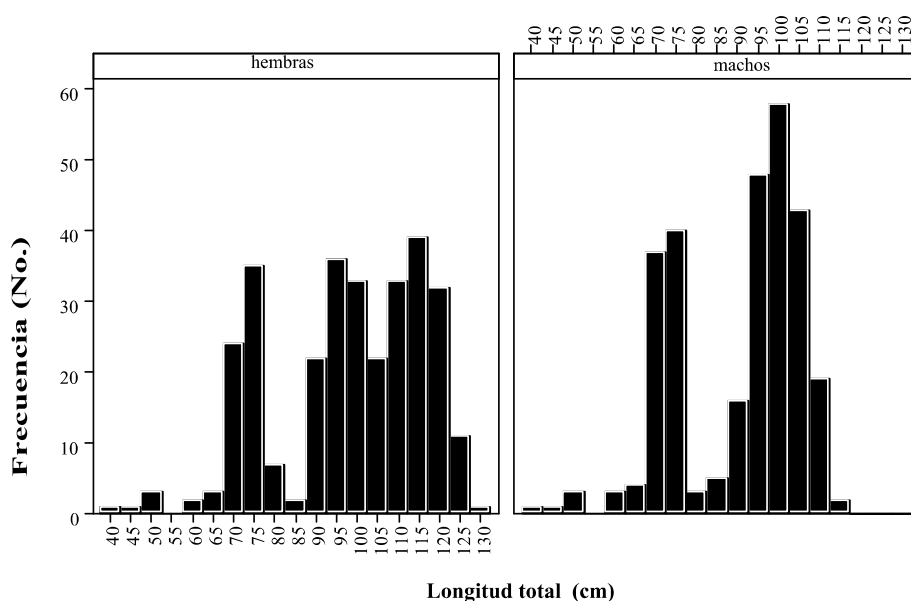


Fig. 23. Distribución de frecuencias de longitud para hembras y machos de *R. longurio*.

Estadios de madurez por longitud. La estructura de la población en función de los estadios de madurez mostró un patrón relativamente natural, con individuos adultos de mayores tamaños que los juveniles. (Fig. 24, Tabla III).

Machos.- La proporción de individuos examinados y el tamaño estadístico por estadio de madurez fue 1.7% de neonatos (0) con una talla promedio = 47.3 cm LT (Mín= 40 cm LT, Máx = 52.2 cm LT), 36.7% para juveniles (1) con una talla media = 75.1 cm LT (Mín= 60.5 cm LT, Máx = 96 cm LT), 30.7% para sub-adultos (2) con una talla media = 97.3 cm LT (Mín= 87.2 cm LT, Máx = 107 cm LT) y 30.9 % adultos (3) con una talla media = 103.9 cm LT (Mín= 93 cm LT, Máx = 112.7 cm LT).

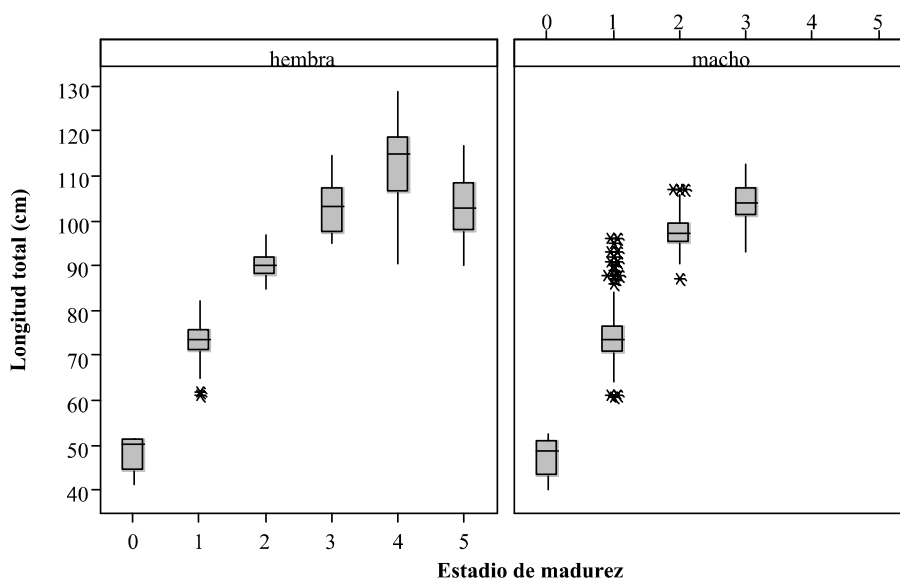


Fig. 24. Estructura de longitudes por estadio de madurez de *R. longurio* en el Golfo de California.

Fue evidente una fase de rápido incremento cuando se compara los tamaños de los estadios de neonato (0) y juvenil (1). Los estadios juvenil (1), sub-adulto (2) y adulto (3) muestran tallas que se superponen entre sí, indicando una fase de lento crecimiento. Al combinar las tallas en un formato binario (Fig. 25) se evidenció la dominancia de los individuos inmaduros (0) sobre los maduros (1) con el 69% y 30%, respectivamente. La talla media de los individuos inmaduros fue 84.2 cm LT (Mín= 40 cm LT, Máx = 107 cm LT) y para los maduros fue 103.9 cm LT (Mín= 93 cm LT, Máx = 112.7 cm LT).

Tabla III. Distribución de frecuencia de longitudes por estadios de madurez y estadio binario de madurez y maternidad, de la población de *R. longurio*. (Estadios de madurez de 0 a 3= neonato, juvenil, sub-adulto y adulto en ambos sexos; en hembras, 4 = preñez; 5 = *post partum*).

Longitud total (cm)	Estadio de madurez										Estadio madurez binaria			Estadio maternidad							
	macho					hembra					macho			hembra							
	0	1	2	3	Total	0	1	2	3	4	5	Total	0	1	Total	0	1	Total			
40.0 - 44.99	1				2	1						1	1				1	1		1	
45.0 - 49.99	1				2	1						1	1				1	1		1	
50.0 - 54.99	3				6	3						3	3				3	3		3	
55.0 - 59.99																					
60.0 - 64.99		3			5		2					2	3		3	2		2	2	2	
65.0 - 69.99		4			7		3					3	4		4	3		3	3	3	
70.0 - 74.99		37			61		24					24	37		37	24		24	24	24	
75.0 - 79.99		40			75		35					35	40		40	35		35	35	35	
80.0 - 84.99		3			10		7					7	3		3	7		7	7	7	
85.0 - 89.99		4	1		7			2				2	5		5	2		2	2	2	
90.0 - 94.99		8	8		38			20		1	1	22	16		16	20	2	22	20	22	
95.0 - 99.99		5	38	5	84			5	9	11	11	36	43	5	48	5	31	36	14	22	36
100.0 - 104.99			30	28	91				6	15	12	33	30	28	58		33	33	6	27	33
105.0 - 109.99			10	33	65				8	4	10	22	10	33	43		22	22	8	14	22
110.0 - 114.99				19	52				8	14	11	33		19	19		33	33	8	25	33
115.0 - 119.99				2	41				1	33	5	39		2	2		39	39	1	38	39
120.0 - 124.99					32					32		32					32	32		32	32
125.0 - 129.99					11					11		11					11	11		11	11
130.0 - 134.99					1					1		1					1	1		1	1
Total	5	104	87	87	590	5	71	27	32	122	50	307	196	87	283	103	204	307	135	172	307

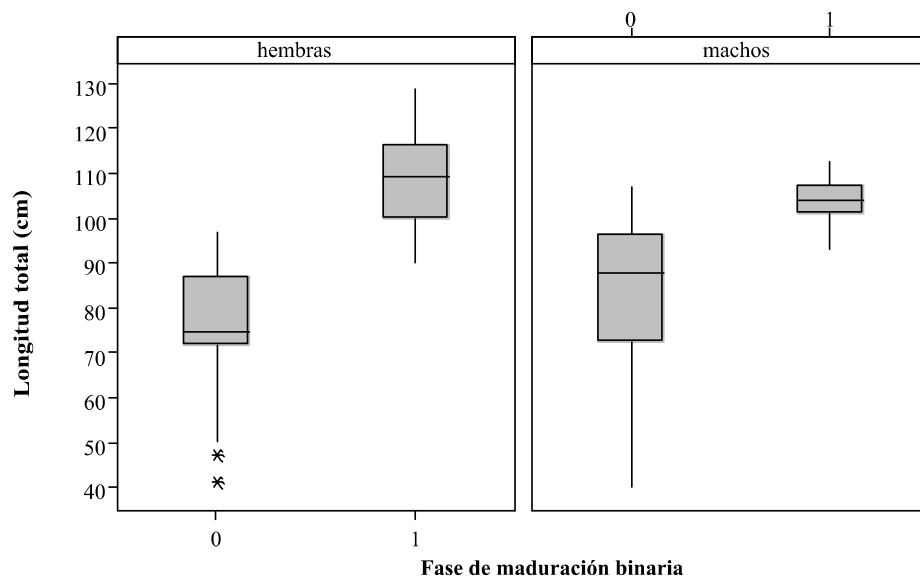


Fig. 25. Estructura de longitud por estadio binario de madurez (0= inmaduro, 1= maduro) de *R. longurio* en el Golfo de California.

Hembras.- La estadística de la proporción de talla de los individuos examinados por estadio de madurez fue 1.6% de neonatos (0) con una talla media de = 48.1 cm LT (Mín= 41 cm LT, Máx = 51.4 cm LT), 23.1% para juveniles (1) con una talla media = 73.1 cm LT (Mín= 61.1 cm LT, Máx = 82 cm LT), 8.8% para sub-adultos (2) con talla media = 90.2 cm LT (Mín= 85 cm LT, Máx = 97 cm LT), 10.4% para adultos (3) con talla media = 102.7 cm LT (Mín= 95 cm LT, Máx = 114.5 cm LT), 39.7% para hembras preñadas (4) con talla media = 112.3 cm LT (Mín= 90.4 cm LT, Máx = 129 cm LT) y 16.2% para hembras *post partum* (5) con una talla media = 103.2 cm LT (Mín= 90 cm LT, Máx = 117 cm LT) (Fig. 24).

Contrario a los machos, el tamaño de muestra de los datos combinados para las hembras fue dominado por individuos maduros (0) con el 66.4% vs. 33.5% para las hembras inmaduras. La talla media de los individuos inmaduros fue 76.4 cm LT (Mín= 41 cm LT, Máx = 97 cm LT) y para los maduros fue 108.6 cm LT (Mín= 90 cm LT, Máx = 129 cm LT). En la Tabla V se presentan los parámetros reproductivos para las especies *Rhizoprionodon*.

Proporción de la longitud a la madurez y preñez. La edad a la que el 50% de los machos y hembras alcanzaron la madurez sexual fue de 2.4 y 1.5 años de edad, respectivamente (ver apartado de edad y crecimiento). Fueron encontradas diferencias estadísticamente significativas entre los machos y hembras (ANCOVA, $P < 0.001$) y no se encontraron diferencias entre las pendientes ($P < 0.001$). La función logística que describe mejor la proporción de machos maduros fue:

$ML = 1/(1+\exp(-(LT-100.61))/2.57)$. Los intervalos de confianza (95%) para la $L_{50\%}$ fueron: LCI = 99.59 cm LT, UCI= 101.6 cm LT y para Φ fueron LCI = 1.94, UCI= 3.38 (Fig. 26).

Tabla IV. Parámetros reproductivos de las especies de tiburón del género *Rhizoprionodon*.

Especies	Localidad	Sexo	n	$L_{50\%}$ (cm)	Longitud máxima (LT, cm)	PRLM*	Intervalo tamaño camada	Prom camada	Edad madurez (año)	Referencia
<i>R. taylori</i>	Queensland, Australia	M	237		69.1 ⁽¹⁾				1	Simpfendorfer (1993)
	Queensland, Australia	H	218		78.4 ⁽¹⁾		1-10	4.5	1	Simpfendorfer (1993)
<i>R. lalandii</i>	Norte de Brasil	M	3912	58.7	77.5 ⁽¹⁾	76			2.6**	Mota <i>et al.</i> (2007),**Lessa <i>et al.</i> (2)
	Norte de Brasil	H	3418	62.1	80.0 ⁽¹⁾	78	1-5	3.3	2.6**	Mota <i>et al.</i> (2007),**Lessa <i>et al.</i> (2)
	Sureste de Brasil	M	480	57.8	71.0 ⁽¹⁾	81				Andrade <i>et al.</i> (2008)
<i>R. acutus</i>	Sureste de Brasil	H	332		78.0 ⁽¹⁾					Andrade <i>et al.</i> (2008)
	Costa de Oman	M	466	64.7	86 ⁽²⁾	75				Henderson <i>et al.</i> (2006)
	Costa de Oman	H	416	64.3	97 ⁽²⁾	66	1-6	2.4		Henderson <i>et al.</i> (2006)
	Costa de Senegal	M	174		121.5					Capapé <i>et al.</i> (2006)
	Costa de Senegal	H	346		126.0		1-8	3.5		Capapé <i>et al.</i> (2006)
	Noreste de Australia	M	176	74.2	93.1 ⁽²⁾	80			1.1	Harry <i>et al.</i> (En prensa)
<i>R. terraenovae</i>	Noreste de Australia	H	62	78.0	94.0 ⁽²⁾	83			1.8	Harry <i>et al.</i> (En prensa)
	Norte Golfo de Mexico	M	59	72.6	110 ⁽¹⁾	66			1.4	Carlson y Baremore (2003)
	Norte Golfo de Mexico	H	88	75.8	110 ⁽¹⁾	70		5.0	1.4	Carlson y Baremore (2003)
	Sureste de EE.UU.	M	526		75.7 ⁽³⁾				2.4-2.6	Loefer y Sedberry (2003)
	Sureste de EE.UU.	H	564		82.8 ⁽³⁾		1-8	3.9	2.2-2.5	Loefer y Sedberry (2003)
<i>R. longurio</i>	Golfo de California	M	283	100.5	119 ⁽²⁾	84			2.4***	Este estudio,
	Golfo de California	H	307	92.4	134.5 ⁽²⁾	67	1-12	7.5	1.5***	***Corro-Espinosa <i>et al.</i> En prepar Este estudio, ***Corro-Espinosa <i>et al.</i> En prepar

* Porcentaje relativo de la $L_{50\%}$ en la longitud máxima

⁽¹⁾ LT con aleta caudal en posición natural

⁽²⁾ LT con aleta caudal flexionada hacia la línea media para proveer la máxima extensión

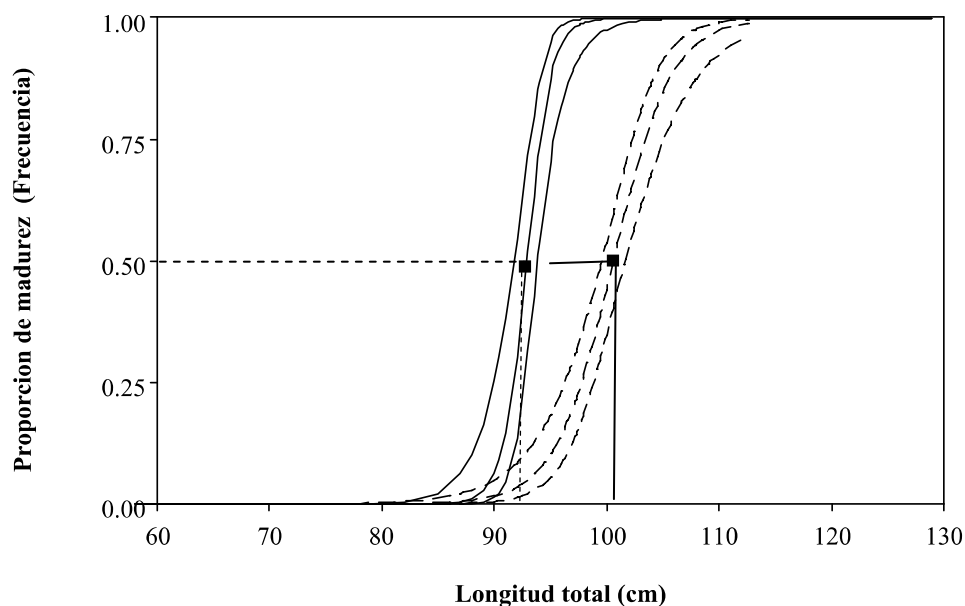


Fig. 26. Ojivas de madurez mostrando la proporción de la madurez sexual para los machos (—) y las hembras (---) de *R. longurio* en el Golfo de California.

La función logística que describe mejor la proporción de hembras maduras fue: $ML = 1/(1+\exp(-(LT-92.9))/1.08)$. Los Intervalos de Confianza (95%) para $L_{50\%}$ fueron: LCI = 91.97 cm LT, UCI= 93.84 cm LT y para Φ fueron LCI = 0.699, UCI= 7.33 (Fig. 26).

La función logística que describe mejor la longitud a la preñez de las hembras fue: $ML = 1/(1+\exp(-(LT-106.4))/6.11)$. Los intervalos de confianza (95%) para $L_{50\%}$ fueron: LCI = 104.8 cm LT, UCI= 107.9 cm LT y para Φ fueron LCI = 5.09, UCI= 7.33.

La prueba de curvas coincidentes reveló diferencias significativas entre las ojivas de madurez de hembras y machos ($F = 8.612$, $P < 0.0001$), de tal modo que las ojivas de madurez se presentan por sexos separados. Los parámetros de la ojiva para las hembras fueron $L_{50\%} = 96.6347$, (L. Inf = 95.22, L. Sup = 98.04, ee (Error estándar)= 0.71), $\Phi = 2.36$, (L. Inf = 1.90, L. Sup = 2.93, ee= 0.26), los parámetros de la ojiva para los machos fueron $L_{50\%} = 105.30$, (L. Inf = 104.35, L. Sup = 106.26, ee= 0.48), $\Phi = 2.36$, (L. Inf =

1.90, L. Sup = 2.93, ee= 0.26).

En la figura 27 se presentan las tallas en las que el 50 % de los organismos adquieren la madurez sexual para cuatro de las siete especies de *Rhizoprionodon*.

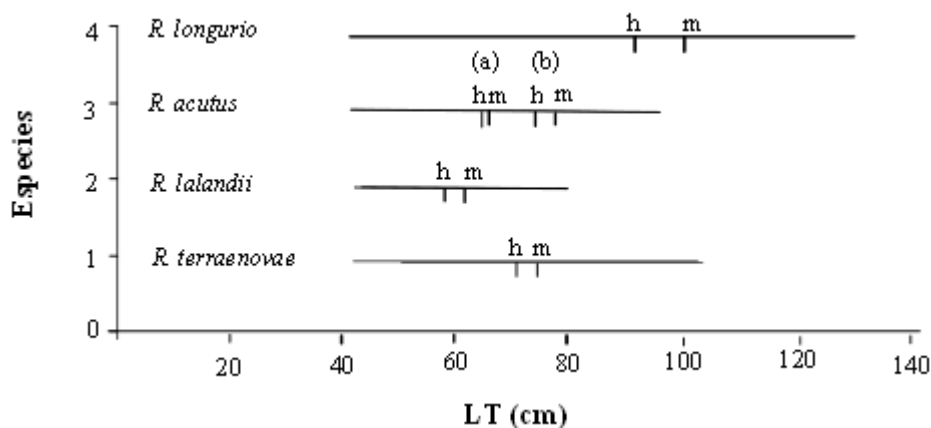


Fig. 27. Talla en la que el 50% de los individuos de ambos sexos de las especies del género *Rhizoprionodon*, adquieren su primera maduración sexual, en base a las ojivas de madurez del modelo logístico. h= hembras, m= machos. Fuente: 1) Carlson y Baremore (2003); 2) Motta *et al.* (2007), 3) (a) Henderson *et al.* (2006); (b) Harry *et al.* (En prensa) y 4) Presente estudio.

6.7 Desarrollo gonádico

6.7.1 Tracto reproductor

Machos. El tracto reproductor de los machos incluye dos testículos funcionales (Fig. 28), un epidídimo, los tubos eferentes y los gonopterigios.

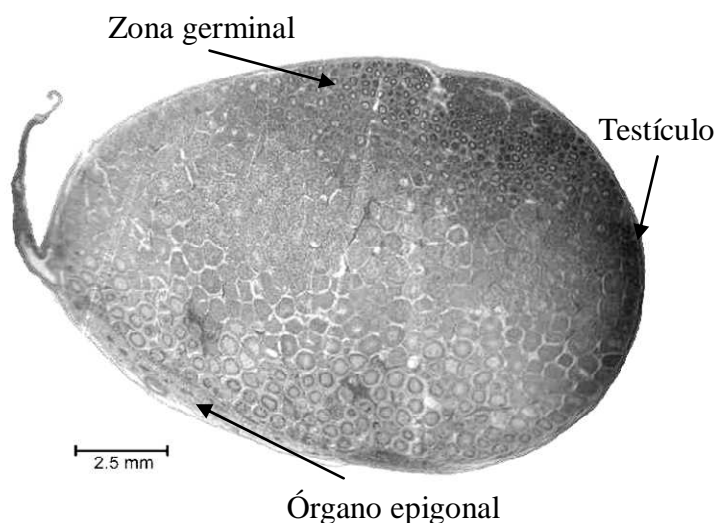


Fig. 28. Corte transversal del testículo izquierdo de un macho sub-adulto de *R. longurio* de 87 cm LT. Fotografía: Vicente Hernández Covarrubias.

Estadios de madurez del espermatocisto. Para la clasificación de los estadios de madurez del espermatocisto se consideró la estructura histológica del mismo, con las siguientes características: Número de espermatogonias, localización de las células de Sertoli, forma y tamaño de los núcleos de las espermatogonias. Relación de los espermatozoides con las células de Sertoli y empaquetamiento de los espermatozoides dentro de la espermatogonia.

Estructura interna del testículo (Fig. 29). El desarrollo de la estructura interna del testículo de *R. longurio* sigue el patrón básico descrito por Parson y Grier (1992) para el testículo del tiburón carcharhinido *Sphyrna tiburo*. El desarrollo diametral de los espermatocistos del testículo de *R. longurio*, sigue una evolución progresiva que va desde la zona germinal, ubicada en la parte dorsolateral de este órgano y donde existen espermatocistos con espermatogonias primarias (Fig. 29 A), a la parte ventral del mismo. Los espermatocistos evolucionan aumentando su tamaño. El número de espermatogonias en cada uno de ellos va en aumento por el proceso de reproducción celular (Fig. 29 B). Las células de Sertoli migran del lumen a la periferia por la membrana basal. Los espermatozoides se agrupan dentro de una espermátida y mantienen una íntima relación con

las células de Sertoli. Después de la espermiación los espermatozoides son expulsados por los conductos eferentes y el espermatocisto sufre un proceso de degradación y permanece en contacto con tejido denso y amorfo, derivado de otros espermatocistos degenerados (Fig. 29 C). Otras estructuras de importancia en el diseño interno del testículo son los conductos eferentes (Fig. 29 D) y los vasos sanguíneos (Fig. 29 E).

Fueron determinados cuatro estadios de maduración a nivel macroscópico (Tabla V), mientras que a nivel histológico el espermatocisto fue clasificado en siete estadios, mismos que son caracterizados en la figura 30.

Hembras. El tracto reproductivo de las hembras de *R. longurio* incluye dos ovarios, uno a cada lado de la cavidad abdominal, pero sólo el izquierdo (Fig. 31) es funcional, un único ostium, un par de oviductos anteriores, un par de glándulas oviducuales, el isthmi y el útero. El ovario y el testículo están íntimamente embebidos en el órgano epigonal.

Clasificación de los estadios reproductivos. Para la clasificación de los cuatro estadios de madurez ovárica que fueron determinados, se consideró en la estructura histológica del folículo (u ovocito), las siguientes características: presencia o ausencia de vitelo en el folículo, ancho de la zona pellucida, células de la membrana basal y diferenciación de la teca interna y diferenciación de la teca externa.

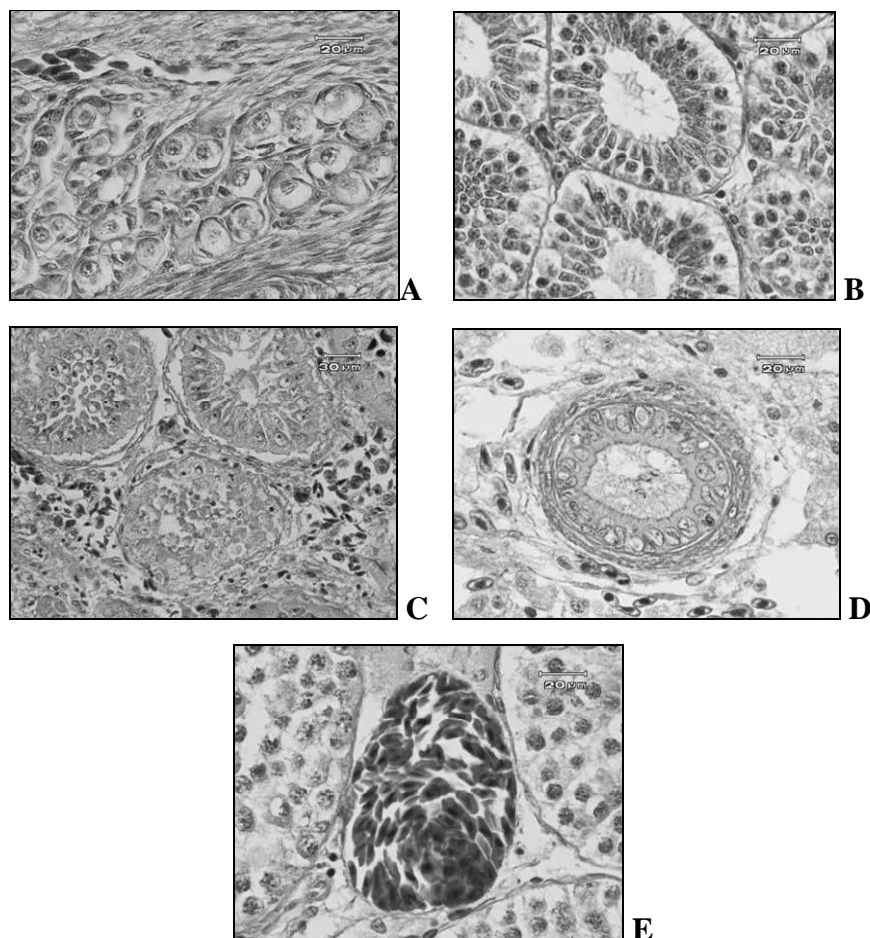


Fig. 29. Corte histológico transversal de testículo. (A) Zona de espermatogonias primarias, (B) Detalle de espermatogonia secundaria, (C) Detalle de zona de degeneración, (D) detalle de zona de conducto eferente y (E) Detalle de vaso sanguíneo. Fotografías del autor.

La diferenciación de los estadios foliculares (Fig. 32) fue como sigue:

Estadio 1. Folículo previtelogénico temprano. Folículo sin vitelo en su núcleo. Células de la membrana basal cúbicas. Ancho de la zona pellucida de tamaño relativamente mediano. Teca interna y teca externa no organizadas en dos capas (indiferenciadas).

Estadio 2. Folículo previtelogénico. Folículo sin vitelo en su núcleo. Células de la membrana basal cúbicas. Ancho de la zona pellucida de tamaño relativamente grande. Teca

interna y teca externa no organizadas en dos capas (indiferenciadas).

Estadio 3. Folículo vitelogénico temprano. Folículo con plaquetas moderadas de vitelo en su núcleo. Células de la membrana basal rectangulares, en formación pseudoestratificada. Ancho de la zona pellucida de mediano tamaño relativo. Teca interna y teca externa organizadas en dos capas (diferenciadas).

Estadio 4. Folículo vitelogénico. Folículo con abundantes plaquetas de vitelo en su núcleo. Células de la membrana basal rectangulares en formación pseudoestratificada. Ancho de la zona pellucida de tamaño relativamente reducido. Teca interna y teca externa organizadas en dos capas (diferenciadas)

Tabla V. Clases de madurez de machos de *R. longurio*.

Categoría	Gonopterigios	Testículos	Semen
Juvenil	Pequeños no calcificados	Semejantes a hilos	No
Sub-adulto	En desarrollo, suave y flexible < longitud de la aleta pélvica	Ensanchados (80 mm de largo)	Ocasional
Adulto maduro	Forma completa, rígido y no puede rotar	Bien redondeado y vascularizado	Sí
Adulto activo	Cartílago terminal interno libre; vascularizado; puede rotar	Vascularizado y lobulado	Sí

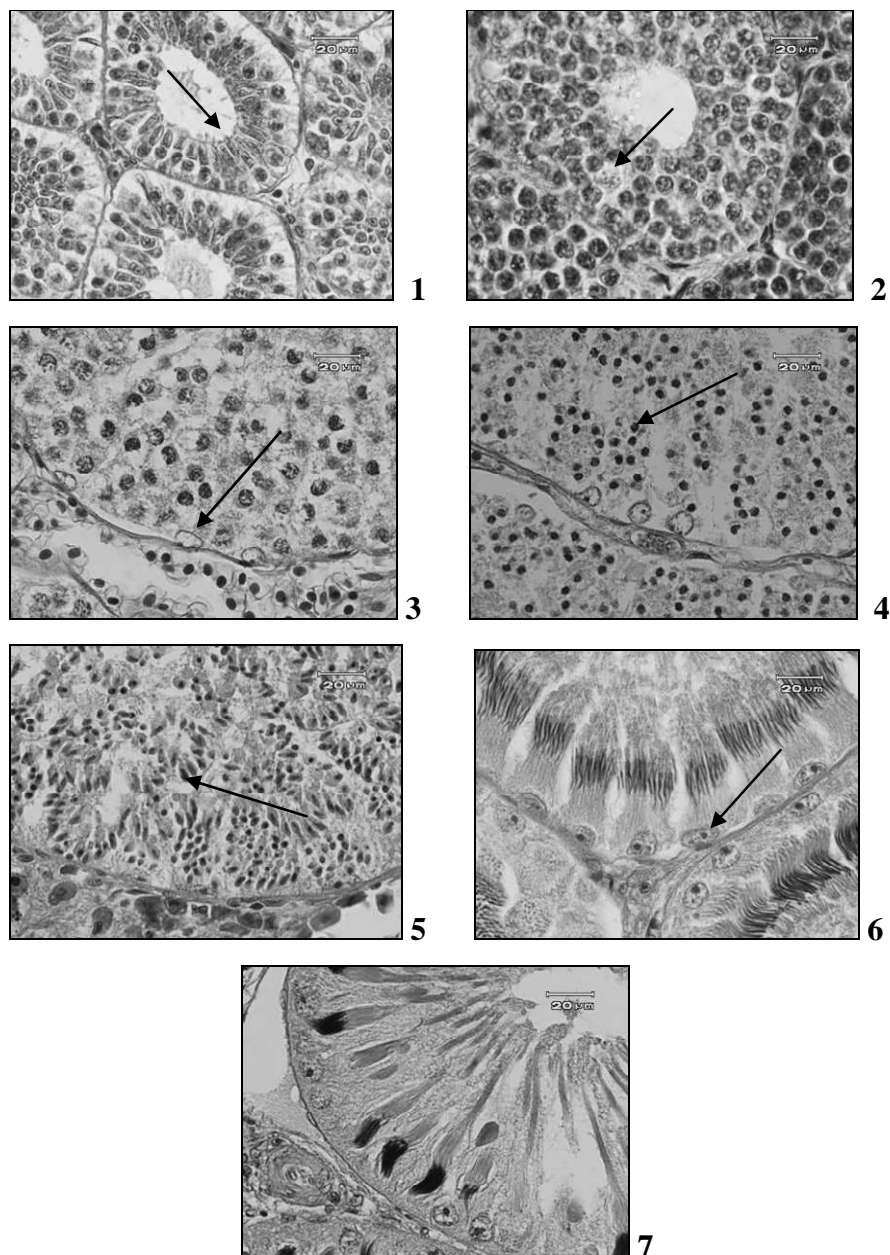


Fig. 30. Corte histológico transversal del testículo mostrando los siete estadios de la espermatogénesis usados para clasificar los espermatocistos de *R. longurio*. (1) Estadio 1, espermatocistos conteniendo espermatoblastos con cuatro o menos espermatogonias secundarias. Los núcleos de las células de Sertoli pueden ser vistos en la periferia (flechas), (2) Estadio 2, núcleos de la célula de Sertoli (Flecha) se ven migrar del interior de la membrana basal del espermatocisto, (3) Estadio 3, los espermatocistos contienen espermatocitos primarios con cromatina de aspecto granular, que tiñe de color obscuro. El núcleo de las células de Sertoli (Flecha) ha completado su migración a la membrana basal. (4) Estadio 4, los espermatocistos contienen espermatogonias secundarias fácilmente

identificables por su núcleo extremadamente pequeño (Flecha). Los núcleos de las células de Sertoli están localizados contra la membrana basal (Flecha). (5) Estadio 5, los espermatocistos contienen espermátidas con núcleo elíptico (Flecha). (6) Estadio 6, los espermatocistos contienen espermatoblastos con núcleos de espermatozoides (SP), embebidos en el citoplasma de las células de Sertoli (Flecha), se encuentran separados uno de cada otro. (7) Estadio 7, los espermatocistos, contienen cabezas de espermatozoides empacados en forma compacta y formando una figura en espiral. Fotografías del autor.

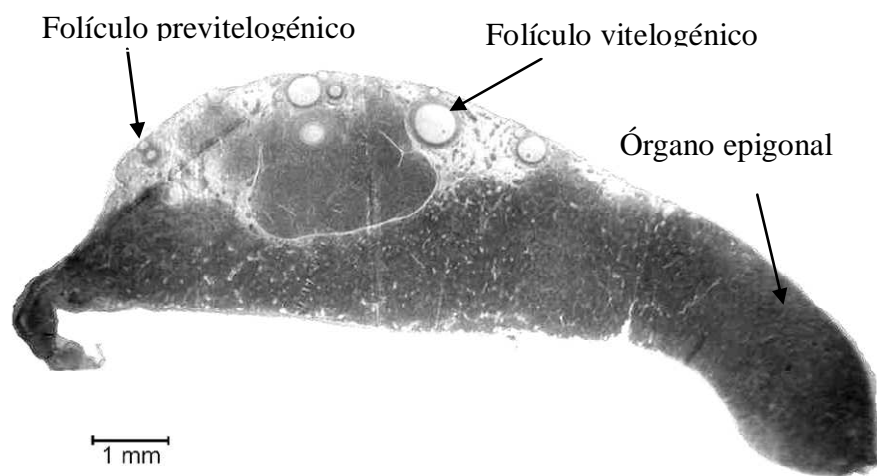


Fig. 31. Corte transversal de ovario de una hembra sub-adulta de *R. longurio* de 79 cm LT. Fotografía: Vicente Hernández Covarrubias.

Los resultados de la clasificación folicular arriba señalados permitieron, siguiendo el criterio de Awruch *et al.* (2008), caracterizar estas estructuras ováricas en la especie, de acuerdo al intervalo de longitud total del folículo, color del folículo, diámetro máximo folicular, tipo de epitelio folicular, presencia o ausencia de plaquetas de vitelo en su interior y el promedio del ancho de la glándula nidamentaria (Tabla VI). Por otra parte, no fue confirmado el almacenamiento de espermatozoides en esta glándula.

Estacionalidad reproductiva. *R. longurio* se reproduce anualmente en la costa continental del Golfo de California. Las hembras llevando embriones terminales y la presencia de ovocitos vitelogénicos desarrollados en el ovario izquierdo a la vez fue común de

diciembre a mayo. Los embriones fueron encontrados en un estadio intermedio de desarrollo (diciembre-febrero) a y en un estadio avanzado de desarrollo (marzo-mayo). De diciembre a mayo el promedio mensual de la talla de estos organismos fue ascendente y no fueron encontradas hembras con embriones pequeños, confirmando la presencia de un sólo periodo de parto durante este lapso de tiempo. La temporada de nacimiento es de abril a julio con junio como el principal mes. La cicatriz umbilical fue observada en los recién nacidos hasta el mes de agosto. Estos recién nacidos fueron frecuentemente capturados con redes de enmalle de junio a agosto.

Tabla VI. Intervalo de longitud total de organismos y clasificación de folículos en *R. longurio*, basados en el tamaño y las características histológicas. Folículo PVT, previtelogénico temprano; Folículo PV, previtelogénico; Folículo VT, vitelogénico temprano y Folículo V, vitelogénico, MDF, máximo diámetro folicular.

Tipo folicular (ver Fig. 32)	PV1	PV2	VT	V
Intervalo de longitud total (cm)	< 69 cm	69-82 cm	92-98 cm	> 98 cm
	Ligeramente			
Color	Blanco	amarillo	Amarillo	Amarillo
MDF (mm)	1	2.2	6.5	18
	Hilera	Capa celular	Capa celular	Capa celular
Epitelio Folicular	columnar	sencilla	con células columnares	claramente Seudoestratificada
	Única		Grandes	
Plaquetas de vitelo dentro del folículo	No	No	Individuales	Densidad alta
Ancho promedio de GN (mm)	< 5	5	9.4	13.5

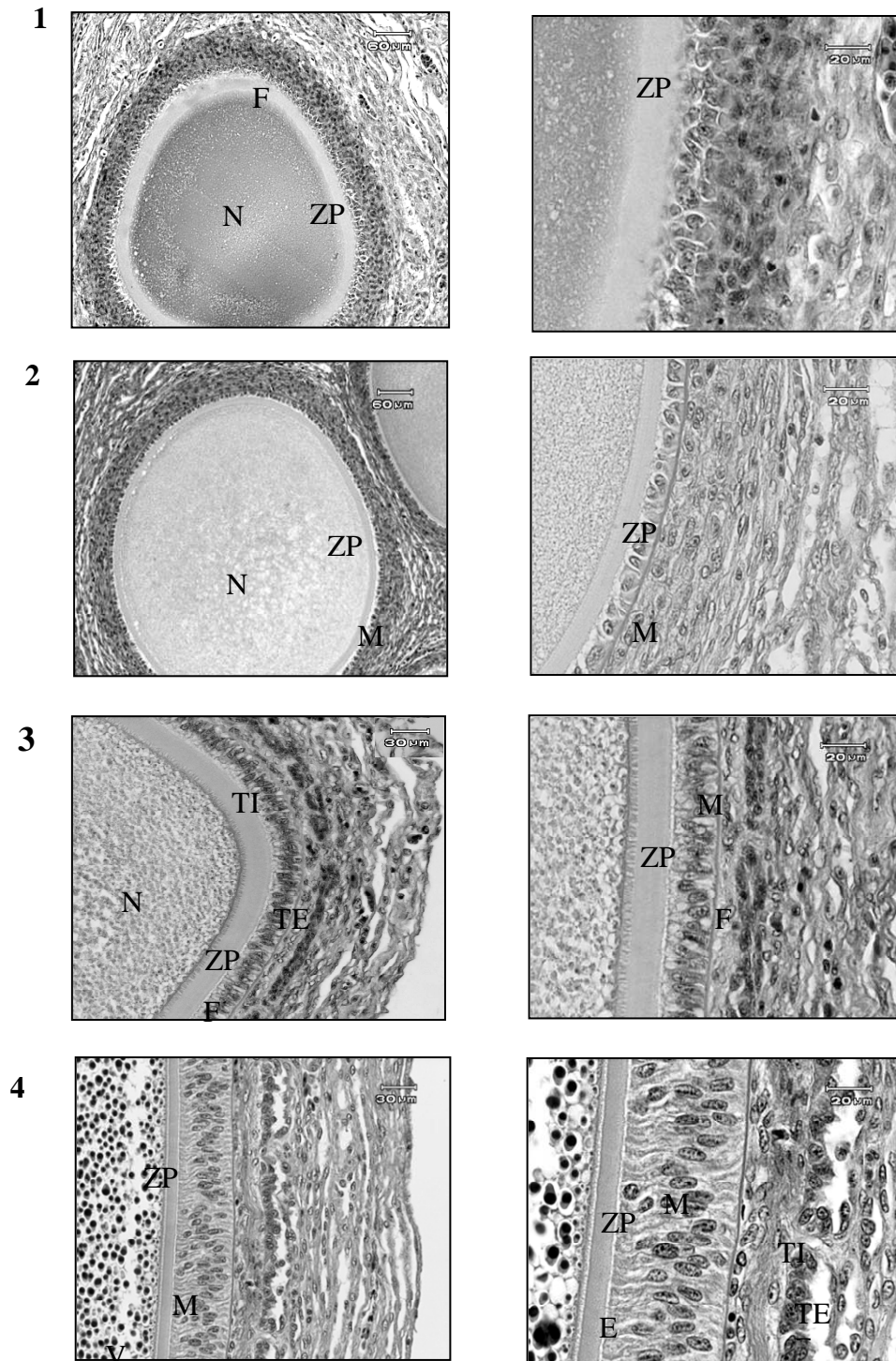


Fig. 32. Corte transversal de folículos categorizados con dos magnificaciones: 1.

Previtelogénico temprano; 2. Previtelogénico; 3. Vitelogénico temprano; 4. Vitologénico; N, núcleo folicular; ZP, zona pellucida; M, membrana basal; E, epitelio folicular; V, plaquetas de vitelo; TI, teca interna, TE, teca externa. Fotografías del autor.

Por otra parte el promedio de diámetro del folículo mayor incrementa su tamaño a partir del mes de enero, es intermedio en febrero y mayor en marzo y abril. Lo anterior debido a que las hembras expulsan las crías en el periodo señalado y repiten un nuevo periodo reproductivo e inician la gestación de una nueva camada. No existe información de la evolución gonádica en los meses de verano y otoño, periodo en que los folículos pasan por los estadios previtelogénico temprano y vitelogénico temprano.

6.8 Edad y crecimiento

Fue muestreada la captura de tiburón de las tres áreas de influencia de las flotas pesqueras artesanales, con los siguientes resultados en el número de organismos de *R. longurio* muestreados. Área de influencia norte = 13 lances, 45 tiburones; Área de influencia centro = 70 lances, 667 tiburones; Área de influencia sur = 60 lances, 240 tiburones; Colecta incidental de tiburón en La Paz = 1 lance, 4 tiburones. Total de lances = 144, tiburones muestreados = 956; Total de secciones vertebrales colectadas = 421. De cada una de estas secciones fue retirada una vértebra, la que se encontraba en mejores condiciones. De este total, 410 individuos fueron usados para la determinación de la edad (Fig. 33). Las vértebras de 11 individuos fueron encontradas como ilegibles. Dos de estas vértebras mostraron anomalías en el proceso de depositación de cartílago.

El crecimiento de las vértebras fue proporcional al crecimiento somático, por lo tanto el uso de las vértebras fue apropiado para la estimación de la edad y crecimiento de esta especie. La relación entre el radio vertebral (RV) y la LT para machos y hembras fue significativamente diferente (ANCOVA, $p < 0.05$); por lo que los datos de ambos sexos fueron tratados de forma separada. La relación, estadísticamente significativa, entre el RV y LT fue positiva y curvilínea (Fig. 34). $LT = -0.5117(RV)^2 + 14.625(RV) + 5.3123$ ($n = 264$,

$r^2 = 0.953$; machos) y $LT = -0.4642(RV)^2 + 14.962(RV) + 1.2787$ ($n = 282$, $r^2 = 0.962$; hembras).

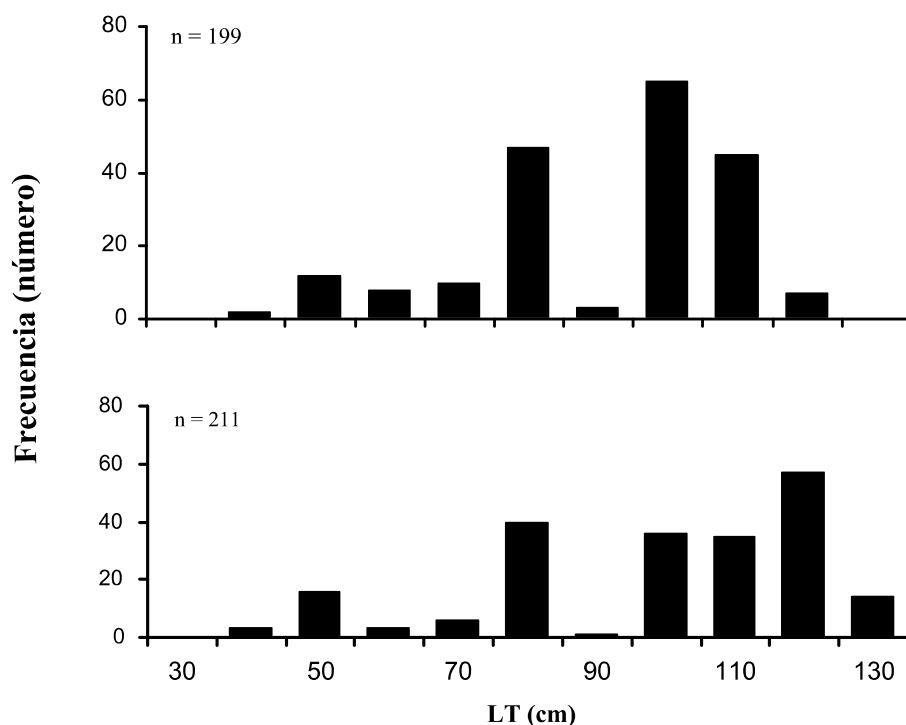
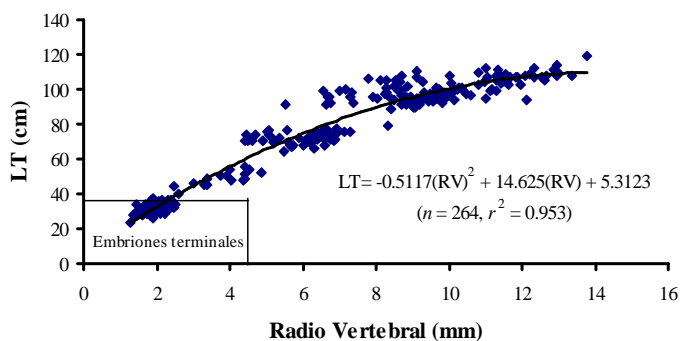
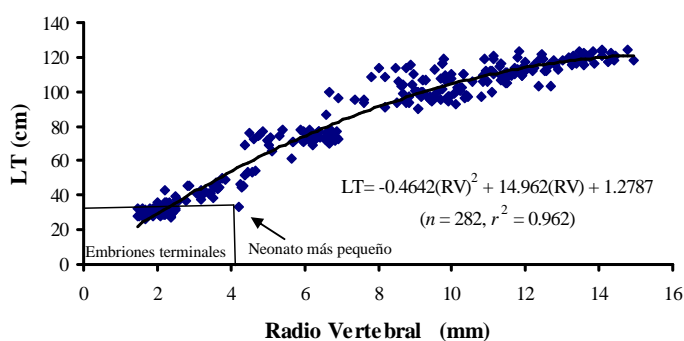


Fig. 33. Histograma de longitud de frecuencias de machos (A) y hembras (B) de *R. longurio*, incluidos en el análisis de edad y crecimiento.

Hembras preñadas fueron registradas de diciembre a mayo con embriones en un estadio de desarrollo intermedio y, de marzo a mayo, hembras con embriones en un estado avanzado de desarrollo. Aunque fueron registrados dos embriones en marzo, la expulsión de crías inicia consistentemente en junio. Los recién nacidos con cicatriz umbilical fueron registrados hasta agosto (Fig. 35). Estos especímenes promediaron 43.2 cm LT. El radio sexual de embriones y de organismos de vida libre fue de 1:1.2 y 1:1, respectivamente. El radio sexual de los sub-adultos fue 2:1. Machos y hembras iniciaron la madurez sexual a partir de los 95 cm y los 83 cm de LT, respectivamente.



A



B

Fig. 34. Relación entre el radio vertebral y la longitud total de *R. longurio*, ($n = 546$), en el Golfo de California. Machos (A), hembras (B).

Dos lectores contaron las bandas de edad del 97.4 % del total de las secciones vertebrales. El porcentaje de acuerdo entre los dos lectores fue del 73.17 % y el porcentaje de acuerdo, de ambos lectores, dentro de un año fue > 99 %. Este acuerdo fue > 98 % para todos los grupos de edad, excepto para el mayor, donde fue de solo 50 % (Tabla VII). Existieron muy pocas diferencias entre las evaluaciones de los dos lectores en términos de la tendencia del error de la edad, debido a que este permaneció relativamente constante a lo largo de todas las edades (Fig. 36).

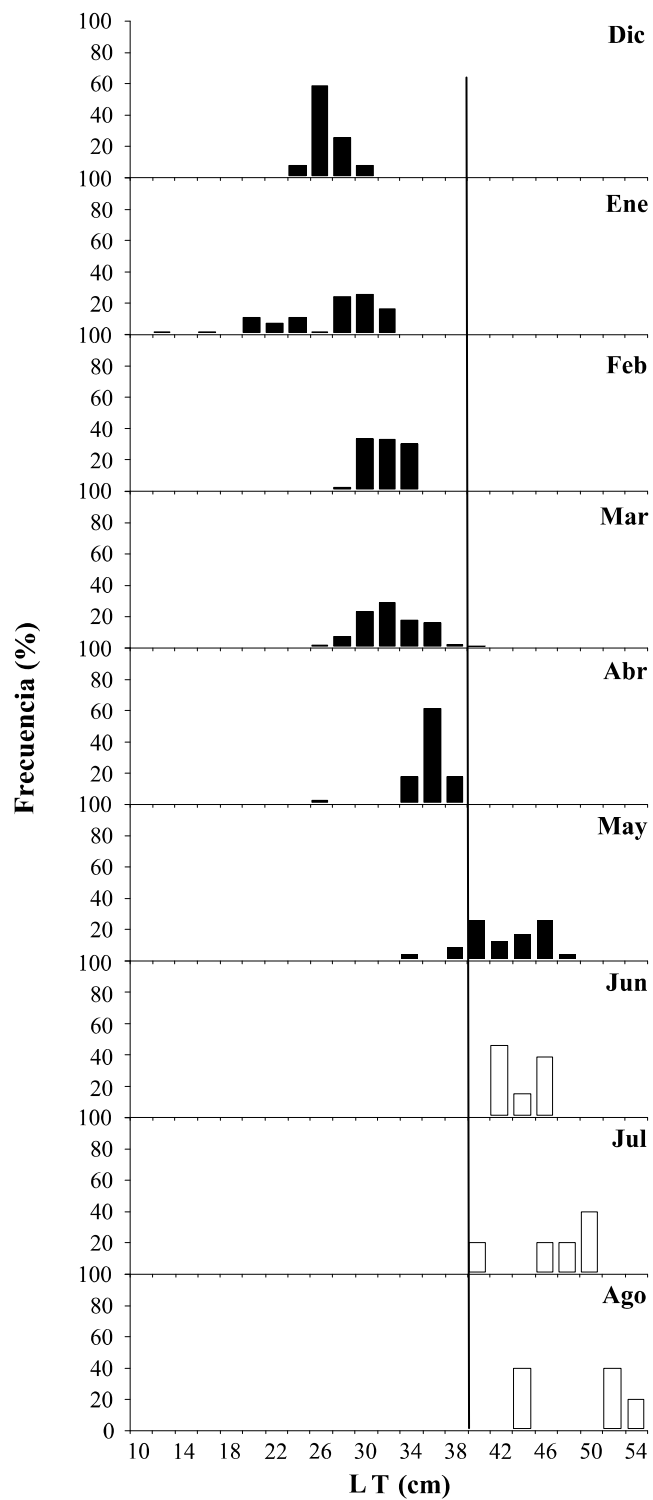


Fig. 35. Frecuencia de longitudes de embriones (■) de diciembre a mayo y de neonatos (□) de junio a agosto para ambos sexos de *R. longurio*, capturado en el Golfo de California.

Tabla VII. Porcentaje de acuerdo (PA) entre la lectura de edades del Lector 1 y el Lector 2, para cada grupo de edad de *R. longurio*, en el Golfo de California.

Tamaño grupo (cm)	Total vértebras Leídas	N° de vértebras en acuerdo⁽¹⁾	N° de vértebras en acuerdo \pm 1 año⁽²⁾	PA	PA \pm 1 año
33-42	10	10	10	100	100
43-52	29	29	29	100	100
53-62	6	6	6	100	100
63-72	53	50	53	94.34	100
73-82	49	49	49	100	100
83-92	15	6	15	40	100
93-102	103	53	103	51.46	100
103-112	85	61	84	71.76	98.82
113-122	56	35	56	62.5	100
123-132	4	1	2	25	50
Total	410	300	407	73.17	99.27

⁽¹⁾ Número de vértebras en las que dos lectores coincidieron en el valor de la lectura efectuada.

⁽²⁾ Número de vértebras en las que los valores de la lectura de edad fueron diferentes por no más de un año.

La marca de nacimiento, ausente en los embriones tardíos, fue encontrada en todos los ejemplares de vida libre (Fig. 37). Esta marca fue excluida del conteo de la edad. Los embriones tardíos ($n = 121$) presentaron un RV con promedio de 2.02 mm, mientras que los recién nacidos y juveniles menores de un año de edad ($n = 79$) presentaron un RV con promedio de 3.37 mm. La marca de nacimiento aparece en las vértebras con RV promedio de 2.6 mm, correspondiendo a recién nacidos que presentaron un promedio de 45.7 cm LT, por lo que la marca de nacimiento fue identificada correctamente.

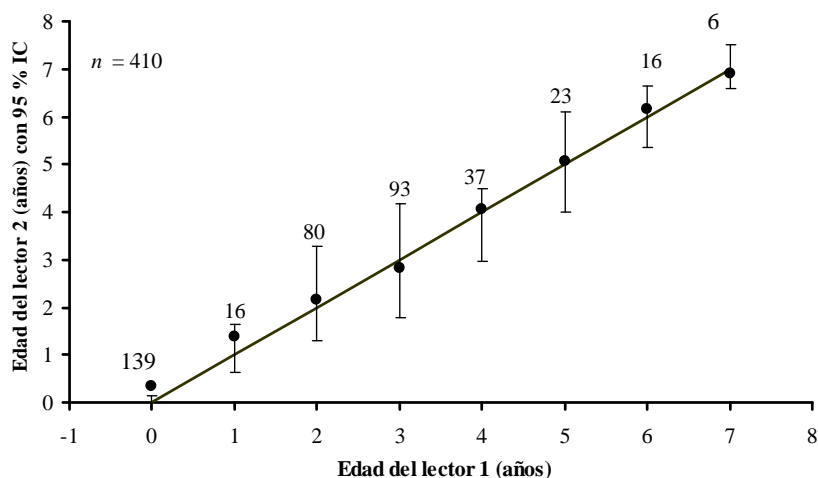


Fig. 36. Trazo del error en la comparación de la edad de *R. longurio*, por conteo de bandas de edad en vértebras, por dos lectores independientes. Cada barra de error representa el 95% del intervalo de confianza para la edad promedio asignada por el Lector 2 a todos los animales a una edad determinada por el Lector 1. También se presenta la línea de equivalencia uno-a-uno.

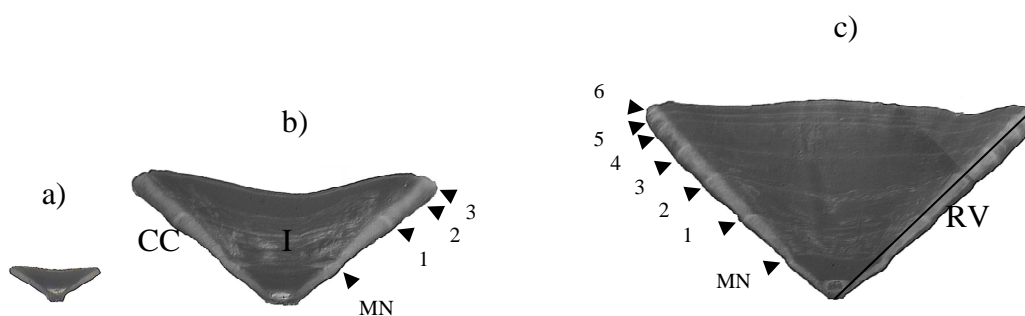


Fig. 37. Vértebras de *R. longurio*. (a) de un embrión tardío macho de 36.3 cm LT, radio vertebral de 0.30 cm, (b) de un macho de 95.0 cm LT, radio vertebral de 0.85 cm, edad estimada de 3 años. (c) de una hembra de 120.0 cm LT, radio vertebral de 1.35 cm, edad estimada de 6 años. MN = marca de nacimiento, 1, 2, 3, 4, 5 y 6 = bandas de las edades 1, 2, 3, 4, 5 y 6, CC = cuerpo calcáreo, I = intermedialia y RV = radio vertebral.

Los machos registraron de 0 a 6 años de edad y las hembras de 0 a 7 años de edad. Esta

especie de tiburón crece rápidamente, registrando el 57 % de su LT máxima durante su primer año de vida. La edad de madurez sexual fue registrada en 1.7 años para los machos y 2.4 para las hembras. El macho y la hembra de más edad registraron 112.0 cm y 122.1 cm LT, respectivamente. Los individuos más abundantes fueron los menores de un año de edad de ambos sexos e individuos de las edades de 2, 3 y 5 años (machos) y edades de 2, 3 y 4 años (hembras) (Fig. 38). En ambos sexos, los individuos entre los 2 y los 5 años de edad presentaron un intervalo de 93 a 121 cm LT (con un promedio de 108 cm LT). Hubo 79 individuos menores de un año de edad colectados en el intervalo de 33.5 cm a 78.3 cm a LT (con un promedio de 64 cm de LT).

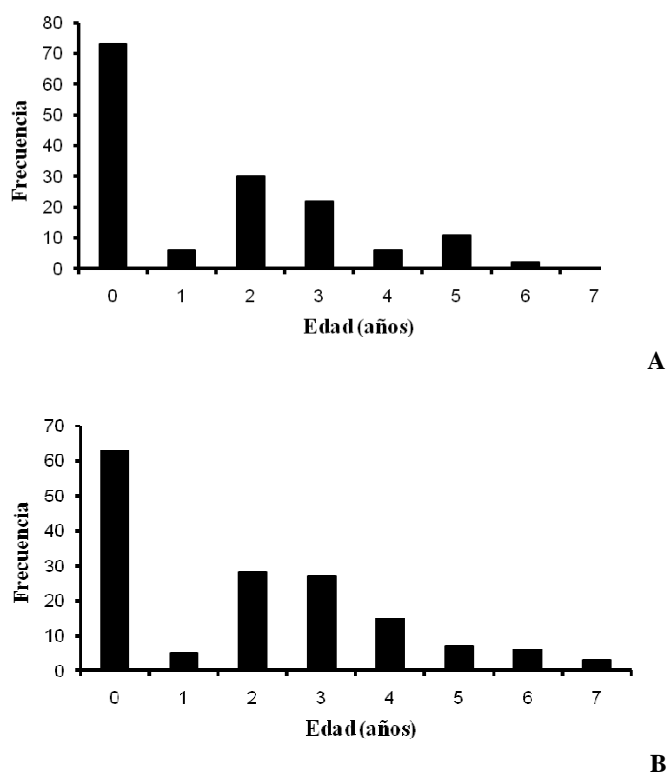


Fig. 38. Histograma de frecuencia de edades de *R. longurio*, basado en la asignación de edades en acuerdo entre el Lector 1 y el Lector 2. Machos (A), hembras (B).

Los resultados del AIM para la edad 0+ y >0 indican que los máximos incrementos ocurren

en diciembre. La caída en el ancho del margen para tiburones de edad >0 en febrero, está relacionada al bajo número de organismos muestreados, debido a que sólo cuatro individuos fueron registrados en este mes. Los incrementos mínimos fueron registrados en julio y agosto, sugiriendo que la banda luminosa se forma probablemente en agosto (Fig. 39).

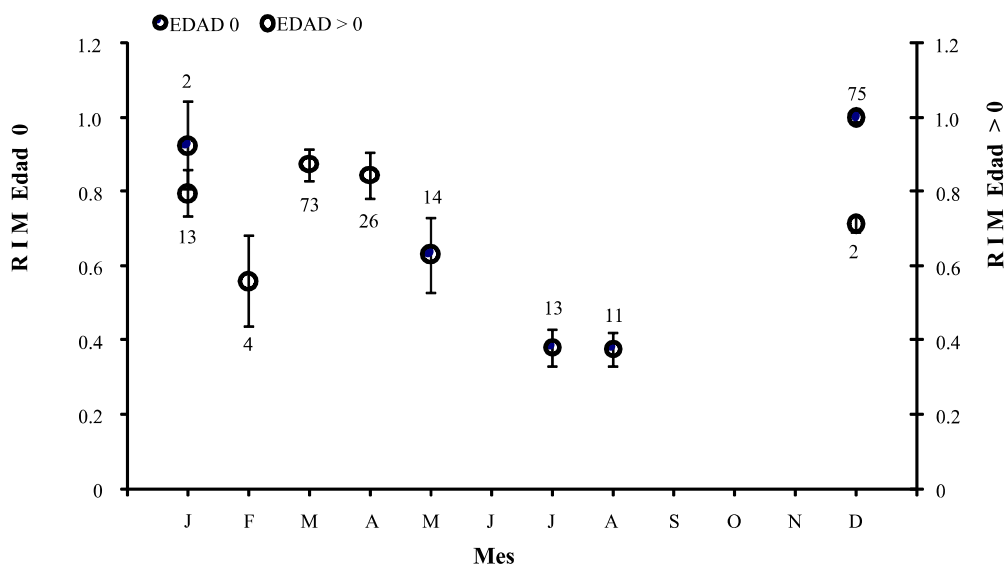


Fig. 39. Radio del incremento marginal mensual para machos y hembras de *R. longurio* en el Golfo de California (Las barras de error son el error estándar. Los números arriba y debajo de las barras de error son los individuos de edad 0 y >0, respectivamente).

Los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy de *R. longurio* fueron calculados por sexos separados en base a las diferencias en la frecuencia de longitudes, relación entre el RV y la LT y a que ambos sexos difieren por aproximadamente 15 cm en su longitud máxima de maduración sexual. Los parámetros de crecimiento para machos fueron $L_{\infty} = 110.54$ cm, $k = 0.58$ años⁻¹ y $t_0 = -1.49$ años. La mayor edad registrada en los machos fue de 6 años. Los parámetros de crecimiento de las hembras fueron $L_{\infty} = 124.46$ cm, $k = 0.46$ años⁻¹ y $t_0 = -1.43$ años (Fig. 40). La mayor edad registrada en las hembras fue de 7 años. Hasta el final del segundo año de edad ambos sexos crecieron de forma similar, después de

este tiempo la tasa de crecimiento disminuyó en los machos. Con un propósito comparativo se presenta información de los parámetros de crecimiento de otras especies del género *Rhizoprionodon* (Tabla VIII).

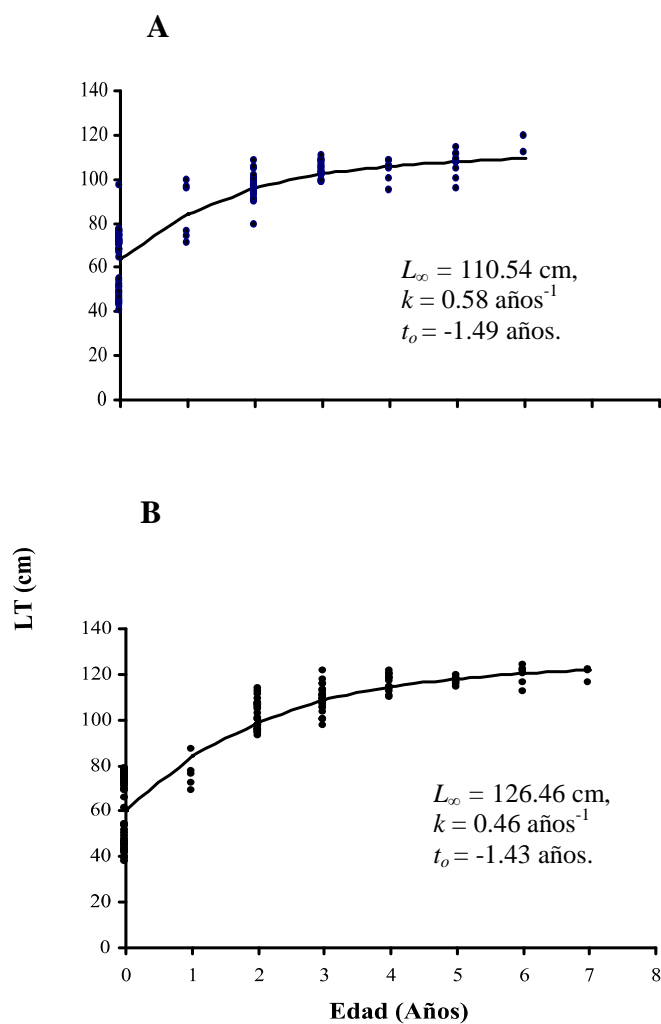


Fig. 40. Curva de von Bertalanffy para machos (A) y hembras (B) de *R. longurio*, en el Golfo de California, basada en las estimaciones de las bandas de edad en vértebras.

Peso de los embriones. Fue registrado el peso de 165 embriones machos y 148 hembras de diciembre a abril, cinco meses de su desarrollo (Figs. 41-42). Se obtuvieron especímenes que fueron clasificados como a) “Embriones en desarrollo” correspondientes a la etapa

intermedia de su gestación, comprendida entre diciembre y febrero y b) “Embriones tardíos” que comprendió a especímenes en un estado avanzado de gestación y próximos a ser paridos. Esta variable fluctuó, sexos combinados, de 36 a 130 g en un intervalo de longitud de talla de 26.5 a 37.0 cm LT, con un promedio de 102 g. La gráfica resultante es del tipo exponencial con una $r = 0.9243$ para los machos y de 0.9079 para las hembras.

El desarrollo embrionario tiene una duración de 11 a 12 meses. La fecundación e implantación de los productos de la fecundación se produce en mayo-junio. Debido a que esta especie no está presente en las capturas artesanales de tiburón de junio a noviembre, fue necesario conjuntar los datos del presente estudio con los obtenidos por Mejía-Salazar (2007) quien registró en los compartamientos individuales uterinos de *R. longurio*, la presencia de cápsulas blastódicas, con una longitud de 2.4 cm (junio-julio). De agosto a octubre el intervalo de LT_{nat} de los embriones es de 2.4 a 10.5 cm, con un promedio de 6.0 cm (Mejía-Salazar, 2007), mientras que en el período diciembre-abril los individuos presentaron un intervalo de 21.7 a 34.7 cm $LT_{nat-flex}$ y un promedio de 28.7 cm LT (Fig.43).

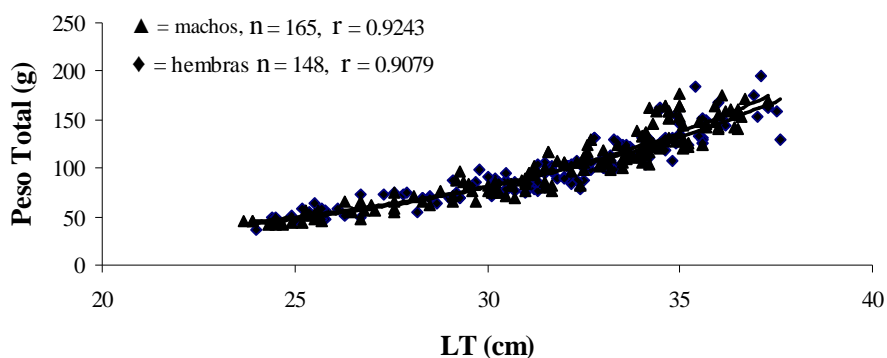


Fig. 41. Relación entre la LT y el peso corporal de embriones de *R. longurio* (sexos combinados), en el Golfo de California.

Tabla VIII. Parámetros de edad y crecimiento de algunas especies de tiburón del género *Rhizoprionodon*.

Especies	Localidad	Sexo	K	L_{∞} (cm)	T_0	n	Edad a		Referencia
							la madurez (años)	Edad máxima (años)	
<i>R. acutus</i>	Madras, India	♂,♀	0.2	100	1.78	105	3.5	≈20	Krishnamoorthi y Jagadis (1986)
	Veraval, India	♂	0.6457	105.4	0.0526	-	-	-	Kasim, 1991
	Veraval, India	♀	0.6046	106.5	0.0556	-	-	-	Kasim, 1991
<i>R. taylori</i>	Queensland, Australia	♂	1.337	65.22	0.41	52	1--2	6	Simpfendorfer (1993)
	Queensland, Australia	♀	1.01	73.25	0.455	85	1--2	7	Simpfendorfer (1993)
	Costa este de U.S.A.	♂	0.5	74.5	-0.91	379	3	9	Loefer y Sedberry (2003)
<i>R. terraenovae</i>	Costa este de U.S.A.	♀	0.49	74.9	-0.94	433	2--4	10	Loefer y Sedberry (2003)
	Golfo de México	♂	0.85	91.95	-0.73	143	1.3	4	Carlson y Baremore (2003)
	Golfo de México	♀	0.63	95.62	-1.03	161	1.6	5.5	Carlson y Baremore (2003)
<i>R. lalandii</i>	Norte de Brasil	♂,♀	0.3	78.1	-1.46	84	2.6	6	Lessa <i>et al.</i> (2009)
	Norte de Brasil	♂,♀	0.17	112.99	-1.75	134	3.3	5	Lessa <i>et al.</i> (2009)
<i>R. longurio</i>	Golfo de California	♂	0.58	110.54	-1.49	150	1.7	6	Presente estudio
	Golfo de California	♀	0.46	124.46	-1.243	152	2.4	7	Presente estudio

¹ Longitud total

² Longitud precaudal

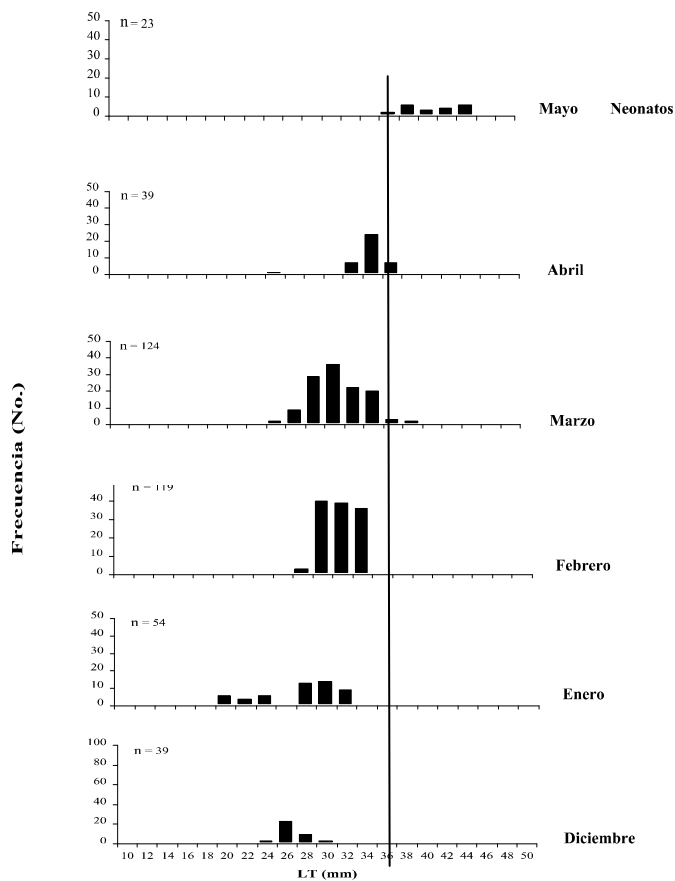


Fig. 42. Frecuencia de longitud de embriones en desarrollo (diciembre-abril) y neonatos (mayo) de *R. longurio*, en el Golfo de California.

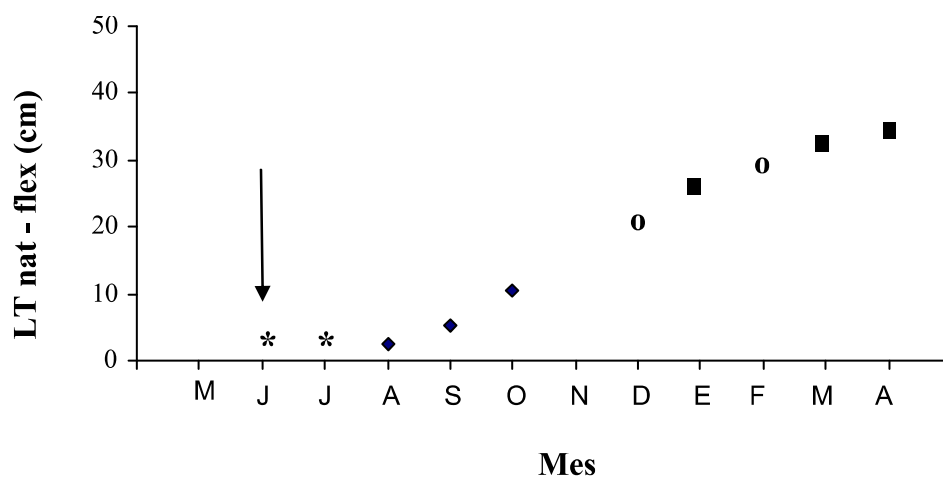


Fig. 43. Desarrollo embrionario de *R. longurio*. (*) capsula blastodica, (♦, o, ■) embriones,

(♦) fuente Mejía Salazar (2007), (■) fuente presente estudio, (○) promedio de valores de Mejía-Salazar (2007) y presente estudio. La flecha vertical indica el mes (junio), en que se lleva a cabo el nacimiento, fecundación en las hembras y la implantación de los productos de la fecundación.

7. DISCUSIÓN

7.1 Condición reproductiva y desarrollo gonádico

Estructura de tallas, condición reproductiva e IGS. De acuerdo con Compagno (1984) las siete especies comprendidas en el género *Rhizopriondon* mantienen un intervalo de talla máxima que fluctúa de 70 cm LT_{nat} en *R. oligolinx* a 170 cm LT_{nat} en *R. acutus*. Para *R. longurio*, Márquez Farías *et al.* (2005) encontraron dos grupos modales en esta especie en el sur de Sinaloa y una longitud máxima de 129.5 cm LT_{nat} . (hembra). En el presente estudio un tercer grupo modal fue observado, correspondiente a los recién nacidos. Esta misma distribución trimodal de frecuencia fue obtenida por Bizarro *et al.* (2009) en la misma zona de estudio. La distribución de los diferentes estadios de *R. longurio* es compleja espacial y temporalmente en el Golfo de California., debido a la segregación por tallas y sexos. Mejía-Salazar (2007) registró dos grupos modales en los resultados de Oaxaca y La Paz, B. C. S: y un único grupo modal en Mazatlán, Sinaloa. En la costa de Oaxaca los grupos modales correspondieron a los juveniles y adultos, el primero en un intervalo de 46 y 76 cm LT_{nat} y el segundo con talla hasta de 100 cm LT_{nat} ., mientras que en Mazatlán, Sinaloa, el único grupo modal correspondió a adultos con tallas superiores a 100 cm LT_{nat} . (Mejía-Salazar, 2007). La presencia de juveniles tempranos de otoño a primavera en la costa de Oaxaca demuestra que la especie se reproduce y/o utiliza esta zona como área de crianza al igual que en la costa continental del Golfo de California.

Los sub-adultos fueron escasos en las descargas artesanales. Probablemente los individuos de este estadio se mueven hacia aguas profundas para aparearse por primera vez y ellos no

se encuentran disponibles para las flotas artesanales. En el presente estudio fue registrado un macho de hasta 119 cm LT_{flex} y hembras de 134.5 cm LT_{flex} . La comparación de la máxima talla registrada en los diferentes estudios realizados en *R. longurio* de 1983 a la fecha, permite observar que no ha existido una disminución de las tallas comerciales. Los estudios con el mayor valor en esta longitud son los de Márquez-Farías *et al.* (2005) y la presente investigación. En el primero de los casos podría explicarse debido a la elevada n obtenida (3,464) y al número de años muestreados, mayor a cinco y en el presente estudio a la pequeña diferencia existente entre la LT_{nat} y la LT_{flex} , ya que esta última incrementa ligeramente el valor de la longitud, así como también al número de años muestreados. No obstante los individuos de la talla máxima fueron escasos.

R. longurio ocupa zonas costeras de Sinaloa y Sonora como áreas de crianza, en donde es común encontrar machos adultos y hembras preñadas, neonatos y juveniles. Lo anterior ha sido documentado para *R. terraenovae* (Thorpe *et al.*, 2004), *R. lalandii* y *R. porosus* (Yokota y Lessa, 2006 y Lessa *et al.*, 2009) en sus respectivos ámbitos de distribución. Los individuos de 85 a 95 cm LT de ambos sexos (sub-adultos) fueron escasos. Resultados similares en la abundancia han sido descritos para este estadio en *R. terraenovae* (Parson y Hoffmayer, 2005). Los individuos maduros de ambos sexos de *R. longurio* predominaron en las capturas, con mayor frecuencia de febrero a abril, en donde fue notoria una clara segregación sexual. Los resultados en la abundancia para *R. longurio*, similares a los de *R. terraenovae*, sugieren diferencias de un año a otro en las capturas, aparentemente relacionados a los efectos de la variabilidad ambiental (Parson y Hoffmayer, 2005).

La relación longitud-peso encontrada en el presente estudio para *R. longurio*, coincide con la proporcionada por Márquez-Farías *et al.* (2005) para un zona más reducida de esta misma área de estudio. En las hembras la relación de la LT con el diámetro del ovocito mayor, el ancho de la glándula nidamentaria y de la bolsa uterina son muy semejantes entre sí, debido a que antes de los 90 cm LT los valores de esta relación fueron mínimos y el incremento se presentó en los organismos mayores a esta talla conforme maduran sexualmente. La longitud a la cual el 50 % de las hembras se encontró en esta condición fue estimada en 92.3 cm LT (ver más adelante el apartado de Proporción a la Madurez). Este estudio es consistente con lo observado en la relación LT-ancho de la glándula nidamentaria y número de embriones por hembra reportados por Márquez-Farías *et al.* (2005). Por otra parte, el peso del hígado en ambos sexos mostró un incremento directamente proporcional al incremento de la LT y fue consistente a través de las longitudes observadas. Lo anterior, debido a que en los elasmobranquios el aceite del hígado tiene como principales funciones la regulación de la flotabilidad y el almacenamiento energético (Bone y Roberts, 1969). El peso del hígado como % del peso total suele ser muy elevado en algunas especies, como en *Isurus oxyrinchus*. En *R. terraenovae* el peso promedio del hígado es relativamente bajo ya que equivale únicamente al 3.5 % de la masa corporal (Hoffmayer *et al.*, 2006).

El Índice Gonadosomático provee información del desarrollo gonádico y su regresión el cual, de acuerdo a Parson y Grieg (1992), puede llegar a mostrar cambios relativamente grandes en diversas especies de tiburones. Los valores de este índice obtenidos en *R. longurio* fueron relativamente mayores en los machos que las hembras. Parson (1983) obtuvo este índice para los machos de *R. terraenovae*, el cual mostró valores mayores en abril-julio y el máximo valor fue aproximadamente 0.6%, mientras que en *R. longurio* fue cercano a 1%. La época principal de nacimiento de *R. longurio* es en junio, por lo que el incremento en peso del testículo, detectado a través de este índice es consistente con el probable inicio de la época de apareamiento en junio, ya que en las especies con reproducción anual, como *R. longurio*, las hembras expulsan las crías e inmediatamente se aparean e inician un nuevo ciclo reproductivo. La población de *R. terraenovae*, en la parte norte y centro del Golfo de México tiene una única época de apareamiento al año, de

finales de primavera al verano (Parson, 1983). Los machos de *R. taylori* mostraron valores máximos de este índice, cercanos a 1% en diciembre y enero y los menores de agosto a septiembre e igualmente con un sólo pico de actividad reproductiva (Simpfendorfer, 1992). Este último autor encontró en las hembras de la misma especie el mayor y único valor del IGS, cercano a 0.6%, en febrero, confirmando que existe sólo un pico de apareamiento y que, a diferencia de las dos especies anteriores, se produce en el invierno.

Los resultados obtenidos en este índice pudieran sugerir que *R. longurio* mantiene un sólo pico reproductivo en el año, debido a la información obtenida en el crecimiento embrionario y el pulso de expulsión de crías en el área de estudio. No obstante, esta información debe ser tomada con precaución hasta no contarse con información de los restantes meses del año. Respecto al período de apareamiento, igual cautela debe considerarse, debido a que no siempre el mes de mayor valor en el IGS de los machos coincide con el mes de inicio del apareamiento, ya que se ha demostrado que existen especies que almacenan el esperma una vez producido y que copulan en un período posterior a este almacenamiento (Goldman, 2004).

El desarrollo del gonopterigio en relación a la LT describe una curva de tipo sigmoidal en los tiburones. El presente estudio coincide con los resultados obtenidos por Márquez Farías *et al.* (2005) quienes encontraron que este órgano presenta una notoria elongación en los organismos juveniles, con una pendiente de la curva que corresponde a los sub-adultos de 80-90 cm LT_{nat} y adultos mayores a 95 cm LT_{nat} . Motta *et al.* (2007) encontraron que en *R. lalandii* la fase de mayor crecimiento, (caracterizado por un crecimiento de tipo alométrico positivo) del gonopterigio se presenta de los 46 a los 50.8 cm LT de esta especie. En *R. taylori* los gonopterigos inician su elongación a los 51 cm LT y están totalmente calcificados a los 56 cm LT (Simpfendorfer, 1992). En *R. terraenovae* inician su elongación a los 61 cm LT y están calcificados a los 85 cm LT (Parson, 1983).

Hembras gestantes. Las hembras de la población de *R. longurio* presentan sincronía reproductiva en la costa continental del Golfo de California, a pesar de habitar aguas

subtropicales. El registro, en este estudio, de las hembras conteniendo embriones en un único estadio de desarrollo a un tiempo dado, indica que la estrategia reproductiva de las hembras es coordinar el nacimiento con el tiempo más propicio para la sobrevivencia de las crías según se ha documentado para otras especies (Castro, 2009 b). Así, el principal pulso de nacimiento de *R. longurio* es junio, finales de la primavera, la estación en la que existen valores elevados de la productividad primaria del agua de mar en esta región (Valdéz Holguín *et al.*, 1995), debido a que en la primavera y verano es cuando la temperatura presenta una mayor tolerancia térmica en las especies y son abundantes las presas o el alimento (Castro, 2009b).

En el presente estudio no fueron observadas hembras preñadas con cápsulas blastódicas o embriones en las primeras fases de desarrollo, como deben esperarse de julio a noviembre. Así mismo, no fue posible determinar las áreas y profundidades donde podrían localizarse estas hembras, ni si estos individuos se distribuyen en aguas con mayor profundidad en el área central o peninsular del Golfo de California o fuera de él. (Ver información de periodo de gestación de la especie en el apartado de Edad y crecimiento).

Proporción de madurez sexual. Esta información es importante en el estudio del ciclo reproductivo de los tiburones (Mollet, *et al.*, 2000, Carlson *et al.*, 2003, Goldman y Musick, 2006) y rayas (Bizzarro *et al.*, 2007, Paesch y Oddone, 2009) y es un complemento significativo en los estudios demográficos que con frecuencia se basan en modelos estructurados de edad (Cortés, 1998). La ojiva de madurez ha sido obtenida para algunas especies de tiburones de talla grande (Francis & Duffy, 2005; Shoou-Jeng *et al.*, 2007) y también para especies de talla moderada (Carlson *et al.*, 2003) de la Familia Carcharhinidae. La comparación de la longitud a la madurez de varias especies de tiburones oceánicos ha mostrado diferencias en la longitud a la cual los individuos de una población se vuelven sexualmente maduros en diferentes regiones de su ámbito geográfico (Francis y Duffy, 2005; Goldman y Musick, 2006). La edad a la madurez (y la longitud a la madurez) es un factor crucial que influye la productividad de una especie (Francis y Duffy, 2005). La información de la longitud a la madurez del género *Rhizoprionodon*, que consiste en siete

pequeñas especies costeras y placentarias ha sido descrita sólo para *R. terraenovae* (Carlson y Baremore, 2003), *R. lalandii* (Mota *et al.*, 2007, Andrade *et al.*, 2008) y *R. acutus* (Henderson *et al.*, 2006; Harry *et al.*, en prensa) por el modelo logístico.

Márquez-Farías *et al.* (2005) registraron a los machos de 80 a 95 cm TL_{nat} en un estadio de transición de inmadurez a madurez y al macho maduro más pequeño de 93 cm de TL_{nat} , y encontraron las hembras preñadas más pequeñas de 83 cm y 88 cm TL_{nat} , siete cm más pequeñas que en el presente estudio. Sin embargo los resultados en ambos sexos son relativamente consistentes debido a la ligera diferencia entre la TL_{nat} y la TL_{flex} . Datos recientes de *R. longurio* del Golfo de California y del Golfo de Tehuantepec Tehuantepec, indican que los machos y hembras de esta especie registran la $L_{50\%}$ a los 82 cm y 80 cm TL_{nat} , respectivamente (Mejía-Salazar, 2007), pero la n (129) tiene un bajo valor para las muestras de dos distintas regiones dentro del Golfo de California y los resultados no pueden ser comparados con el presente estudio.

Las especies del género *Rhizoprionodon* mantienen un intervalo de longitud máxima de 69 cm (*R. taylori*) (Simpfendorfer, 1993) a 135 cm LT (*R. longurio*) (este estudio). La longitud a la madurez media para los machos de *R. longurio* es de 101 cm y para las hembras es de 92 cm LT_{flex} . Estos valores son los más elevados para una especie del género, seguidos de los valores de *R. acutus* del noreste de Australia, con una longitud a la madurez media de 74 cm para los machos y de 78 cm LT para las hembras (Harry *et al.*, en prensa). El porcentaje relativo de la longitud a la madurez respecto a la LT_{flex} (PRM) de *R. longurio* fue 84 cm para los machos y 67 cm TL_{flex} para las hembras. El porcentaje para los machos es el más grande a la fecha dentro del género, seguido por el de *R. acutus* del área antes mencionada que es de 80 cm TL_{flex} (Harry *et al.*, en prensa). El PRM en los machos de *R. longurio* es similar al del los machos de otras especies de tamaño moderado como *Carcharhinus isodon* en donde es de 89% y corresponde a la edad de madurez de ~3.9 años de edad. (Carlson *et al.* 2003). En contraste, el valor del PRM de las hembras es uno de los más bajos del género y casi igual a *R. acutus* de la costa de Oman (Henderson *et al.*, 2006). Esta diferencia entre el PRM entre los sexos de *R. longurio* es muy diferente a otras

especies de tamaño pequeño del género Carcharhiniformes como *Mustelus asteria*, *M. mustelus* y *M. Schmitti*, donde estos valores son muy cercanos entre sexos, con el 75% y 78% (Farell *et al.*, 2010), 67% y 71% (Saïdi *et al.*, 2008) y 70 y 68% para machos y hembras (Segura y Milessi, 2009), respectivamente.

La diferencia de 16 cm entre la LT total máxima de machos y hembras de *R. longurio* es el valor mayor entre los sexos en las distintas especies del género. Esta diferencia es de nueve cm en *R. taylori* (Simpfendorfer, 1993) la especie más pequeña del género y de siete cm para *R. lalandii* del sur-este de Brasil (Andrade *et al.*, 2008). Contrario a algunas especies de Tiburón en que las hembras maduran a un tamaño mayor que los machos (Pratt y Casey, 1983; Cliff *et al.*, 1990; Goldman y Musick, 2006) en *R. longurio* los machos registran la madurez sexual en tamaño y edad después que las hembras. La modelación de poblaciones indica que las especies de tiburón que maduran a una edad temprana tienen una mayor capacidad de recuperarse de la explotación que las especies que maduran a una mayor edad (Smith *et al.*, 1998).

Las estimaciones reproductivas de *R. longurio* en el presente estudio fueron hechas con una n muestral considerable y cubren apropiadamente todos los estadios, excepto el de las hembras sub-adultas ($n = 27$; 8.8%). Los sub-adultos son rara vez capturados en otras especies *Rhizoprionodon* (Thorpe *et al.*, 2004). En la región central norte del Golfo de México las hembras de *R. terraenovae* son, de acuerdo a (Parson y Hoffmayer, 2005) rara vez colectadas debido a la existencia de segregación geográfica extrema entre los sexos después de la maduración debido a la influencia de condiciones ambientales, particularmente la temperatura y la concentración de oxígeno disuelto que pueden tener un impacto inmediato en los patrones de distribución y actividad (Parsons y Carlson, 1998).

Con un promedio de 7.5 crías por hembra *R. longurio* tiene la más alta productividad de crías del género a la fecha. La longitud máxima de *R. terraenovae* es de 110 cm LT_{nat} y tiene 5.0 crías por hembra (Carlson y Baremore, 2003) y la de *R. acutus* (costa de Senegal) con una longitud máxima de 126 cm LT (Capapé *et al.*, 2006), muy próxima a la longitud

máxima de *R. longurio*, tiene 3.5 crías por hembra, un valor promedio muy bajo si se compara con la longitud máxima de esta especie.

R. longurio y *R. taylori* se aparean en verano. Diferentes stocks de *R. lalandii*, *R. acutus* y *R. terraenovae* tienen sus periodos de apareamiento en primavera o verano. La reproducción anual es común en el género *Rhizoprionodon* (Simpfendorfer, 1992; Capapé *et al.*, 2006; Motta *et al.*, 2007). *R. longurio* es una especie con un ciclo anual bien definido en la costa continental del Golfo de California. Durante el curso de los seis meses que dura la temporada de pesca de tiburón estación fueron encontrados los diferentes estadios de la especie, con lo que queda claro que *R. longurio* usa esta región como un área de nacimiento, apareamiento y alimentación.

El análisis de los parámetros biológicos y la proporción de la madurez sexual han revelado la existencia de cambios en estos parámetros en *R. terraenovae* en un periodo corto de tiempo (20 años), probablemente debido a respuestas densamente dependientes (Carlson y Baremore, 2003). Contrario a la temprana maduración sexual de *R. longurio* y la alta capacidad de las especies de tiburón de pequeño tamaño para recuperarse de la explotación, los análisis demográficos han demostrado que la población de *R. terraenovae* del Golfo de México pueden ser muy vulnerables a la presión pesquera (Cortés, 1995; Márquez-Farías y Castillo-Géniz, 1998), aunque otras especies como *R. taylori* tiene uno de los valores más altos de r para una especie de tiburón (Simpfendorfer, 1999).

La LT a la cual el 50 % de los machos y hembras se encuentran sexualmente maduros obtenida en el presente estudio contrasta con aquella de Mejía-Salazar (2007), debido a que este autor las estimó en 80 cm LT. Se considera que ello puede ser atribuible a diferencias regionales entre especímenes del Golfo de Tehuantepec y el Golfo de California.

Los organismos inmaduros de *R. longurio* constituyeron el 50% de la captura total. Este porcentaje es demasiado bajo comparado con el 80-90 % para *R. terraenovae* (Márquez-Farías y Castillo-Géniz, 1998), sin embargo, se ha demostrado que la explotación comercial

basada en estos organismos no es recomendable en el género *Rhizoprionodon* debido a que *R. terraenovae* es más vulnerable a la sobrepesca por reclutamiento que a la sobrepesca por crecimiento (Gallucci *et al.*, 2006). Con tres décadas de explotación en el Golfo de California, la explotación de *R. longurio*, deberá ser manejada con el enfoque precautorio en ausencia de un estudio demográfico apropiado de esta especie.

Desarrollo gonádico. El testículo de *R. longurio* tiene un desarrollo de tipo diamétrico debido a que se presenta de la zona germinal a la periferia y el espermatocisto es su unidad celular funcional (Callard, 1991b), debido a que en él se efectúa el proceso de espermatogénesis y los espermatozoides son producidos y organizados en grupos discretos alrededor de la periferia de esta unidad (Parson, 1983), para su posterior maduración y almacenamiento en el epidídimo. Existen muy pocos estudios histológicos de las gónadas de tiburones, uno de ellos es el de Parson y Grier (1992), quienes describieron los cambios estacionales en la estructura testicular y espermatogénesis de *Sphyrna tiburo*. El presente trabajo se basó en la descripción y número de las fases de desarrollo del espermatocisto de *R. longurio* siguiendo el criterio de estos últimos autores. Se considera que ambas especies mantienen semejanzas básicas en la morfología y el desarrollo testicular. En las hembras el número de estudios es también escaso. Awruch *et al.* (2008) analizó, entre otros aspectos, el desarrollo reproductivo del tiburón *Cephaloscyllium laticeps* y describió los estadios de la espermatogénesis de esta especie, clasificándolos de acuerdo a las descripciones de Callard (1991 b) en donde distinguió los mismos siete estadios señalados por Parson y Grier (1992) para *S. tiburo*.

7.2 Edad y crecimiento

Embriones. A pesar de que existen especies de tiburón con períodos de gestación mayores a un año, en la mayoría de ellas, tanto de talla grande como pequeña, el periodo de gestación de 11 a 12 meses es común. Las crías de *R. longurio*, nacen en junio, luego de concluir el período de gestación y un nuevo período inicia nuevamente entre mayo y junio siguientes. Motta *et al.* (2006) encontraron en *R. lalandii* un periodo de gestación de 11-12

meses, mientras que en *R. acutus*, Capapé *et al.* (2006) señalan un período de gestación entre 11 y 14 meses, con mayor probabilidad de que sean 12. En *R. taylori* el promedio de este periodo es de 11.5 meses (Simpfendorfer, 1992). Al parecer *R. longurio* sigue una estrategia reproductiva similar a la observada en *R. taylori*, consistente en la mayor producción de crías por hembra (de 1 a 11 y 1 a 10, respectivamente), un periodo de tiempo de gestación de 11-12 meses, un rápido crecimiento, una maduración sexual temprana y ciclo de vida corto. Probablemente ello como el resultado de altos niveles de predación (Simpfendorfer, 1993) por ser tiburones relativamente pequeños, nadadores menos eficientes y de un tamaño más comestible (Bransteter, 1990). De acuerdo a Simpfendorfer (1993), un ciclo de vida corto podría favorecer a individuos que se reproducen a edad temprana y que producen tantas crías como sea posible.

Individuos de vida libre. En el Golfo de California *R. longurio* es capturado con redes de enmalle y palangres o cimbras. Los pescadores artesanales usan redes de enmalle de diferente abertura de malla para la captura de juveniles y adultos, por lo que puede existir un efecto en el tamaño de muestra, asociado a la selectividad del arte de pesca. Debido a que la exactitud en la estimación de los parámetros de los modelos de crecimiento depende fuertemente de la función de la selectividad del arte de pesca y del tamaño de muestra (Thorson y Simpfendorfer, 2009), se considera que el número de individuos ($n = 302$) en la estimación de los parámetros del modelo de von Bertalanffy utilizado en el presente estudio fue apropiado, ya que todos los estadios (recién nacidos, juveniles, sub-adultos y adultos) estuvieron representados.

La pesquería artesanal de *R. longurio* en el Golfo de California está enfocada principalmente en adultos de ambos sexos y en un porcentaje reducido a individuos juveniles. Estudios de *R. taylori* y *Squatina californica*, este último un tiburón de longevidad elevada, indican el valor de enfocar los esfuerzos en la preservación del potencial reproductivo de las especies, particularmente cuando el esfuerzo pesquero está orientado a los organismos inmaduros, porque estos son, con frecuencia, vulnerables a la explotación comercial (Galluci *et al.*, 2006).

Basados en el conteo de bandas de edad, los machos de mayor edad registraron aproximadamente 119 cm LT y las hembras más longevas presentaron aproximadamente 124 cm LT. Es probable que las hembras presenten una edad ligeramente mayor a la registrada en este estudio (7 años), debido a que se registró en los muestreos un número reducido de especímenes de este sexo, con tallas entre 124 y 134.5 cm LT, pero de los que no fue posible obtener secciones vertebrales para su análisis.

Para *R. taylori* se ha reportado una edad de primera maduración sexual de uno a dos años, ambos sexos y una edad máxima de seis años para los machos y de siete años para las hembras (Simpfendorfer, 1993). Para *R. terraenovae*, la información indica que alcanza la primera maduración sexual a los tres años, sexos combinados y que registra una edad máxima de 11+ años, sexos combinados (Loefer y Sedberry, 2003).

La tasa de crecimiento (k) de los machos de *R. longurio* se asemeja más a la reportada (0.60 años^{-1}), para los machos de *R. acutus* por Kasim (1991). La tasa de crecimiento de las hembras de *R. longurio* se asemeja a aquellas de *R. terraenovae* (0.63 años^{-1}), obtenida por Loefer y Sedberry (2003). En tanto que la t_0 de ambos sexos de *R. longurio*, presenta un valor muy cercano al de ambos sexos de *R. lalandii*. Estas dos últimas especies tienen también una edad máxima muy similar (sexos combinados). Los valores de k de las especies de *Rhizoprionodon* van de 1.34 años^{-1} para los machos de *R. taylori* a 0.2 años^{-1} para *R. acutus* (Tabla IX). La k de ambos sexos de *R. longurio*, con valor promedio de 0.52 años^{-1} está muy próximo al promedio total de cuatro especies *Rhizoprionodon*.

Los estudios de edad y crecimiento de especies de tiburón de la Familia Carcharhinidae indican una periodicidad anual en la formación de bandas de edad. El crecimiento estacional de *R. longurio* sugiere que una banda de edad es depositada anualmente en el verano. Estudios de estimación de la edad a través de las bandas vertebrales de las especies del género *Rhizoprionodon* han sido efectuados empleando métodos de validación directa (Simpfendorfer, 1993; Loefer y Sedberry, 2003, Lessa *et al.*, 2009) y métodos de validación indirecta (Branstetter, 1987 a). Todos ellos han corroborado una formación anual de las

bandas de edad en *R. taylori*, *R. terraenovae*, *R. lalandii* o probabilidad de que ello ocurra en *R. porosus*.

Los resultados del AIM de Loefer y Sedberry (2003) para las clases de edad de 1+ a 7+ para *R. terraenovae* demostraron un incremento marginal mínimo en julio y en agosto. En *R. longurio* los resultados indican que los mínimos incrementos marginales ocurren en el periodo cálido del año. *R. terraenovae* muestra los máximos incrementos marginales en marzo, mientras que *R. longurio* los presenta en diciembre. Para *R. taylori* los mínimos incrementos marginales ocurren en febrero y los máximos en noviembre (otoño) y hasta enero (invierno) (Simpfendorfer, 1993). Para *R. lalandii* los incrementos marginales muestran una tendencia al aumento de febrero a junio, con una disminución en los valores entre julio y noviembre. Los patrones del ciclo de vida son muy similares en *R. longurio* y *R. taylori*, debido a que el alumbramiento de las crías de ambas especies incluye el periodo mayo-junio. El crecimiento estacional sugiere que en *R. longurio* una banda translúcida (brillante) es depositada anualmente a mitad del verano.

Por otra parte, el acuerdo los dos lectores de las bandas de edad, dentro de un mismo año para cada uno de ellos, fue mayor al >98.8 % para todos los grupos de talla, excepto para los más grandes (123-133 cm). Estos resultados son similares a los obtenidos para *Sphyrna tiburo*, un carcharhínido de pequeña talla, en el que el acuerdo entre los dos lectores fue del 99 % en individuos dentro de un mismo año (Carlson y Parson, 1997) y para *Mustelus canis*, en el que el acuerdo entre ambos lectores fue mayor al 99 % para todos los grupos, excepto para el de mayor tamaño (Conrath *et al.*, 2002).

Las especies *Rhizopriondon* señaladas aquí son tiburones de rápido crecimiento y que maduran a una edad relativamente temprana. *R. taylori* presenta una tasa intrínseca de incremento poblacional alta (Simpfendorfer, 1999), pero en *R. terraenovae* esta misma tasa es relativamente baja (Márquez-Farías y Castillo-Géniz, 1998; Cortés, 1995).

Con un crecimiento rápido y una reproducción anual, *R. longurio* aparenta tener una

elevada recuperación de la presión pesquera, lo que podría explicar el porqué es una de las especies de tiburón más importantes capturadas en la pesquería artesanal en las últimas tres décadas (Pérez-Jiménez *et al.*, 2005a). Así mismo, la reducida longevidad y el rápido crecimiento de *R. longurio* podrían hacerlo una especie de moderada a altamente productiva (Márquez-Farías *et al.*, 2005).

Las especies de *Rhizoprionodon* están entre los tiburones costeros con mayor abundancia (Simpfendorfer, 1993; Lessa *et al.*, 2009; Thorpe *et al.*, 2004; Motta *et al.*, 2007) y debido a estos hábitos son capturados estacionalmente como sucede con *R. longurio* (Márquez-Farías *et al.*, 2005) o a través del año, como en *R. terraenovae* (Márquez-Farías y Castillo-Geníz, 1998), sin embargo se ha demostrado que *R. terraenovae* presenta una alta vulnerabilidad a la presión pesquera a pesar de ser un tiburón de rápido crecimiento, ya que únicamente presenta un valor alto en la tasa intrínseca de incremento poblacional en el más optimista de los escenarios demográficos (Cortés, 1998).

R. longurio podría tener un papel ecológico importante en el Golfo de California, donde exhibe un comportamiento migratorio consistente. De mayo a noviembre usualmente los adultos no están disponibles en las costas de Sonora y Sinaloa, pero de diciembre a abril proporcionan en esta área la oportunidad de una pesca altamente estacional (Márquez-Farías *et al.*, 2005). No obstante lo anterior, la pesquería de tiburones en México no ha tenido un plan de manejo bien definido basado en evidencias científicas (Castillo Geníz *et al.*, 1998), por lo que son necesarias medidas efectivas y un enfoque precautorio en la pesca artesanal de estos recursos (Bonfil, 1997, Castillo-Geníz *et al.*, 1998).

Existe una preocupación considerable en el manejo sostenible de los tiburones costeros y oceánicos debido a que sus capturas comerciales se incrementan alrededor del mundo. La evidencia de que en el Golfo de California los stocks de tiburones de gran talla han sido sobre explotados en la costa de Sonora y que las flotas de embarcaciones menores orientan su esfuerzo pesquero en las poblaciones de elasmobranquios de pequeña talla (Bizzarro, *et al.*, 2009a) forma parte de esa preocupación.

Debido a que *R. longurio* es una de las tres especies más importantes, capturadas en la pesca artesanal del litoral continental del Golfo de California (Corro-Espinosa y Hernández-Carvalho, 2002) es importante conocer los parámetros reproductivos de esta especie. La información de su historia de vida podrá predecir la productividad del stock en esta área y asegurar niveles apropiados para su explotación comercial. Por todo ello, la adquisición de la información de reproducción y crecimiento de *R. longurio* en el área de estudio y de todo su ámbito geográfico es importante para complementar el plan de manejo existente en nuestro país y los planes de manejo que puedan establecerse, en cooperación con los países involucrados en Centro y Sudamérica, y asegurar el uso sustentable de este valioso recurso marino.

8. CONCLUSIONES

-La costa continental del Golfo de California es un área de nacimiento y crianza de esta especie. De diciembre a mayo es común la captura comercial de los estadios juvenil (incluyendo sub-adulto) y adulto. La presencia de individuos de los estadios recién nacido (neonatos) y juvenil temprano fue registrada a partir de mayo y continuó hasta el mes de agosto. El principal pulso (mes) de nacimiento es en junio y se presenta particularmente en la costa sur de Sinaloa. Esta información debe ser considerada en el actual plan de manejo y protección de tiburones y en el que la veda debe incluir el mes de junio, como el periodo que registra el mayor nacimiento de crías y así proteger la especie

-*R. longurio* presenta un ciclo reproductivo anual, confirmando estudios anteriores, debido a que se registraron hembras con embriones en estadio de desarrollo intermedio de diciembre a febrero y embriones en estadio de desarrollo avanzado de marzo a mayo, que llevaban al mismo tiempo ovocitos en desarrollo avanzado. Con una reproducción anual, distinta a la modalidad bianual de otras especies de tiburón y el mayor promedio en el número de crías por hembra (7.5), en su género taxonómico, *R. longurio* puede considerarse como la especie costera más productiva en este aspecto en el Golfo de

California.

-El Índice Gonadosomático de los machos sugiere que estos están activos reproductivamente durante abril y mayo. En las hembras este índice no mostró información consistente en el período estudiado. Por otra parte el análisis histológico del desarrollo ovárico fue caracterizado en cuatro estadios y en siete el desarrollo del espermatocito. El estudio de las características de este desarrollo (semejantes a las que han sido reportadas para otras especies de tiburones de la Familia Carcharhinidae) y la aplicación de criterios histológicos en la asignación de tallas de primera maduración sexual, distintos a los macroscópicos aplicados en la actualidad, podrían ayudar en el futuro a aportar un mayor número de elementos de protección y manejo para este tiburón.

-El 50 % de los individuos machos y hembras adquieren su primera maduración sexual a los 101 cm y 93 cm LT y esta longitud corresponde a 2.4 y 1.5 años de edad, respectivamente, por lo que *R. longurio* es uno de los tiburones con crecimiento más rápido en el Golfo de California. La información de la edad de estos individuos provee un estimado de la longevidad de la especie. Ambos sexos presentan una tasa de crecimiento similar hasta los dos años de edad, luego esta tasa disminuye en los machos. Por otra parte, el Análisis del Incremento Marginal en las vértebras reveló un patrón de crecimiento anual y al mes de agosto como el periodo del año en que la banda de edad probablemente finaliza su depositación en esta especie en el área de estudio.

-La información de la proporción de longitud a la madurez sexual, fecundidad de la especie (promedio de crías por hembra) edad de primera maduración sexual y longevidad, obtenidos en el presente estudio representa la información básica para los estudios demográficos por efectuarse de la especie lo que permitirá obtener pronósticos con mayor precisión.

-Las características de esta especie de tiburón como son su rápido crecimiento, maduración

sexual a temprana edad, elevado número de crías por hembra y ciclo reproductivo anual pudieran explicar la capacidad de esta población en el área de estudio para soportar la presión pesquera intensa que sobre ella se ha ejercido durante las últimas tres décadas. La comparación de la LT máxima obtenida en este estudio y en estudios anteriores, algunos de ellos desde el inicio de los años 80's, no muestra evidencia de una disminución de estos valores como resultado de la pesca comercial. No obstante, se recomienda la aplicación del enfoque precautorio en el manejo de esta especie, hasta contar con información precisa de las características demográficas de la especie.

-El manejo y protección del recurso tiburón debe basarse sobre la mejor información biológico-pesquera disponible por especie, dadas las diferencias notorias entre ellas en su distribución, comportamiento migratorio y parámetros reproductivos y biológicos en general, por lo que incrementar el número de embarcaciones de pesca de tiburón o autorizar un mayor incremento en las descargas comerciales de estas especies, podría propiciar un posible colapso en la pesquería de tiburones y acelerar el desequilibrio ecológico en el ecosistema por el lugar que estas especies ocupan en él.

Recomendación. Es recomendable efectuar estudios de la especie en todo su ámbito geográfico (del Golfo de California a Perú) con el propósito de obtener información biológica que ayude a discernir si se trata de una sola población o de sub-poblaciones y poder aplicar criterios apropiados para su protección y manejo que involucren la participación de países en donde esta especie está presente.

9. LITERATURA CITADA

Abdel-Aziz, S. H., A. N. Khalil y S. A. Andel-Maguid. 1993. Reproductive cycle of the common guitarfish *Rhinobatos rhinobatos* (Linnaeus, 1758), in Alexandria waters, Mediterranean Sea. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.* 44: 507-517.

Allen, W. E. 1938. The Templeton Croker Expedition to the Gulf of California in 1935-the phytoplankton. *Amer. Microscopical Soc., Trans.* 57: 328-335.

Álvarez-Arellano, A. D. 1984. Evolución del frente térmico de la boca del Golfo de California. Tesis Profesional. Inst. Cienc. Mar y Limnol., UNAM, México, D. F. 65 p.

Álvarez-Borrego, S. 1983. Gulf of California, Mexico. En: Ketchum B. H. (ed.). *Ecosystems of the World. Estuaries and enclosed seas.* Elsevier Sci. Pub. Amsterdam 6: 427-449.

Álvarez-Borrego, S. 2003. Physical oceanography: 41-59 p. A new island biogeography of the Sea of Cortés. En: Case, T. J., Cody, M.L. y Ezcurra, E. (eds.) Oxford University Press. New York, N. Y.

Álvarez-Borrego, S., J. A. Rivera, G. Gaxiola Castro, M. J. Acosta Ruíz y R. A. Schwartzlose. 1978. Nutrientes en el Golfo de California: *Cienc. Mar.*, Vol. 5, p. 53-71.

Álvarez-Borrego, S. y R. Lara-Lara. 1991. The Physical Environment and Primary Productivity of the Gulf of California. En: Simonett, B. R. T. y Dauphin, J. P. (eds.). *The Gulf and Peninsular Province of the Californias.* Am. Assoc. Petr. Geol. Memoir, 47: 555-567.

Amezcu-Linares, F. 1996. Peces demersales de la plataforma continental del Pacífico Central de México, UNAM. Comisión para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Inst. Cienc. Mar y Limnol. U. N. A. M. 1ra. Edición. México, D. F. 184 p.

Anderson, D. E. 1993. Fishery models as applied to elasmobranchs fisheries. En: Elasmobranch as living resources: Status of the fisheries. NOAA. Technical Report. NMFS 115. U. S. A.:473-484 p.

Andrade, A. C., L. C. Silva-Junior y M. Vianna. 2008. Reproductive biology and population variables of the Brazilian sharpnose shark *Rhizoprionodon lalandii* (Müller & Henle, 1839) captured in coastal waters of south-eastern Brazil. J. Fish. Biol., 72: 473-484.

Applegate, S. P., L. Espinosa A., L. Menchaca L. y F. Sotelo M. 1989. Tiburones Mexicanos. Subsecretaría de Educación e Investigación Tecnológicas. Dir. Gral. de Cienc. y Tec. del Mar. SEP. 1ra. Edición. 146 p.

Arreguín-Sánchez, F., A. Hernández-Herrera, M. Ramírez-Rodríguez y H. Pérez-España. 2004. Optimal management scenarios for the artisanal fisheries in the ecosystem of La Paz, Baja California Sur, Mexico. Ecol. Model. 172: 373-382.

Awruch, C. A., N. W. Pankhurst, S. D. Frusher y J. D. Stevens. 2008. Endocrine and Morphological Correlates of reproduction in the Draughtboard shark *Ceohaloscyllium laticeps* (Elasmobranchii: Scyliorhinidae). J. Exp. Zool. 309 A: 184-197.

Beebe, W. y I. Tee-Van. 1941. Fishes from the tropical Eastern Pacific (from Cedros Island, Lower California, South to the Galapagos Islands and Northern Peru). Part 2: Sharks. Zool., 26 (2):93-122.

Bizzarro, J. J., W. D. Smith, J. F. Márquez-Farías y R. E. Hueter. 2007. Artisanal fisheries and reproductive biology of the golden cownose ray, *Rhinoptera steindachneri* Evermann and Jenkis, 1891, in the Northern Mexican Pacific. Fish. Res., 84: 137-146.

Bizzarro, J. J., W. D. Smith, J. F. Márquez-Farías, J. Tyminski, R. E. Hueter. 2009 a. Temporal variation in the artisanal elasmobranch fishery of Sonora, Mexico. Fish. Res. 97: 103-117.

Bizzarro, J. J., W. D. Smith, J. L. Castillo-Géniz, A. Ocampo-Torres, J. F. Márquez-Farías y R. E. Hueter. 2009 b. The seasonal importance of small coastal sharks and rays in the artisanal elasmobranch fishery of Sinaloa, Mexico. Pan-Amer. J. Aquat. Scienc., 4 (4): 513-531.

Bone, Q. y B. L. Roberts. 1969. The density of the elasmobranchs. J. Mar. Biol. Assoc. U. K. 49: 913-937.

Bonfil, R. 1994. Overview of world elasmobranch fisheries. FAO Fisheries Technical Paper N° 341. Rome: FAO. 119 p.

Bonfil, R. 1997. Status of shark resources in the southern Gulf of Mexico and Caribbean: implications for management. Fish. Res. 29: 101-117.

Branstetter, S. 1987 a. Age and growth validation of newborn sharks held in laboratory aquaria, with comments on the life history of the Atlantic sharpnose shark, *Rhizoprionodon terraenovae*. Copeia 2, 291-300.

Branstetter, S. 1990. Early life-history implications of selected carcharhinoid and lamnoid sharks of the northwest Atlantic. NOAA Tech. Rep. NMFS 90:17-28.

Brusca, R. C., L. T. Findley, Hastings, P. A., M. E. Hendriks, J. T. Cosio y A. M. van-der-Heiden. 2005. Macrofaunal diversity in the Gulf of California: 179-202 p. En: Biodiversity, ecosystems, and conservation in northern Mexico. Cartron, J.L., Ceballos, G. y Felger, R. S. (eds.), Oxford University Press: New York, N. Y.

Cailliet, G. M. y K. G. Goldman. 2004. Age determination and validation in chondrichthyan fishes. En: Carrier, J. C., Musick J. A. y Heithanus M. R. (eds.). Biology of sharks and their relatives. CRC Press, New York. 399-447 pp.

Callard, G. V. 1991b. Spermatogenesis. En: Pang P. T. K. y M. P. Schreibman (eds.) Vertebrate endocrinology: fundamentals and biomedical implications. New York: Academy Press. P. 303:341.

Campana, S. E., M. C. Annand y J. I. McMillan. 1995. Graphical and statistical methods for determining the consistency of age determinations. Trans. Am. Fish. Soc. 124: 131-138.

Capapé, C., Y. Diatta, M. Diop, O. Guélorget, Y. Vergne y J. P. Quignard. 2006. Reproduction in the milky shark, *Rhizoprionodon acutus* (Rüppell, 1837) (Chondrichthyes: Carcharhinidae), from the Atlantic coast of Senegal (eastern tropical Atlantic). Acta Adriat., 47 (2): 111-126.

Carleton, D. A., D. A. Carpenter y P. J. Webber. 1990. Mechanisms of interannual variability of the Southwest United States summer rainfall maximum. J. Climate 3: 999-1015.

Carlson, J. K. y G. P. Parson. 1997. Age and growth of the bonnethead shark, *Sphyrna tiburo*, from northwest Florida, with comments on clinal variation. Environ. Biol. of Fishes. 50: 331-341.

Carlson, J. K. E. Cortés y A. G. Johnson. 1999. Age and growth of the blacknose shark *Carcharhinus acronotus*, in the eastern Gulf of Mexico. *Copeia*.3: 684-691.

Carlson, J. K. y I. E. Baremore, 2003. Changes in biological parameters of Atlantic sharpnose shark *Rhizoprionodon terraenovae* in the Gulf of Mexico: evidence for density-dependent growth and maturity? *J. Mar. Freshwater Res.* 54: 1-8.

Carlson, J. K., E. Cortés, E. y D. M. Bethea. 2003. Life history and population dynamics of the fine tooth shark (*Carcharhinus isodon*) in the northeastern Gulf of Mexico. *Fish. Bull.* 101, 281-292.

Castillo-Géniz, J. L., J. F. Márquez-Farías, M. C. Rodríguez-de -la-Cruz, E. Cortés y A. Cid-del-Prado. 1998. The Mexican artisanal shark fishery in the Gulf of Mexico: towards a regulated fishery. *J. Mar. Freshw. Res.* 49: 611-620.

Castillo-Géniz, J. L. 1990. Contribución al conocimiento de la biología y pesquería del cazón bironche, *Rhizoprionodon longurio* (Jordan y Gilbert, 1982). (Elasmobranchii, Carcharhinidae), del sur de Sinaloa, México. Tesis Profesional. Fac. Cienc., UNAM. México, D. F. 128 p.

Castillo-Géniz, J. L. 1992. Diagnóstico de la Pesquería de Tiburón en México. Secretaría de Pesca. Instituto Nacional de la Pesca. 1ra. Edición. México, D. F. 72 p.

Castillo-Géniz, J. L. 2007. Historia de la vida y biología pesquera de la raya, *Raja inornata* Jordan y Gilbert, 1881, del norte del Golfo de California, México. Tesis Doctoral. CICESE. 236 p.

Castro-Aguirre, J. L. 1965. Peces sierras, rayas, mantas y especies afines de México. *Anal. Inst. Nac. Invest. Biol. Pesq.* 1:171-256.

Castro-Aguirre, J. L. 1967. Contribución al estudio de los tiburones en México. Tesis Profesional. Inst. Politéc. Nal. México, D. F. 257 p.

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: Batoideomorpha). Instit. Biol. U. N. A. M. 75 p.

Castro-Aguirre, J. L., A. Antuna-Mendiola, A. F. González-Acosta y J. De-la-Cruz-Aguero. 2005. *Mustelus albipinnis*. sp. nov. (Chondrichthyes: Carcharhiniformes: Triakidae) de la costa suroccidental de Baja California Sur, México. Hidrobiol. 15 (2 Especial): 123-130.

Castro, J. I. 1983. The Sharks of North American Waters. First Edition. Texas A. & M. University Press. College Station, TX, 180 p.

Castro, J. I. 1993 a. The biology of the finetooth shark, *Carcharhinus isodon*. Environ. Biol. Fish. 36: 219-232.

Castro, J. I. 1993 b. The shark nursery of Bull Bay, South Carolina, with a review of the shark nurseries of the southeastern coast of the United States. Environ. Biol. Fish. 38: 37-48.

Castro, J. L. 2009. Observations on the reproductive cycles of some viviparous North American sharks. Aqua Internat. J. Ichthyol. 15: 205-222.

Cliff, G., S. F. Dudley y B. Davis. 1990. Sharks caught in the protective gillnets off Natal, South Africa. 3. The shortfin mako, *Isurus oxyrinchus* (Rafinesque). Sth. Afr. J. Mar. Sci. 9, 115-126.

Compagno, L. J. V. 1984. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of sharks species known to date. FAO species catalogue, Vol. 4. Part 1 and 2. FAO Fish Synop. 125, 655 p.

CONAPESCA. 2002. Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca 2000. Dirección General de Planeación, Programación y Evaluación. Dirección de Evaluación y Programas Estratégicos. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 271 p.

CONAPESCA. 2002. Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca 2001. Dirección General de Planeación, Programación y Evaluación. Dirección de Evaluación y Programas Estratégicos. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 265 p.

CONAPESCA. 2003. Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca 2003. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. 249 p.

CONAPESCA. 2005. Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca 2003. Dirección General de Planeación, Programación y Evaluación Dirección de Evaluación y Programas Estratégicos. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 249 p.

CONAPESCA. 2007. Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca 2004. Dirección General de Planeación, Programación y Evaluación. Dirección de Evaluación y Programas Estratégicos. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 216 p.

CONAPESCA. 2008. Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca 2005. Dirección General de Planeación, Programación y Evaluación. Dirección de Evaluación y Programas Estratégicos. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 220 p.

CONAPESCA. 2009. Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca 2006. Dirección General de Planeación, Programación y Evaluación. Dirección de Evaluación y Programas

Estratégicos. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 219 p.

CONAPESCA. 2009. Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2007. Dirección General de Planeación, Programación y Evaluación. Dirección de Evaluación y Programas Estratégicos. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 220 p.

CONAPESCA-INP. 2004. Plan de Acción Nacional Para el Manejo y Conservación de Tiburones, Rayas y Especies Afines. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca e Instituto Nacional de Pesca. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Mazatlán, Sinaloa, México. 85 p.

Conrath, C. L., J. Gelsleichter y J. A. Musick. 2002. Age and growth of the smooth dogfish (*Mustelus canis*) in the northwest Atlantic Ocean. Fish. Bull. 100: 674-682.

Corro-Espinosa, D. y A. Hernández-Carvallo. 2002. Tiburones y rayas de Sinaloa, En: J. L. Cifuentes-Lemus y J. Gaxiola-López (eds.). Atlas de la Biodiversidad de Sinaloa. El Colegio de Sinaloa. Culiacán, Sinaloa, México, pp. 291-299.

Corro-Espinosa, D. y A. Hernández-Carvallo. 2002. Tiburones y Rayas de Sinaloa: 291-299. J. L. Cifuentes-Lemus y J. Gaxiola-López (eds.) En: Atlas de la Biodiversidad de Sinaloa. El Colegio de Sinaloa, 442 p.

Corro-Espinosa, D., Y. A. Green-Ruiz, A. Muhlia-Melo, J. M. Braccini y C. Castillo-Castro. En preparación. Edad y crecimiento del tiburón bironche *Rhizoprionodon longurio* en el Golfo de California. 18 p.

Corro-Espinosa, D. En preparación. Pesquería artesanal y diversidad de tiburones y rayas del Golfo de California, México. Centro Regional de Investigaciones Pesqueras de Mazatlán, INAPESCA.

Cortés, E. 1995. Demographic analysis of the Atlantic sharpnose shark, *Rhizoprionodon terraenovae*, in the Gulf of Mexico. Fish. Bull. 93(1): 57-66.

Cortés, E. 1998. Demographic analysis as an aid in shark stock assessment and management. Fish. Res. 39: 199-208.

Downton-Hoffmann, C. A. 2007. Biología del pez guitarra *Rhinobatus productus* (Ayres, 1856), en Baja California Sur, México. IPN. Tesis Doctoral. 213 p.

Drymon, J. M. 2003. Age, growth and maturation of the finetooth shark, *Carcharhinus isodon* in the Atlantic waters of the southeastern United States. M. S. Thesis. College of Charleston. Charleston. South Carolina. 83 pp.

Farrell, E. D., S. Mariani y M. W. Clarke. 2010. Reproductive biology of star smooth-hound shark *Mustelus asterias*: geographic variation and implications for sustainable exploitation. J. Fish Biol. Doi: 10.1111/j.1095-8649.2010.02771.x, available online at wileyonlinelibrary.com

Ferreira, B. P. y C. M. Vooren. 1991. Age, growth and structure of vertebra in the school shark, *Galeorhinus galeus* (Linnaeus, 1758) from southern Brazil. Fish. Bull. 89, 1: 19-31.
Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2005. FAO Yearbook of Fishery Statistics: Summary Tables. Fish, Crustaceans, Mollusks, etc.-Capture Production by Groups of Species. <ftp://ftp.fao.org/fi/stat/summary/a1d.pdf>.

Francis, M. P. Duffy C. 2005. Length maturity in three pelagic sharks (*Lamna nasus*, *Isurus oxyrinchus*, and *Prionace glauca*) from New Zealand. Fish. Bull. 103: 489-500.

Furlong-Estrada E. y O. V. Barragán-Cuencas. 1997. Análisis biológico-pesquero de tiburones de la familia Carcharhinidae (Elasmobranchii) capturados por la principal flota artesanal del sur de Nayarit, México. Temporada 1995-1996. Tesis Profesional. Univ. Guad. 65 p.

Galván-Magaña, F. H. J. Nienhuis y P. A. Klimley. 1989. Seasonal abundance and feeding habits of sharks of the Lower Gulf of California. Mex. Reprint from Calif. Fish and Game 75(2): 74:84 p.

Galluci, V. F., I. G. Taylor y K. Erzini. 2006. Conservation and management of exploited shark populations based on reproductive value. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 63: 931-942.

Gámez-Moedano, L. 2003. Condición reproductiva de *Rhinobatos glaucostigma*, raya guitarra punteada (Familia Rhinobatidae) y *Rhinoptera steindachneri*, raya gavilán negro (Familia Rhinopteridae), en primavera y verano en la costa central de Sinaloa. UAM. Unidad Xochimilco. Tesis Profesional. 50 p.

García, A. E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Instituto de Geofísica. UNAM. 246 p.

Gilbert, J. Y. y W. E. Allen. 1943. The phytoplankton of the Gulf of California obtained by the E. W. SCRIPPS in the 1939 and 1940. J. Mar. Res. 5 (2): 89-110.

Goldman, K. J. 2004. Age and growth: 97-132. En: Musick J. A. y R. Bonfil (eds.) Elasmobranch Fisheries Management Techniques. Asia-Pacific Economic Cooperation Fisheries Working Group. 370 p.

Goldman, K. G. y J. A. Musick. 2006. Growth and maturity of salmon shark (*Lamna ditropis*) in the eastern and western North Pacific, and comments on back-calculation methods. *Fish. Bull.* 104, 278-292.

Griffiths, R. C. 1968. Physical, chemical and biological oceanography of the entrance to the Gulf of California, spring of 1960. U. S. Fish. Wild. Ser. Spec. Sci. Rep. Fisheries (573): 341-455.

Gurrola-López, G. 2000. Evaluación de los cambios de cobertura vegetal y uso del suelo del sistema lagunar bahía Santa María, Sinaloa, México: con aplicación del Método de Percepción Remota. Tesis de Maestría. CIAD, A. C. Unidad Mazatlán. Mazatlán, Sinaloa. 35 p.

Gutiérrez, G. y J. I. González. 1999. Predicciones de mareas de 1990: estaciones mareográficas del CICESE. Informe Técnico OC-89-01. CICESE, Ensenada, México.

Hastings, P. A. 2000. Biogeography of the tropical eastern Pacific: distribution and phylogeny of chaenopsid fishes. *J. Limn. Soc. Lond. Zool.* 128: 319-335.

Harry, A. V., C. A. Simpfendorfer y A. J. Tobin. En prensa. Improving age, growth, and maturity estimates for aseasonally reproducing chondrichthyans. *Fis. Res.* doi:10.1016/j.fishres.2010.09.010.

Henderson, A. C., J. L. McIlwain, H. S. Al Oufi y A. Ambu Ali. 2006. Reproductive biology of the milk shark *Rhizoprionodon acutus* and the bigeye houndshark *Iago omanensis* in the coastal Waters of Oman. *J. Fish Biol.*, 68: 1662-1678.

Hernández-Carballo, A. 1967. Observations on the hammerhead sharks (*Sphyrna*) in waters near Mazatlan, Sinaloa, Mexico: 79-84. En: P. W. Gilbert, R. F. Mathewson y D. P. Rall (eds.). *Sharks, skates and rays*. John Hopkins Press, Baltimore.

Hernández-Carballo, A. 1971. La pesquería de los tiburones en México. IPN. E. N. C. B. Tesis Profesional. México, D. F. 123 p.

Hernández-Carballo, A. 1976. La Pesquería de Tiburón en México: 9-12 Téc. Pesq.. Año IX, N° 99. 38p.

Hoffmayer, E. R., G. R. Parson y J. Horton. 2006. Seasonal and interannual variation in the energetic condition of adult male Atlantic sharpnose shark *Rhizoprionodon terraenovae* in the north Gulf of Mexico. J. Fish Biol. 68: 645-653.

Holts, D. B., A. Julian, O. Sosa-Nishizaki y N. W. Bartoo. 1998. Pelagic shark fisheries along the west coast of United States and Baja California, Mexico. Fish. Res. 39: 115-125.

Hubbs, C. L. y G. I. Roden. 1964. Oceanography and marine life along the Pacific Coast of Middle America. En: Handbook of Middle American Indians. University of Texas Press. Austin: 143-186.

Hubbs, C. L. y J. L. MacHugh. 1950. Pacific sharpnose shark (*Scolion longurio*) in California and Baja California. Fish and Game. Vol. 36, No. 1: 7-11.

Hueter, R. E., J. Tyminsky, G. M. Cailliet, J. Bizzarro, W. Smith, J. F. Márquez-Farías, J. L. Castillo-Géniz y C. Villavicencio-Garayzar. 2002. Artisanal Fisheries for Sharks, Skates and Rays in the Gulf of California. I Foro Científico de Pesca Ribereña. Guaymas, Sonora. 44 p.

Kasim, H. M. 1991. Shark fishery of Veraval coast with special reference to population dynamics of *Scoliodon laticaudus* (Muller Andhenle) and *Rhizoprionodon acutus* (Rupell). J. Mar. Boil. Ass. India. 33 (1 & 2), 213-228.

Kato, S. 1965. White shark *Carcharodon carcharias* from the Gulf of California with a list of sharks seen in Mazatlan, Mexico, 1964. *Copeia*, 1965 (3): 384.

Kato, S. y A. Hernández-Carvallo. 1967. Shark tagging in the Eastern Pacific Ocean, 1962-1965. En: P. W. Gilbert, R. F. Mathewson y D. P. Rall (eds.). *Sharks, Skates and Rays*. The John Hopkins Press. Pp 93-109.

Kato, S., Springer, S. y M. H. Wagner. 1967. Field Guide to Eastern Pacific and Hawaiian sharks. U. S. Dept. Int., Fish and Wild. Serv. Geogr. Mag. Circular 271: 1- 47.

Kenneth, J.P. 1982. *Marine Geology*. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, NJ. 813 p.

Krishnamoorthi, B. y I. Jagadis. 1986. Biology and population dynamics of the grey dogshark, *Rhizoprionodon (Rhizoprionodon) acutus* (Rupell), in Madras waters. Editorial Committee, Indian Journal of Fisheries for the Indian Council of Agricultural Research. 33: 371-385.

Lavin, M. F., R. Durazo, E. Palacios, M. L. Argote y L. Carrillo. 1997. Lagrangian observations of the circulation in the northern Gulf of California. *J. Physical Oceanogr.* 27: 2298-2305.

Lessa, R. y F. M. Santana. 1998. Age determination and growth of the smalltail shark, *Carcharhinus porosus* from northern Brazil. *Mar. Freshwater Res.* 49: 705-711.

Lessa, R., F. M. Santana, Z. Da-S.-de-Almeida. 2009. Age and growth of the Brazilian sharpnose shark, *Rhizoprionodon lalandii* and Caribbean sharpnose shark, *R. porosus* (Elasmobranchii, Carcharhinidae) on the northern coast of Brazil (Maranhão). *Pan. Amer. J. Aquat. Sci.* 4 (4): 532-544.

Loefer, J. K. y G. R. Sedberry. 2003. Life history of the Atlantic sharpnose shark (*Rhizoprionodon terraenovae*) (Richardson, 1836) off the southeastern United States. Fish. Bull. 101: 75-88.

López-Áviles, R. 1986. Morfología y sedimentos superficiales de la porción meridional de la plataforma continental de Sinaloa, México. Tesis Profesional. Fac. Ing. UNAM. 110 p.

Luch-Cota, S. E., E. A. Aragón-Noriega, F. Arreguín-Sánchez, D. Aureoles-Gamboa, J. Bautista-Romero, R. C. Brusca, R. Duarte-Cervantes, R. Cortes-Altamirano, P. del Monte Luna, A. Esquivel-Herrera, G. Fernández, M. E. Hendrickx, S. Hernández-Vázquez, H. Herrera-Cervantes, M. Kahru, M. Lavin, D. Luch-Belda, D. B. Luch-Cota, J. López Martínez, S. G. Marinote, M. O. Nevárez-Martínez, S. Ortega-García, E. Palacios-Castro, A. Sierra-Parés, G. Ponce-Díaz, M. Ramírez-Rodríguez, C. A. Salinas-Zavala, R. A. Schwartloze y A. P. Sierra-Beltrán. 2007. The Gulf of California: Review of ecosystem status and sustainability challenges. Progr. Oceanogr, 73: 1-26.

Maluf, L. I. 1983. Physical Oceanography. En: Island Biogeography in the Sea of Cortez. Case, T. J. y M. L. Cody (eds.). University of California Press. Los Angeles, Cal. U.S.A. 26-45 p.

Manjarrez-Acosta H., F. Juárez-Rentería, J. P. Rodríguez-Rendón, A. González-Espinoza, R. Díaz D., H. X. Lizárraga y A. E. Vega. 1983. Estudio sobre algunos aspectos biológico-pesqueros del tiburón en la zona sur de Sinaloa. Memoria Profesional. Esc. Cienc. Mar. Univ. Autón. Sin. 78 p.

Marinone, S. G. 2003. A three-dimensional model of the mean and seasonal circulation of the Gulf of California. J. Geophys. Res. 108 (C10): 23.1-23.27.

Márquez-Farías, J. F. 2001. Tiburones del Golfo de California. En: Cisneros-Mata, M. A. y A. J. Díaz-de-León (eds.) Sustentabilidad y pesca responsable en México, 1999-2000. Instituto Nacional de la Pesca-SAGARPA.

Márquez-Farías, J. F. 2002. The artisanal ray fishery in the Gulf of California: development, fisheries research, and management issues. IUCN Shark Specialist Group. Shark News. 14: 1-5.

Márquez-Farías, J. F. 2007. Demografía del pez guitarra, *Rhinobatos productus* (Ayres, 1854), del Golfo de California. CIBNOR. Tesis Doctoral. 148 p.

Márquez-Farías, J. F. y M. E. González-Corona. 2000. Investigación regional: Atendiendo a la pesquería artesanal de rayas en Sonora. Pesca y Conserv. 12 (4): 4-7.

Márquez-Farías, F., D. Corro-Espinosa y J. L. Castillo-Géniz. 2005. Observations on Biology of *Rhizoprionodon longurio* (Jordan and Gilbert, 1882) captured in Southern Sinaloa, Mexico: 107-114. En: Kulka D. W., Musick J. A., Pawson M. G. y Walker T. I. (eds.). Elasmobranch Fisheries: Managing for Sustainable Use and Diversity Conservation. J. Northw. Atl. Fish. Sci., Vol. 35.

Márquez-Farías, J. F. y J. L. Castillo-Géniz. 1998. Fishery biology and demography of the Atlantic sharpnose shark, *Rhizoprionodon terraenovae*, in the southern Gulf of Mexico. Fish. Res. 39: 183-198.

Mejía-Salazar, L. A. 2007. Biología reproductiva del cazón bironche, *Rhizoprionodon longurio* (Jordan y Gilbert, 1882) en el Pacífico Mexicano. INP. CICIMAR. Tesis de Maestría. La Paz, B. C. S., México. 67 p.

Millán-Nuñez, E. 1992. Distribución espacial del fitoplancton en la parte norte del Golfo de California. Cienc. Mar., 18 (2): 101-117.

Mollet, H. F., G. Cliff, H. L. Pratt. y J. D. Stevens. 2000. Reproductive biology of the female shortfin mako, *Isurus oxyrinchus* Rafinesque, 1810, with comments on the embryonic development of lamnoids. Fish. Bull. 98, 299-318.

Motta, F. S., R. C. Namora, O. B. F. Gadig y F. M. S. Braga. 2007. Reproductive biology of the Brazilian sharpnose shark (*Rhizoprionodon lalandii*) from southeastern Brazil. ICES J. Mar. Sci. 64: 1829-1835.

Natanson, L. J., J. G. Casey y N. E. Kohler. 1995. Age and growth of the dusky shark, *Carcharhinus obscurus*, in the western North Atlantic. Fish. Bull. 93: 116-126.

Natanson, L. J. y G. M. Cailliet. 1986. Reproduction and development of the Pacific Angel Shark, *Squatina californica*, off Santa Barbara, California. Copeia, 4: 987-994.

Natanson, L. J., J. J. Mello y S. E. Campana. 2002. Validated age and growth of the porbeagle shark (*Lamna nasus*) in the western North Atlantic Ocean. Fish. Bull. 100: 266-278.

Osuna-Peralta Y. R., J. F. Márquez-Farías y R. E. Román-Ángulo. 2010. Hábitos alimenticios del tiburón bironche, *Rhizoprionodon longurio* (Chondrichthyes: Carcharhinidae) capturado en Mazatlán, Sinaloa, México. Resumen en Memoria. V Foro Científico de Pesca Ribereña. Del 07 al 09 de septiembre de 2010, Boca del Río, Veracruz: 143-144.

Paesch, L. y M. C. Oddone. 2009. Size at maturity and egg capsule of the softnose skates *Bathyraja brachyurops* (Fowler, 1920) and *Bathyraja macloviana* (Norman, 1937)(Elasmobranchii: Rajidae) in the SW Atlantic (37 00'-39 30'S). J. Appl. Ichthyol. 25 (Suppl. 1), 66-71.

Parson G. R. 1983. The reproductive biology of the Atlantic sharpnose shark, *Rhizoprionodon terraenovae*. Fish. Bull., 81: 61-73.

Parson G. R. y H. J. Grier. 1992. Seasonal changes in shark testicular structure and spermatogenesis. J. Exp. Zool. 261: 178-184.

Parson, G. R. y J. K. Carlson. 1998. Physiological and behavioral responses to hypoxia in the bonnethead shark, *Sphyrna tiburo*: routine swimming and respiratory regulation. J. Fish. Physiol. Biochem. 19:189-196.

Parson, G. R. y E. R. Hoffmayer. 2005. Seasonal changes in the distribution and relative abundance of the Atlantic sharpnose shark *Rhizoprionodon terraenovae* in the North Central Gulf of Mexico. Copeia. 4: 914-920.

Pérez-Jiménez, J. C. y A. Venegas-Herrera. 1997. Análisis biológico-pesquero de tiburones de las familias Sphyrnidae, Alopiidae y Lamnidae (Elasmobranchii) capturados por la principal flota artesanal del sur de Nayarit, México. Temporada 1995-1996. Tesis Profesional. Univ. Guad. 62 p.

Pérez-Jiménez J. C., O. Sosa-Nishizaki, E. Furlong-Estrada, D. Corro-Espinosa, A. Venegas-Herrera y O. V. Barragán-Cuencas. 2005 a. Artisanal Sharks Fisheries at “Tres Mariás” Islands and Isabel Island in the Central Mexican Pacific: 333-343. En: Kulka D. W., Musick J. A., Pawson M.G. y T. I. Walker. (eds.). Elasmobranch Fisheries: Managing for Sustainable Use and Diversity Conservation. J. Northw. Atl. Fish. Sci., Vol. 35.

Pérez-Jiménez J. C., O. Sosa-Nishizaki y J. L. Castillo-Géniz. 2005 b. A new Eastern North Pacific Smoothhound shark (Genus *Mustelus*, Family Triakidae) from the Gulf of California. Copeia (4): 834-845.

- Phleger, F. B. 1963. Oceanografía física y ecológica de los foraminíferos del Golfo de California. *Sob. Boletín de la Soc. Geol. Méx.* 26 (2): 75-83.
- Pratt, H. L. y J. G. Casey. 1983. Age and growth of the shortfin mako, *Isurus oxyrinchus*, using four methods. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 40, 1944-1957.
- Pratt, H. L. y J. G. Casey. 1993. Shark reproductive strategies as a limiting factor in directed fisheries, white a review of Holden's method of estimating growth-parameters. In: *Elasmobranch as living resources: Status of the fisheries*. NOAA: Tech. Rep. NMFS 1115. U. S. A.: 97-108 p.
- Righetty-Rojo, B. y F. J. Castro-Morales. 1990. Estudio de algunos aspectos biológicos pesqueros del tiburón en la región de Mazatlán, Sinaloa. Tesis Profesional. Esc. Cienc. Mar, Univ. Autón. Sin. 77 p.
- Robertson, D. R. y G. R. Allen. 2002. Shorefishes of the tropical eastern Pacific: an information system. *Smithsonian Trop. Res. Inst.*, Balboa, Panamá.
- Robinson, M. K. 1973. Atlas of monthly mean sea surface and subsurface temperatures in the Gulf of California, Mexico. *San Diego Soc. Nat. Hist. Mem.* (5), 79.
- Roden, G. I. 1958. Oceanography and meteorological aspects of the Gulf of California. *Pac. Sci.*, 12: 21-45.
- Roden, G. I. y G. W. Groves. 1959. Recent oceanographic investigations in the Gulf of California. *J. Mar. Res.* 18 (1): 10-35.
- Roden, G. I. y I. Emilsson. 1979. The physical oceanography of the Gulf of California. *Inst. Cienc. Mar y Limnol. UNAM. México. Contribución núm.* 209. 54 p.

Rodríguez-García H. 1986. Contribución al estudio de la pesquería del tiburón en la zona sur del estado de Sinaloa (Mazatlán). Memoria Profesional. Esc. Cienc. Mar, Univ. Autón. Sin. 91 p.

Rosenblatt R. H. y W. I. Baldwin. 1958. A review of the Eastern Pacific sharks of the genus *Carcharhinus*, with redescription of *C. malpeloensis* (Fowler) and California records of *C. remotus* (Dumeril). Cal. Fish Game. 44 (2): 137-159.

Säidi, B., Bradaï M. N. y Bordaïn. 2008. Reproductive biology of the smooth-hound shark *Mustelus mustelus* (L.) in the Gulf of Gabés (south-central Mediterranean Sea). J. Fish Biol. 72: 1343-1354.

Salinas-Zavala, C. A., D. Lluch-Belda, S. Hernández-Vázquez, D. B., Luch-Cota. 1998. La aridez en el noroeste de México: un análisis de su variabilidad espacial y temporal. Atmós. 11: 29-44.

Sarabia-Alvarado D. y J. V. Velásquez-Mayorquín. 2002. Composición de las capturas de tiburón en la flota artesanal de Playa Sur, Mazatlán, Sinaloa, entre 2000 y 2002. Tesis Profesional. Fac. Cienc. Mar. Univ. Autón. Sin.. 57 p.

Saucedo-Barrón C. J., G. Colado U., J. G. Martínez A., S. Burgos Z. J. G. Chacón C. y J. Espinoza F. 1982. Contribución al estudio de la pesquería del tiburón en la zona sur del estado de Sinaloa. Memoria Profesional. Esc. Cienc. Mar, Univ. Autón. Sin. 67 p.

Secretaría de Pesca. 1979. Anuario Estadístico de Pesca. 1978. Dirección General de Informática, Estadística y Documentación. México, D. F., 442 p.

Secretaría de Pesca. 1980. Anuario Estadístico de Pesca. 1979. Dirección General de Informática, Estadística y Documentación. México, D. F., 800 p.

Secretaría de Pesca. 1981. Anuario Estadístico de Pesca. 1980. Dirección General de Informática, Estadística y Documentación. México, D. F., 796 p.

Secretaría de Pesca. 1982. Anuario Estadístico de Pesca. 1981. Dirección General de Informática, Estadística y Documentación. México, D. F., 790 p.

Secretaría de Pesca. 1983. Anuario Estadístico de Pesca. 1982. Dirección General de Informática, Estadística y Documentación. México, D. F., 690 p.

Secretaría de Pesca. 1985. Anuario Estadístico de Pesca. 1983. Dirección General de Informática, Estadística y Documentación. México, D. F., 327 p.

Secretaría de Pesca. 1985. Anuario Estadístico de Pesca. 1984. Dirección General de Informática, Estadística y Documentación. México, D. F., 338 p.

Secretaría de Pesca. 1986. Anuario Estadístico de Pesca. 1985. Dirección General de Informática, Estadística y Documentación. México, D. F., 600 p.

Secretaría de Pesca. 1987. Anuario Estadístico de Pesca. 1986. Dirección General de Informática, Estadística y Documentación. México, D. F., 580 p.

Secretaría de Pesca. 1988. Anuario Estadístico de Pesca. 1987. Dirección General de Informática, Estadística y Documentación. México, D. F., 351 p.

Secretaría de Pesca. 1988. Anuario Estadístico de Pesca. 1986. Dirección General de Informática, Estadística y Documentación. México, D. F., 357 p.

Secretaría de Pesca. 1990. Anuario Estadístico de Pesca. 1988. Dirección General de Programación e Informática. México, D. F. 350 p.

Secretaría de Pesca. 1992. Anuario Estadístico de Pesca. 1989. Dirección General de Informática y Registro Pesqueros. México, D. F., 125 p.

Secretaría de Pesca. 1992. Anuario Estadístico de Pesca. 1990. Dirección General de Informática y Recursos Pesqueros. México, D. F. 127 p.

Secretaría de Pesca. 1992. Anuario Estadístico de Pesca. 1992. Dirección General de Informática y Recursos Pesqueros. México, D. F. 119 p.

Secretaría de Pesca. 1993. Estadísticas Básicas Pesqueras. 1991. Cifras Preliminares. (Documento Interno). Dirección General de Informática y Registro Pesqueros. México, D. F., 103 p.

Secretaría de Pesca. 1993. Anuario Estadístico Pesquero. 1991. Dirección General de Informática y Registro Pesqueros. México, D. F., 127 p.

Secretaría de Pesca. 1994. Anuario Estadístico de Pesca. 1992. Dirección General de Informática y Recursos Pesqueros. México, D. F. 119 p.

Segura A. M. y A. C. Milessi. 2009. Biological and reproductive characteristics of the Patagonian smoothhound *Mustelus schmitti* (Chondrichthyes, Triakidae) as documented from an artisanal fishery in Uruguay. J. Appl. Ichthyol. 25 (Suppl. 1): 78-82.

SEMARNAP. 1995. Anuario Estadístico de Pesca. 1993. México, D. F., 232 p.

SEMARNAP. 1996. Anuario Estadístico de Pesca. 1994. México, D. F., 232 p.

SEMARNAP. 1997. Anuario Estadístico de Pesca. 1996. México, D. F., 232 p.

SEMARNAP. 1998. Anuario Estadístico de Pesca 1997. México, D. F., 241 p.

SEMARNAP. 1999. Anuario Estadístico de Pesca 1998. México, D. F., 244 p.

SEMARNAP. 2000. Anuario Estadístico de Pesca. 1999. México, D. F., 271 p.

Shoou-Jeng J., C. H. Che-Tsung, L. Hsian-Hua y L. Kwang-Ming. 2007. Age, growth, and reproduction of silky sharks, *Carcharhinus falciformis*, in northeastern Taiwan waters. *Fis. Res.* 10: 78-85.

Simpfendorfer, C. A., 1992. Reproductive strategy of the Australian sharpnose shark, *Rhizoprionodon taylori* (Elasmobranchii: Carcharhinidae), from Cleveland Bay, Northern Queensland. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.* 43, 67-75.

Simpfendorfer, C. A. 1993. Age and growth of the Australian sharpnose shark, *Rhizoprionodon taylori*, from north Queensland, Australia. *Environ. Biol. Fish.* 36: 233-241.

Simpfendorfer, C. A. 1999. Mortality estimates and demographic analysis for the Australian sharpnose shark, *Rhizoprionodon taylori*, from northern Australia. *Fish. Bull.* 97: 978-986.

Smith, S. E., D. Au y C. Show. 1998. Intrinsic rebound potentials of 26 species of Pacific sharks. *Mar. Freshw. Res.*, 49: 663-678.

Soto-Mardones, L., S. G. Marinote y A. Parés-Sierra. 1999. Time and spatial variability of the surface temperature in the Gulf of California. *Cienc. Mar.*, 25 (1): 1-30.

Stevenson, M. R. 1970. Oceanografía física y biológica cerca de la entrada del Golfo de California. Octubre 1966-Agosto 1967, *Inter-Am. Trop. Tuna Com. Bull.* 14 (3): 389-504.

Stevens, J. D., R. Bonfil, N. K. Dulvy y P. A. Walker. 2000. The effects of fishing sharks, rays, and chimaeras (Chondrichthyan), and the implications for marine ecosystems. *ICES J. Mar. Sci.* 57: 476-494.

Sverdrup, H. V. 1941. The Gulf of California. Preliminary discussion on the cruise of the E. W. Scripps in February and March 1939. 6th. *Pac. Sci. Cong. Proc.* 3: 161-166.

Thomson, A. D., L. T. Findley y N. A. Kerstitch. 1979. Reef fishes of the sea of Cortez. The rocky-shore fishes of the Gulf of California. Wile Interscience. U.S.A. 302 p.

Thorpe, T., C. F. Jensen y M. L. Mosser. 2004. Relative abundance and reproductive characteristics of sharks in southeastern North Carolina coastal waters. *Bull. Mar. Sci.* 74 (1): 3-20.

Thorson, J. T. y C. A. Simpfendorfer. 2009. Gear selectivity and sample size effects on growth curve selection in shark age and growth studies. *Fish. Res.* 98: 75-84.

Thorson, T. B. y E. J. Lacy. 1982. Age, growth rate and longevity of *Carcharhinus leucas* estimated from tagging and vertebral rings. *Copeia* 1: 110-116.

Valdéz-Holguín, J. E., G. Gaxiola C. y R. Cervantes D. 1995. Productividad primaria en el Golfo de California, calculada a partir de la relación entre irradiancia superficial y clorofila de la zona eufótica. *Cienc. Mar.*, 21 (3): 311-329.

Vázquez-Rojano R. M. 2003. Aspectos biológicos de tiburones y rayas en la costa del centro y sur de Sinaloa, en invierno y primavera. Tesis Profesional. UAM, Unidad Xochimilco. México, D. F. 103 p.

Villavicencio-Garayzar C. 1991. Observations on *Mobula munkiana* (Chondrichthyes: Mobulidae) in the Bahía de La Paz, B. C. S., Mexico. *Rev. Inv. Cient.* 2 (2): 78-81.

Von Bertalanffy L. 1938. A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws II). Hum. Biol. 10: 181-213.

Walter J. P. y D. A. Ebert. 1991. Preliminary estimates of age of the bronze whaler *Carcharhinus brachyurus* (Chondrichthyes: Carcharhinidae) from southern Africa, with a review of some life history parameters. Sth. Afr. J. Mar. Sci. 10: 37-44.

White W.T., N.G. Hall y I.C. Potter. 2002 a. Size and age compositions and reproductive biology of the nervous shark, *Carcharhinus caudus*, in a large subtropical embayment, including an analysis of growth during pre- and postnatal life. Mar. Biol. 141: 1153-1166.

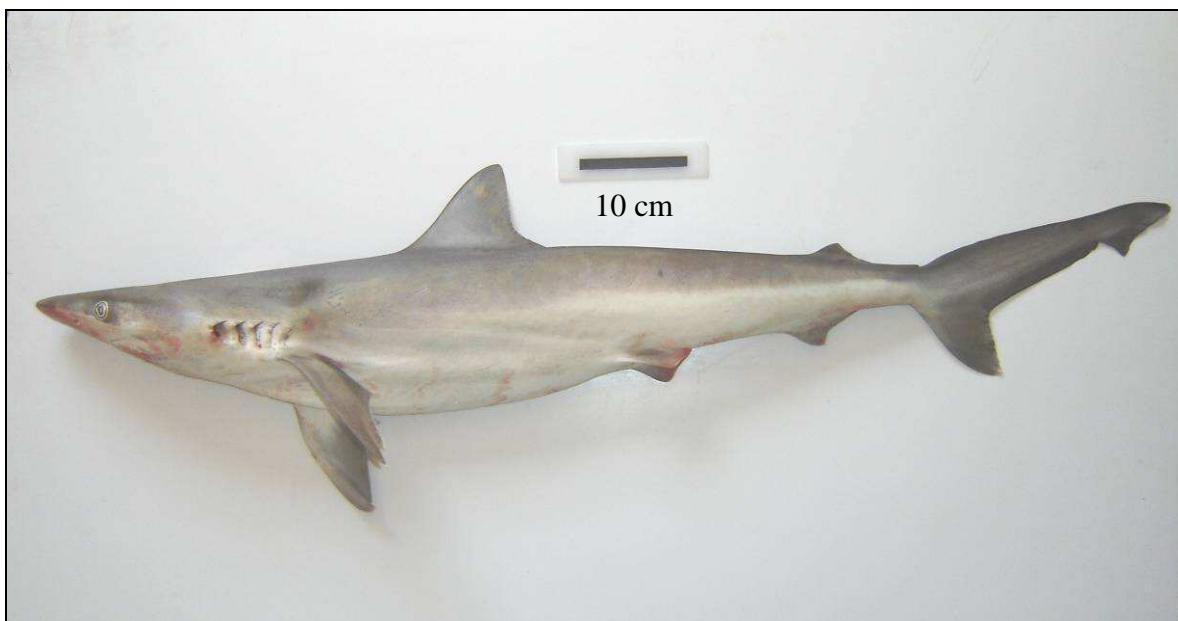
Wintner, S. P., S. F. J. Dudley, N. Kistnasamy y B. Everett. 2002. Age and growth estimates for the Zambezi shark, *Carcharhinus leucas*, from the east coast of South Africa. J. Mar. Freshw. Res. 53: 557-566.

Yokota L. y R. Lessa. 2006. A nursery area for sharks and rays in Northeastern Brazil. J. Environ. Biol. Fish. 75: 349-360.

Zeitzchel, B. 1969. Primary productivity in the Gulf of California. Mar. Biol. 3 (3): 201-207.

10. APÉNDICES

10.1



Rhizoprionodon longurio, Tiburón Bironche. Fotografía del autor.

10.2 SINOPSIS BIOLÓGICA DE LA ESPECIE

SISTEMÁTICA Y DESCRIPCIÓN

SISTEMÁTICA

Tabla IX. Posición taxonómica de *R. longurio*, Tiburón Bironche.

Reino: Animalia Linnaeus, 1758. Animales.

Subreino: Bilateria (Hatscheck, 1888) Cavalier-Smith, 1983. Bilaterianos.

Rama: Deuterostomia Grobeen, 1908. Deuterostomados.

Infrareino: Chordonia (Haeckel, 1874) Cavalier-Smith, 1998.

Phylum: Chordata Bateson, 1885. Cordados.

Subphylum: Vertebrata Cuvier, 1812. Vertebrados.

Infraphylum: Gnatostomata auct. Vertebrados mandibulados.

Clase: Chondrichthyes. Peces cartilagosos.

Subclase: Elasmobranquios. Peces con forma de tiburones.

Infraclasse: Selachii. Tiburones

Superorden: Tiburones

Orden: Carcharhiniformes. Tiburones con membrana nictitante
y valvas intestinales

Familia: Carcharhinidae. Tiburones Requiem

Género: *Rhizoprionodon*. Whitley, 1929. Tiburones Requiem con
hocicos largos.

Especie: *longurio* (Jordan y Gilbert, 1882)

Nombre Científico: *Rhizoprionodon longurio* (Jordan y
Gilbert, 1882).

10.3 DESCRIPCIÓN SEGÚN CASTRO (1983) Y COMPAGNO (1984)

A continuación se presenta un resumen del conocimiento del tiburón carcharhínido, *R. longurio*, siguiendo la estructura típica que utiliza la FAO. Son considerados sólo aquellos aspectos concernientes al presente trabajo.

Nombre científico: *Rhizoprionodon longurio* (Jordan y Gilbert, 1882) *Carcharias* (*Scoliodon*) *longurio* Jordan & Gilbert, 1882. Proc. U. S. Nat. Mus., 5:106. Holotipo: Tres sintipos en las colecciones del National Museum of Natural History de los Estados Unidos de Norteamérica: USNM 28306, hembra de 517 mm, USNM 28330, adulto maduro de 792 mm y USNM 29551, hembra de 518 mm, todos de la costa Mexicana del Océano Pacífico. Localidad Tipo: Mazatlán, México. Pacífico Este.

10.4 CARACTERÍSTICAS DIAGNÓSTICAS (Castro, 1983, Compagno, 1984 Y Márquez-Farías *et al.*, 2005)

El tiburón bironche posee un hocico alargado y puntiagudo, más grande que el ancho de su boca. Su hocico es translúcido. La longitud del hocico prenarinal es de 4.5 a 6 % de la longitud total, los surcos labiales superiores son de 2.1 a 2.6 % de la longitud total. El número total de poros hiomandibulares alargados en ambos lados de la cabeza, justo debajo del ángulo de la boca es, normalmente, mayor de 16 (de 8 a 15 en cada lado). Surcos labiales grandes y bien marcados en las esquinas de su boca. Los dientes son oblicuos, con cúspides de bordes lisos (con bordes ligeramente aserrados en ejemplares grandes) y una muesca profunda en sus márgenes externos. Los dientes son muy similares en forma y tamaño en ambas mandíbulas. Su fórmula dentaria es 13 a 15-1-13 a 15 en la mandíbula superior y 13 ó 14-13 ó 14 en la mandíbula inferior y los dientes no presentan diferenciación en ambos sexos

Las aletas pectorales tienen bordes claros y las dorsales tienen puntas oscuras. El origen

de la segunda aleta dorsal se ubica en el último tercio de la base de inserción de la aleta anal. El margen anterior de la aleta pectoral es, usualmente, igual o menor que la longitud del origen a la punta trasera de la primera aleta dorsal. Los machos inician la maduración sexual a los 93 cm LT y las hembras a los 83 cm LT. El tamaño promedio es de 75 a 90 cm. El tamaño máximo reportado es de 129.5 cm LT, pero la especie puede crecer hasta los 152 cm de LT. El color de la piel es gris o café-grisáceo en el dorso y blanco en el vientre. El ojo está rodeado de un círculo de color blanco.

10.5. REGISTRO HISTÓRICO DE TIBURONES EN EL SUR DEL GOLFO DE CALIFORNIA Y ÁREAS ADYACENTES

Fueron consultados 21 estudios de tiburón incluyendo investigaciones de ictiofauna marina en general. A partir de esta literatura (publicaciones, trabajos no publicados, tesinas, tesis, etc.), fueron contabilizadas las especies de tiburón registradas en las capturas de la pesca ribereña artesanal, así como de campañas de investigación, realizadas en el sur del Golfo de California y áreas adyacentes entre 1941 y 2005 (Tabla X). Ello permitió comparar los cambios que la diversidad de tiburones ha experimentado en las descargas de esta unidad pesquera. La información (considerando que la identificación taxonómica de las especies es correcta) revela que luego de más de seis décadas de explotación comercial de tiburones y un registro de 48 especies de hábitos costeros y oceánico-costeros, la diversidad ha sufrido una disminución considerable en las capturas de esta unidad pesquera en el sur del Golfo de California, debido a que ya no se registran tres especies del género *Sphyrna* (*S. corona*, Cornuda Coronada, *S. mokarran*, Cornuda Grande y *S. tiburo*, Cornuda Cabeza de Pala) desde hace aproximadamente 15 años. Así mismo, cuatro especies del género *Mustelus* (*M. henlei*, *M. lunulatus*, *M. dorsalis* y *M. albipinnis*) desaparecieron también de las capturas de la pesca ribereña artesanal de Sinaloa y Nayarit hace poco más de 10 años.

Tabla. X. Registro histórico de tiburones en el área sur del Golfo de California y áreas adyacentes. Campañas de investigación realizadas en aguas: C= Costeras, O= Oceánicas y O-C= Oceánico-costeras. X= Especies registradas. 1) Corro Espinosa (en preparación); 2) Pérez Jiménez *et al.* (2005a); 3) Castro Aguirre *et al.* (2005); 4) Vázquez Rojano (2003); 5) Corro Espinosa y Hernández Carvallo (2002); 6) Sarabia Alvarado y Velásquez Mayorquín (2002); 7) Pérez Jiménez y Venegas Herrera (1997) y Furlong Estrada y Barragán Cuencas (1997); 8) Castillo Géniz (1992); 9) Righetty Rojo y Castro Morales (1990); 10) Galván Magaña *et al.* (1989); 11) Rodríguez García (1986); 12) Manjarrez *et al.* (1983); 13) Saucedo Barrón *et al.* (1982); 14) Applegate *et al.* (1979); 15) Hernández Carvallo (1976); 16) Hernández Carvallo (1971); 17) Castro Aguirre (1967); 18) Kato *et al.* (1967); 19) Kato (1965); 20) Rosenblatt y Baldwin (1958) y 21) Beebe y Tee-Van (1941).

FAMILIA ESPECIE, NOMBRE COMÚN	N° DE ESTUDIO																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	C	O	C	O	C	O	C	C	C	C	C	O	C	O	C	O	C	O	C	O	C
ECHINORHINIDAE																					
<i>Echinorhinus cookei</i> , Espinoso Negro					X					X		X									
SQUATINIDAE																					
<i>Squatina californica</i> , Ángel					X			X		X				X		X		X			
HETERODONTIDAE																					
<i>Heterodontus francisci</i> , Dormilón Cornudo																		X	X		X
<i>Heterodontus mexicanus</i> , Dormilón Búfalo										X				X		X	X				
GINGLYMOSTOMIDAE																					
<i>Ginglymostoma cirratum</i> , Gata	X	X			X				X	X		X	X	X	X	X	X	X	X		X
RHINIODONTIDAE																					
<i>Rhiniodon typus</i> , Ballena ⁽¹⁾					X					X		X		X		X					X
ODONTASPIDAE																					
<i>Odontaspis ferox</i> , Tigre de las Arenas										X											
ALOPIIDAE																					
<i>Alopias superciliosus</i> , Zorro Ojón	X								X					X	X	X					
<i>Alopias pelagicus</i> , Zorro Coludo	X	X			X		X	X													
<i>Acopias vulpinus</i> , Zorro	X												X								
CETORHINIDAE																					
<i>Cetorhinus maximus</i> , Peregrino																		X	X		
LAMNIDAE																					
<i>Carcharodon carcharias</i> , Blanco	X									X				X	X	X	X	X			
<i>Isurus oxyrinchus</i> , Mako	X	X			X		X	X		X	X			X				X			
<i>Isurus paucus</i> , Mako Coludo								X													
<i>Lamna ditropis</i> , Salmón																		X			
SCYLIORHINIDAE																					
<i>Cephaloscyllium ventriosum</i> , Hinchado														X		X	X				
<i>Cephalurus cephalus</i> , Cabezón																		X	X		X
<i>Galeus piperatus</i> , Pimienta																		X	X		
<i>Parmaturus xaniurus</i> , Gato Cola de Filete																		X	X		
TRIAKIDAE																					
<i>Mustelus californicus</i> , Sabueso Gris					X											X		X	X	X	X
<i>Mustelus dorsalis</i> ,																		X			X

Mamón																					
<i>Mustelus henlei</i> ,																					
Sabueso					X			X									X	X			
Café																					
FAMILIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
ESPECIE,																					
NOMBRE COMÚN	C	OC	C	OC	C	O	OC	C	C	C	C	C	OC	OC	OC	OC	OC	C	OC	OC	OC
TRIAKIDAE																					
<i>Mustelus lunulatus</i> ,																					
Sabueso Cola de Hoz		X			X			X	X			X	X		X		X	X	X		X
<i>Mustelus albipinnis</i> ,																					
Perro Lodero con Aletas de Bordes Blancos ⁽²⁾			X																		
<i>Triakis semifasciata</i> ,																					
Leopardo								X						X	X	X	X	X	X		
<i>Galeorhinus zyopterus</i> ,																					
Aleta de Sopa														X		X					
CARCHARHINIDAE																					
<i>Carcharhinus albimarginatus</i> ,																					
Puntas Blancas								X						X	X	X					X
<i>Carcharhinus altimus</i> ,																					
Colorado	X	X			X			X				X	X	X	X	X			X		
<i>Carcharhinus falciformis</i> ,																					
Sedoso	X	X		X	X		X	X			X	X			X		X	X			
<i>Carcharhinus galapagensis</i> ,																					
de Galápagos																				X	
<i>Carcharhinus leucas</i> ,																					
Toro	X	X			X				X			X	X	X	X	X		X	X		X
<i>Carcharhinus limbatus</i> ,																					
Volador	X	X		X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Carcharhinus longimanus</i> ,																					
Puntas Blancas Océánico								X						X		X					
<i>Carcharhinus obscurus</i> ,																					
Zarco	X	X			X			X	X			X	X	X		X		X			
<i>Carcharhinus porosus</i> ,																					
Cuero Duro		X				X		X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

<i>Galeocerdo cuvier</i> ,																					
Tigre	X	X		X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X				X	X
<i>Nasotamia velox</i> ,																					
Coyotito	X	X		X	X		X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Negaprion brevirostris</i> ,																					
Limón	X	X			X		X	X			X	X	X	X	X	X	X	X			X
<i>Prionace glauca</i> ,																					
Azul	X	X			X		X					X	X	X		X	X				X
<i>Rhizoprionodon longurio</i> ,																					
Bironche	X	X		X	X	X		X	X			X	X		X		X		X		X
<i>Triaenodon obesus</i> ,																					
Puntas Blancas de Arrecife		X																			
SPHYRNIDAE																					
<i>Sphyrna corona</i> ,																					
Cornuda Coronada														X		X		X			
<i>Sphyrna lewini</i> ,																					
Cornuda Común	X	X		X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X		X		
<i>Sphyrna media</i> ,													X		X	X	X	X	X		X

Cornuda Cuchara																				
<i>Sphyrna mokarran</i> ,																				
Martillo Grande							X			X	X	X		X	X	X	X			
<i>Sphyrna tiburo</i> ,																				
Cabeza de Pala							X			X	X	X		X	X	X	X			
<i>Sphyrna tudes</i> ,																				
Cornuda de Ojo																				
Pequeño																				X
<i>Sphyrna zygaena</i> ,																				
Cornuda Cruz	X	X		X	X	X	X	X		X	X		X		X	X	X			X

(1) Esta especie no es capturada por las flotas ribereñas artesanales. La información existente de su presencia se basa en avistamientos en San Blas, Nayarit.

(2) Esta especie fue descubierta simultáneamente en el año 2004 por Castro Aguirre *et al.*, (2005) en la plataforma externa frente a Bahía Magdalena, B. C. S. y Pérez Jiménez *et al.*, (2005 b) en la parte norte del Golfo de California.

10.6 ESPECIES DEL GÉNERO *Rhizoprionodon*

A continuación se presenta información breve de los nombres comunes, distribución y talla máxima de las especies del género *Rhizoprionodon* (Compagno, 1984).

Rhizoprionodon longurio (Pacific Sharpnose shark en idioma Inglés y Requiem bironche, en idioma Francés) El tiburón bironche o cazón picudo del Pacífico, es una de las seis especies que integran este género. Estas se distribuyen circumtropicalmente en diversas regiones del océano mundial y presentan una talla pequeña, menor a 1.79 cm de LT y todos son vivíparos placentarios.

Rhizoprionodon acutus (Rüppel, 1837). Cazón lechoso (Milk shark, en idioma Inglés y Requin `a museau pointu, en idioma Francés). Se le encuentra en las costas de África, Península Arábiga, India, China, Indonesia, Malasia, Filipinas, Japón y el norte de Australia (178 cm LT máxima).

Rhizoprionodon lalandii (Valenciennes, 1839). Cazón picudo de China (Brazilian sharpnose shark, en idioma Inglés y Requin aiguille brésilien, en idioma Francés). Mantiene distribución desde Panamá hasta el sur de Brasil (77 cm LT máxima).

Rhizoprionodon oligolinx Springer, 1964. Cazón picudo gris (Grey sharpnose shark, en idioma Inglés y Requin aiguille gris, en idioma Francés). Se distribuye desde el Golfo Pérsico, India, China y Malasia (70 cm LT máxima).

Rhizoprionodon porosus (Poey, 1861). Cazón picudo de las Antillas (Caribbean sharpnose shark, en idioma Inglés y Requin aiguille antillais, en idioma Francés). Con distribución en Bahamas, Cuba, Jamaica, Centroamérica, Venezuela, Brasil y Uruguay (110 cm LT máxima).

Rhizoprionodon taylori (Ogilby, 1915). Cazón picudo de Australia (Australian sharpnose

shark, en Idioma Inglés y Requin aiguille réchine, en idioma Francés). Se encuentra en aguas de Australia e Indonesia (67 cm LT máxima).

Rhizoprionodon terraenovae (Richardson, 1836). Cazón picudo del Atlántico (Atlantic sharpnose shark, en idioma Inglés y Requin aiguille gussi, en idioma Francés). Mantiene distribución desde New Brunswick (Canadá) a Florida y todo el Golfo de México (110 cm LT máxima).