



UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ
FACULTAD CIENCIAS DEL MAR
ESPECIALIDAD BIOLOGÍA PESQUERA

Tesis de Grado
Previo a la obtención de título de
Biólogo Pesquero

TEMA:

Aspectos reproductivos de la raya ocelada *Zapteryx xyster* (Jordan & Everman, 1896) en Santa Rosa, Salinas, Ecuador

AUTOR:

José Roberto Vélez Tacuri

DIRECTORA DE TESIS:

Dra. Maribel Carrera Fernández

CO-DIRECTORA DE TESIS:

Blga. Tania Lin Maldonado Sabando Mg. G.A.

LUGAR Y AÑO:

Manta – Manabí – Ecuador

2015



**ASPECTOS REPRODUCTIVOS DE LA RAYA
OCELADA *Zapteryx xyster* (JORDAN &
EVERMAN, 1896) EN SANTA ROSA,
SALINAS, ECUADOR**



El presente trabajo fue realizado en el Laboratorio de Recursos Marinos del Departamento Central de Investigación (D.C.I.) de la U.L.E.A.M. Se enmarcó en el proyecto “Biología reproductiva de los elasmobranquios del Pacífico ecuatoriano”, bajo la dirección de la Dra. Maribel Carrera Fernández, Investigador III del D.C.I.



DERECHOS DE AUTORÍA

Yo, **José Roberto Vélez Tacuri**, declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de mi autoría, realizado dentro de las actividades del proyecto “Biología reproductiva de elasmobranchios en el Pacífico ecuatoriano” desarrollado en el Departamento Central de Investigación, ULEAM, y bajo la dirección de la **Dra. Maribel Carrera Fernández PhD**; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las diferentes bibliografías que se incluyen en este documento. A través de la presente investigación informo que los derechos intelectuales correspondientes de esta tesis titulada: “**Aspectos reproductivos de la raya ocelada *Zapteryx xyster* (Jordan & Evermann, 1896), en Santa Rosa, Salinas Ecuador**”, pertenecen a la “Facultad Ciencias del Mar” de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí. Así también hago constar que cualquier publicación que se desprenda de esta tesis debe de ser avalada y aceptada por el Departamento Central de Investigación, ULEAM, según lo establecido por la Ley Propiedad Intelectual y su Reglamento.

José Roberto Vélez Tacuri

EGRESADO



TESIS DE BIÓLOGO PESQUERO

Sometido a consideración del honorable Consejo de la Facultad Ciencias del Mar, como requisito para obtener el Título de Biólogo Pesquero, aprobado por el tribunal.

Dra. Maribel Carrera Fernández
DIRECTORA DE TESIS

Blga. Tania Lin Maldonado Sabando Mg. G.A.
CO-DIRECTORA DE TESIS

Blgo. Jaime Sánchez Msc.
MIEMBRO PRINCIPAL

Blgo. Kléver Mendoza Msc.
MIEMBRO PRINCIPAL

Blga. Sandra Solórzano Msc.
MIEMBRO PRINCIPAL



DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por las ideas, autenticidad, contenido y resultados expuestos en la presente tesis corresponde de manera exclusiva al autor y el patrimonio intelectual de la misma a la **UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ**.

José Roberto Vélez Tacuri

EGRESADO



CERTIFICACIÓN

Dra. Maribel Carrera Fernández, investigador III del Departamento Central de Investigación, de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, certifico que el señor: José Roberto Vélez Tacuri, realizó la tesis de grado titulada: **“Aspectos reproductivos de la raya ocelada *Zapteryx xyster* (Jordan & Evermann, 1896), en Santa Rosa, Salinas, Ecuador”**. Bajo mi tutoría y responsabilidad.

Blga. Tania Lin Maldonado Sabando Mg. G.A., Decana de la Facultad Ciencias del Mar, de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, certifico que el señor: José Roberto Vélez Tacuri, realizó la tesis de grado titulada: **“Aspectos reproductivos de la raya ocelada *Zapteryx xyster* (Jordan & Evermann, 1896), en Santa Rosa, Salinas, Ecuador”**. Bajo mi tutoría y responsabilidad.

Atentamente,

Dra. Maribel Carrera Fernández
DIRECTORA DE TESIS

Blga. Tania Lin Maldonado Sabando. Mg. G.A.
CO-DIRECTORA DE TESIS



AGRADECIMIENTOS

A Dios por el regalo de la vida, por haberme guiado en todo este camino y por permitirme compartir diariamente con tantos seres maravillosos.

A mis padres y mis abuelitos ejemplos de esfuerzo y superación quienes con sus consejos y cariño diariamente me enseñan que en la vida no hay adversidad que no se pueda superar. Gracias por creer en mí y apoyarme a lo largo de mi carrera.

A mi esposa María José; mi compañera de vida y a mi hijo Thiago Jesús; por ser los pilares más importantes de mi existencia; mi razón de vivir, gracias por todo el amor y el apoyo que me han brindado, ustedes son los que me inspiran a dar lo mejor de mí.

A mis suegros Janeth Bedoya y Eduardo Garzón, mi cuñada Nathaly Garzón y a la familia Bedoya por todo su apoyo incondicional y por cuidar de mi pequeño angelito mientras yo elaboraba la tesis.

Al Departamento Central de Investigación de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, que gracias al financiamiento del proyecto denominado “Biología reproductiva de los elasmobranquios del Pacífico ecuatoriano” este trabajo pudo ser posible.

Agradezco eternamente a la Doctora Maribel Carrera Fernández por abrirme las puertas, permitirme ser parte del mundo de la investigación y por enseñarme que siempre hay algo más por hacer. Gracias por ser una guía incondicional, por su paciencia, por el profesionalismo y acertados consejos durante este proceso. Debo destacar su personalidad tan amigable que con sonrisas y trabajo se ha convertido para mí y mis amigos del equipo de trabajo en nuestro ejemplo, en nuestro modelo investigativo a seguir.

Mención especial merecen dos personalidades increíbles el M.S.C Andrés Romero Caicedo y la Doctora Alicia Cruz Martínez, difícilmente lo habría



conseguido sin vuestra desinteresada ayuda en los análisis estadísticos e interpretación biológica. Gracias por esa predisposición a la enseñanza, a la formación de todos nosotros que junto con la Dra. Maribel han compartido gratos momentos de conocimiento, de alegrías y de sueños.

A la Blga. Tania Lin Maldonado Sabando Mg. A. por sus consejos y apoyo brindado en el proceso de tesis.

Mi gratitud para los profesores de la Facultad Ciencias del Mar por impartirnos sus conocimientos a lo largo de la carrera, en especial para el Blgo. Juan Pablo Napa España que fue el primer maestro en incentivar me a la investigación, a la lectura, al no conformismo. Gracias a todos ustedes.

Al comité de investigación conformado por el Blgo. Hans Ruperti, Blgo. Kléber Mendoza y el Blgo. Juan Pablo Napa gracias por sus consejos, correcciones y valiosos comentarios que sirvieron para mejorar este trabajo y al Blgo. Lúber Quijije por su ayuda desinteresada y consejos impartidos en la elaboración de este manuscrito.

A mis queridos amigos y compañeros que conforman todos los grupos de investigación del Departamento Central de Investigación en especial a Cecibel Tenelema, Javier Palma, Jonathan Pincay, Jennifer Arcentales miembros del equipo de trabajo, y como olvidarme de Viviana Pico, Carlos Vincés y Luis Cedeño gracias a todos ustedes por tantos buenos momentos, por esas tardes de deporte y por esas pláticas tan amenas sobre la existencia y la biología marina.

A los comerciantes y evisceradores por brindar la facilidad en el trabajo de campo, por su ayuda y su paciencia.

Y finalmente a todos los que se me escapan de la memoria que contribuyeron y fueron parte de este proceso, mil gracias.

GRACIAS A TODOS.



DEDICATORIA

A Dios, mi familia por su amor incondicional, mis maestros de investigación, mis amigos y todas aquellas personas que constantemente me han demostrado su apoyo, cariño y alegría. Este logro es por ustedes. GRACIAS



ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS Y TABLAS	4
LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS	6
GLOSARIO	7
RESUMEN	9
ABSTRACT.....	10
I. INTRODUCCIÓN.....	11
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
III. ANTECEDENTES	16
IV. JUSTIFICACIÓN	18
V. OBJETIVOS.....	20
5.1. Objetivo general	20
5.2. Objetivos específicos	20
VI. HIPÓTESIS	21
6.1. Variable independiente.....	21
6.2. Variables dependientes.....	21
VII. MARCO TEÓRICO.....	22
7.1. Aspectos generales de los batoideos.....	22
7.2. Pesquería de batoideos	23
7.3. Clasificación taxonómica de <i>Zapteryx xyster</i>	24
7.4. Características de la especie	24
7.5. Distribución y hábitat.....	26
7.6. Alimentación.....	26
VIII. DISEÑO METODOLÓGICO.....	27
8.1. Área de estudio.....	27
8.1.1. Condiciones oceanográficas de la zona ecuatorial.....	28
8.2. Fase de campo	30



8.3.	Fase de laboratorio	31
8.4.	Fase de análisis	34
8.4.1.	Composición de tallas	34
8.4.2.	Proporción sexual	34
8.4.3.	Madurez sexual	35
8.4.4.	Talla media de madurez	35
8.4.5.	Relación gestación – vitelogenesis	36
8.4.6.	Fecundidad y periodo de gestación	36
8.4.7.	Crecimiento embrionario	36
8.4.8.	Ciclo reproductivo	36
IX.	RESULTADOS	37
9.1.	Composición de tallas	37
9.2.	Proporción sexual	39
9.3.	Madurez sexual	40
9.3.1.	Descripción del sistema reproductor de los machos	42
9.3.2.	Estados de madurez sexual en machos	42
9.3.3.	Relación longitud total - longitud del gonopterigio	43
9.3.4.	Relación longitud total – largo y ancho de testículo	44
9.3.5.	Talla media de madurez en machos	46
9.3.6.	Descripción del sistema reproductor de las hembras	46
9.3.7.	Estados de madurez sexual en hembras	47
9.3.8.	Relación longitud total – ancho de glándula oviducal	48
9.3.9.	Relación longitud total – largo y ancho de ovario	49
9.3.10.	Relación longitud total – número y diámetro de ovocito	51
9.3.11.	Relación longitud total – largo y ancho de útero	53
9.3.12.	Talla media de madurez en hembras	54
9.3.13.	Fecundidad	55
9.4.	Desarrollo embrionario	55
9.4.1.	Composición de talla embrionaria	55
9.4.2.	Crecimiento embrionario	56



9.4.3.	Proporción sexual embrionaria.....	57
9.5.	Ciclo reproductivo.....	58
9.5.1.	Vitelogénesis	58
9.5.2.	Periodo de gestación.....	59
9.5.3.	Relación gestación – vitelogénesis	60
9.5.4.	Sincronía reproductiva.....	61
X.	DISCUSIÓN.....	62
10.1.	Composición de tallas	62
10.2.	Proporción sexual	66
10.3.	Madurez sexual.....	67
10.4.	Desarrollo embrionario.....	73
10.5.	Ciclo reproductivo	75
XI.	CONCLUSIONES.....	79
XII.	RECOMENDACIONES	80
XIII.	BIBLIOGRAFÍA.....	81

LISTA DE FIGURAS Y TABLAS

Figuras

Figura 1. Diferencias morfológicas entre especies del mismo género. a) Individuo de <i>Zapteryx xyster</i> (Fuente: Autor), b) Individuo de <i>Zapteryx exasperata</i> (Tomado de Blanco, 2009). c) Individuo de <i>Zapteryx brevirostris</i> (Tomado de arkive).....	25
Figura 2. Distribución de <i>Zapteryx xyster</i> . Imagen tomada y modificada de Shorefishes of the Tropical Eastern Pacific Online Information System (SFTEP).....	26
Figura 3. Localización geográfica de la zona de estudio. a) País: Ecuador, b) Provincia: Santa Elena, c) Ciudad: Salinas (Tomado de Google Earth) y d) Parroquia rural: Santa Rosa (Fuente: Autor).....	27
Figura 4. Sistemas de corrientes marinas y masas de aguas en el Océano Pacífico Ecuatorial Oriental (Tomado de Jiménez, 2009).....	28
Figura 5. Principales medidas tomadas en <i>Z. xyster</i> , a) vista dorsal de una hembra. b) vista ventral de un macho. LT (Longitud total), AD (Ancho de disco), LD (Largo de disco) y LG (Longitud del gonopterigio (Fuente: Autor).	31
Figura 6. Extracción y morfometría del aparato reproductor de <i>Z. xyster</i> . a) Disección de una hembra, b) Aparato reproductor femenino y c) Aparato reproductor masculino. L (Largo), A (Ancho) y Ø ovo (Diámetro de ovocito) (Fuente: Autor).....	32
Figura 7. Toma de medidas de las estructuras reproductivas de <i>Z. xyster</i> (Fuente: Autor).	32
Figura 8. Número de individuos capturados de <i>Z. xyster</i> , incidentalmente en Santa Rosa entre junio (2013) y junio (2014).....	38
Figura 9. Composición de tallas de hembras y machos de <i>Z. xyster</i>	39
Figura 10. Proporción de sexos de <i>Z. xyster</i> por estados de madurez sexual.	40
Figura 11. Estructuras reproductivas de a) machos y b) hembras de <i>Z. xyster</i> (Fuente: Autor).....	41
Figura 12. Relación entre la longitud total (cm) y la longitud del gonopterigio en machos de <i>Z. xyster</i>	44
Figura 13. Relación entre la longitud total (cm) y el largo de testículo (cm) en machos de <i>Z. xyster</i>	45
Figura 14. Relación entre la longitud total (cm) y el ancho del testículo (cm) en machos de <i>Z. xyster</i>	45
Figura 15. Talla L ₅₀ de madurez en machos de <i>Z. xyster</i>	46
Figura 16. Relación entre la longitud total (cm) y el ancho de glándula oviducal (cm) en hembras de <i>Z. xyster</i>	49
Figura 17. Relación entre la longitud total (cm) y el largo de ovario (cm) en hembras de <i>Z.xyster</i>	50
Figura 18. Relación entre la longitud total (cm) y el ancho de ovario (cm) en hembras de <i>Z.xyster</i>	50
Figura 19. Relación entre la longitud total (cm) y el número de ovocitos del ovario izquierdo en hembras de <i>Z. xyster</i>	51
Figura 20. Relación entre la longitud total (cm) y el número de ovocitos del ovario derecho en hembras de <i>Z. xyster</i>	52
Figura 21. Relación entre la longitud total (cm) y el diámetro de ovocitos (cm) del ovario izquierdo en hembras de <i>Z. xyster</i>	52
Figura 22. Relación entre la longitud total (cm) y el diámetro de ovocitos (cm) del ovario derecho en hembras de <i>Z. xyster</i>	52
Figura 23. Relación entre la longitud del gonopterigio (cm) y el largo del útero (cm) en hembras de <i>Z. xyster</i>	53
Figura 24. Relación entre la longitud del gonopterigio (cm) y el ancho del útero (cm) en hembras de <i>Z. xyster</i>	54



Figura 25. Talla L₅₀ de madurez en hembras de *Z. xyster*. 54

Figura 26. Relación entre la talla materna (cm) y el número de embriones en hembras de *Z. xyster*. 55

Figura 27. Composición de tallas embrionaria de *Z. xyster* 56

Figura 28. Relación talla-peso embrionario. **a)** Sexos combinados, **b)** Machos y **c)** Hembras. 57

Figura 29. Relación del peso del saco vitelino con respecto al peso de los embriones. 58

Figura 30. Diámetro mensual de los ovocitos de hembras maduras. 59

Figura 31. Crecimiento embrionario a través de los meses. ♦ Huevos fecundados. 60

Figura 32. Relación entre el estado de desarrollo embrionario y el diámetro máximo del ovocito en hembras de *Z. xyster*. 61

Figura 33. Crecimiento de embriones y ovocitos mostrando un ciclo reproductivo asincrónico en la población de hembras de *Z. xyster* 62

Tablas

Tabla 1. Criterios morfológicos adaptados para determinar el estado de madurez sexual en machos de *Z. xyster* (Grijalba *et al.*, 2008; Colonello, 2009). 33

Tabla 2. Criterios morfológicos adaptados para determinar el estado de madurez sexual en hembras de *Z. xyster* (Colonello, 2009). 34



LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

LT= Longitud total

AD= Ancho de disco

LD= Largo de disco

cm= centímetro

m= metro

kg= kilogramo

g= gramo

χ^2 = ji-cuadrado

O= Valor observado

E= Valor esperado

P= Probabilidad de madurez

e= Exponente

a+b= Parámetros del modelo

f= longitud

r²= coeficiente de determinación

H= Prueba de Kruskal-Wallis

t= Prueba de T-student

W= Prueba de Wilcoxon

UICN= Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza

FAO= Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

Fig.= Figura



GLOSARIO

Ciclo reproductivo: Abarca el ciclo ovárico y el periodo de gestación. Se entiende como ciclo ovárico a la frecuencia con que una hembra desarrolla un lote de oocitos que pasan por el proceso de vitelogénesis, hasta la ovulación de los mismos y el periodo de gestación es el periodo entre la fertilización y el nacimiento de las crías. Estos dos procesos pueden darse simultánea o consecutivamente (Hamlett y Koob, 1999).

Condrictios: Clase de peces cartilagosos que abarcan tiburones, rayas y quimeras (Nelson, 2006).

Embrión: Animal en proceso de desarrollo a partir del huevo fecundado. El embrión se encuentra contenido en las membranas del huevo en las especies ovíparas y en las vivíparas se encuentra en el útero de la madre (Ruíz-Durá, 1988).

Fecundación: Es el fenómeno por el cual se fusionan los gametos femeninos y masculinos (Ruíz-Durá, 1988)

Fecundidad: Capacidad reproductiva de un organismo. En organismos ovíparos se basa en la tasa de producción de huevos y en organismos vivíparos en el número de crías por útero. (Dood, 1983)

Gónada: Glándula productora de gametos; en las hembras produce huevos y en los machos espermatozoides (Houillon, 1978)

Gonopterigios: Órganos copuladores del macho, que son modificaciones de los bordes internos de las aletas pélvicas y se prolongan hacia atrás, mucho más que las aletas mismas, son característicos de los elasmobranquios (Álvarez del Villar, 1978).



Tercera membrana: Es la cubierta que protege al huevo fecundado; en especies vivíparas placentarias esta membrana es muy delgada y transparente (Hamlett, 1999).

Vitelo: Reservas del oocito formadas de lipoproteínas y fosfoproteínas, derivadas principalmente de la vitelogenina (Tayler y Sumpter, 1996).

Vitelogénesis: Este proceso se caracteriza por la aparición de gránulos de vitelo, que se van desarrollando e incrementando su tamaño, y después se fusionan para formar una masa fluida continua de vitelo (Houillon, 1978).

Viviparidad: Modo de reproducción que involucra fertilización interna y desarrollo del embrión (es) dentro del útero materno (Hamlett, 2005).

Viviparidad aplacentaria: El desarrollo embrionario se realiza dentro del cuerpo de la madre. El embrión se alimenta de vitelo y también puede recibir alimento por parte de la madre, sin que exista una conexión directa con ella (Wourms, 1977).

Viviparidad placentaria: Es cuando la superficie del saco vitelino toca la pared del útero, provocando que los tejidos de la madre y las crías entran en contacto por medio de la placenta, formada por el saco vitelino (Carrier *et al.*, 2004).



RESUMEN

La raya ocelada *Zapteryx xyster* es una especie de la familia Rhinobatidae, comúnmente explotada de forma incidental en el Pacífico ecuatoriano; sin embargo, se desconocen los aspectos básicos sobre su biología en la zona. Por lo que este estudio aporta información sobre los aspectos reproductivos de la raya ocelada en Santa Rosa, necesarios para el manejo adecuado para la conservación de esta especie. Se realizaron muestreos mensuales durante junio 2013 a junio 2014, en la cual a partir de datos de sexo, peso y morfometría de cada organismo y de la recolección de las estructuras reproductivas se determinó la madurez sexual. Se registraron 200 organismos, 98 machos y 102 hembras. La composición de tallas mostró que las hembras alcanzan longitudes superiores que los machos ($t=11.95$, $p<0.05$), con intervalos de 45 cm a 57.5 cm LT en machos y de 44.6 cm a 66 cm LT en hembras. La proporción sexual fue de 1H: 1M en todos los estados de madurez sexual. La talla media de madurez sexual estimada en machos fue de 46.87 cm LT, mientras que en hembras fue de 49.87 cm LT. La fecundidad ovárica fue de 21 ovocitos y la fecundidad uterina fue de 6 embriones. Se colectaron 37 hembras grávidas que contenían un total de 141 embriones. La composición de tallas embrionaria varió de 3.6 cm a 16.9 cm LT. Los embriones mostraron un tipo de crecimiento isométrico. La ovulación fue observada a partir de un diámetro de ovocito de 2.5 cm, presenciando dos picos en septiembre y octubre, mientras que se registraron cuatro meses de nacimiento que fueron en enero, septiembre, octubre y diciembre. En la relación gestación – vitelogénesis, se evidenció un ciclo reproductivo simultáneo con vitelogénesis semi-retrasada y se estimó un ciclo reproductivo asincrónico en la población femenina.



ABSTRACT

The witch guitarfish *Zapteryx xyster* is a species of the family Rhinobatidae, commonly exploited incidentally in the Ecuadorian Pacific; however, the basic aspects of biology are unknown in this area. So this study provides information on the reproductive aspects of the witch guitarfish in Santa Rosa, this knowledge is necessary for the proper management for conservation of this species. Samples were collected monthly during June 2013 to June 2014. Sex, weight and morphometric measurements of reproductive structures of each organism were taken for determine the sexual maturity. 200 witch guitarfishes, 98 males and 102 females were recorded. The size composition showed that females reach greater lengths than males ($t=11.95$, $p < 0.05$), with intervals of 45 cm to 57.5 cm TL for males and 44.6 cm to 66 cm TL for females. The sex ratio was 1F: 1M in every stage of sexual maturity. The average estimated size at maturity for males was 46.87 cm TL, while in females was 49.87 cm TL. Ovarian fecundity was 21 oocytes and uterine fecundity was 6 embryos. 37 gravid females containing a total of 141 embryos were collected. The composition of embryonic size ranged from 3.6 cm to 16.9 cm TL. The embryos showed an isometric growth rate. Ovulation was observed from oocyte diameter 2.5 cm, with two peaks in September and October, while four months of birth period (January, September, October and December) were recorded. In the relationship pregnancy – vitellogenesis, a simultaneous reproductive cycle with semi-delayed vitellogenesis was observed and an asynchronous reproductive cycle in the female population was estimated.



I. INTRODUCCIÓN

Los condricios o peces cartilaginosos (poseen cartílago en lugar de huesos) agrupan a las quimeras, los tiburones y las rayas. La clase condricios abarca a un grupo monofilético de peces, catalogado como el más antiguo de los gnatostomados y posiblemente el más exitoso en términos de evolución, producto de sus diversas características biológicas (Compagno, 1990).

El registro fósil indica que se originaron hace aproximadamente 418 millones de años en el periodo Devónico, pero la diversidad actual se produjo desde el Jurásico hace 200 o 150 millones de años aproximadamente (Silva, 2001; Nelson, 2006).

Los condricios presentan dos sinapomorfias claves, un esqueleto cartilaginoso y la presencia de los gonopterigios en machos (órganos copuladores). Actualmente los condricios constan de dos subclases: Holocéfalos y Elasmobranquios (Nelson, 2006).

Los holocéfalos reúnen a las quimeras integradas por 33 especies divididas en tres familias con un solo orden, Chimaeriformes; mientras que los elasmobranquios incluyen a una serie de organismos conocidos comúnmente como tiburones y rayas, compuestos por aproximadamente 1,100 especies, distribuidos en 10 órdenes y 59 familias (Compagno, 2005).

Los elasmobranquios están distribuidos a nivel mundial a través de todos los océanos, muchas especies habitan en los sistemas salobres y de agua dulce, incluso por una parte o la totalidad de sus vidas. Esta subclase representa un componente regular de la fauna acompañante de recursos marinos de importancia comercial; incluso algunas especies han sido objeto de pesca dirigida, capturadas con palangres, redes de cerco, redes de enmalle y redes de arrastre dirigidos al atún, espada, pelágicos pequeños y otras especies de mayor valor económico. (Wyffels, 2009; McEachran y Di Sciara, 1995; FAO, 2001; Baum *et al.*, 2003; Zeeberg *et al.*, 2006).



Las rayas o batoideos están clasificados en 4 órdenes: Torpediniformes, Pristiformes, Myliobatiformes y Rajiformes; dentro de este último grupo se encuentra la familia Rhinobatidae caracterizada por ser vivíparo lecitotrófico (con saco vitelino) albergado a 42 especies; que a su vez consta de 4 géneros: *Aptychotrema*, *Trygonorrhina*, *Rhinobatos* y *Zapteryx*. El género *Zapteryx* se agrupa en 3 especies: *Z. brevirostris*, *Z. exasperata* y *Z. xyster*. Todas son de hábitos bentónicos y costeros, muy comúnmente asociadas a ambientes lagunares o estuarinos (McEachran y Di Sciara, 1995; Musick y Ellis, 2005; Nelson, 2006). En el Pacífico ecuatoriano se encuentran distribuidas dos especies de este género: *Z. exasperata* y *Z. xyster* (Martínez y García, 2013).

Tiburones y rayas a diferencia de los peces óseos, tienen una amplia gama de rasgos de historia de vida, con una estrategia tipo K, típica de organismos con características de ciclos de vida largos, madurez tardía, extensos periodos de gestación y baja fecundidad, elementos que los hace particularmente vulnerables a la sobreexplotación pesquera (Camhi *et al.*, 1998; Stevens *et al.*, 2000; Carrier *et al.*, 2004).

En los elasmobranquios la fertilización es interna y a lo largo del tiempo tiburones y rayas han desarrollado diversos modos de reproducción (Wourms, 1977; Carrier *et al.*, 2004), que parten de la oviparidad: Desarrollo de los huevos en cápsulas coriáceas y que son depositadas en el fondo marino, y la viviparidad: Desarrollo de los embriones en el cuerpo de la madre, asegurando que los huevos no sean consumidos por otros animales y que la energía destinada a la reproducción se canalice a los embriones, sin desperdiciarla, beneficiando a las crías que se desarrollarán en su etapa más vulnerable y nacerán con un tamaño relativamente grande, reduciendo el número de depredadores y competidores potenciales, al mismo tiempo que aumenta el número de presas potenciales, mejorando sus posibilidades de supervivencia (Wourms y Lombardi, 1992; Hamlett, 1997; Hamlett y Koob, 1999; Dulvy y Reynolds, 2002; Carrier *et al.*, 2004).

El viviparismo en condriictios se originó a partir de la evolución de unas 18 a 20 veces de la oviparidad y está dividida en dos categorías según la nutrición fetal:



lecitotrofia donde todo el desarrollo del embrión es sostenido solamente por el vitelo; y matrotrofia, donde una parte del desarrollo fetal se ve aumentada por la entrada adicional de nutrientes de la madre (Wourms, 1981; Dulvy y Reynolds, 2002). La gestación más larga de una especie vivípara la posee *Chlamydoselachus anguineus* (tiburón anguila) estimada en 3.5 años, mientras que la fecundidad de los elasmobranquios oscila entre una y dos crías hasta un máximo de 300 crías en *Rhincodon typus* (tiburón ballena); (Tanaka *et al.*, 1990; Compagno, 1990; Joung *et al.*, 1996).

Z. xyster es una raya comúnmente conocida como ocelada, bruja o guitarra. Es una especie bentónica que se encuentra en fondos arenosos y en zonas adyacentes a arrecifes, habitando hasta los 150 m de profundidad. desde el sureste del Golfo de California hasta Perú. Presenta un cuerpo alargado; cabeza y aletas pectorales continuas formando una estructura triangular distintiva; su hocico es corto y relativamente puntiagudo; su coloración dorsal es café rojiza fuertemente moteada con machas negruzcas, que tienden a formar barras transversas; dos pares de ocelos formados de manchitas amarillas, uno en medio-cuerpo y el otro en la parte posterior de las pectorales; vientre uniformemente pálido. Es una especie vivípara aplacentada, con una alimentación basada principalmente en crustáceos y peces (Martínez y García, 2013; Robertson y Allen, 2008; Mejía *et al.*, 2006).

En Ecuador esta raya es muy poco utilizada para consumo humano, siendo principalmente descartada para luego formar parte de la composición de especies destinadas a la producción de harina de pescado (Martínez y García, 2013).

Las rayas son descritas como especies de alto valor ecológico al igual que los tiburones, debido a su rol como depredadores, por lo que su reducción podría causar daños biológicos y ecológicos en los ecosistemas. (Stevens *et al.*, 2000; Pauly, 1983). A lo largo del mundo se han suscitado diversos casos de disminución en las poblaciones de batoideos, que en un pasado fueron abundantes y en la actualidad han sido mermados principalmente por la presión pesquera, aunado a la contaminación del mar, cambio climático y la



destrucción de sus hábitats. Una población de condrictios impactada por la pesquería, tiene una recuperación lenta y en ocasiones se necesitan varias décadas para alcanzar sus antiguos niveles poblaciones (Pratt y Casey, 1990). Según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), 10 especies de batoideos se consideran en peligro de extinción. Tal como es el caso de los batoideos *Dipturus batis*, o *Rhinobatos horkelli*, inclusive en Nueva Inglaterra y el Atlántico canadiense se reportó el declive y extinción local de *Dipturus laevis*, extinción que pasó desapercibida hasta el análisis de datos independientes de pesquerías. Por lo tanto es probable que varias especies de rayas se encuentren en peligro de extinción (Brander, 1981; Casey y Myers, 1998; Dulvy y Reynolds, 2000; Lessa y Vooren, 2007).

Es necesario incrementar el conocimiento biológico de las especies de condrictios a nivel mundial, conocimiento de suma importancia en la evaluación y manejo de sus poblaciones. Es por esto que el objetivo de esta investigación es describir los aspectos reproductivos de la raya ocelada *Zapteryx xyster* desembarcadas en el puerto pesquero artesanal de Santa Rosa.



II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los batoideos comprenden un grupo altamente susceptible a la sobreexplotación pesquera, debido a su historia de vida que los coloca como especies de estrategia de vida tipo K.

En Ecuador las rayas han sido comúnmente capturadas como pesca acompañante en las pesquerías artesanales. Por lo general estos organismos son utilizados para la elaboración de harina de pescado y muy pocas especies de rayas son destinadas para consumo humano siendo comercializadas a bajo precio o enmascarándola como otras especies (principalmente corvina o picudo) (Coello, 2005).

Tradicionalmente la pesca artesanal ha sido catalogada como una pesca de bajo impacto, efectuada para suplir la alimentación de las personas que realizan las faenas junto a sus familias, y siendo escasamente aprovechados como una actividad económica rentable. Sin embargo con la inserción de los motores fuera de borda, la pesquería artesanal se ha desarrollado aceleradamente, alargando su autonomía y pudiendo alcanzar distancias superiores, constituyéndose en la actualidad una amenaza para los elasmobranquios, en particular a las rayas quienes por estar catalogados como by-catch o especies de fauna incidental sus volúmenes de desembarque son ignorados con lo que se pierde de vista el estado poblacional y biológico de estas especies.

Por lo tanto es de suma importancia generar conocimientos sobre la biología de los batoideos. En el caso de *Z. xyster* se pretende dar a conocer sus aspectos reproductivos, datos que contribuirán al conocimiento biológico de la especie y que serán de gran importancia en la toma de futuras decisiones para la gestión y ordenamiento pesquero de estas especies, previniendo el declive en sus poblaciones.



III. ANTECEDENTES

En cuanto a estudios biológicos pocos se han realizado en el género *Zapteryx*. Para *Z. brevirostris* en Brasil, Gonzalez (2004), describió el nacimiento en cautiverio, Santos y colaboradores (2006), estudiaron la estructura poblacional y Abilhoa y colaboradores (2007), reportaron información acerca de la reproducción y el desarrollo embrionario, mientras que en Argentina y Uruguay Colonello y colaboradores (2011), describieron la biología reproductiva y Barbini (2011), detalló la ecología alimenticia y el hábitat de selectividad.

Para *Z. exasperata* en México, Villavicencio (1995), Blanco y colaboradores (2009) y Blanco (2009), estudiaron la biología reproductiva y Blanco y colaboradores (2012), detallaron la ecología alimenticia y el nivel trófico.

Finalmente para *Z. xyster* en Colombia Mejía y colaboradores (2006), reportaron las tallas de captura, crecimiento, alimentación y estados reproductivos. En México Carrasco (2011), estudió sobre la edad y madurez sexual y Cruz (2010), realizó una descripción morfológica del aparato reproductor, mientras que en Costa Rica Espinoza y colaboradores (2013), describieron la dieta y comportamiento alimenticio en Costa Rica y Clarke y colaboradores (2014), detallaron la ecología reproductiva en Costa Rica.

En Ecuador la información de las distintas especies de rayas se restringe a guías de identificación y a informes de pesquerías como fauna incidental en pesquerías objetivas, capturadas por el sector industrial y artesanal (Coello, 2005; Coello *et al.*, 2010; Martínez y García, 2013).

Martínez y García (2013) registran a dos especies del género *Zapteryx* en Ecuador. Robertson y Allen (2008) manifiesta que en el Pacífico Oriental Tropical la familia Rhinobatidae está representada por cinco especies del género Rhinobatos y dos del género *Zapteryx*, todas endémicas de esta región. Coello y colaboradores (2010) reportaron en Santa Rosa incidencia de rayas, teniendo como objetivo de pesca peces pelágicos grandes, utilizando la red de enmalle de superficie en la pesquería artesanal. Estos autores indican capturas



variables de rayas, la más frecuente *Rhinobatos leucorhynchus* con el 21,1% y *Mobula japonica* que representó un 19,9% y reportan un total de 9 familias y 23 especies capturadas, donde la familia con mayor número de representantes fue Rhinobatidae con dos géneros y seis especies entre ellos a *Zapteryx xyster*.



IV. JUSTIFICACIÓN

A lo largo de la historia el ser humano ha contemplado a los mares como una fuente inagotable de alimento. Sin embargo, reportes a nivel mundial indican que las poblaciones de elasmobranquios han disminuido dramáticamente, como principal resultado de la sobreexplotación pesquera y por la suma de otros factores como la contaminación del mar, destrucción del hábitat y el cambio climático.

Para realizar la evaluación de una población de una especie capturada con fines de ordenamiento pesquero se requieren tres parámetros reproductivos claves: proporción al nacer (conteo de embriones o neonatos de cada sexo), relación entre el número anual de crías y edad o tamaño maternal (determinado mediante el envejecimiento o la medición de una muestra de animales en condición materna y el contando el número de su descendencia), y relación entre la proporción de la población que contribuye al reclutamiento anual y la edad o tamaño de los animales (curva de maternidad). Mientras que para la evaluación de las pesquerías adicional a estos parámetros también es necesario el estado de madurez de hembras y machos (debido a las diferencias en su crecimiento), y la relación entre tamaño y masa de los individuos (relación que puede variar en función del sexo o condición reproductiva) (Walker, 2005).

Al realizar la evaluación de la condición reproductiva, junto con la edad, crecimiento y los hábitos alimenticios se conforma la historia de vida de una determinada especie, contribuyendo a la toma de decisiones en la preservación de este grupo por medio de la evaluación del impacto pesquero y su conservación estableciéndose planes de manejo sostenible, que asocien ordenamiento y desarrollo de las pesquerías.

En general los estudios biológicos y las medidas de manejo están orientadas hacia las especies de importancia comercial, dejando a un costado las especies que componen las capturas incidentales, produciendo la



subestimación del estado de la población o incluso ignorándose la extinción local de dichas especies.

Actualmente las pesquerías de elasmobranquios no se encuentran en su mayor parte reguladas y sus registros de captura, cuando existen, están incompletos o son generalizados. Por lo que la falta de datos viables y confiables de estas pesquerías no permite generar una gestión de pesquería sustentable.

Z. xyster es un miembro de la familia con más especies registradas en el Ecuador, representado en términos de captura como la familia con mayores volúmenes de pesca en el Pacífico ecuatoriano y en particular en Santa Rosa, sirviendo como una alternativa económica para muchos actores de las pesquerías en la zona. Dado a su eventual captura como pesca incidental, representa un recurso de explotación. De esta manera es importante conocer sus parámetros reproductivos como desarrollo embrionario, talla de nacimiento, talla y edad de primera madurez, proporción de sexos, ciclo reproductivo y fecundidad, contribuyendo a la toma de decisiones y a la implementación de futuras estrategias para el manejo sustentable de las rayas. En particular, la raya ocelada está categorizada como una especie con datos insuficientes según la lista roja de especies amenazadas de la UICN, a causa de la poca información disponible sobre su historia de vida, siendo necesarios estudios que describan su distribución, interacción con la pesca y biología, por lo que el presente estudio aportará información sobre los aspectos reproductivos de *Z. xyster* en la localidad de Santa Rosa, partiendo de muestras colectadas en el periodo 2013 – 2014.



V. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

Describir los aspectos reproductivos de la raya ocelada *Zapteryx xyster*, desembarcadas en el puerto pesquero artesanal de Santa Rosa, Salinas, Ecuador.

5.2. Objetivos específicos

- Determinar la composición de tallas de los organismos capturados.
- Determinar la proporción sexual en adultos, juveniles y embriones.
- Describir los estados de madurez sexual en machos y hembras.
- Establecer la talla media de madurez sexual en machos y hembras.
- Estimar la fecundidad uterina y ovárica de la raya ocelada.
- Caracterizar el desarrollo embrionario de la raya ocelada.
- Determinar el ciclo reproductivo de *Z. xyster*.



VI. HIPÓTESIS

- ❖ De acuerdo a los conocimientos que se tienen acerca de la familia Rhinobatidae quienes presentan como característica un desarrollo simultáneo entre el crecimiento de embriones y ovocitos, se espera que en *Zapteryx xyster* al pertenecer a la misma familia presente la misma condición.
- ❖ Debido a que las hembras vivíparas de elasmobranquios generalmente maduran a tallas superiores con fines de reproducción, se espera que en *Zapteryx xyster* las hembras también maduren a longitudes superiores que los machos.
- ❖ Conociendo que las poblaciones de elasmobranquios que habitan en zonas tropicales muestran un ciclo reproductivo asincrónico, se espera que la población de la raya ocelada en Santa Rosa presente esta condición.

6.1. Variable independiente

- ✓ Aspectos reproductivos

6.2. Variables dependientes

- ✓ Talla media de madurez
- ✓ Fecundidad
- ✓ Ciclo reproductivo



VII. MARCO TEÓRICO

7.1. Aspectos generales de los batoideos

Los batoideos (rayas eléctricas, peces sierra, peces guitarras y mantarrayas), han sido clasificados de diversas maneras dentro de los *Neoselachii* (peces cartilaginosos modernos) (Seret, 1986). Diversos autores consideran que los batoideos son hermanos de los tiburones, mientras que otros autores clasifican a los batoideos como un subgrupo en lugar de un taxón equivalente a los tiburones modernos (McEachran y Aschliman, 2004). Sin bien existen desacuerdos entre la interrelación de batoideos y tiburones todos coinciden en que los batoideos son un grupo monofilético. Existen registros de batoideos fósiles en el periodo Jurásico (Cappetta, 1987; Cione, 1999).

Nelson (2006), clasificó a los batoideos en 4 órdenes, 17 familias, 72 géneros y al menos 534 especies.

Dentro de las características de los batoideos están: aberturas branquiales en la zona ventral, el borde anterior de la aleta pectoral está muy ampliada adjunta al lado de la cabeza, por delante de las aberturas branquiales. No presenta aleta anal. Ojos y espiráculos en la zona dorsal. Vértebras fusionadas para formar una sinarcual. Supraescapular de las aletas pectorales se unió dorsalmente sobre la columna vertebral y la articulación con la columna o sinarcual o fusionado con la sinarcual. Carece de membrana nictitante, su córnea está unida directamente a la piel alrededor de los ojos. Por lo general el cuerpo es fuertemente deprimido. La mayoría poseen mandíbulas protractiles. En la mayoría, el agua para la respiración es tomada principalmente a través del espiráculo en lugar de la boca (a excepción de los que viven fuera del fondo). La mayoría de rayas dan a luz a crías vivas. El hocico al igual que en los tiburones puede funcionar como un órgano electroreceptivo (Nelson, 2006).

Los batoideos se distribuyen desde las latitudes polares hasta los mares tropicales y de la costa hasta profundidades de 3000 m. (Cappetta, 1987). Muñoz (2009), detalla que en el Pacífico Oriental Tropical (POT) se han



registrado 13 familias, 26 géneros y 62 especies de batoideos marinos, correspondientes al 11.8% de las especies de rayas descritas a nivel mundial.

7.2. Pesquería de batoideos

Desde la prehistoria los seres humanos han dependido de los recursos marinos entre ellos los elasmobranchios, que han sido utilizados como recurso pesquero por diferentes culturas alrededor del mundo (Holden, 1974; Walker y Deniro, 1986). Tradicionalmente las rayas han sido desembarcadas para consumo (Holden, 1973, 1974; Walker, 1996).

En el Pacífico Oriental se han desarrollado diversos tipos de pesquerías teniendo en sus faenas los batoideos. En México las rayas son extraídas de manera incidental o siendo objetivos de pesca, predominando en sus capturas la especie *Rhinobatos productus* (García *et al.*, 2000; Smith *et al.*, 2009). En Guatemala la pesca de rayas se desarrolla de forma dirigida y artesanal en flotas artesanales y comerciales, teniendo como especies representativas a *Dasyatis brevis*, *Dasyatis longus*, *Mobula japanica* (Ixquiac, 2010). En Colombia las rayas son capturadas como fauna acompañante en la pesca del camarón, del dorado y del atún predominando las familias Urotrygonidae, Dasyatidae y Myliobatidae (Zapata, 2006; Lara; 2004 Zarrate, 2008). En Perú las rayas son capturadas como pesca acompañante en la captura objetivo de *Coryphaena hippurus* predominando las especies *Myliobatis chilensis* y *Myliobatis peruvianus* (Romero y Bustamante, 2007). Mientras que en Chile existe una pesquería artesanal dirigida a la raya volantín (*Dipturus chilensis*) (Servicio Nacional de Pesca, 2003).

Por otra parte en Ecuador, Martínez y García (2013) describen que la pesquería de batoideos es realizada por la flota artesanal e industrial de forma incidental; sin embargo existe una pesquería dirigida a la especie *Dasyatis longa*, catalogada como de alto valor comercial, debido a que su carne es apetecida, siendo la raya de mayor importancia en los desembarques artesanales. Actualmente es probable que esté sobreexplotada por la presión pesquera. Las rayas a excepción de *D. longa*, son de bajo y medio valor



comercial, predominando el descarte; no obstante son aprovechadas de distintas maneras: consumo humano, producción de harina de pescado, utilización de la espina caudal en la elaboración de espuelas para los gallos de pelea, carnada para peces y ecoturismo. Esta última por medio del buceo recreativo con las especies de la familia Mobulidae ya que son especies protegidas por el estado prohibiéndose todo tipo de pesca y retención.

7.3. Clasificación taxonómica de *Zapteryx xyster*

Nelson (2006), reporta que *Z. xyster* se encuentra dividido de la siguiente manera:

PHYLUM: Chordata

SUBPHYLUM: Craniata

SUPERCLASE: Gnathostomata

CLASE: Chondrichthyes

SUBCLASE: Elasmobranchii

DIVISIÓN: Neoselachii

SUBDIVISIÓN: Batoidea

ORDEN: Rajiformes

FAMILIA: Rhinobatidae

GÉNERO: *Zapteryx*

ESPECIE: *Z. xyster*

7.4. Características de la especie

Z. xyster fue descrita por primera vez en 1896, por Jordan y Evermann.

Comúnmente es conocida como raya ocelada, pinta, bruja o pez guitarra. Se caracteriza por poseer un cuerpo delgado en forma de guitarra, característico de la familia. La cabeza es más o menos ancha, continua con las aletas pectorales, formando una estructura triangular distintiva. El hocico es corto y relativamente puntiagudo, el cartílago del hocico forma un doble levantamiento desde la parte anterior del interorbital al extremo del hocico; tiene un espiráculo grande detrás de cada ojo. Disco ligeramente más ancho que largo, su longitud levemente mayor que la de la cola. Presenta una fila de proyecciones en forma

de púas a lo largo de la línea media dorsal desde atrás de los ojos al origen de la primera dorsal. Despliega dos grandes aletas dorsales triangulares, de igual tamaño; aleta caudal asimétrica, sin un lóbulo inferior distintivo. (Jordan y Evermann, 1896; Robertson y Allen, 2008).

En el dorso presenta espinas y aguijones anteriores como en *Z. exasperata*, diferenciándola por su superficie baja cubierta con finas rugosidades en forma de finos dentículos, esto probablemente sea un carácter sexual (Jordan y Evermann, 1896).

Su coloración característica es café rojizo, fuertemente moteado con manchas negruzcas irregulares, que tienden a formar barras transversas. Presenta dos pares de ocelos formados de manchitas amarillas (característica que los diferencia de *Z. exasperata*), el primer par encontrado a la altura del medio-cuerpo y el otro par en la parte posterior de las pectorales (Fig.1). Superficie ventral uniformemente pálida. (Jordan y Evermann, 1896; Robertson y Allen, 2008). Son habitantes bentónicos y la longitud máxima reportada es de 91 cm (Robertson y Allen, 2008).

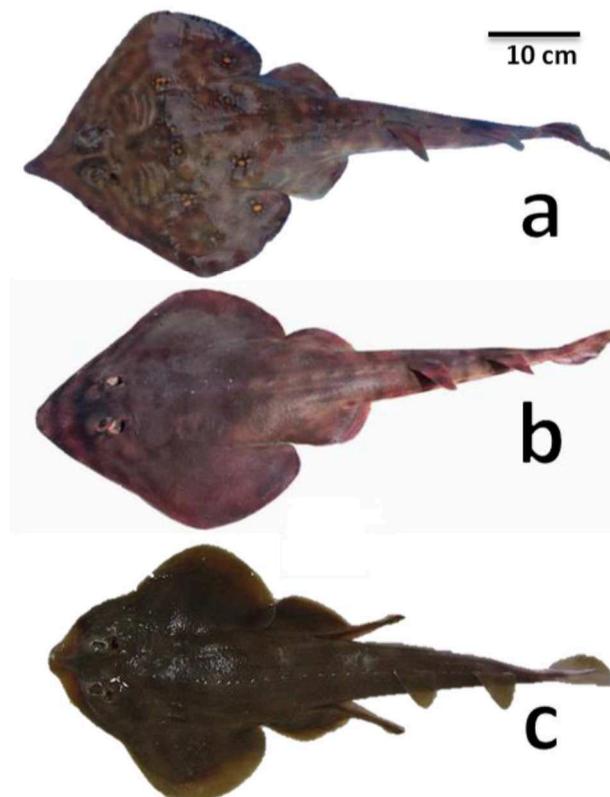


Figura 1. Diferencias morfológicas entre especies del mismo género. **a)** Individuo de *Zapteryx xyster* (Fuente: Autor), **b)** Individuo de *Zapteryx exasperata* (Tomado de Blanco, 2009). **c)** Individuo de *Zapteryx brevirostris* (Tomado de arkive).

7.5. Distribución y hábitat

En el Pacífico Oriental Tropical la familia Rhinobatidae presenta dos géneros: *Zapteryx* y *Rhinobatos* con dos y cinco especies respectivamente, siendo todas endémicas de esta región (Robertson y Allen, 2008). En lo particular la raya ocelada es una especie de aguas tropicales con una distribución que va desde el sureste del Golfo de California en México hasta Perú (Fig.2). Su hábitat es de tipo bentónico, encontrado en fondos arenosos, en zonas adyacentes a arrecifes y siendo común en bahías. Puede llegar hasta 150 m. de profundidad, siendo considerablemente más profundo a lo alcanzado por *Z. exasperata* (Robertson y Allen, 2008; Casper *et al.*, 2009; Espinoza *et al.*, 2013).



Figura 2. Distribución de *Zapteryx xyster*. Imagen tomada y modificada de Shorefishes of the Tropical Eastern Pacific Online Information System (SFTEP).

7.6. Alimentación

La dieta de esta especie está basada principalmente por crustáceos, seguido de peces, estomatópodos y en menor proporción cefalópodos, bivalvos, y poliquetos siendo catalogada como una especie generalista. (Navia, *et al.*, 2007; Espinoza *et al.*, 2013); sin embargo, la diversidad de presas y amplitud de la dieta es mayor en la fase adulta que en los juveniles.

VIII. DISEÑO METODOLÓGICO

8.1. Área de estudio

La localidad seleccionada para realizar el estudio fue el puerto pesquero artesanal Santa Rosa (02° 12' 56'' S; 80° 57' 26'' W), parroquia rural del cantón Salinas, ubicado en la provincia de Santa Elena, al sur del perfil costanero ecuatoriano. (Fig. 3).

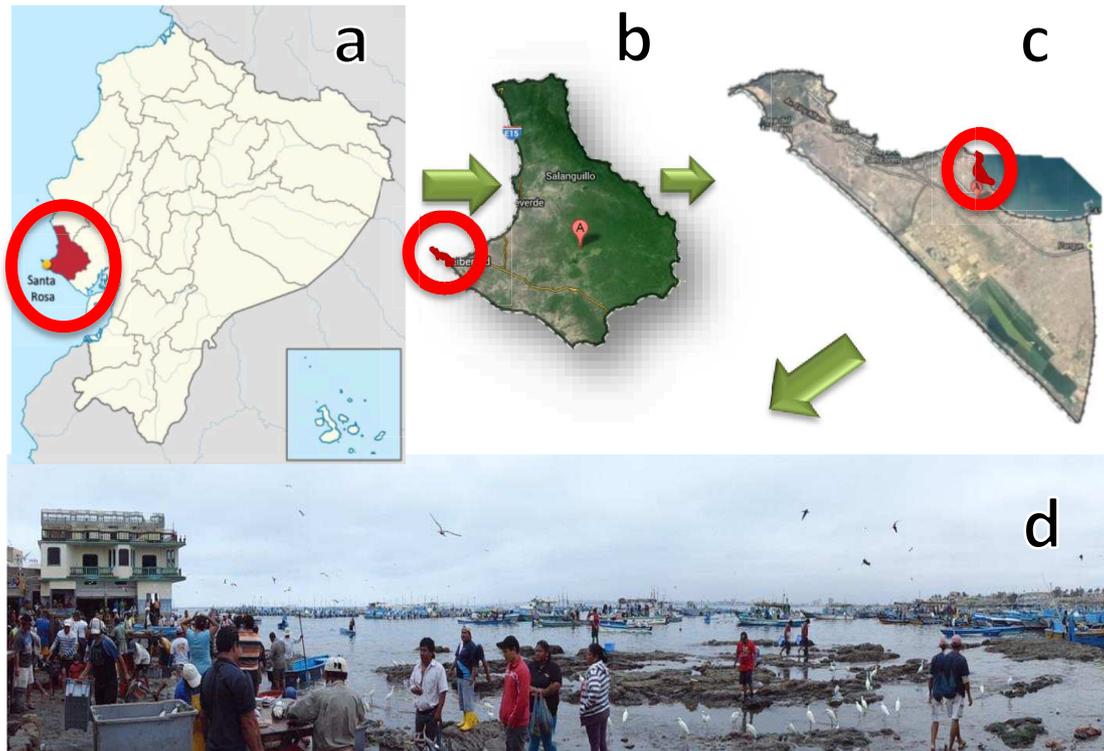


Figura 3. Localización geográfica de la zona de estudio. a) País: Ecuador, b) Provincia: Santa Elena, c) Ciudad: Salinas (Tomado de Google Earth) y d) Parroquia rural: Santa Rosa (Fuente: Autor)

La parroquia de Santa Rosa tiene un terminal pesquero artesanal, caracterizado por un gran dinamismo pesquero- comercial, con una población aproximada de 4000 habitantes del cual cierta parte de esta población se dedica a la pesca durante todo el año (Tigrero *op. cit.*, 2012). En la actualidad, Santa Rosa constituye uno de los principales puertos artesanales donde son desembarcados importantes volúmenes de especies de alto valor comercial, las que son destinadas para el mercado interno y de exportación (Revelo y Guzmán, 1997). La actividad pesquera en este puerto artesanal está dirigida a la extracción de varios recursos: peces pelágicos grandes, peces demersales y camarones, para la captura de los mismos se emplean diferentes artes de pesca como son la red de enmalle superficial, palangre superficial, espinel de

fondo, línea de mano de media agua y de fondo, enmalle y trasmallo de fondo (Solís, *op. cit*, 1998) y es una zona de importancia en las capturas de elasmobranquios, predominando en los desembarques las familias Sphyrnidae y Squatinidae para los tiburones y las familias Rhinobatidae y Narcinidae para las rayas, extraídas principalmente por la red de enmalle de fondo (Saa, 2012).

8.1.1. Condiciones oceanográficas de la zona ecuatorial

La costa continental de Ecuador es parte de la provincia biogeográfica del Pacífico Tropical Oriental, la cual tiene seis regiones biogeográficas o ecorregiones. La puntilla de Santa Elena se encuentra en la ecorregión de Guayaquil y se caracteriza por la variación considerable de las diferentes masas de agua debido al régimen complejo de la circulación oceánica en el Pacífico Tropical Oriental, especialmente por el desplazamiento estacional del Frente Ecuatorial, Corriente Costera del Perú y Surgencias Costeras (Okuda *et al.*, 1983) (Fig. 4). Por su posición geográfica en la bahía de Santa Elena existen comunidades de especies de aguas templadas como de aguas tropicales (Gualancañay, *op. cit*, 2009)

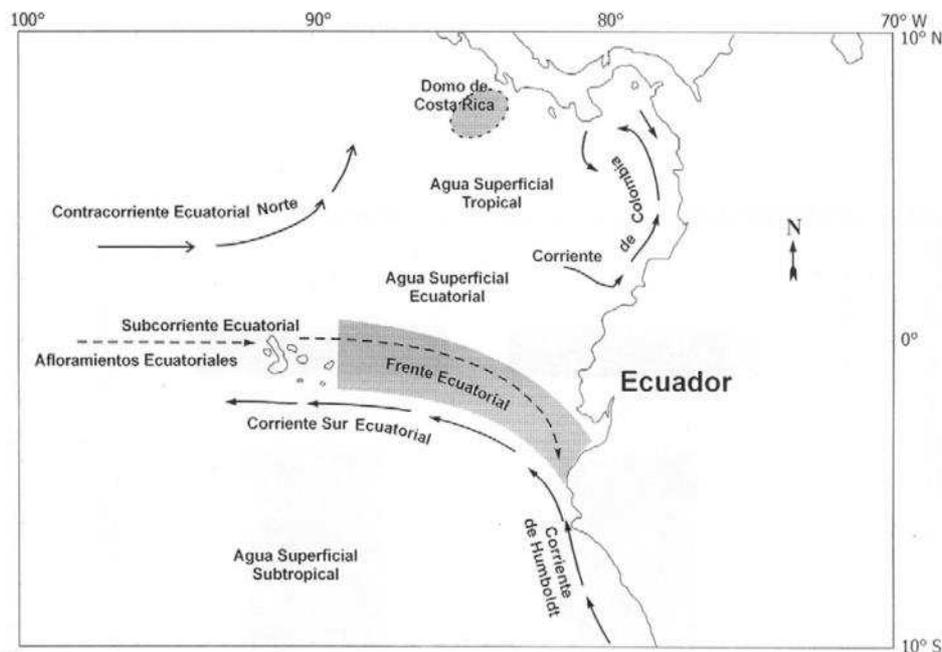


Figura 4. Sistemas de corrientes marinas y masas de aguas en el Océano Pacífico Ecuatorial Oriental (Tomado de Jiménez, 2009).

Una de las características más importantes del océano entre las islas Galápagos y el Ecuador continental es el frente ecuatorial que se localiza



normalmente entre los 0° y 3° S, separando las aguas más frías y ricas en nutrientes (corriente de Humboldt) de las aguas cálidas superficiales y generalmente pobres en nutrimentos (corriente del norte). (Calle, *op.cit.*, 2006)

Durante la época seca o no lluviosa que comprende los meses de Mayo a Noviembre-diciembre, hay una influencia de aguas frías del ecosistema de Humboldt, que vienen desde el sur del país y la temperatura superficial del mar puede variar entre los 21°C a 25°C aproximadamente y durante la época lluviosa que puede iniciarse a fines de Diciembre hasta abril aproximadamente, la Bahía de Santa Elena recibe aguas cálidas costeras proveniente del norte y la temperatura puede variar entre los 25° C a 28°C aproximadamente (Cruz, 2009).

La costa del Ecuador sur-oriental es una región de interface climática entre ambas corrientes, presentándose un clima cíclico y de alternancias de lluvia-sequía, cuya temperatura promedio es de 25° C (Solís, 1998; Calle *op.cit.*, 2006). Las llanuras de la región Litoral reciben la influencia de la Corriente Fría de Humboldt, la misma que disminuye la temperatura hasta la altura del Cabo Pasado que le corresponde por estar en la Zona Tórrida, como también no permite el paso de los vientos cálidos y húmedos del Pacífico, haciendo que en estas zonas las precipitaciones sean escasas, convirtiendo en estériles a los suelos de la Península de Santa Elena. La Corriente Cálida de El Niño, en cambio, influye en el clima de nuestra región Litoral desde el Norte hasta el Cabo Pasado, haciéndolo más cálido, aumentando grandemente el régimen de lluvias en este sector (Jiménez, 2009).

El general, la costa ecuatoriana presenta características especialmente de clima tropical, de acuerdo a la clasificación de Koppen; sin embargo, se pueden encontrar subclasificaciones para regiones más pequeñas. Así tenemos que, en el área propiamente del estuario del Río Guayas predomina un clima tropical, el cual se caracteriza por registrar precipitaciones acumuladas de cerca de 900 mm durante los meses lluviosos de enero a mayo, mientras que los veranos son secos; la temperatura media del aire es de unos 26° C en invierno y de 23° C en verano, y la humedad relativa oscila entre 70 % y 80 %.



Por otro lado, el clima tropical seco abarca la Península de Santa Elena y la parte sur de la Isla Puná y del Golfo de Guayaquil; este clima registra precipitaciones acumuladas inferiores a 200 mm durante los meses lluviosos van desde enero a abril, siendo el resto de año completamente seco; la temperatura media mensual del aire supera los 26° C en invierno y disminuye hasta 22° C en verano, la humedad relativa varía entre 75 % y 85 %, y la tierra es desértica o semidesértica (Saa, *op. cit.*, 2012).

A pesar de que las condiciones oceanográficas estacionales del frente, se mantienen cada año, se han observado algunas diferencias, no sólo en lo que se refiere a la intensidad y permanencia del frente, sino también a fluctuaciones en pequeña y gran escala, ligadas a determinadas propiedades inherentes al ecosistema marino. Su posición y orientación en aguas oceánicas y costeras, la intensidad de los gradientes termohalinos a través de los años y en las diferentes épocas de un mismo año, son las características más notables que identifican la magnitud de su cambio y su repercusión en la vida acuática (Pak y Zaneveld, 1974; Jiménez, 1983).

8.2. Fase de campo

Los muestreos se efectuaron en el periodo de junio 2013 hasta junio 2014, mediante muestreos mensuales realizados de 4 a 6 días. Los individuos se obtuvieron de los desembarques de la pesquería incidental desarrollada con red de enmalle de fondo y teniendo como pesca objetivo el lenguado. De cada organismo se colectaron datos de peso, sexo (mediante la ausencia o presencia de los gonopterigios) y morfometría que incluyó: longitud total (LT), distancia desde la parte anterior del morro hasta la parte más distal de la cola; ancho de disco (AD), medida que comprende los extremos de las aletas pectorales y largo de disco (LD), distancia entre la punta del morro y el margen posterior de las aletas pectorales. En los machos se midió la longitud del gonopterigio (LC) (distancia comprendida del punto de inserción del clasper hasta su extremo distal), se verificó el grado de calcificación, rotación del clasper, apertura del rifiodón, y la presencia de semen, con el fin de determinar externamente la madurez sexual (Fig.5). Para la identificación de los

organismos se emplearon guías de identificación como la de Martínez y García (2013) y Robertson y Allen (2008).

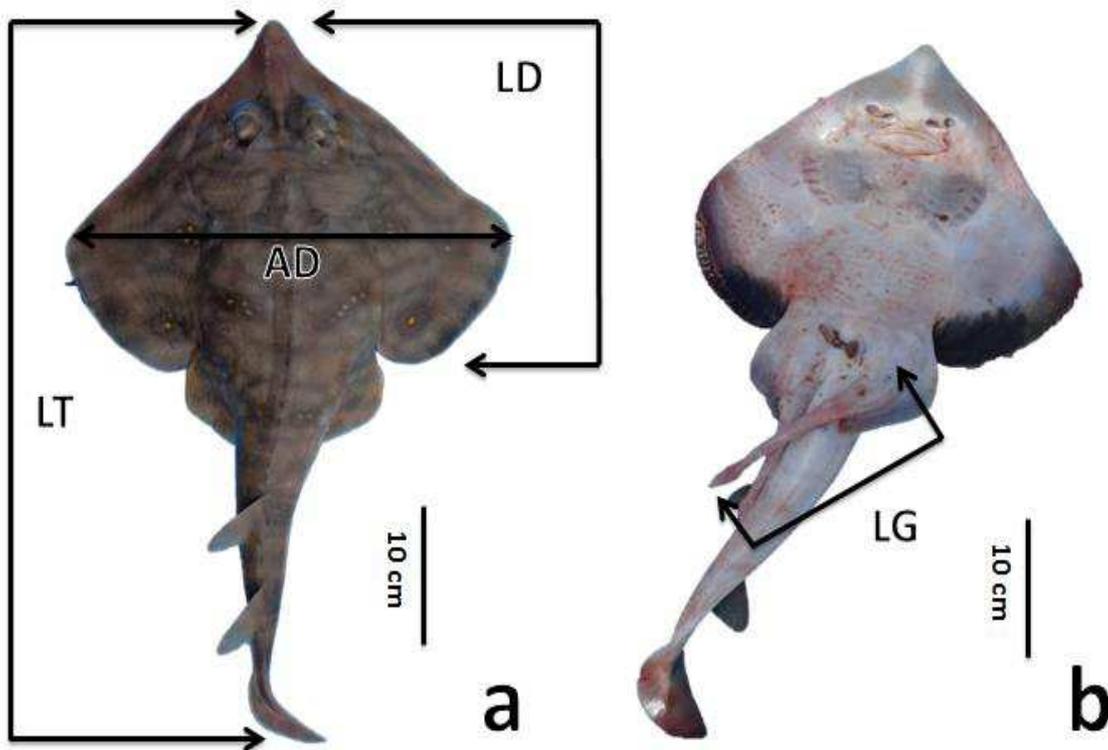


Figura 5. Principales medidas tomadas en *Z. xyster*, a) vista dorsal de una hembra. b) vista ventral de un macho. LT (Longitud total), AD (Ancho de disco), LD (Largo de disco) y LG (Longitud del gonopterigio (Fuente: Autor).

Los datos colectados de los individuos fueron registrados en una bitácora y finalmente se realizó la disección de los organismos, extrayendo las estructuras reproductivas, para luego colocarlas en fundas plásticas con su respectiva etiqueta, se almacenaron en hielo y fueron transportadas para su posterior análisis en las instalaciones del Laboratorio de Recursos Marinos de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

8.3. Fase de laboratorio

En laboratorio se analizaron las muestras reproductivas obtenidas en campo, procediendo a tomar datos morfométricos del aparato reproductor en ambos sexos. En machos se midió el largo y ancho de testículo, mientras que en las hembras se obtuvieron medidas de ancho de glándula oviducal, largo y ancho de ovario, número de ovocitos de ambos ovarios, diámetro del ovocito más grande en ambos ovarios y largo y ancho de útero. (Fig. 6 y 7)

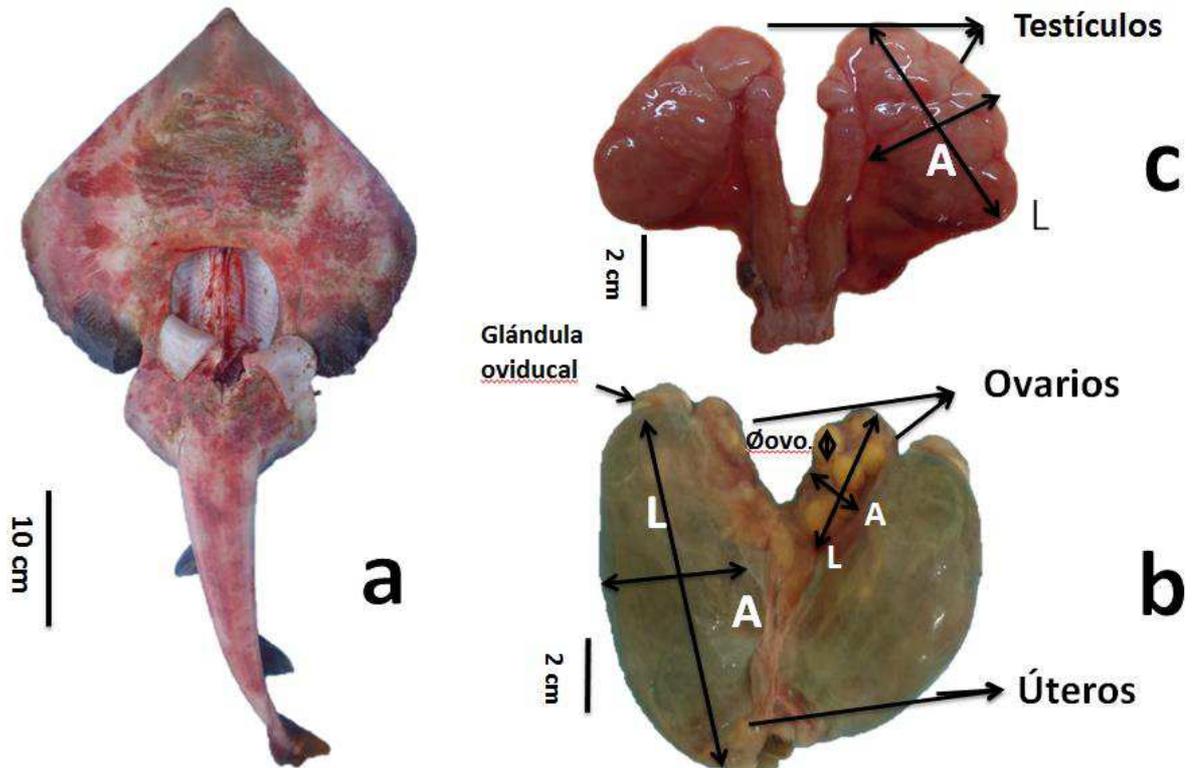


Figura 6. Extracción y morfometría del aparato reproductor de *Z. xyster*. a) Disección de una hembra, b) Aparato reproductor femenino y c) Aparato reproductor masculino. L (Largo), A (Ancho) y Ø ovo (Diámetro de ovocito) (Fuente: Autor).



Figura 7. Toma de medidas de las estructuras reproductivas de *Z. xyster* (Fuente: Autor).

El análisis del desarrollo embrionario fue realizado por medio del registro de datos en estos individuos que incluyeron: longitud total, ancho y largo de disco, largo del cordón umbilical, diámetro del vitelo, peso del embrión, peso del vitelo y peso total.

Las estructuras reproductivas fueron analizadas a nivel macroscópico siguiendo la escala propuesta por Colonello (2009) con modificaciones, con la finalidad de determinar el estado de madurez sexual. Este autor detalla 3 estados de madurez sexual y 3 estados de madurez sexual en machos: dos juveniles y un adulto (Tabla 1) y 2 estados de madurez sexual en hembras: 2 juveniles y 3 adultos, adicional a lo planteado por Colonello se agregó un estado adicional con base a la escala propuesta por Grijalba y colaboradores (2008), quienes describen un estado 6 para albergar a las hembras maduras post-parto (Tabla 2).

Tabla 1. Criterios morfológicos adaptados para determinar el estado de madurez sexual en machos de *Z. xyster* (Grijalba *et al.*, 2008; Colonello, 2009).

Estado		Características macroscópicas
Juveniles	1	Testículos poco desarrollados con vesículas espermáticas apenas distinguibles y abundante órgano epigonal, epidídimos y ductos deferentes delgados y adheridos a la pared dorsal de la cavidad abdominal, los claspers no sobrepasan el extremo de las aletas pélvicas y no están calcificados.
	2	Testículos en maduración con vesículas espermáticas desarrolladas pero con abundante órgano epigonal entre estas, epidídimos y ductos deferentes poco enrollados y con escaso desarrollo de glándulas anexas, los claspers sobrepasan el extremo de las aletas pélvicas pero no están calcificados.
Adultos	3	Testículos desarrollado con escaso órgano epigonal entre estas, deprimidos dorso-ventralmente (rayas), con lóbulos separados por tejido conjuntivo (tiburones) o en forma esférica (pez gallo y torpedo). Epidídimos y ductos deferentes contorneados y con glándulas accesorias, los claspers sobrepasan el extremo de las aletas pélvicas y están calcificados.



Tabla 2. Criterios morfológicos adaptados para determinar el estado de madurez sexual en hembras de *Z. xyster* (Colonello, 2009).

Estado		Características macroscópicas
Juveniles	1	Ovarios sin ovocitos visibles a simple vista, no se diferencian las glándulas oviducuales y los úteros son delgados y completamente adheridos a la pared dorsal de la cavidad abdominal.
	2	Ovarios con ovocitos pre-vitelogénicos transparentes y de mayor tamaño, las glándulas oviducuales se diferencian pero no están completamente formadas, los úteros son de mayor tamaño en la porción anterior próximo a las glándulas oviducuales.
Adultas	3	Ovarios con ovocitos vitelados con una camada en desarrollo de mayor tamaño, las glándulas oviducuales con los cuernos sin sobresalir, los úteros son angostos y de paredes gruesas.
	4	Ovarios con ovocitos vascularizados, glándulas oviducuales desarrolladas, úteros irrigados y ensanchados con ovocitos fecundados envueltos por una membrana transparente sin diferenciarse embriones.
	5	Ovarios con ovocitos vitelados de pequeño tamaño, glándulas oviducuales desarrolladas pero de pequeño tamaño, úteros dilatados e irrigados y con embriones diferenciados en el interior.
	6	Ovarios con ovocitos atrésicos, úteros ensanchados con paredes sanguinolientas y flácidas. Abertura cloacal expandida.

8.4. Fase de análisis

8.4.1. Composición de tallas

La composición de tallas fue determinado por medio de un histograma de frecuencias en ambos sexos, estimados con la regla de Sturges (Daniel, 2002),

8.4.2. Proporción sexual

La proporción de sexos se determinó mediante el cociente del número de hembras y machos, bajo la hipótesis de que la proporción es 1:1, datos corroborados mediante la prueba de χ^2 con un nivel de confianza del 95% (Daniel, 2002).



$$\chi^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E}$$

Donde:

χ^2 = Ji-cuadrada

O = Valor observado

E = Valor esperado

8.4.3. Madurez sexual

Se realizaron gráficos de dispersión de puntos entre los distintos órganos reproductores (cláspes, testículos, glándula oviducal, ovario y útero) y la longitud total, para corroborar y evaluar el inicio de la madurez sexual (Natanson y Cailliet, 1986), adicional en los machos también se realizó la regresión lineal para observar si existe relación entre la longitud total con el grado de calcificación y la presencia de semen, siendo un indicador de madurez (Carrera, 2004). Las diferencias entre las mediciones de las estructuras en machos y hembras con relación a los estados de madurez sexuales fueron realizados utilizando: prueba de Wilcoxon (W), prueba de Kruskal-Wallis (H) y prueba de T-student (t).

8.4.4. Talla media de madurez

La talla media de madurez se define como el tamaño en el que el 50% de los individuos son maduros (L_{50}), se estimó para hembras y machos ajustando un modelo de regresión logística a los datos binomiales de madurez (0, inmaduro; 1, maduro) (Mollet *et al.*, 2000). La ecuación se ajustó usando máxima verosimilitud y es:

$$P = \frac{1}{1 + e^{a+(b*L)}}$$

Donde:

P = probabilidad de madurez

a y b = parámetros del modelo

L = longitud total



8.4.5. Relación gestación – vitelogénesis

Para evaluar la frecuencia reproductiva de las hembras se realizó un análisis de correlación entre el diámetro de los ovocitos y el desarrollo del embrión para evidenciar si el ciclo ovárico y el periodo de gestación son concurrentes o consecutivos (Mejía *et al.*, 2012).

8.4.6. Fecundidad y periodo de gestación

La fecundidad uterina se estableció a partir del conteo de embriones o huevos fecundados en los úteros de las hembras grávidas (Carrera, 2004; Conrath, 2005); mientras que la fecundidad ovárica se determinó mediante el conteo de ovocitos maduros en el ovario (Pratt, 1979).

El periodo de gestación se determinó a partir del análisis del número de hembras grávidas conteniendo embriones en estado tardío de desarrollo. (White *et al.*, 2001).

8.4.7. Crecimiento embrionario

El tipo de crecimiento embrionario se evaluó por medio de la correlación entre la longitud total (LT) y el peso del cuerpo (P) en los embriones, se realizó en cada sexo usando el modelo de la fuente de $P = ac LbT$ donde a y b son coeficientes estimados por regresión lineal de $\ln(P)$ y $\ln(LT)$ y c es un factor de corrección para los efectos de transformación de los datos \ln , estas diferencias en la correlación serán probadas mediante el test ANCOVA (Beauchamp y Olson, 1973; Mejía *et al.*, 2012).

Para verificar el la absorción del saco vitelino en los embriones durante el desarrollo embrionario se realizó un análisis de correlación entre el peso del saco vitelino, el peso de los embriones y la longitud máxima embrionaria.

8.4.8. Ciclo reproductivo

Se estimó el tipo de ciclo reproductivo en las hembras correlacionando el diámetro del ovocito en hembras en estado 3,4 y 5 y embriones en desarrollo a



través de los meses, con el fin de evidenciar si la población es asincrónica o sincrónica.

Todos los análisis estadísticos elaborados en el presente estudio fueron realizados en el programa estadístico R, utilizando el paquete FSA (R Development Core Team, 2011).

IX. RESULTADOS

9.1. Composición de tallas

Durante el periodo de estudio *Z. xyster* fue producto de una pesquería incidental, teniendo como pesca objetivo el lenguado. Los habitantes no utilizan su carne para consumo; sin embargo los organismos fueron descartados y colocados en un carro comúnmente denominado “pompera”, para luego ser trasladados a una fábrica donde forman parte del proceso de harina de pescado.

La raya ocelada fue la cuarta especie de raya más capturada durante el periodo de muestreo, constituyendo el 9.32% de la captura total, precedido por *Narcine entemedor*, *Urotrygon chilensis*, y *Rhinobatos leucorhynchus*.

Se registraron un total de 200 organismos, 98 machos (49%) y 102 hembras (51%). Durante los meses de muestreo, octubre fue el mes de mayor abundancia con 60 individuos, obteniendo el 30% de la captura total, seguido por julio con 38 individuos (19%) y diciembre con 29 individuos (14.50%), mientras que de marzo hasta mayo no se registraron individuos capturados en la zona de muestreo (Fig.8).

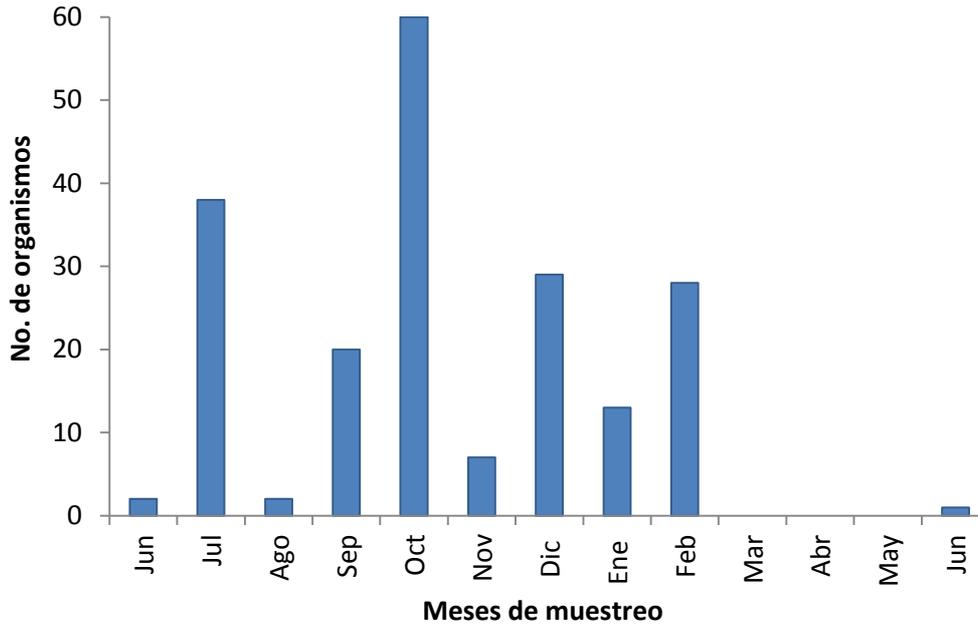


Figura 8. Número de individuos capturados de *Z. xyster*, incidentalmente en Santa Rosa entre junio (2013) y junio (2014).

Se obtuvieron datos de longitud total de 197 ejemplares, la estructura general de tallas varió entre 44.6 cm a 66 cm de longitud total (LT). Los machos predominaron en los intervalos de talla inferiores con variación de 45 cm a 57.5 cm LT, la moda estuvo presente en el intervalo de 50 cm a 52 cm LT, mientras que las hembras predominaron en los intervalos de tallas superiores oscilando de 44.6 cm a 66 cm LT, registrando la moda en el intervalo de 56 cm a 58 cm LT. La media y moda estimada para la especie fue de 54.6 cm LT y de 53 cm a 55 cm LT respectivamente (Fig. 9). Se observó diferencia significativa ($t= 11.95$, $df=194.998$, $p<0.05$) entre las tallas medias de hembras (57,04 cm LT) y machos (51,97 cm LT). La hembra de mayor tamaño (66 cm LT) demostró ser un 12.88% más grande que el macho de mayor tamaño (57.5 cm LT). La distribución de tallas estuvo representada por organismos adultos en ambos sexos, registrando muy pocos organismos juveniles.

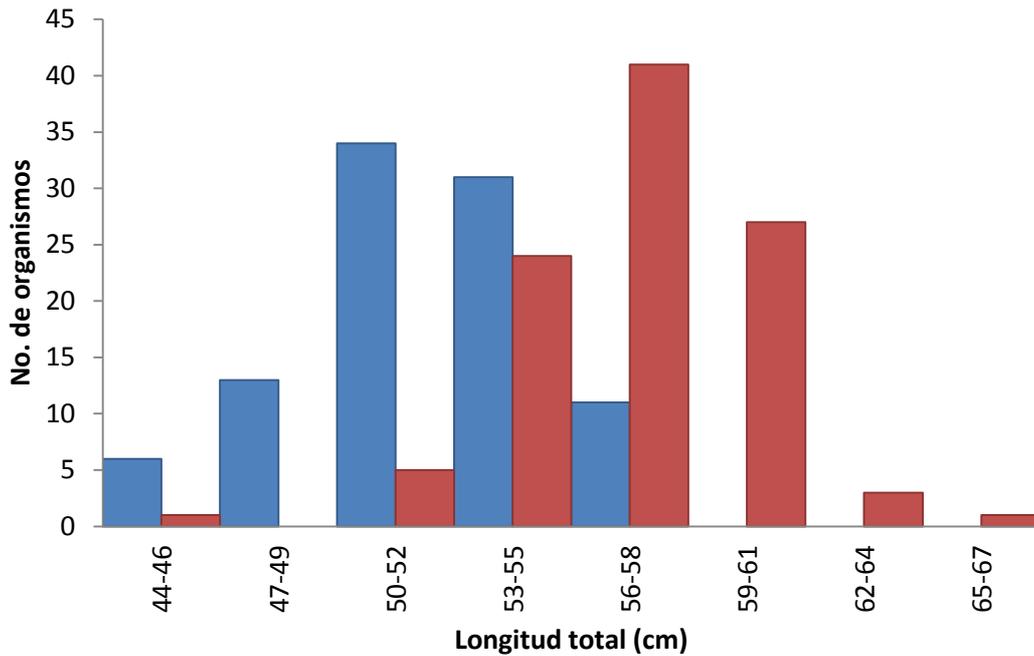


Figura 9. Composición de tallas de hembras y machos de *Z. xyster*.

9.2. Proporción sexual

La población total (n=200) demostró que las hembras (n=102) fueron poco predominante que los machos (n= 98), con una proporción de sexos total de 1.04H: 1M; sin embargo no existió diferencia significativa ($\chi^2= 0.08$, $p>0.05$), indicando que en Santa Rosa no existe segregación por sexos.

Existió una notable diferencia en la pesquería de la raya ocelada, capturándose más ejemplares adultos que juveniles. En los adultos (n=189) la proporción sexual para hembras (n=99) y machos (n=90) fue de 1.1H: 1M, no evidenciando diferencia significativa ($\chi^2= 0.79$; $p>0.05$), mientras que en los juveniles (n=10), las hembras (n=3) fueron menos abundantes que los machos (n=7), con una proporción sexual de 0.43H: 1M, sin embargo no mostró diferencia significativa ($\chi^2= 1.6$; $p>0.05$) (Fig. 10).

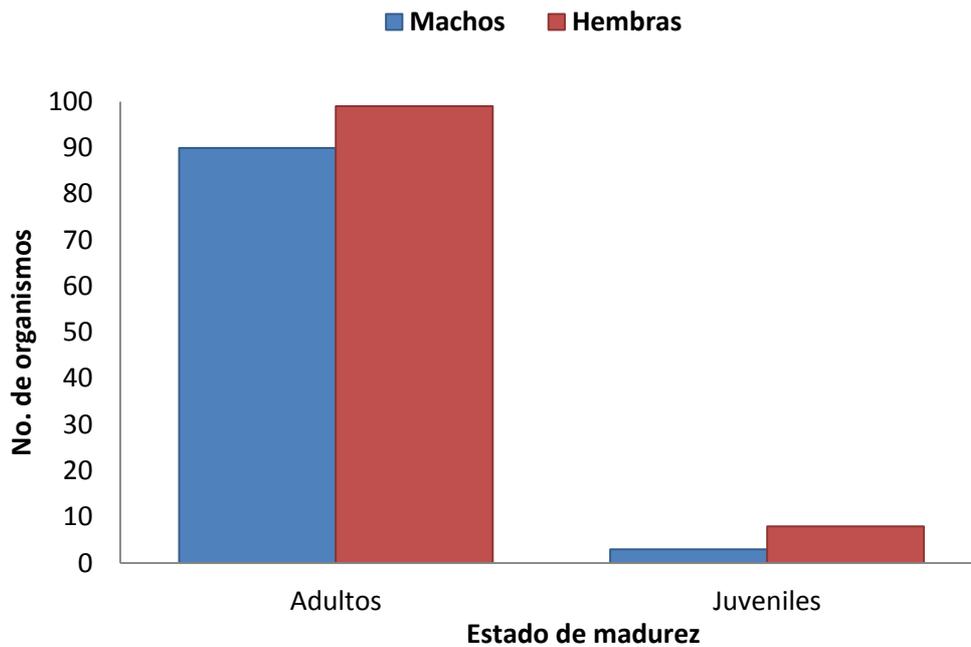


Figura 10. Proporción de sexos de *Z. xyster* por estados de madurez sexual.

9.3. Madurez sexual

Se realizó una descripción macroscópica de las características morfológicas de las principales estructuras reproductivas, para poder catalogar los distintos estados de madurez sexual en ambos sexos.

En los machos se designa el estado de madurez sexual en función del desarrollo de los testículos, epidídimos, conductos eferentes y deferentes, vesícula seminal y los claspers (grado de calcificación, rotación, apertura del rifiodón y presencia de semen) (Fig. 11a), mientras que en las hembras la designación de los estados de madurez sexual es determinada por el desarrollo de los úteros, glándulas oviduales y los varios (Fig.11b).

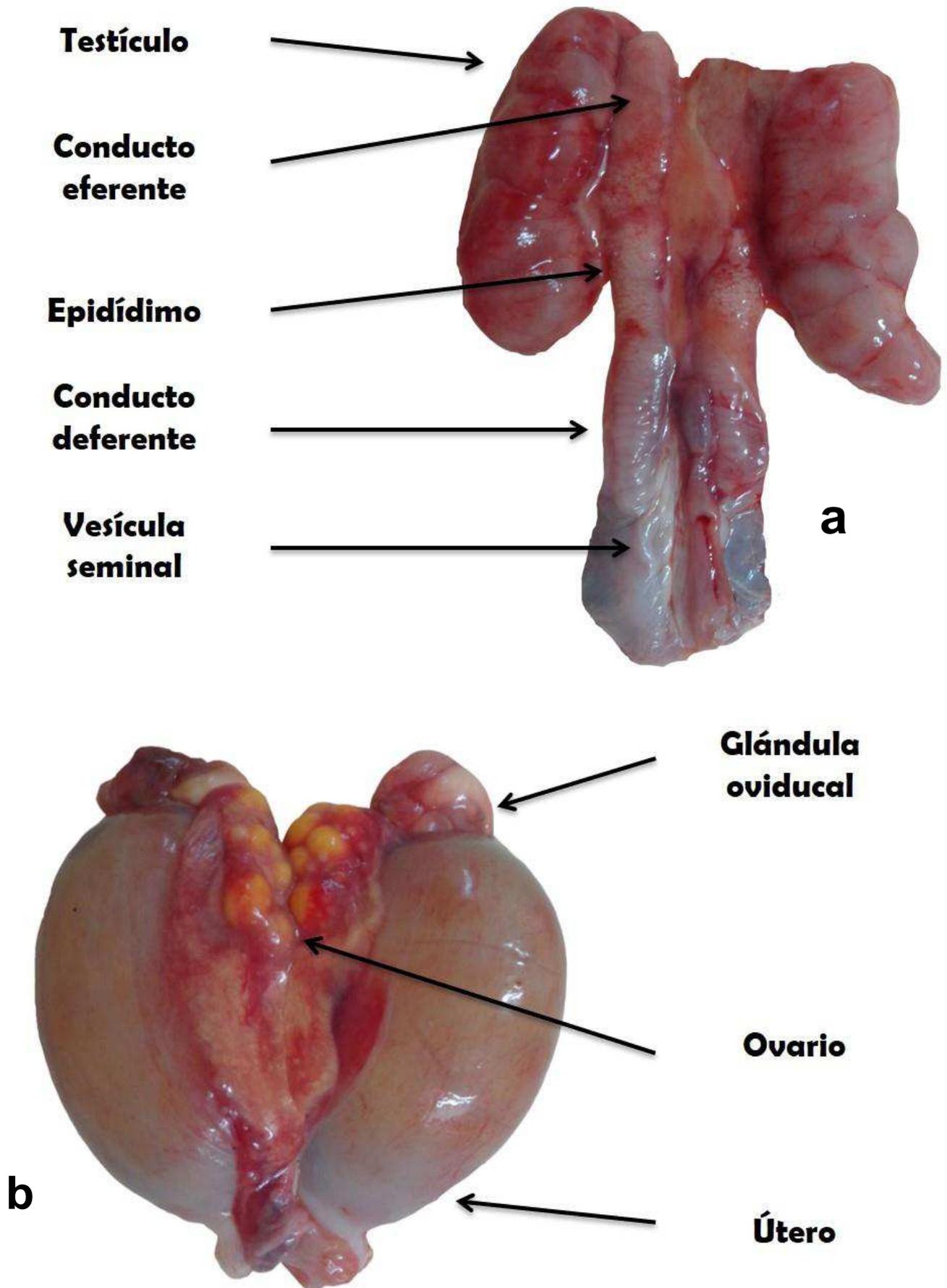


Figura 11. Estructuras reproductivas de a) machos y b) hembras de *Z. xyster* (Fuente: Autor).



9.3.1. Descripción del sistema reproductor de los machos

El sistema reproductor se caracteriza por presentar estructuras pareadas. Los testículos están suspendidos de la pared dorsal del cuerpo por el mesorquio. Ambos testículos presentan un grado de desarrollo semejante y coloración rosada clara. Al inicio del desarrollo del individuo, los testículos están cubiertos por abundante órgano epigonal y dispuestos en el extremo anterior de este órgano, a medida que el organismo va creciendo el testículo también lo hace en longitud y ancho, hasta llegar a la madurez donde el órgano epigonal es casi imperceptible, con lóbulos bien definidos y delimitados por tejido conectivo; sin embargo esta tendencia del crecimiento del testículo puede variar en los adultos según la etapa reproductiva. A continuación del testículo se extiende el conducto eferente paralelo a la columna vertebral. Es un tubo delgado que en la etapa juvenil no es visible. Cuando el individuo alcanza su madurez sexual el conducto eferente está completamente desarrollado y se encuentra contorneado. El conducto eferente se conecta con el epidídimo de superficie lisa, estructura recta y de poco desarrollo en individuos inmaduros, y rizado, llegando a alojar líquido seminal en la porción terminal en individuos maduros, se conecta con el conducto deferente. En los juveniles no está diferenciado, pero cuando son adultos tienen forma de espiral, albergan semen y están unidos a la vesícula seminal, ubicada en la parte posterior de la cavidad abdominal, presenta coloración blanquecina y paredes gruesas que se ensancha conforme el individuo crece, almacenando esperma por un tiempo indefinido hasta la eyaculación.

9.3.2. Estados de madurez sexual en machos

Los machos se clasificaron en 3 estados de madurez sexual según el desarrollo de sus estructuras reproductivas, dividiéndose en 2 estados juveniles y 1 estado adulto.

Estado I – Machos inmaduros

Presentan testículos pequeños rodeados por abundante órgano epigonal, los conductos ductales, epidídimos y las vesículas seminales son lisos e indiferenciados. Los gonopterigios son pequeños, flácidos y no calcificados, no rotan, el rifiodón está cerrado y no hay presencia de semen.



Estado II – Machos subadultos

Los testículos están en desarrollo, aumenta el tamaño de los lóbulos testiculares y el órgano epigonal se reduce. Los conductos comienzan a desarrollarse pero no están definidos, los epidídimos se encuentran rizados a la altura de la mitad de los conductos y la vesícula seminal ya comienza a albergar fluidos seminales. Los gonopterigios aumentan de tamaño, están semicalcificados, comienzan a rotar y en algunos individuos se puede presenciar el rifiodón abierto.

Estado III – Machos maduros

Testículos completamente desarrollados presentando los lóbulos grandes y separados, escasa presencia de órgano epigonal. Los conductos ductales se muestran rizados y diferenciados, con almacén de fluidos seminales desde la porción terminal del epidídimo. Los gonopterigios alcanzan su tamaño máximo, están totalmente calcificados, rotan con facilidad hacia la parte anterior del cuerpo y presentan el rifiodón abierto.

9.3.3. Relación longitud total - longitud del gonopterigio

Se examinaron un total de 94 individuos. Se obtuvo el registro de 1 macho inmaduro de 45 cm LT, presentando los gonopterigios flácidos, sin calcificar, sin presencia de semen y con longitud de 5.5 cm, constituyendo el 1.1% del total de la muestra. La fase de transición en que los organismos comienzan a madurar estuvo entre los 46 cm a 49 cm LT, correspondiendo a individuos subadultos en proceso de maduración con características de gonopterigios semicalcificados, teniendo la capacidad de contener o no semen y presentando longitudes de gonopterigio que osciló de 7.5 cm a 11 cm, constituyendo el 7.4% (Fig. 12). Todos los machos alcanzarían la madurez sexual a partir de los 50 cm LT, debido a que todos los individuos fueron adultos, siendo el estado de mayor abundancia con 91.5%, con intervalos de talla que fluctuó de 45.5 cm a 57.5 cm LT, presentando gonopterigios calcificados, rotación, rifiodón abierto, presencia de semen (dependiendo de su etapa reproductiva) y longitudes de gonopterigio que variaron de 9 cm a 14 cm.

El macho juvenil más grande midió 49.6 cm LT, mientras que el macho más pequeño que presentó características de maduración tenía una talla de 45,5 cm LT.

La longitud total promedio del largo de gonopterigio en machos maduros fue de 11.29 cm, mientras que la longitud del gonopterigio promedio en machos juveniles fue de 8.85 cm, hallándose diferencia significativa entre ambas medias ($W= 59$; $p<0.05$). Se observó un crecimiento gradual del gonopterigio según los estados de madurez sexual. El gonopterigio aumenta rápidamente en longitud hasta la fase de transición después de eso comienza a crecer lentamente, indicando que el gonopterigio primero crece y luego se calcifica, es decir, que conforme el organismo crece el gonopterigio aumenta en longitud,

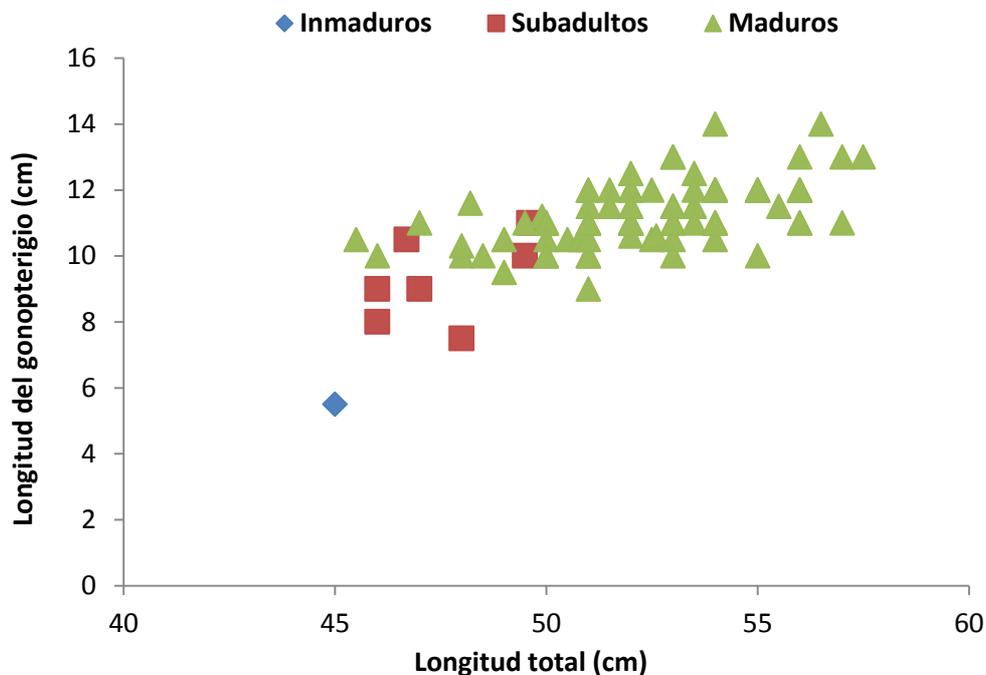


Figura 12. Relación entre la longitud total (cm) y la longitud del gonopterigio en machos de *Z. xyxter*.

9.3.4. Relación longitud total – largo y ancho de testículo

El macho inmaduro registró el testículo más pequeño, con 2.6 cm de longitud y 0.9 cm de ancho, presentando una talla de 45 cm LT. Los individuos subadultos en fase de transición presentaron fluctuaciones de 46 cm a 49.6 cm LT, con variaciones de 3.2 cm a 4.9 cm de longitud de testículo y de 1.3 cm a 2.4 cm de ancho de testículo, mientras que los adultos presentaron tallas entre 45.5 cm a 57.5 cm LT, mostrando fluctuaciones de 2.7 cm a 6.9 cm de longitud de

testículo y de 0.8 cm a 3.3 cm de ancho de testículo (Fig. 13 y 14). A partir de los 50 cm LT todos los individuos mostraron los testículos completamente desarrollados. La longitud promedio del largo y ancho del testículo en los machos inmaduros fue de 3.87 cm y 1.66 cm, mientras que en los machos adultos la longitud promedio de largo y ancho del testículo fue de 4.80 cm y 2.05 cm, existiendo diferencia significativa entre la longitud del testículo ($t = -2.6861$, $df = 6.96$, $p < 0.05$) y diferente a lo presenciado en el ancho de testículo donde no hubo diferencia significativa ($t = -1.9348$, $df = 7.182$, $p > 0.05$) de machos inmaduros y adultos.

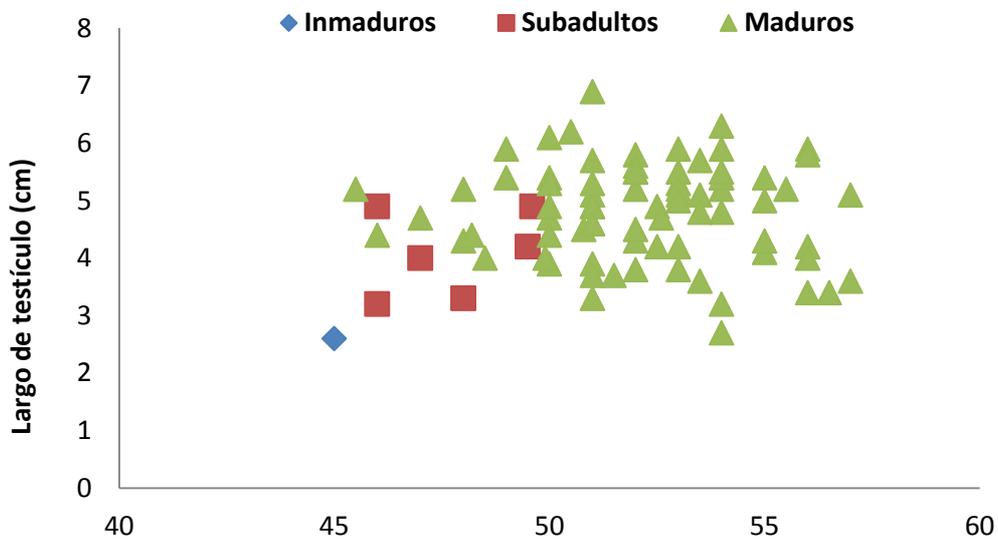


Figura 13. Relación entre la longitud total (cm) y el largo de testículo (cm) en machos de *Z. xyster*.

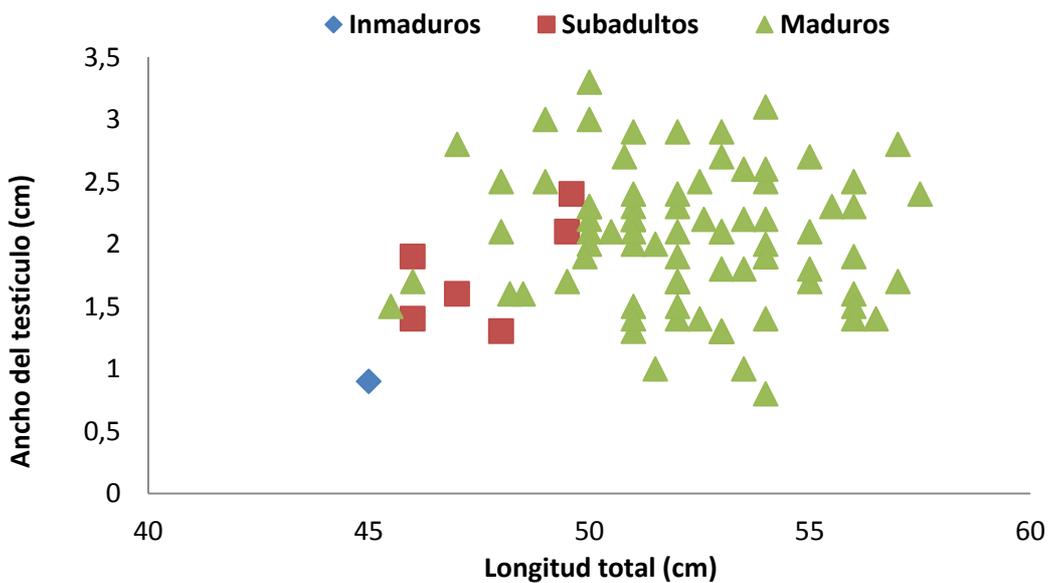


Figura 14. Relación entre la longitud total (cm) y el ancho del testículo (cm) en machos de *Z. xyster*.

9.3.5. Talla media de madurez en machos

La talla donde el 50% de la población fue madura se obtuvo a partir de 95 ejemplares y se estimó en 46.87 cm LT. (Fig. 15). Esta longitud representa el 81.13% de la longitud máxima observada en los machos colectados de Santa Rosa.

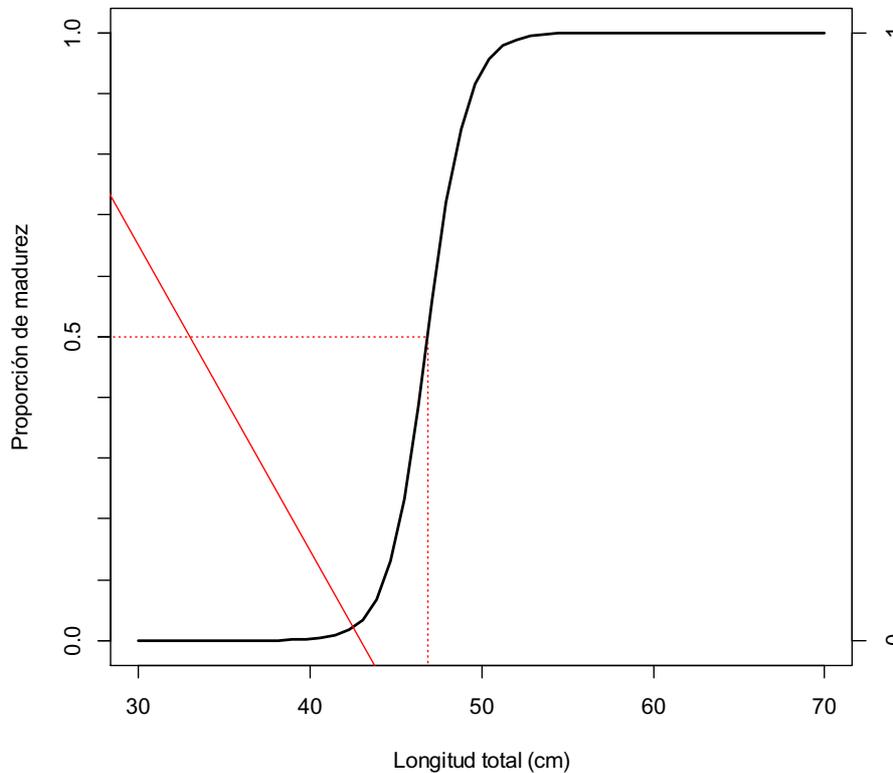


Figura 15. Talla L_{50} de madurez en machos de *Z. xyster*.

9.3.6. Descripción del sistema reproductor de las hembras

El sistema reproductor femenino se compone de estructuras pareadas. Los ovarios están sostenidos a la pared dorsal del cuerpo por el mesovario. Ambos son funcionales, de similar tamaño y lisos. Cuando los individuos son inmaduros los ovarios son muy pequeños conteniendo ovocitos casi imperceptibles, de coloración blanquecina indicadora de su capacidad no reproductora, conforme el individuo se desarrolla también lo hacen los ovarios en tamaño, reduciendo el órgano epigonal, los folículos son de gran tamaño y los ovocitos van tornándose de forma esférica, hasta llegar a tener una coloración amarilla (vitelogénicos), indicador de su madurez sexual. Obtenida esta coloración crecen hasta su diámetro máximo donde la hembra entrará en la fase de ovulación, en que los ovocitos más grandes de cada ovario pasarán



a una estructura ovalada denominada glándula oviducal o también conocida como glándula nidamental, de la concha o del cascarón donde se realiza la fecundación por medio del espermatozoides albergado al momento de la cópula. Esta estructura recubrirá al ovocito ovulado secretando una membrana denominada candela, esta membrana separará el huevo fecundado del útero y luego será reabsorbida por el embrión. Los ovarios se unen a la parte posterior de los oviductos que en la tapa de inmadurez se muestran como túbulos delgados y largos, donde la glándula oviducal se muestra como una protuberancia a medida que el organismo crece se va diferenciando la glándula oviducal y los úteros. La glándula oviducal obtiene su máximo ancho durante el recubrimiento del ovocito. Transferido el ovocito fecundado al útero, la glándula vuelve a su ancho normal. Los úteros son una modificación de los oviductos también se desarrollan conforme crece el individuo, alcanza su tamaño máximo al albergar a los huevos fecundados y posteriormente a los fetos en desarrollo.

9.3.7. Estados de madurez sexual en hembras

Las hembras se clasificaron en 5 estados de madurez sexual según sus características de desarrollo, incluyendo 2 estados juveniles y 3 estados adultos.

Estado I – Hembras inmaduras

Ovarios rodeados de abundante órgano epigonal, presentan ovocitos no diferenciados o muy pequeños y de color blanquecino (no vitelogénicos) ubicados en la parte anterior del órgano epigonal, las glándulas oviducal no son visibles o tienen muy poco desarrollo, presentando anchos que llegan hasta 0.6 cm y los úteros son delgados, poco diferenciados y adheridos a la pared dorsal de la cavidad abdominal.

Estado II – Hembras subadultas

Ovarios en maduración, se observan los ovocitos que incrementan su diámetro y comienzan a acumular vitelo (pre-vitelogénicos), se comienzan a diferenciar las glándulas oviducal, pero aún no están completamente desarrolladas y los úteros comienzan a aumentar en grosor y tamaño.



Estado III – Hembras maduras

Ovarios con poco órgano epigonal, ovocitos en un estado de desarrollo avanzado de coloración amarilla (vitelogénicos) y de distintos tamaños (próximos a ovular), la glándula oviducal aumenta su ancho y los úteros están más grandes y ensanchados.

Estado IV – Hembras con ovocitos fecundados

Ovarios presentan ovocitos de distintos diámetros que varían de pre-vitelogénicos y vitelogénicos, las glándulas oviducal disminuyen su ancho y los úteros están más ensanchados y dilatados debido a que se ha realizado la ovulación albergando los ovocitos fecundados que fueron encapsulados en una delgada membrana translúcida (candela), secretada por la glándula oviducal.

Estado V – Hembras grávidas

Ovarios con ovocitos vitelogénicos de pequeño tamaño que varían de diámetro. Glándulas oviducal presentan un tamaño más reducido. Úteros ensanchados exhibiendo una pared uterina fina por la presencia de embriones.

9.3.8. Relación longitud total – ancho de glándula oviducal

De 97 organismos se obtuvieron registros de ancho de glándula oviducal, 1% correspondió a 1 organismo en estado de inmadurez, midiendo 44.6 cm LT y presentado el menor ancho de glándula oviducal 0.6 cm, 2.1% correspondieron a las hembras subadultas en fase de transición, es decir, en proceso de maduración, registrando 2 individuos con medidas que variaron de 51 cm a 51.4 cm LT presentando un mayor tamaño de ancho de glándula oviducal que fue de 0.9 cm a 1.6 cm. 15.5% fueron hembras maduras, registrando 15 organismos con 50 cm a 60 cm LT y 1.1 cm a 2.6 cm de ancho de glándula oviducal, 43.3% perteneció a el estado de mayor abundancia siendo las hembras con ovocitos fecundados, registrando 42 individuos con medidas que fueron de 50 cm a 63 cm LT y 1.1 cm a 2.6 cm LT, mientras que 38.1% fueron para las hembras grávidas registrando 37 individuos fluctuando de 51 cm a 66 cm LT y 1.1 cm a 2.2 cm LT de ancho de glándula oviducal (Fig. 16). La primera hembra madura registró una talla de 50 cm LT y un ancho de glándula oviducal de 1.1 cm y a partir de 51.5 cm LT todas las hembras son maduras.

No se observa relación de dependencia entre variables, ni diferencia significativa entre el ancho de glándula oviducal y los distintos estados de madurez sexual ($t= 2.4296$, $df=2.06$, $p>0.05$).

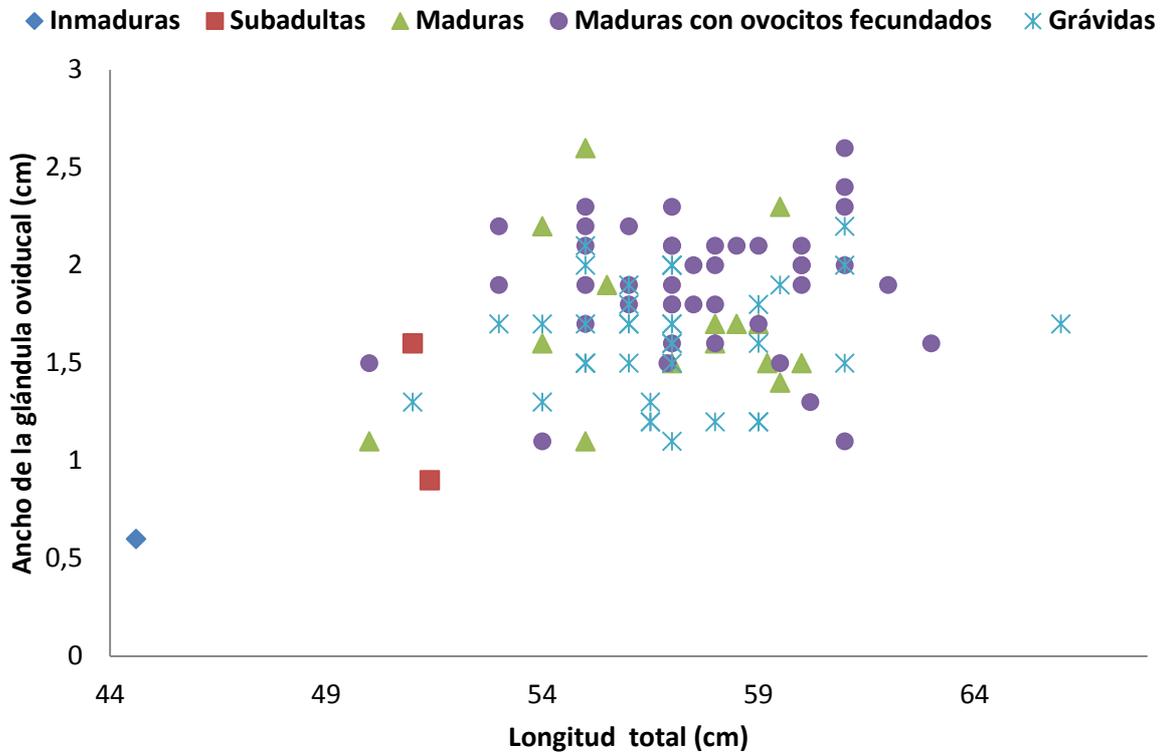


Figura 16. Relación entre la longitud total (cm) y el ancho de glándula oviducal (cm) en hembras de *Z. xyster*.

9.3.9. Relación longitud total – largo y ancho de ovario

El análisis se realizó con 97 hembras, comprobándose la funcionalidad de ambos ovarios. Las hembras inmaduras ocuparon el 2.1% con 2 individuos, midiendo entre 44.6 cm a 51.4 cm, con 1.9 cm a 2.9 cm de largo de ovario y 1.3 cm a 1.5 cm de ancho de ovario, se registró 1 hembra subadulta en fase de transición representando el 1% de la población, midiendo 51 cm LT, aumentando el tamaño del ovario con 2.8 cm de largo y 1.6 cm de ancho, 15 organismos fueron hembras maduras constituyendo el 15.5%, variando de 50 cm a 60 cm LT, con 2.8 cm a 5.3 cm y 1.2 cm a 3.1 cm de largo y ancho de ovario respectivamente, las hembras maduras con ovocitos fueron las más abundantes registrando el 43.3% de la población con 42 individuos, fluctuando entre 53 cm a 60 cm LT, presentando tamaños de ovario que fueron de 1.9 cm a 6.8 cm de largo y de 1 cm a 5 cm de ancho, mientras que las hembras grávidas constituyeron el 38.1%, con 37 organismos midiendo de 51 cm a 66 cm y presentando medidas de ovario de 2.4 cm a 5.7 cm de largo y 1.1 cm a

2.8 cm de ancho (Fig. 17 y 18). La primera hembra madura registró una talla de 50 cm LT y un largo de ovario de 1.5 cm, mientras que otra hembra madura de la misma talla registró un ancho de ovario de 1.9 cm. A partir de 52 cm de longitud total y de 2.9 cm de largo y 1.6 de ancho de ovario todas las hembras fueron maduras. No se evidenció relación entre la longitud total y el largo y ancho del ovario, siendo significativamente diferente el largo de ovario ($H=64.1427$; $df=5$, $p<0.05$), mientras que el ancho no fue significativamente diferente ($H=7.7663$; $df=5$, $p>0.05$) con referencia a los estados de madurez.

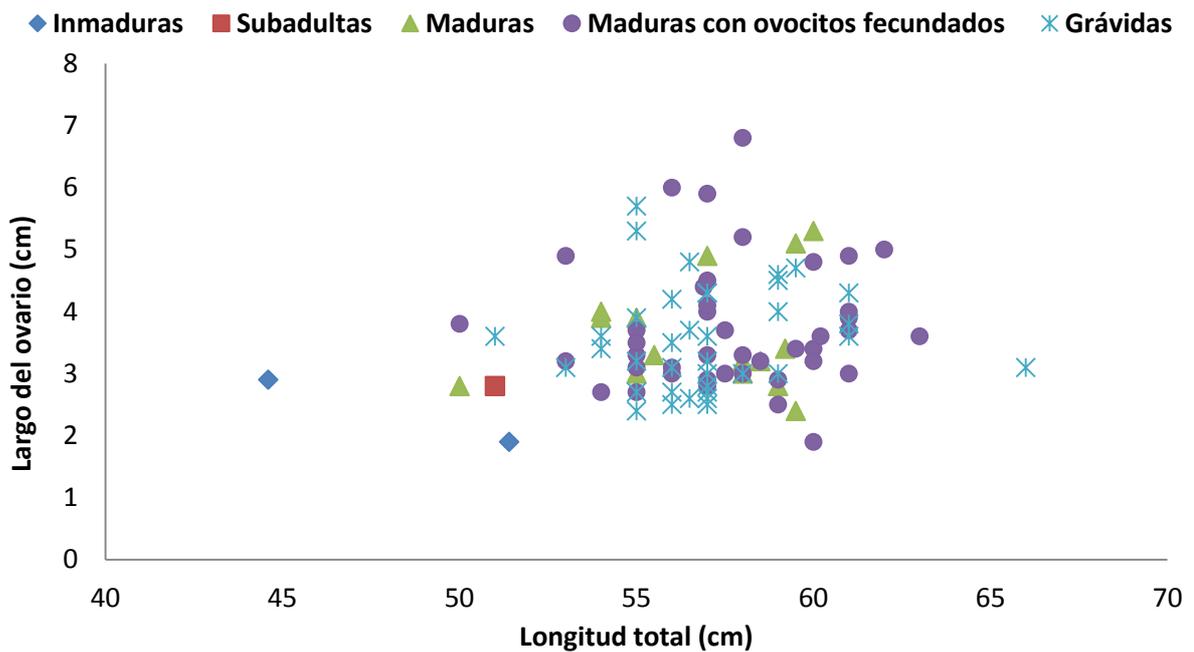


Figura 17. Relación entre la longitud total (cm) y el largo de ovario (cm) en hembras de *Z. xyster*.

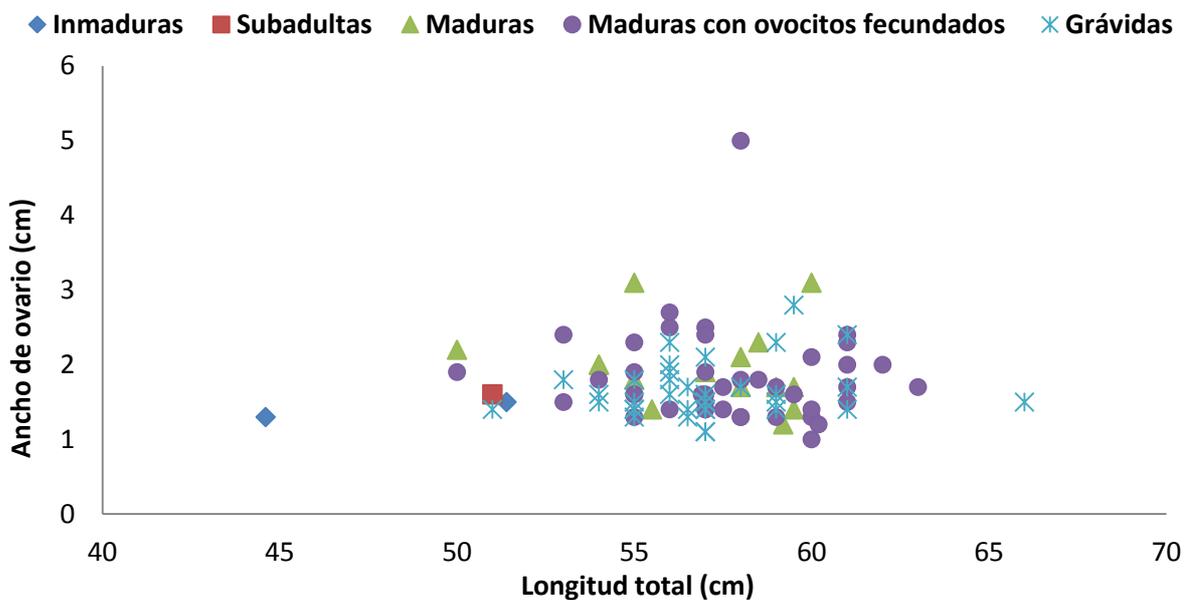


Figura 18. Relación entre la longitud total (cm) y el ancho de ovario (cm) en hembras de *Z. xyster*.

9.3.10. Relación longitud total – número y diámetro de ovocito

De los 89 ejemplares analizados, no se registró el número y diámetro de los ovocitos en organismos inmaduros. Se evidenció una hembra subadulta en proceso de maduración conteniendo 3 ovocitos en el ovario izquierdo con diámetro de 0.7 cm, mientras que en el derecho albergaba 4 ovocitos con un diámetro de 0.6 cm. Las hembras maduras contenían de 1 a 6 ovocitos con diámetros de 0.6 cm a 2.4 cm en el ovario izquierdo y de 1 a 7 ovocitos con diámetros de 0.6 a 3.1 cm en el ovario derecho. Las hembras maduras con huevos fecundados presentaban de 2 a 18 ovocitos con diámetros que variaron de 0.3 cm a 3.2 cm en el ovario izquierdo y de 1 a 21 ovocitos con diámetros de 0.3 cm a 1.7 cm. Las hembras grávidas alojaban de 1 a 15 ovocitos con diámetros que variaron de 0.5 cm a 1.4 cm en el ovario izquierdo y de 1 a 14 ovocitos con diámetros fluctuando de 0.5 cm a 1.3 cm en el ovario derecho (Fig. 19, 20, 21 y 22). El ovario derecho fue el de mayor registro de ovocitos con 21 a diferencia del ovario izquierdo donde se registraron 18 ovocitos, sin embargo el diámetro de ovocitos fue mayor en el ovario izquierdo con 3.2 cm a diferencia del ovario derecho con 3.1 cm de diámetro. No se observa una relación de dependencia entre la longitud total y el número y diámetro de los ovocitos y hubo diferencia significativa entre los diámetros de ovocitos según los estados de madurez tanto en el ovario izquierdo ($H= 17.8149$, $df=3$, $p<0.05$) como en el ovario derecho ($H= 26.0228$, $df=3$, $p<0.05$); sin embargo no se mostró diferencia significativa entre los diámetros del ovario izquierdo y el ovario derecho ($W= 3677.5$, $p>0.05$).

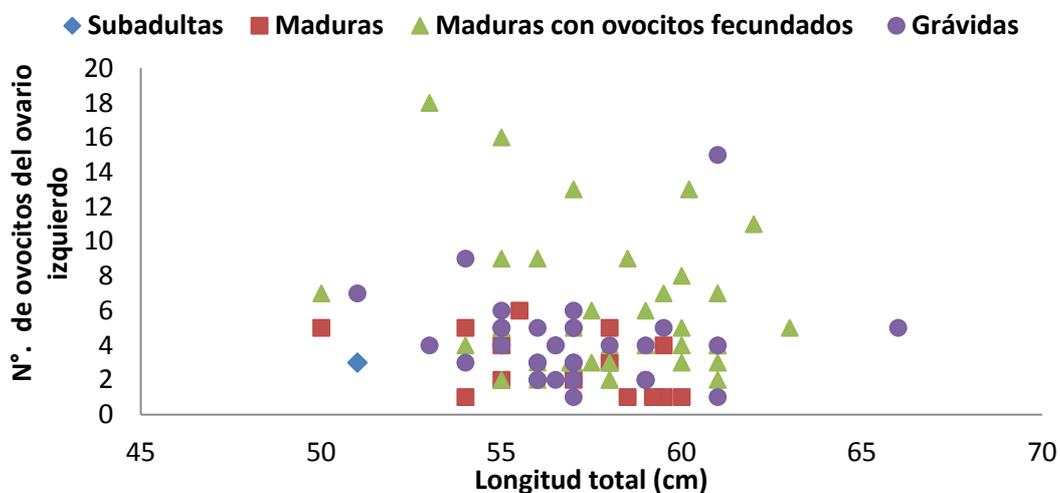


Figura 19. Relación entre la longitud total (cm) y el número de ovocitos del ovario izquierdo en hembras de *Z. xyster*.

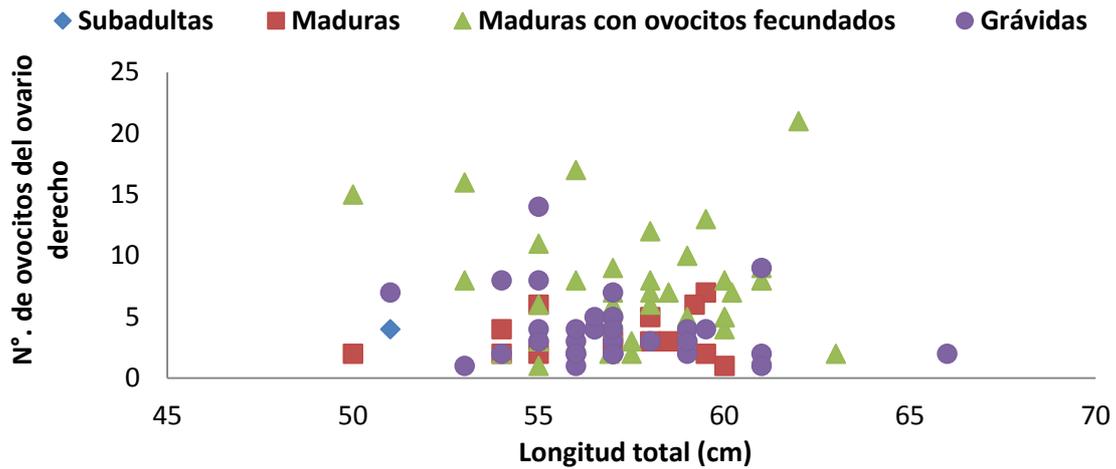


Figura 20. Relación entre la longitud total (cm) y el número de ovocitos del ovario derecho en hembras de *Z. xyster*.

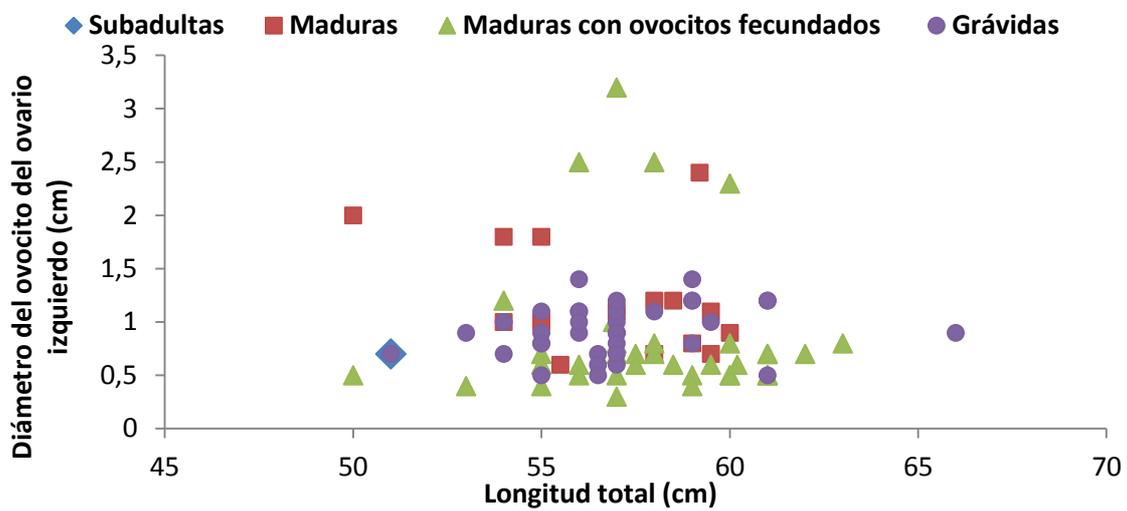


Figura 21. Relación entre la longitud total (cm) y el diámetro de ovocitos (cm) del ovario izquierdo en hembras de *Z. xyster*.

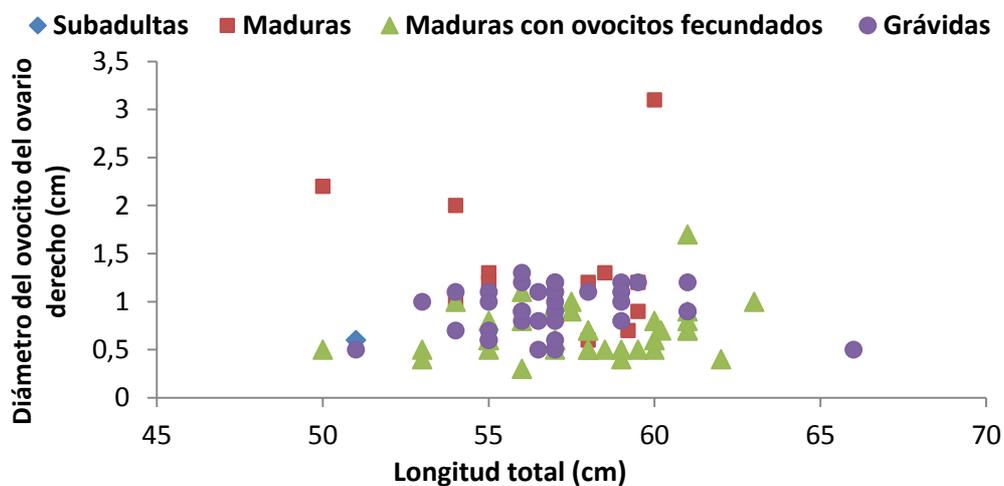


Figura 22. Relación entre la longitud total (cm) y el diámetro de ovocitos (cm) del ovario derecho en hembras de *Z. xyster*.

9.3.11. Relación longitud total – largo y ancho de útero

Un total de 96 úteros fueron analizados de las cuales 1 ejemplar estaba inmaduro con talla de 44.6 cm LT presentando un largo de 2 cm y un ancho de 0.4 cm de útero. La fase de transición de las hembras fue de 51 cm a 51.4 cm LT, conteniendo úteros de mayor tamaño variando de 2.3 cm a 2.7 cm de largo y de 0.7 cm a 1.2 cm de ancho. Las hembras maduras tuvieron un intervalo de talla que fue de 50 cm a 60 cm LT, evidenciándose un incremento de tamaño del útero con 2.7 cm a 6 cm de largo y de 0.7 cm a 2.8 cm de ancho. Las hembras maduras con ovocitos presentaron tallas que fueron de 50 cm a 63 cm LT, con úteros alcanzando mayores dimensiones con 4.2 cm a 7.9 cm de largo y de 1.4 cm a 5.4 cm de ancho, mientras que las hembras grávidas oscilaron de 53 cm a 63 cm LT, alcanzando los mayores tamaños de los úteros que fueron de 4 cm a 10.4 cm de largo y de 1.4 cm a 5.7 cm de ancho (Fig. 23 y 24). A partir de 2.7 cm de largo y de 0.7 cm de ancho de útero todas las hembras fueron maduras, mientras que la hembra grávida más pequeña presentó medidas de útero de 7.8 cm de largo y de 5.7 cm de ancho. Existió diferencia significativa entre el largo ($H= 46.092$, $df=4$, $p<0.05$) y el ancho ($H= 41.6584$, $df=4$, $p<0.05$) del útero entre los estados de madurez.

◆ Inmaduras ■ Subadultas ▲ Maduras ● Maduras con ovocitos fecundados × Grávidas

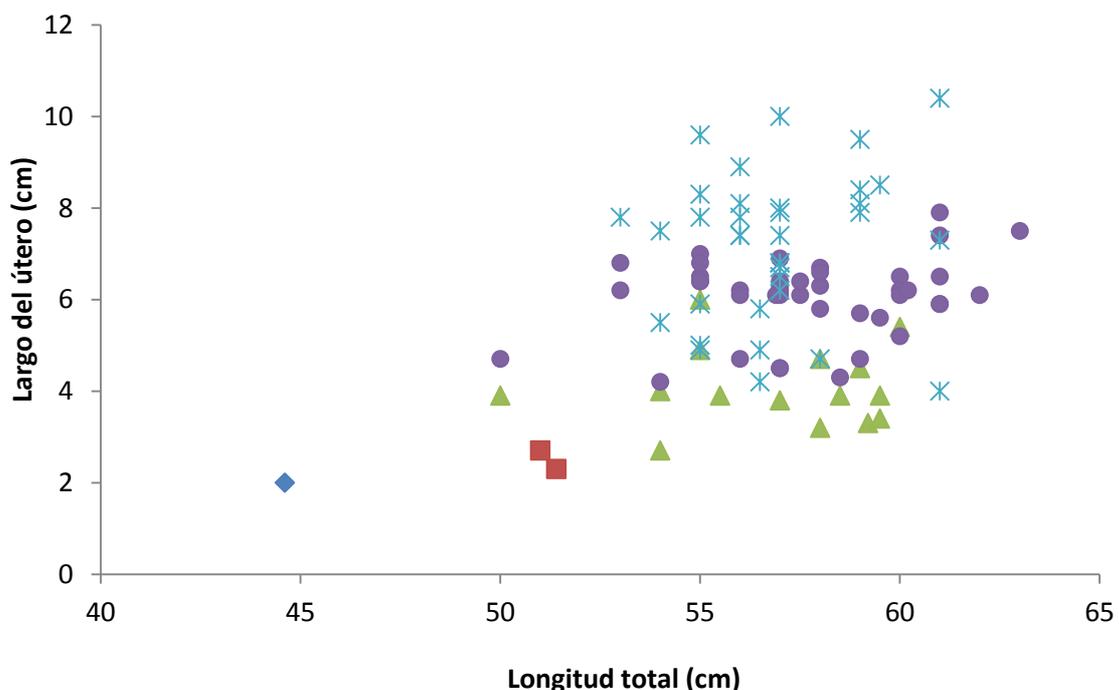


Figura 23. Relación entre la longitud del gonopterigio (cm) y el largo del útero (cm) en hembras de *Z. xyster*.

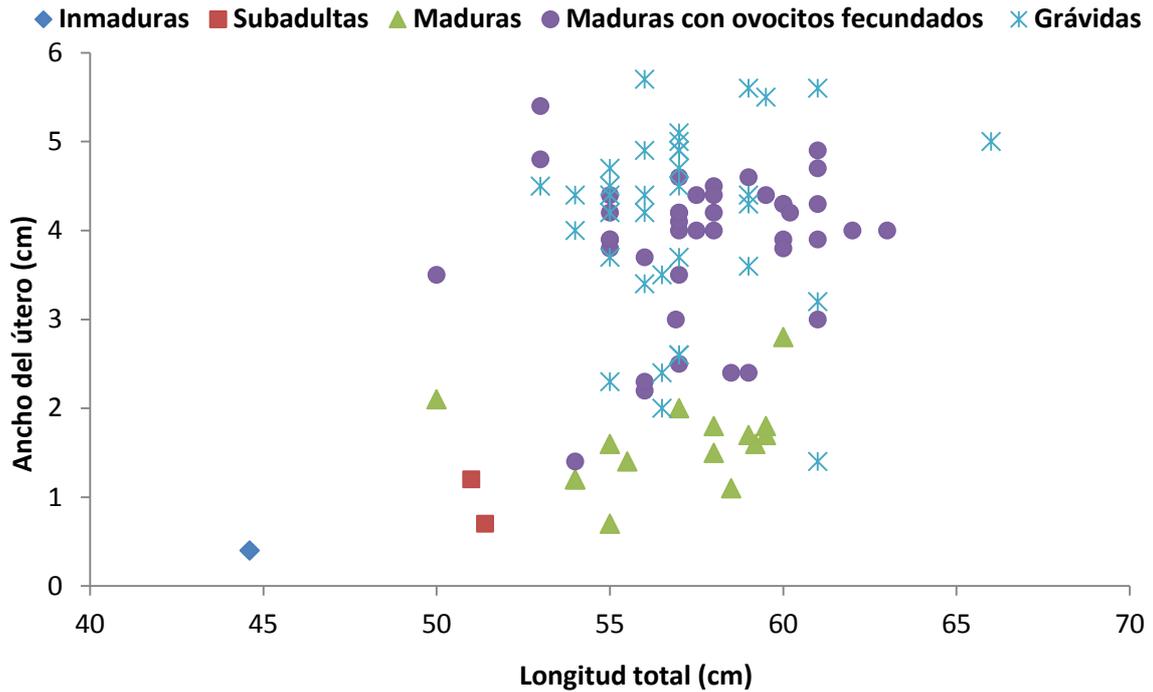


Figura 24. Relación entre la longitud del gonopterigio (cm) y el ancho del útero (cm) en hembras de *Z. xyster*.

9.3.12. Talla media de madurez en hembras

La talla donde el 50% de la población fue madura se obtuvo a partir de 95 ejemplares y se estimó en 49.87 cm LT (Fig. 25.) Esta longitud representa el 75.56% de la longitud máxima observada en las hembras colectadas de Santa Rosa.

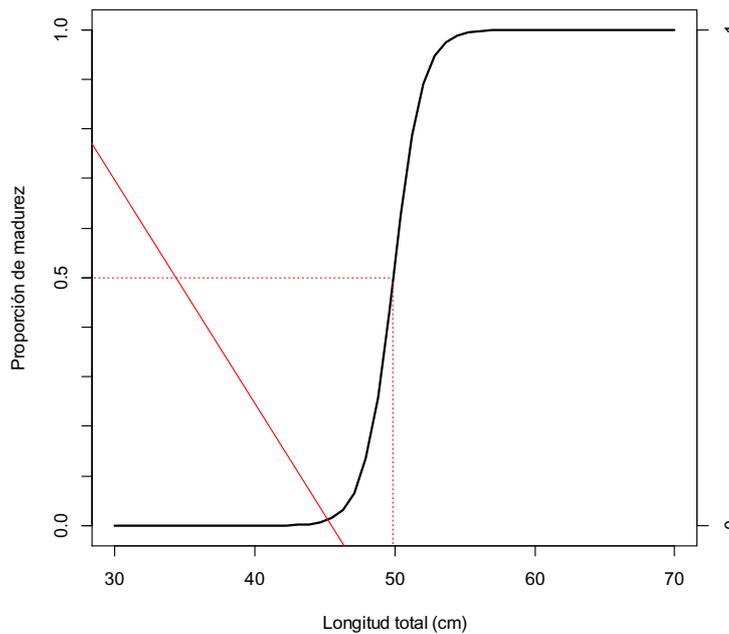


Figura 25. Talla L_{50} de madurez en hembras de *Z. xyster*.

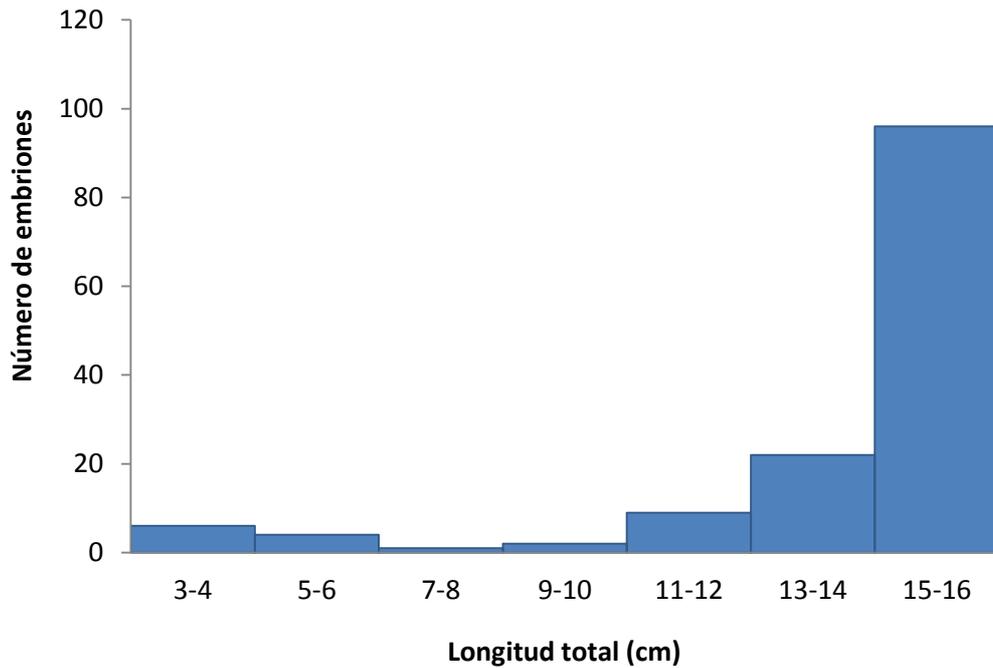


Figura 27. Composición de tallas embrionaria de *Z. xyster*

9.4.2. Crecimiento embrionario

Se obtuvo el peso de 140 embriones, el análisis de covarianza (ANCOVA) mostró que no existen diferencias en la relación talla-peso entre sexos: ($F=3.7047$, $p>0.05$), por lo que se estimó el coeficiente de isometría para sexos combinados. Sin embargo, la prueba t-Student empleada expresó un tipo de crecimiento isométrico para las hembras: $PT= 0.006032*LT^{3.03869}$, donde, la longitud y el peso aumentan por igual conforme se da el desarrollo embrionario, y un tipo de crecimiento alométrico negativo para los machos: $PT= 0.008597*LT^{2.912035}$, donde, la longitud aumenta más que el peso a medida que crece el embrión (Fig. 28).

En los machos el embrión más pequeño fue el de menor peso, midiendo: 4.4 cm LT con un peso de 0.5 g, mientras que el embrión más grande fue el de mayor peso, midiendo: 16.9 cm LT con un peso de 32.2 g. En las hembras se evidenció lo mismo, siendo el embrión más pequeño el de menor peso, midiendo: 3.6 cm LT con un peso de 0.4 g, mientras que el embrión más grande fue el de mayor peso, midiendo: 16.5 cm LT con un peso de 32.8 g.

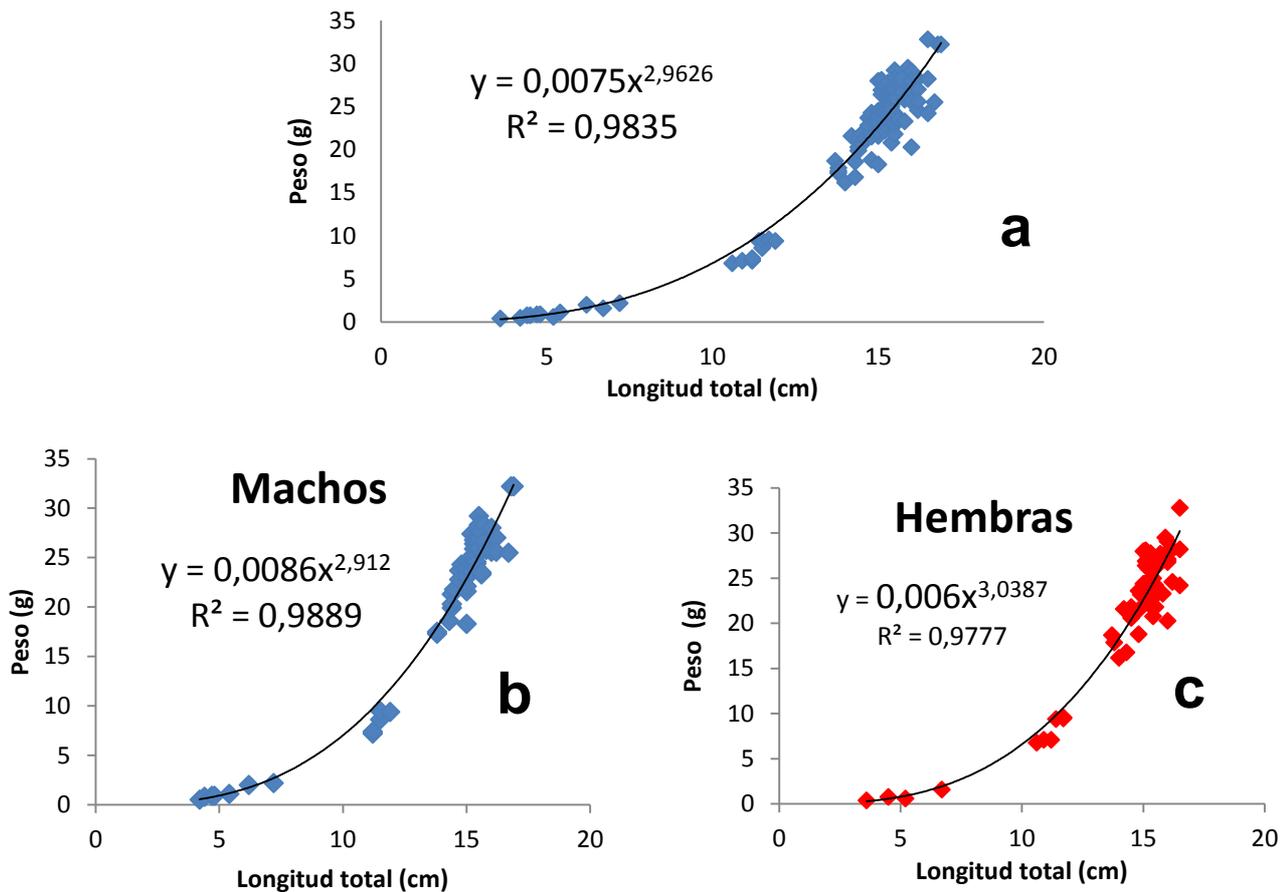


Figura 28. Relación talla-peso embrionario. a) Sexos combinados, b) Machos y c) Hembras.

9.4.3. Proporción sexual embrionaria

Se identificó el sexo en 140 embriones, correspondiendo a 67 hembras y 73 machos, presentando una proporción sexual de 0.92H: 1M, sin mostrar diferencia significativa ($\chi^2 = 0.25$; $p < 0.05$).

En la gestación, el embrión se alimenta exclusivamente a través del saco vitelino. Existe una correlación inversa entre el peso embrión y el peso del saco vitelino, ya que a medida que el embrión crece el saco vitelino disminuye en peso. Finalizado el desarrollo del embrión, el saco vitelino externo es consumido totalmente, formándose un saco vitelino interno que le permitirá alimentarse en los primeros días luego de su nacimiento. El embrión con el peso de saco vitelino mayor midió 4.7 cm LT con un peso de saco vitelino de 7.9 g, mientras que los embriones más grandes tenían los menores peso de saco vitelino (16 cm LT – 0.1 g de saco vitelino) y los embriones con tallas

superiores de 16 cm (próximos a nacer) carecían de vitelo externo por su absorción total (Fig. 25).

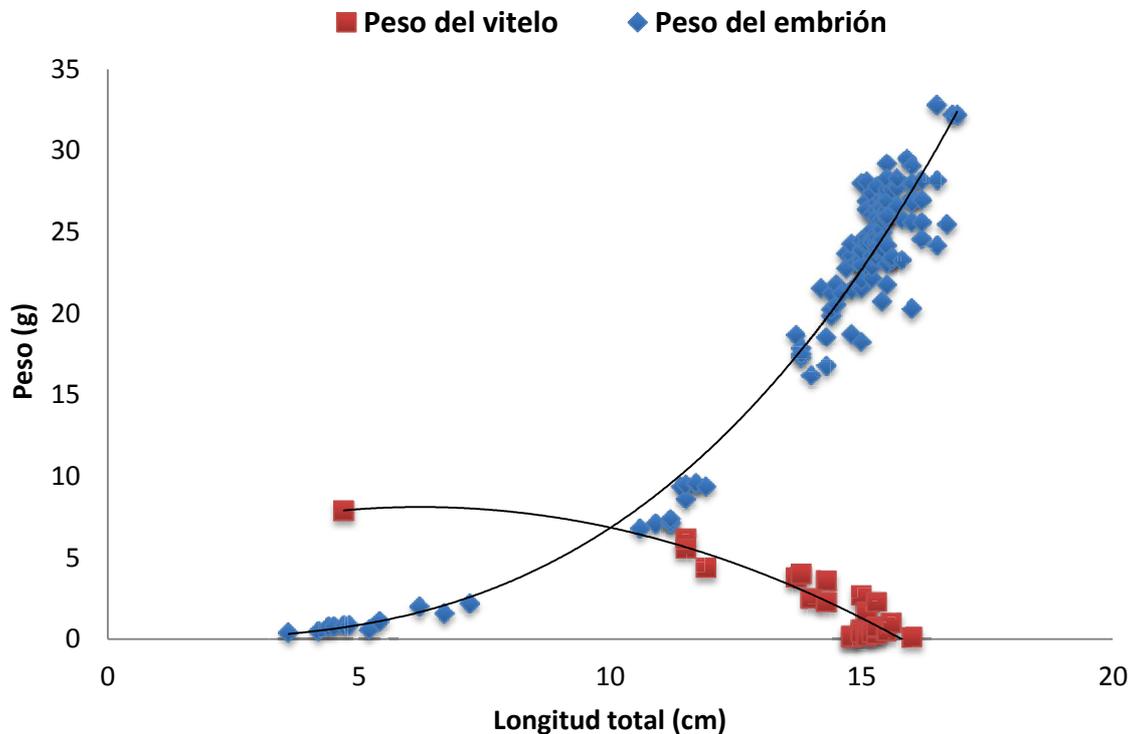


Figura 29. Relación del peso del saco vitelino con respecto al peso de los embriones.

9.5. Ciclo reproductivo

9.5.1. Vitelogénesis

La ovulación es probable que se inicie en hembras con ovocitos de diámetros superiores a 2.5 cm, ya que los úteros presentaron la candela en donde se depositarían los ovocitos fecundados. Los valores mínimos del diámetro del ovocito fueron obtenidos en el mes de julio. A través de los meses de agosto y septiembre el ovocito crece constantemente hasta alcanzar el diámetro máximo, siendo octubre el mes en que se produce la ovulación, debido a la reducción del ovocito que continúa hasta noviembre. Nuevamente el ovocito comienza su crecimiento a partir de noviembre hasta diciembre donde obtiene su diámetro máximo y es en enero donde se produciría nuevamente la ovulación, disminuyendo su diámetro en febrero (Fig. 30).

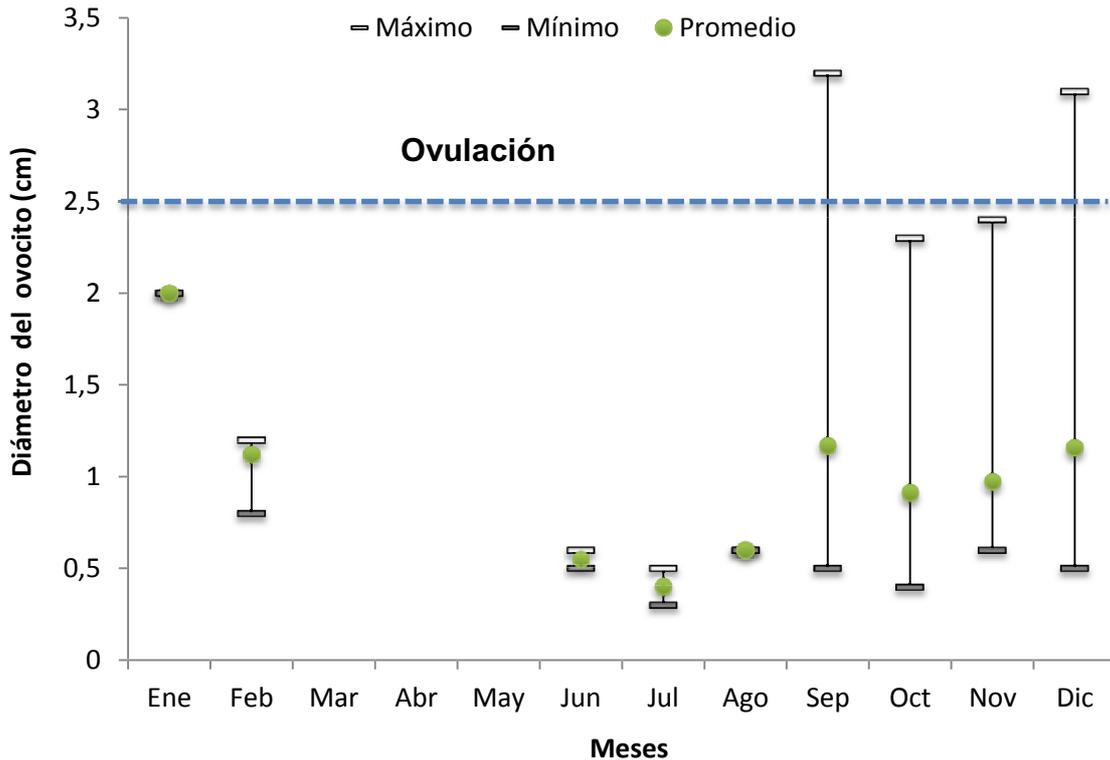


Figura 30. Diámetro mensual de los ovocitos de hembras maduras.

9.5.2. Periodo de gestación

Hembras con huevos fecundados (>1 cm LT) fueron encontradas en los meses de julio, septiembre, octubre, noviembre y diciembre, mientras que las hembras grávidas fueron encontradas desde agosto hasta febrero, exceptuando enero. Los meses de nacimiento serían en enero, septiembre, octubre, noviembre y diciembre. Los embriones de menor talla (>5cm LT) fueron encontrados en el mes de agosto. A partir de septiembre y octubre aquellos embriones continuarían con su desarrollo embrionario hasta alcanzar su longitud máxima, siendo en el mes de noviembre donde probablemente se daría el nacimiento (Fig. 31).

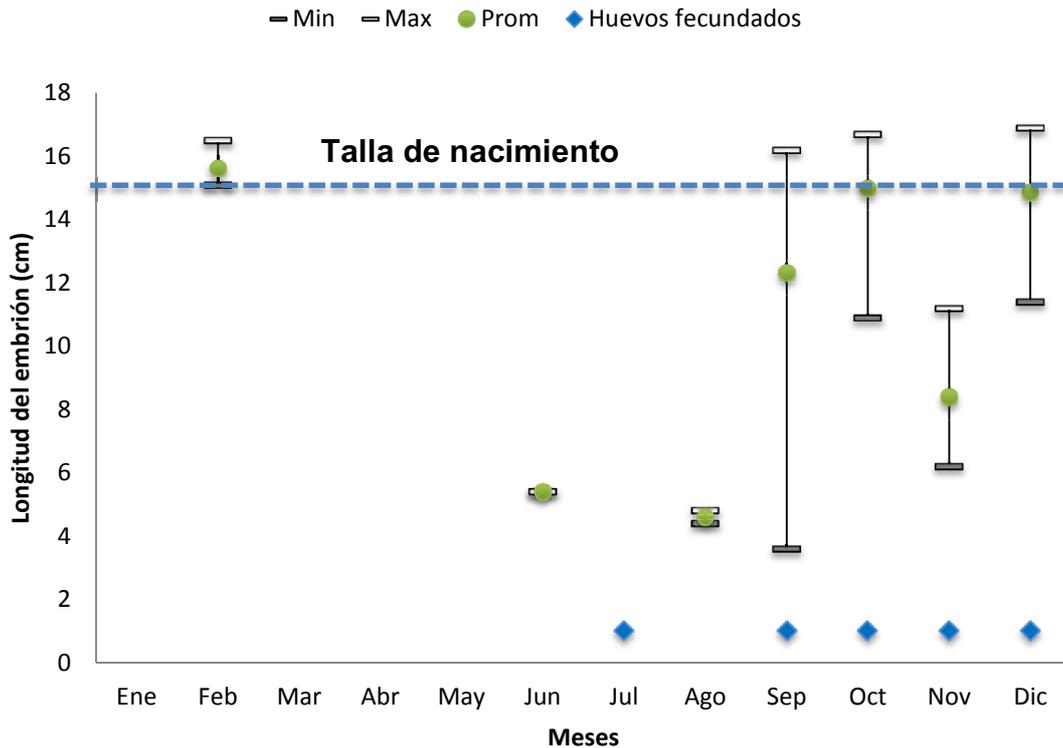


Figura 31. Crecimiento embrionario a través de los meses. ◆ Huevos fecundados.

9.5.3. Relación gestación – vitelogénesis

El análisis de la relación entre el estado de desarrollo embrionario y el diámetro del ovocito expresa que en el momento de la formación del embrión (cigoto) el ovocito alcanza el diámetro máximo. Cuando el embrión ya se diferencia el ovocito nuevamente comienza a aumentar su diámetro, sin embargo cuando el embrión está próximo a nacer el diámetro del ovocito no es lo suficientemente grande como para entrar en etapa de ovulación y dar paso a otra progenie. Aún ese ovocito le queda más tiempo de desarrollo para alcanzar su diámetro máximo (Fig. 32). Por lo tanto, el ciclo se considera simultáneo; sin embargo, la vitelogénesis se extiende más allá de la época de nacimiento.

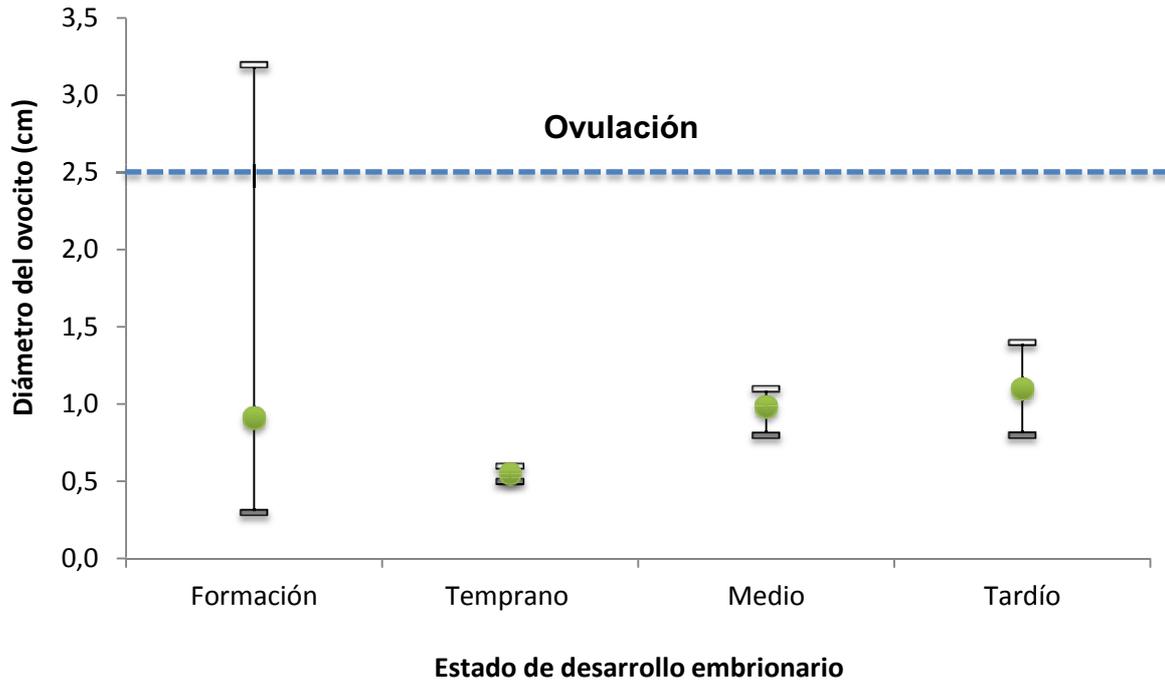


Figura 32. Relación entre el estado de desarrollo embrionario y el diámetro máximo del ovocito en hembras de *Z. xyster*.

9.5.4. Sincronía reproductiva

Z. xyster a lo largo del periodo de muestreo no expresó un patrón reproductivo distintivo que permita establecer en hembras maduras la etapa de cópula, ovulación, fertilización y parto. Es decir, en un mismo periodo se encontraron hembras maduras con ovocitos pequeños y próximos a ovular, hembras que recién han ovulado y hembras conteniendo embriones con ovocitos nuevamente en desarrollo (Fig. 33). Por lo que *Z. xyster* presenta un ciclo reproductivo de tipo asincrónico debido a que las hembras en un mismo periodo se encuentran en diferentes etapas del ciclo reproductivo.

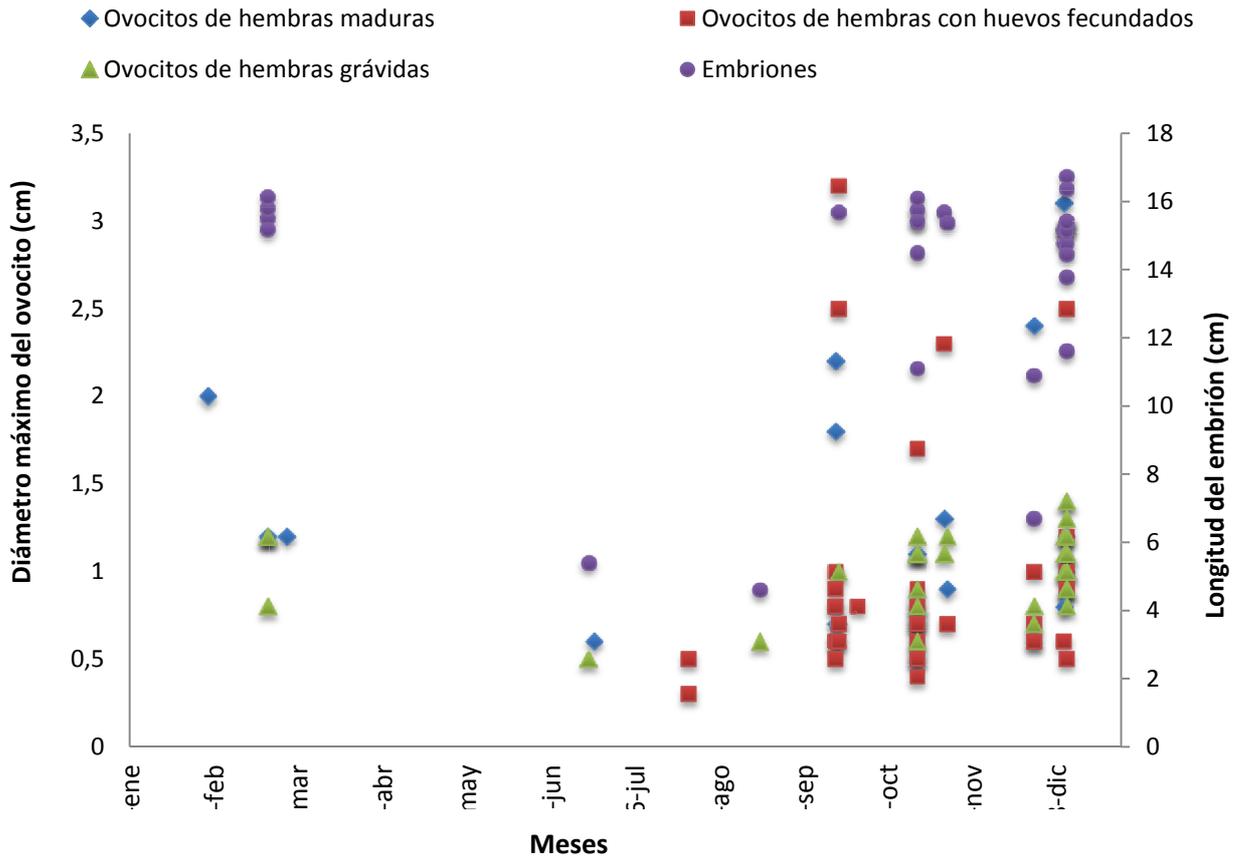


Figura 33. Crecimiento de embriones y ovocitos mostrando un ciclo reproductivo asincrónico en la población de hembras de *Z. xyster*

X. DISCUSIÓN

Z. xyster es una especie que comúnmente ha sido mal identificada en Ecuador, siendo catalogada como *Z. exasperata*, tal como lo muestra Jiménez y Béarez (2004) en su guía de especies ilustradas, reportando a *Z. exasperata* en aguas ecuatorianas; sin embargo dadas las características de la imagen se puede presenciar un error en la identificación, siendo especímenes de *Z. xyster*. Este problema de identificación también se ha presenciado en México (Carrasco, 2011).

10.1. Composición de tallas

Durante el estudio de 16 especies de rayas desembarcadas en Santa Rosa, *Z. xyster* fue la cuarta de mayor captura; representado un 9.32% del volumen total de batoideos, superado solo por *N. entemedor* (14.45%), *U. chilensis* (16.31%)



y *R. leucorhynchus* (28.24%). Saa (2012) en un estudio realizado en el año 2011 en esta zona, sitúa a *Z. xyster* en novena posición con 1.02%, según los volúmenes de captura totales entre 15 batoideos. Estas diferencias pudieron suscitarse debido al esfuerzo de muestreo, ya que en este estudio los monitoreos fueron de 4 días al mes, obteniendo la mayoría de individuos de la pompera, mientras que Saa (2012) lo realizó 6 días al mes, solo contabilizando los individuos a través de entrevistas en el momento de desembarque de la flota pesquera.

En el verano (junio a noviembre) se capturaron 130 individuos de *Z. xyster*, siendo superiores a los valores de captura obtenidos durante el invierno (diciembre a mayo), donde se recolectaron 70 individuos. Dichas diferencias probablemente no difirieran, ya que durante el periodo de estudio, de marzo a mayo no se pudieron recolectar ejemplares de la raya ocelada, por problemas de comercialización de los batoideos capturados por los pescadores a las harineras de pescado, debiendo abandonar la captura incidental de rayas en el mar.

En la costa del Ecuador sur-oriental durante la temporada de época seca o no lluviosa (verano) la temperatura superficial de mar puede variar entre los 21°C a 25°C y durante la época lluviosa (invierno) la temperatura puede variar entre los 25°C a 28°C (Cruz, 2009), probablemente estos cambios de temperatura en Santa Rosa no afectan a la población de la raya ocelada debido a que en todos los meses se registran capturas de esta especie en la misma área de pesca; sin embargo, se necesitan datos de capturas en los meses ausentes para poder sustentar esta hipótesis.

Es preciso tener en cuenta que en el Pacífico ecuatoriano se han observado fluctuaciones de las condiciones oceanográficas estacionales del frente ecuatorial (Pak y Zaneveld, 1974; Jiménez, 1983) que pueden repercutir en la vida acuática o que se estén desarrollando microclimas a causa de las corrientes de surgencia o condiciones de las mismas.



La composición de tallas mostró que en Santa Rosa (pesquería a 54 m de profundidad aproximadamente), los intervalos observados en hembras fueron de 44.6 cm a 66 cm LT y en machos de 45 cm a 57.5 cm LT, presentando valores similares a lo reportado por Martínez y García (2013) en el Pacífico ecuatoriano para hembras con tallas de 46 cm a 66 cm LT y existiendo diferencia en la talla mínima para machos oscilando de 38 cm a 60 cm LT. Esta diferencia se atribuye al empleo de otras artes de pesca adicionales al enmalle de fondo; como las redes de trasmallo camaronero y de arrastre, que combinados con zonas de pesca más cercanas a la costa (obligados por las especies objetivo y operaciones de las flotas pesqueras), tienen la posibilidad de capturar organismos más pequeños; sin embargo, en Ecuador no hay registros de captura de organismos de tallas inferiores a 38 cm, que corresponden a juveniles y neonatos.

Mejía y colaboradores (2006) y Navia y colaboradores (2007) en Colombia, evidenciaron un rango de tallas que fluctuó de 27 cm a 66 cm LT, en una profundidad de 30 a 45 m y de 15 a 60 m respectivamente. Cruz (2010) y Carrasco (2011) en México reportaron tallas de 22 cm a 68 cm LT y 15.2 cm a 69.5 cm LT en profundidades de 15 a 20 m y 15 a 56 m respectivamente, mientras que en Costa Rica, Espinoza y colaboradores (2013) y Clarke y colaboradores (2014) registraron tallas de 13.6 cm a 78.3 cm LT y 15.1 cm a 78.3 cm LT en profundidades de 25 a 150 m y de 18 a 150 m respectivamente.

Considerando la ausencia de tallas mínimas en el presente estudio a diferencia de anteriores investigaciones, es posible que los organismos inmaduros prefieran hábitats de menor profundidad, ya que en aguas cálidas y poco profundas suelen tener abundantes recursos y hábitats estructuralmente complejos, que pueden favorecer el desarrollo de los elasmobranquios inmaduros (Simfendorfer y Millward, 1993), también es probable que la ausencia de estos organismos en el área pueda estar relacionada con la selectividad de las redes utilizadas. Oddone y Vooren (2005) consideran que la ausencia de juveniles de *Atlantoraja cyclophora* en los arrastres de pesca en el sur de Brasil se debe a que presentan una baja susceptibilidad a la red de arrastre que se empleó para realizar los muestreos. Estos autores citan a



Bigelow y Schroeder (1953) quienes afirman que los individuos de la familia Rajidae habitan parcialmente enterrados en el sedimento cuando se encuentran inactivos, por lo que al pasar la red de arrastre podrían no ser capturados. Este comportamiento en los juveniles y neonatos también ha sido observado en *Raja inornata* (Castillo, 2007), *Symterigia bonapartii* (Mabragaña *et al.*, 2002) y en *Urotrygon chilensis* (Rubio, 2009; Guzmán, 2010). Otra causa a este comportamiento es posible que se deba a fenómenos más complejos en los que intervendrían aspectos poblacionales (López, 2009).

Blanco (2009), también reportó diferencias entre tallas de *Z. exasperata* de diferentes áreas de muestreo, existiendo la posibilidad de que existan subpoblaciones en esta especie tal como lo comprobó Sandoval y colaboradores (2004) en *Rhinobatos productus* para las poblaciones de *Z. exasperata* en la costa occidental de Baja California Sur y el Golfo de California.

La mayor talla registrada para la raya ocelada en el presente estudio fue de 66 cm, siendo considerablemente menor a la longitud máxima de 91 cm reportada por Robertson y Allen (2008). En anteriores estudios no se ha capturado un individuo de talla similar a la máxima reportada, es posible que la diferencia de tamaños se deba a una identificación errónea, siendo un espécimen de otra especie del mismo género (probablemente *Z. exasperata*).

El dimorfismo sexual es un carácter común dentro del grupo de los elasmobranquios, existiendo una relación inversa entre la talla máxima y el crecimiento; usualmente, los machos son más pequeños que las hembras y alcanzan su talla máxima antes que éstas (Cortés, 2000; Braccini y Chiaramonte, 2002). Estas diferencias han sido halladas en *Urotrygon chilensis* (Rubio, 2009), *Urotrygon rogersi* (Mejía *et al.*, 2012), *Narcine bancroftii* (Grijalba *et al.*, 2012). Dentro de la familia Rhinobatidae este dimorfismo también es común y ha sido reportado a nivel mundial en tres de los cuatro géneros. Rhinobatos: *R. horkelli* (Texeira, 1982), *R. cemiculus* (Capapé y Zaouali, 1994), *R. rhinobatos* (Ismen *et al.*, 2007), *R. productus* (Downton, 1996; Márquez, 2007), *R. jimaranensis* y *R. penggali* (White y Dharmadi, 2007), *R. percellens*



(Grijalba *et al.*, 2008; Rocha y Gadig, 2013), *R. hynnicephalus* (Kume *et al.*, 2009) y *R. leucorhynchus* (Payán *et al.*, 2011). Trygonorrhina: *T. fasciata* (Marshall *et al.*, 2007) y *Zapteryx*: *Z. exasperata* (Villavicencio, 1995; Blanco *et al.*, 2009), *Z. brevirostris* (Abilhoa *et al.*, 2007; Colonello, *et al.*, 2011) y *Z. xyster* (Carrasco, 2011; Espinoza *et al.*, 2013). En el presente estudio esta diferencia también fue evidenciada, siendo las hembras un 12.88% más grande que los machos, concordando con las proporciones reportadas para *Z. exasperata* (Blanco, 2009) con 11% y para *Z. brevirostris* (Colonello, *et al.*, 2011) con 8.01%.). Este dimorfismo sexual se atribuye a una adaptación a la viviparidad, como respuesta de las hembras a la necesidad de poseer un mayor tamaño para albergar a las crías que tienen, brindándoles el espacio y el alimento necesario para su desarrollo (Ebert, 2005).

10.2. Proporción sexual

La población de *Z. xyster* en Santa Rosa mostró que la proporción sexual obtenida para todos los estados de madurez fue de 1H: 1M, mostrando que durante el año en Santa Rosa no existe segregación sexual. Proporción de 1H: 1M también se ha registrado en Colombia (Mejía *et al.*, 2006), mientras que en México (Carrasco, 2011) y en Costa Rica (Clarke *et al.*, 2014) las proporciones son diferentes a 1H: 1M, mostrando proporciones de 1 H: 1.4 M y 1.78 H: 1 M respectivamente. Estudios realizados en otras especies de *Zapteryx* indican también el cambio de agregación de las poblaciones en diferentes zonas de muestreo, ya que en *Z. exasperata* en México se han reportado proporciones de 5H: 1M en Bahía Almejas (Villavicencio, 1995) y de 1H: 1M en Sonora (Blanco, 2009) y para *Z. brevirostris* en Brasil se han obtenido proporciones de 17H: 1M (Santos *et al.*, 2006), mientras que para Argentina y Uruguay las proporciones fueron de 1H: 1M (Colonello *et al.*, 2011).

Rubio (2009), manifiesta que la poca segregación sexual garantiza la probabilidad de encuentro para el apareamiento. Esta agregación sexual podría también estar influenciada por los parámetros ambientales propios de la zona o características de vida de la especie.



10.3. Madurez sexual

La observación macroscópica de los machos permitió identificar las partes comunes del sistema reproductor: testículos, epidídimo y ductos deferentes. La morfología externa presenciada en los machos de *Z. xyster* es similar para la descrita para *Z. exasperata* (Blanco 2009) y en *Z. brevirostris* (Colonello, 2009) y concuerda a las descripciones realizadas por Cruz (2010) en la misma especie.

Se propone una escala de madurez para los machos estableciendo tres estados: juveniles y adultos, combinando características morfológicas internas y externas. Carrera (2004) manifiesta que al combinar las características morfológicas con la presencia de productos sexuales, se da mayor confiabilidad al momento de establecer el estado de madurez, principalmente en el período de transición.

La relación longitud total y longitud del gonopterigio es positiva. Los machos de tallas menores a 45 cm LT fueron inmaduros. Entre los 46 cm y 49 cm de LT se puede observar un pequeño salto en el crecimiento del gonopterigio, correspondiendo a los organismos en proceso de transición. Cruz (2010) reportó datos similares en la raya ocelada registrando 43.8 cm LT para machos inmaduros. Zona de transición de 44.4 cm a 46 cm LT y maduración total a los 47 cm LT, Carrasco (2011) estimó en 38 cm LT para organismos inmaduros y un proceso de transición a partir de esta misma medida, mientras que Clarke y colaboradores (2014), evidenciaron un intervalo de maduración que fue de los 42 cm a 47 cm LT. Estas diferencias probablemente disminuyeran si se obtuvieran datos de tallas de juveniles y neonatos, aunque pueden estar asociadas a características ambientales o a condiciones propias de vida de *Z. xyster* adaptadas con base a las condiciones de cada zona de estudio.

El desarrollo de los testículos también resulta útil para describir la madurez de los organismos. Además de las características morfológicas el ancho del testículo fue el que mostró mayor relación con la longitud total como un buen indicador de madurez (Romero, 2013). A medida que el individuo va



madurando y ganando talla, el testículo también va creciendo en longitud; sin embargo en el ancho de testículo no se presencié variación entre el estado II y estado III.

En el presente estudio la talla media de madurez se estimó en 46.87 cm. Clarke y colaboradores (2014) reportaron resultados similares en Costa Rica con 44.5 cm LT, mientras que en México, Carrasco (2011) estableció la talla media de madurez a los 41 cm alcanzando esta talla a la edad de entre 1 y 2 años.

Estos valores estimados en distintas investigaciones demuestran que los machos de *Z. xyster* de diferentes zonas del Pacífico Oriental Tropical tienden a madurar a tallas similares, teniendo un corto periodo de vida. Esto probablemente sea una ventaja evolutiva que permita estar dispuestos reproductivamente en toda la temporada.

Dentro del grupo de los peces cartilagosos, existen variaciones marcadas con respecto a la estructura y desarrollo del sistema reproductor, principalmente en hembras (Wourms 1977). Diferentes estudios hechos en rayas demuestran que existen especies con ovarios pareados y funcionales, mientras que en otras solo uno es funcional sea el izquierdo o el derecho, fenómeno que se presenta también en el oviducto, la glándula oviducal y el útero (conducto reproductivo) (Wourms 1981; Hamlett & Koob 1999; Lutton et al 2005; Fahy et al., 2007; López, 2009). Las hembras de *Z. xyster* al igual que las hembras de otras especies de rinobátidos, presentan dos ovarios y dos úteros funcionales, siendo categorizadas como vivíparas lecitotróficas, concorde a lo observado por Cruz (2009) en la misma especie.

En este estudio se estableció una escala de madurez, tomando en cuenta características de las estructuras reproductivas. Esta escala comprende 6 estados: inmaduras subadultas, maduras, con ovocitos fecundados, grávidas y postparto.



A medida que el organismo va creciendo la glándula oviducal también lo hace en tamaño. En los dos primeros estados (juveniles) la glándula oviducal presenta los anchos mínimos alcanzados. Hamlett (2005) describió la funcionalidad de esta estructura reproductiva, manifestando que en las especies vivíparas y ovovivíparas la glándula oviducal produce las cubiertas delgadas que separarán al embrión en desarrollo del útero, fertiliza al ovocito y además, almacena esperma para la posterior fecundación. Cuando las hembras de *Z. xyster* llegan al final del estado III los ovocitos están listos para ser fecundados, entrando en la fase de ovulación, para ello el ovocito es transferido del ovario a la glándula oviducal, se fertiliza y al mismo tiempo crea la cubierta denominada candela que separará al embrión del útero. En esta fase al albergar los ovocitos y al realizar estas funciones la glándula oviducal registra los mayores valores en su ancho, mientras que, al finalizar la fase de ovulación las hembras entran al estado IV, donde progresivamente la glándula oviducal volverá a su tamaño normal contemplándose su reducción a través del estado V.

Carrasco (2011) evidenció diferencias en las hembras inmaduras estimando de 15.2 cm a 40 cm LT las tallas con un ancho de glándula oviducal menor a 1.3 cm, mientras que para las hembras maduras muestras resultados análogos a lo reportado en este estudio donde el rango de talla fue de 40.1 cm a 69.6 cm, registrando anchos de glándula oviducal de 1.3 cm a 2.6 cm.

En el análisis del ovario no se expresó una diferencia en el tamaño con relación a la longitud total y los estados de madurez sexual. De acuerdo a lo expresado por Cruz (2009) las hembras con tallas menores a 47.5 cm LT presentaron ovarios indiferenciados, mientras que a partir de 51.2 cm LT las hembras fueron maduras con ovarios totalmente desarrollados. En el presente estudio se expresan diferencias en las hembras inmaduras ya que se encontró una hembra con ovarios indiferenciados midiendo 51.4 cm LT y es a partir de esta talla que todas las hembras están maduras, acorde a lo propuesto por Cruz. Este autor observó el almacén de esperma en la glándula oviducal en dos hembras maduras que midieron 51.2 cm y 61.4 cm LT



La fecundidad ovárica (21 ovocitos) hallada en las hembras de *Z. xyster* fue mayor a la fecundidad embrionaria (6 embriones). A lo largo del muestreo el número y diámetro de ovocitos maduros no difirió significativamente entre los ovarios derecho e izquierdo; Sin embargo el número total de ovocitos no aumentó con LT.

Se observó que a partir de 0.3 cm aparecen los ovocitos de coloración amarilla (vitelogénicos). El diámetro de los ovocitos en hembras maduras fue de 0.3 cm a 3.2 cm, ovulando a partir de 2.5 cm, mientras que Cruz (2009) reportó ovocitos diferenciados y listos para la fertilización en hembras maduras con medidas de 0.8 a 3 cm de diámetro, expresando diferencias en el diámetro mínimo pero similar en el máximo. Es decir que tienen a ovular a diámetros parecidos en las diferentes zonas de muestreo.

En individuos inmaduros se evidenció que tanto el largo como el ancho de útero expresan los valores mínimos, a medida que el organismo entra en maduración el útero crece, siendo en el estado IV donde aumenta considerablemente su tamaño al albergar huevos fecundados y por último los valores máximos en las medidas de esta estructura se las dan en el estado V más aún en la parte final de la gestación, dichas medidas pueden variar según la cantidad de embriones existentes en los úteros.

En este trabajo la talla medida de madurez en hembras de la raya ocelada se estimó en 49.87 cm LT. Carrasco (2011) menciona una longitud menor en la talla media siendo de 42 cm LT comenzando a madurar a la edad de 1 año y Clarke y colaboradores (2014) también expresan una medida similar al trabajo anterior con una media de maduración de 43 cm LT.

Romero (2013) en un estudio de reproducción de *S. californica* menciona que estas diferencias pueden deberse en parte a los criterios utilizados para la asignación de la madurez, ya que al ser subjetivos es posible que existan variaciones sobre todo en las etapa cercanas a la madurez, además se deben en gran medida a que los métodos para estimar la talla media de madurez son diferentes. Por otra parte Colonello (2009) exhibió diferencias en las tallas de



madurez de *Rioraja agassizi* y *Zapteryx brevirostris* en distintas áreas de muestreo manifestando que estos resultados se pueden dar por dos causas: diferencias interespecíficas, debido a que, en los condictios de amplia distribución geográfica es factible observar el incremento en determinados características de vida e incremento en los parámetros de historia de vida por la latitud; sin embargo estas tallas inferiores reportadas anteriormente para *Z. xyster* también podrían ser un resultado de una sobreexplotación pesquera por lo cual las hembras se ven obligadas a madurar a tallas inferiores (Stevens *et al.*, 2000)

Es común en elasmobranchios un dimorfismo sexual en la talla máxima y en la talla a la que se alcanza la madurez sexual. Si se considera el período definido entre la edad de madurez y la edad máxima observada, las hembras de rayas presentan los valores más altos dentro del conjunto de peces cartilaginosos (Frisk, 2010). Por lo general, cuando las hembras crecen más que los machos invierten los recursos en el crecimiento y esto se traduce a un retraso en la madurez sexual (Cortés, 2000). *Z. xyster* evidenció una talla media de madurez sexual de 49.87 cm LT en hembras, siendo superior a la talla de maduración en machos con 46.87 cm LT; sin embargo no es una diferencia muy marcada, al igual que sucede en México, donde Carrasco (2011), reportó una talla media de madurez de 42 cm LT en hembras y de 41 cm LT en machos, mientras que en Costa Rica, Clarke y colaboradores (2014) manifiesta que los machos maduran a una talla superior que las hembras con 44.5 cm y 43 cm LT respectivamente, estos autores mencionan que estos resultados necesitan interpretarse con precaución, los patrones de segregación de tamaño mostrados por *Z. xyster* en esta zona pueden haber afectado a la estimación de tamaños de madurez, citando a Ebert y colaboradores (2008), donde expresaron valores similares en la comunidad de rájidos en Sudáfrica.

En Rinobátidos también es común este dimorfismo sexual siendo reportado en *Zapteryx* (Blanco *et al.*, 2009; Colonello *et al.*, 2013), *Rhinobatos* (Capapé y Zaouali, 1994; Downton, 1996; Kume *et al.*, 2009; Grijalba *et al.*, 2008; Rocha y Gadig, 2013) y *Trygonorrhina* (Marshall *et al.*, 2007).



De manera general los elasmobranquios maduran sexualmente una vez que han alcanzado entre el 60 y 90% de su longitud total (Holden, 1974). En Santa Rosa los resultados fueron de 81.13% en machos y de 75.56%, coincidiendo a lo propuesto por Holden como carácter general en los elasmobranquios. Este comportamiento se ha observado en distintas especies de diferentes modos de reproducción (Downton, 1996; Braccini y Chiaramonte, 2002; Castillo, 2007; Rubio, 2009; Colonello, 2009).

En general, este patrón de dimorfismo sexual es relacionado con un incremento de la fecundidad de las hembras en función del aumento de la talla (Cortés, 2004) o probablemente se asocie con funciones hormonales que están sujetos a las variaciones ambientales (por ejemplo, la disponibilidad de alimento y temperatura del agua), resultando en una gama de tamaños de maduración, intra o inter-población (Rocha y Gadgig, 2013). Por otro lado Ebert (2005) y Sims (2003) mencionan que la diferencia en las tallas a las que maduran las hembras y los machos de los elasmobranquios dependen en gran medida del modo de reproducción, siendo que las hembras de especies vivíparas tienden madurar a mayores tallas que las ovíparas, a causa de la presión de selección para un tamaño de cuerpo más grande para satisfacer las mayores demandas de energía de desarrollo del embrión y el alimento.

La fecundidad uterina varió de 1 a 6 embriones con un promedio de 4 embriones por hembra. Kyne y Bennett (2002) expuso que en general la fecundidad en los rinobátidos es baja consistente con la condición general de los elasmobranquios, siendo *Aptychotrema rostrata* y *Aptychotrema vincentiana* los de mayor fecundidad (18 embriones). Para el género *Zapteryx* la fecundidad máxima ha sido reportado en *Z. exasperata* con 13 embriones (Blanco *et al.*, 2009), seguido por *Z. xyster* con 8 embriones (Clarke *et al.*, 2014) y por último *Z. brevirostris* con 6 embriones (Colonello *et al.*, 2011). Las diferencias en las estimaciones de la media de la fecundidad uterina entre poblaciones pueden ser una consecuencia de la distribución de la frecuencia de tallas de la porción de la población muestreada (Kyne y Bennett 2002), abortos en el momento de la captura que pueden llevar a una subestimación de la fecundidad (Mejía *et al.*, 2012).



En el estudio no se observó una relación lineal entre el número de embriones y la LT, resultados iguales han sido observados en *Rhinoptera steindachneri* (Bizarro *et al.*, 2007), *Rhinobatos percellens* (Grijalba *et al.*, 2008), *Dasyatis longa* (López, 2009), *Zapteryx brevirostris* (Colonello *et al.*, 2009), *Mobula japonica*, *M. munkiana* y *M. thurstoni* (Serrano, 2009), mientras que la relación positiva entre estas variables ha sido reportada en *Rhinobatos productus* (Downton, 1996), *Aptychotrema rostrata* (Kyne y Bennett, 2002), *Trygonorrhyna fasciata* (Marshall *et al.*, 2007), *Urotrygon chilensis* (Rubio, 2009), *Z. exasperata* (Blanco, 2009), *Rhinobatos hynnicephalus* (Kume *et al.*, 2009), *R. leucorhynchus* (Payán *et al.*, 2011), *Urotrygon rogersi* (Mejía *et al.*, 2012), y *Dasyatis americana* (Ramírez, *et al.*, 2012).

Un tamaño corporal grande en las hembras será seleccionado siempre que las hembras más grandes produzcan más y/o mayores crías, es decir, que la fecundidad esté relacionada positivamente con la talla (Lucifora, 2003). Colonello y colaboradores (2011), mencionan que la falta de correlación entre la LT con el número y tamaño de los embriones, podría ser una explicación a la falta de dimorfismo sexual en la LT50 de *Z. brevirostris*, dichas diferencias también están ocurriendo en el presente estudio.

10.4. Desarrollo embrionario

A partir de los 15 cm LT los embriones presentaban un desarrollo completo, siendo una réplica casi exacta de los adultos (diferencias en los patrones de ocelos). La talla máxima registrada en este estudio para un embrión fue de 16.9 cm sin presencia de saco vitelino externo, siendo probable que haya estado próximo a nacer.

Las menores tallas conocidas para un organismo libre es de 15.2 cm LT (Carrasco, 2011) y de 15.1 cm LT (Espinoza *et al.*, 2013). Clarke y colaboradores (2014) reportan el registro de un organismo de 13.6 cm LT. Sin embargo, dadas las características de desarrollo presenciadas en este y anteriores estudios es probable que este organismo sea causa de un aborto.



Con base a la frecuencia de tallas se puede deducir que en la zona de pesca hay predominancia de hembras grávidas que contienen embriones en fase terminal de la gestación.

Al estimar la curva de crecimiento para los embriones de *Z. xyster*, ésta sugiere que el crecimiento es de tipo isométrico ($b = 2.96$), lo cual significa que la longitud total y el peso de los organismos se incrementan en las mismas proporciones. Este mismo tipo de crecimiento fue presenciado por Romo (2007) en *Rhinobatos productus* con un coeficiente de $b = 3.045$.

En el análisis individual que se realizó para hembras y machos se presentó un tipo de crecimiento isométrico en hembras y un tipo de crecimiento alométrico negativo en machos, es decir, que se está dando un mayor crecimiento en longitud que en peso. Esta estimación probablemente cambie si se completan todos los datos en los espacios ausentes de la curva de la relación peso – longitud total.

Al igual que lo observado en los organismos de vida libre, la proporción sexual embrionaria fue de 1H: 1M. Se han encontrado resultados similares en proporción de embriones en *Z. exasperata* (Blanco *et al.*, 2009) y en *Z. brevirostris* (Colonello *et al.*, 2011)

Z. xyster en el Pacífico ecuatoriano presenta agregación sexual desde la fase de gestación y es mantenida por los organismos de vida libre en todos los estados de madurez sexual.

El vitelo es la única fuente de alimento durante el desarrollo del embrión en especies lecitotróficas (Hamlett & Koob, 1999). Los embriones de *Z. xyster* en la fase inicial de la gestación presentan un saco vitelino externo más grande que su cuerpo, a medida que el embrión crece, el vitelo que está conectado por medio del cordón umbilical se reduce ya que es el alimento del embrión, dicho peso perdido del vitelo externo se va incorporando como peso del embrión. Es por eso que cuando el embrión ya se encuentra en un desarrollo tardío el saco vitelino externo es absorbido totalmente y forma un saco vitelino interno que



será su alimento durante los primeros días de su nacimiento (Downton *op. cit.*, 1996). Este comportamiento es similar al de *R. productus* que al final del desarrollo reabsorben el vitelo y están listos para ser expulsados (Romo, 2007).

10.5. Ciclo reproductivo

Los valores máximos en el diámetro de los ovocitos se alcanzaron en el mes septiembre y en el mes de diciembre, estableciendo un indicativo de que la ovulación ocurre en estos meses y por ende el apareamiento. Es probable que en los primeros meses del año también se remita el mismo proceso, sugiriendo que la especie bien podría ovular en varios meses del año con un incremento en los meses de verano; no obstante, el tamaño de la muestra es limitado por lo que no se cuenta con información suficiente para definir con precisión el periodo de vitelogénesis.

Para el género *Zapteryx* se ha reportado cinco meses de vitelogénesis en *Z. exasperata* (Blanco *et al.*, 2009) y dos años de vitelogénesis en *Z. brevirostris* (Colonello *et al.*, 2011). Es probable que el comienzo y la dinámica de la vitelogénesis sean propias de cada especie y estén moldeadas por las condiciones ambientales del hábitat (Colonello y Cortés, 2014).

La talla mínima de vida libre conocido en un organismo de *Z. xyster* es de 15.1 cm LT (Carrasco, 2011; Clarke *et al.*, 2014), por lo tanto, se puede predecir que en Santa Rosa la raya ocelada no tendría un ciclo definido de nacimiento ya que los organismos nacerían en febrero, septiembre, octubre y diciembre.

Tomando en cuenta que los embriones más pequeños se colectaron en agosto y que se registran huevos fecundados en julio. Posiblemente estos embriones se desarrollarían desde julio hasta octubre o noviembre que serían los meses de nacimiento, siendo probable que el período de gestación en *Z. xyster* sea de cuatro o cinco meses. Para *Z. exasperata* se han reportado periodos de gestación de tres a cuatro meses (Villavicencio, 1995) y de cinco meses (Blanco *et al.*, 2009), mientras que para *Z. brevirostris* se ha reportado un año de gestación (Colonello *et al.*, 2011). Los resultados del presente trabajo



indican que esta zona se puede considerar como área de expulsión de crías. Sin embargo tal como lo manifiesta Payán (2006), se requiere de un estudio de al menos dos años, con monitoreos mensuales para poder determinar índices reproductivos como el Índice gonodasomático, hepatosomático y factor de condición con el fin de evaluar el ciclo reproductivo.

Con excepción del mes de agosto, desde julio hasta diciembre se observaron huevos fecundados en los úteros. Esta aparición de hembras en estado IV en todos estos meses podría ser indicadora de diapausa embrionaria. Wyffels (2009) define a la diapausa embrionaria como la aparición de huevos fertilizados sin embriones visibles durante periodos prolongados (meses), que surge como una consecuencia de las condiciones ambientales desfavorables o la segregación sexual (Blanco *et al.*, 2009). Este retraso en el desarrollo embrionario ha sido reportado en *Z. brevirostris* (Colonello *et al.*, 2011), probablemente esté presente en *Z. exasperata* (Blanco *et al.*, 2009) y en algunas especies de la familia Rhinobatidae (Lessa *et al.*, 1986; Marshall *et al.*, 2007).

Waltrick y colaboradores (2012) destacan que este fenómeno, no se ha encontrado aún en especies asincrónicas, y presumiblemente sería más difícil de determinar debido a las etapas de desarrollo embrionario inconsistentes entre los especímenes en cada momento del año, lo que podría potencialmente oscurecer largos períodos de desarrollo detenido. Estos autores también indican que la evaluación de la diapausa en estas especies sería posible a través de la evaluación de serie de individuos durante toda la gestación, tal vez mediante un método no destructivo, como la ecografía. Sin embargo, la probabilidad de que una especie asincrónica tenga diapausa es presumiblemente baja, dado que la diapausa no tendría ninguna ventaja de temporada que la reproducción asíncrona puede proporcionar a la especie.

Las hembras maduras de la raya ocelada presentaron un ciclo simultáneo entre la vitelogénesis y la gestación, debido a que los ovocitos y el tamaño de las crías mostraron una relación directa, es decir, que hubo un crecimiento paralelo entre la progenie y los ovocitos; sin embargo, al nacer los embriones, los



ovocitos no fueron lo suficientemente grande como para entrar en etapa de ovulación. Esto sugiere que una vez los embriones son expulsados, las hembras no quedan en capacidad de recomenzar el ciclo reproductivo y tendrían que esperar un tiempo más para que aquellos ovocitos adquieran su diámetro máximo y se dé la posterior ovulación. Capapé y colaboradores (1990) en un estudio realizado en dos tiburones del género *Squatina* (*S. squatina* y *S. aoculata*), denominaron a este fenómeno como vitelogénesis semi-retrasada.

Kyne y Bennett (2002) propusieron que las especies de rinobátidos se pueden dividir en dos grupos acorde al modo de reproducción: En un grupo, la vitelogénesis no avanza en paralelo con la gestación, lo que implica que el nacimiento y por lo tanto el apareamiento no son procesos simultáneos, siendo reportado en: *Z. exasperata*, *Z. brevirostris* y *A. rostrata* (Villavicencio, 1995; Colonello *et al.*, 2011; Kyne y Bennett, 2002) y otro grupo, donde la vitelogénesis procede en paralelo con la gestación, siendo reportado en: *R. cemiculus*, *R. rhinobatos*, *R. percellens*, *R. hynnicephalus*, *R. leucorhynchus*, *T. fasciata* y *Z. exasperata* (Capapé y Zaouali 1994; Ismen *et al.*, 2007; Marshall *et al.*, 2007; Grijalba *et al.*, 2008; Kume *et al.*, 2009; Blanco *et al.*, 2009; Payán *et al.*, 2011).

Este estudio representa el primer registro de un ciclo simultáneo con vitelogénesis semi-retrasada para una especie de la familia Rhinobatidae, por lo que tal como lo manifiestan Blanco y colaboradores (2009) y Colonello y colaboradores (2011), la clasificación propuesta por Kyne y Bennett (2002) debería ser reconsiderada.

En Santa Rosa la ausencia de picos en la actividad reproductiva de *Z. xyster* permitió catalogar a la población de hembras de la raya ocelada como asincrónica.

En una población de elasmobranquios, las hembras pueden ser reproductivamente sincrónicas o asincrónicas. Hembras sincrónicas se encuentran en la misma etapa del ciclo reproductivo, mientras que en una



población de hembras asincrónicas, todas pueden estar en diferentes etapas del ciclo reproductivo (Castro, 2009)

La mayoría de los elasmobranquios vivíparos tienen apareamiento sincrónico (Hamlett y Koob, 1999). En general, las hembras son sincrónicas en las especies que viven en aguas templadas, donde debe producirse el nacimiento en el momento más propicio para los jóvenes, para sobrevivir, generalmente en primavera o verano, cuando las temperaturas están bien dentro de las tolerancias térmicas de las especies y cuando la presa o la comida son abundantes. Las hembras suelen ser asincrónicas reproductivamente en especies que habitan en aguas tropicales, donde las condiciones estables del medio ambiente y las abundantes alimentos permiten la reproducción y el nacimiento durante todo el año (Castro, 2009).

Las adaptaciones reproductivas y ciclos de elasmobranquios tienen una base filogenética, pero son modificadas por factores ambientales. Estos ciclos reproductivos, casi siempre son un fenómeno estacional o cíclico, y en zonas tropicales donde las condiciones ambientales parecen ser relativamente estables por la débil estacionalidad pueden provocar hembras reproductivamente activas durante todo el año (Holden, 1975; Castro, 2009; Scenna, 2011).

Ciclos reproductivos sincrónicos se han estimado en: *Zapteryx exasperata* (Villavicencio, 1995), *Aptychotrema rostrata* (Kyne y Bennett, 2002), *Narcine bancroftii* (Moreno, 2007) *Trygonorrhina fasciata* (Marshall *et al.*, 2007) y *Zapteryx brevirostris* (Colonello *et al.*, 2011), mientras que ciclos reproductivos asincrónicos se han reportado en: *Atlantoraja cyclophora* (Oddone y Vooren, 2005), *Bathyraja albomaculata* (Ruocco *et al.*, 2006), *Dasyatis americana* (Ramírez *et al.*, 2012), *Rhinobatos percellens* (Rocha y Gadig, 2013) y *Dipturus chilensis* (Colonello y Cortés, 2014).



XI. CONCLUSIONES

- ✓ *Z. xyster* es la cuarta raya de mayor abundancia desembarcada en Santa Rosa, siendo descartada como parte de la fauna acompañante, con destino a la fabricación de harina de pescado.
- ✓ Las hembras presentan tallas superiores a las registradas en los machos, existiendo una diferencia del 12.88%. Predominado las tallas de organismos maduros.
- ✓ En la zona de estudio la raya ocelada no mostró segregación sexual, pero si mostró segregación por estados de madurez.
- ✓ Se identificaron tres estados de madurez en machos: inmaduros, subadultos, maduros; mientras que en las hembras cinco estados de madurez fueron identificados: inmaduras, subadultas, maduras, maduras con huevos fecundados y grávidas.
- ✓ Evidencia de dimorfismo sexual fue observado en la talla media de madurez, siendo las hembras las que maduran a tallas superiores con valores de 49.87 cm LT, a diferencia de los machos con 46.87 cm LT.
- ✓ La fecundidad ovárica fue estimada en 21 ovocitos, alcanzando la ovulación a partir de 2.5 cm de diámetro del ovocito; mientras que la fecundidad uterina fue estimada de 1 a 6 embriones con una media de 4 embriones.
- ✓ En embriones se observó un modo de reproducción vivíparo lecitotrófico, un tipo de crecimiento isométrico y al igual que los organismos de vida libre no se observó segregación sexual.
- ✓ *Z. xyster* presenta un ciclo simultáneo con vitelogénesis semi-retrasada, mientras que la población femenina mostró un ciclo reproductivo asincrónico.



XII. RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda realizar un monitoreo continuo completando el ciclo reproductivo de la especie a través de un año, abarcando además nuevas zonas de muestreo que permitan definir las áreas de reproducción y crianza de la raya ocelada.
- ✓ Considerando el tamaño corporal como un indicador de vulnerabilidad frente a la explotación pesquera. *Z. xyster* sería una especie vulnerable en las pesquerías de Santa Rosa debido a mayor captura de los organismos adultos por lo que se necesitarían evaluar los artes de pesca utilizados y estudios de supervivencia de este tipo de especies sin importancia comercial que componen los desembarques y el descarte.
- ✓ Realizar estudios histológicos para que junto a las características morfológicas externas permitan estimar de manera más precisa los parámetros de madurez sexual y determinar los índices reproductivos como el Índice gonodasomático, hepatosomático y factor de condición con el fin de evaluar el ciclo reproductivo.
- ✓ Sería interesante presenciar estudios de movimientos de las rayas para conocer su dinámica poblacional y determinar el porqué de la segregación por estados de madurez sexual.



XIII. BIBLIOGRAFÍA

Abilhoa, V. Bornatowski, H. y Oliveira, M., 2007. Some information on reproduction and embryonic development of the lesser guitarfish *Zapteryx brevirostris* in Southern Brazil. *Acta Adriatica*. 48 (2). 185 – 190 pp.

Álvarez del Villar, J., 1978. Los Cordados. Origen, evolución y hábitos de los vertebrados. Ed. CECSA. México D. F. 372 pp.

Barbini, S. A. 2011., Ecología trófica de las rayas (Chondrichthyes, Rajidae) en el ecosistema costero bonaerense y uruguayo. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina. 37 pp.

Baum, J. K., Myers, R. A., Kehler, D. G., Worm B., Harley, S. J., y Doherty P. A., 2003. Collapse and conservation of shark populations in the Northwest Atlantic. *Science* 299: 389-392 pp.

Beauchamp, J. J. y Olson, J. S., 1973. Corrections for bias in regression estimates after logarithmic transformation. *Ecology*. 54. 1403–1407 pp.

Bigelow, H. B., y Schroeder, W. C., 1953. Fishes of the Western North Atlantic. sawfishes, guitarfishes, skates, rays & chimaeroids. *Memoirs of the Sears Foundation for Marine Research*, 1(2): 416-427 pp.

Bizzarro, J.J., Smith, W.D., Hueter, R.E., Tyminski, J., Márquez–Farías, J.F., Castillo– Géniz, J.L., Cailliet, G.M., y Villavicencio–Garayzar, C.J., 2007. El estado actual de los tiburones y rayas sujetos a explotación comercial en el Golfo de California: Una investigación aplicada al mejoramiento de su manejo pesquero y conservación. Traducción por: J. Leonardo Castillo-Géniz. *Moss Landing Marine Laboratories Tech. Pub.* 2009–02

Blanco, M. P., 2009. Biología Pesquera de la guitarra pinta, *Zapteryx exasperata* (Jordan & Gilbert 1880), en la costa central de sonora, México.



Tesis de doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México. D. F. México. 103 pp.

Blanco, M. P., Márquez, F. y Galván, F., 2009. Reproductive biology of the banded guitarfish, *Zapteryx exasperata*, from the Gulf of California, México. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 2009, 89(8). 1655–1662 pp.

Blanco, M. P., Galván, F., Márquez, J. F., y Niño, C. A., 2012. Feeding ecology and trophic level of the banded guitarfish, *Zapteryx exasperata*, inferred from stable isotopes and stomach contents analysis. *Environ Biol Fish.* 95. 65 – 77 pp.

Braccini, J. M., y Chiaramonte, G. E., 2002. Reproductive biology of *Psammobatis extenta*. *Journal of Fish Biology* 61, 272–288 pp.

Brander, K. 1981. Disappearance of common skate *Raja batis* from the Irish Sea. *Nature (London)*, 290. 48–49 pp.

Calle, M. D., 2010. Ecología trófica del tiburón zorro pelágico *Alopias pelagicus* en Santa Rosa de Salinas, Pacífico Ecuatoriano. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 99 pp.

Castillo, J. L., 2007. Historia de vida y biología pesquera de la raya, *Raja inornata* (Jordan y Gilbert, 1881) del Norte del Golfo de California, México. Tesis de doctorado. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. México. 226 pp.

Camhi, M., Fowler, S., Musick, J., Bräutigam, A. y Fordham, S., 1998. Sharks and their relatives: Ecology and Conservation. Occasional Paper of the IUCN Species Survival Commission Occas. Pap. No. 20.

Capapé, C., Quignard, J. P., y Mellinger, J., 1990. Reproduction and development of two angel sharks, *Squatina squatina* and *S. oculata* (Pisces:



Squatinidae), off Tunisian coasts: semi-delayed vitellogenesis, lack of egg capsules, and lecithotrophy. *Journal of Fish Biology*, 37: 347–356 pp.

Capapé, C., y Zaouali, J., 1994. Distribution and reproductive biology of the blackchin guitarfish, *Rhinobatos cemiculus* (Pisces, Rhinobatidae), in Tunisian waters (Central Mediterranean). *Aust J Mar Freshwater Res* 45: 551–561 pp.

Cappetta, H., 1987. Chondrichthyes II: Mesozoic and Cenozoic Elasmobranchii, in *Handbook of Paleoichthyology*, Vol. 3B. H.-P. Schultze, Ed., Gustav Fischer Verlag, New York, 1–193 pp.

Carrasco, P. E., 2011. Edad y Madurez sexual de *Zapteryx xyster* Jordan y Evermann, 1986 (Chondrichthyes: Rhinobatidae); en el Golfo de Tehuantepec, Oaxaca, México. Tesis de licenciatura. Universidad del Mar campus Puerto Ángel, México. 86 pp.

Carrera, M. 2004. Biología reproductiva del tiburón azul *Prionace glauca* (Linnaeus, 1758) en la costa occidental de Baja California Sur, México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR-IPN). La Paz, Baja California Sur, México. 82 pp.

Carrier, J.C., Pratt Jr., H.L., y Castro, J.I., 2004. Reproductive biology of elasmobranchs. In: Carrier, J.C., Musick, J.A., Heithaus, M.R. (Eds.), *Biology of Sharks and their Relatives*. CRC Press, Boca Raton. 269–286 pp.

Casey, J.M. y Myers, R.A., 1998. Near extinction of a large, widely distributed fish. *Science*, 281: 690–692 pp.

Casper, B.M., Ebert, D.A. y, Kyne, P.M., 2009. *Zapteryx xyster*. The IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2014.1. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 14 July 2014.



Castro, J. I., 2009. Observations on the reproductive cycles of some viviparous North American sharks. *Aqua, International Journal of Ichthyology*. 15:205 – 222 pp.

Cione, A. L., 1999. First report of a Jurassic ray outside Europe, p 21-28. In: Arratia, G. & Schultze, H. P., (Eds): *Fossil Fishes: Systematic and Paleocology*. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München.

Clarke, T. M., Espinoza, M. y Wehrtmann, I., 2014. Reproductive ecology of demersal elasmobranchs from data-deficient fishery, Pacific of Costa Rica, Central America. *Fisheries Research* 157. 96-105 pp.

Coello, S., 2005. La Administración de los Chondrichthyes en Ecuador. Aportes para el Plan Nacional de Tiburones. UICN, Quito, Ecuador. 42 pp.

Coello D., Herrera M., Calle M., Castro R., Medina C., y Chalén X. 2010. Incidencia de tiburones, rayas, aves, tortugas y mamíferos marinos en la pesquería artesanal con enmalle de superficie en la caleta pesquera de Santa Rosa (Provincia de Santa Elena). Instituto Nacional de Pesca. Boletín especial, Año 2 N°3 ISSN 1390-6690. Ecuador.

Compagno, L. J. V., 1990. Alternative life-history styles of cartilaginous fishes in time and space. *Environmental Biology of Fishes* 28. 33-75 pp.

Compagno, L.J.V., 2005. Checklist of living Chondrichthyes. pp. 503-548. En: W.C. Hamlett (ed.), *Reproductive biology and phylogeny of Chondrichthyes: Sharks, Batoids and Chimaeras*. Science Publishers, USA.

Colonello, J., 2009. Ecología reproductiva de tres batoideos (Chondrichthyes): *Atlantoraja castelnaui* (rajidae), *Rioraja agassizi* (rajidae) y *Zapteryx brevirostris* (Rhinobatidae): implicancias de distintas estrategias adaptativas en un escenario de explotación comercial intensiva. Tesis de doctorado. Universidad Nacional de la Plata, Argentina. 181pp.



Colonello C. J., García, M. L. y Menni, R. C., 2011. Reproductive biology of the lesser guitarfish *Zapteryx brevirostris* from the south-western Atlantic Ocean. *Journal of Fish Biology*. 78. 287-302 pp.

Colonello C. J., y Cortés, F. 2014. Parámetros reproductivos de la raya *Dipturus chilensis* en el atlántico sudoccidental (34° s-48° s).

Conrath, C., 2005. Reproductive biology. In: Musick, J., Bonfil, R. (Eds.), *Management Techniques for Elasmobranch Fisheries*. FAO Fisheries Technical Paper 474, Rome, 103–126 pp.

Cortés, E., 2000. Life-history patterns and correlations in sharks. *Reviews in Fisheries Science* 8: 299-344.

Cruz. M., 2009. Variación de la malacofauna bentónica intermareal y submareal de la bahía de Santa Elena, Ecuador, entre el 2006- 2007. *Acta oceanográfica del Pacífico*. Volumen 15. Número 1. Ecuador. 12 pp.

Cruz, E., 2010. Descripción morfológica del aparato reproductor de la raya ocelada *Zapteryx xyster* (Jordan & Evermann, 1896) (Chondrichthyes: Rhinobatidae) en el Golfo de Tehuantepec. Tesis de licenciatura. Universidad del Mar campus Puerto Ángel, México. 82 pp.

Daniel, W. W., 2002. *Bioestadística: Base para el análisis de las ciencias de la salud*. 4a Edición. Editorial Limusa. México. 755 pp.

Dood, J. M., 1983. Reproduction in cartilaginous fishes (Chondrichthyes). En: *Fish Physiology*. Hoar, W. S., D. J. Randall y E. M. Donalson. (ed.). Academic Press, Inc. 9A:31-95

Downton, C. A., 1996. Estrategia reproductiva de *Rhinobatos productus* (Ayres, 1856) en la Costa Occidental de Baja California Sur, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. México. 59 pp.



Dulvy, N.K. y Reynolds, J. D. 2002. Predicting extinction vulnerability in skates. *Conservation Biology* 16(2): 440-450 pp.

Ebert, D., 2005. Reproductive biology of skates, *Bathyraja* (Ishiyama), along the eastern Bearing Sea continental slope. *Journal of Fish Biology* 66: 618-649

Ebert, D. A., Compagno, L. J. V. y Cowley, P. D., 2008. Aspects of the reproductive biology of skates (Chondrichthyes: Rajiformes: Rajoidei) from southern Africa. *ICES Journal of Marine Science* 65, 81–102.

Espinoza, M. Clarke, M. T. Villalobos, F. y Wehrtmann, I. S., 2013. Diet composition and diel feeding behaviour of the banded guitarfish *Zapteryx xyster* along the Pacific coast of Costa Rica, Central America. *Journal of Fish Biology*. 82. 286-305 pp.

Fahy, D. P., Spieler, R. E., y Hamlett, W. C., 2007. Preliminary observations on the reproductive cycle and uterine fecundity of the yellow stingray, *Urobatis jamaicensis* (Elasmobranchii: Myliobatiformes: Urolophidae) in southeast Florida, U.S.A. *The Raffles Bulletin of Zoology, Supplement No. 14*, pp. 131–139

Frisk, M.G., 2010. Life History Strategies of Batoids. En: Carrier, C., Musick, J.A., y Heithaus, M.R. (Eds.). *Biology of sharks and their relatives II. Biodiversity, adaptative physiology, and conservation*. CRC, Boca Raton, 283-316 pp.

García J. M., Cisneros, M. A., y Balmori, A., 2000. Performance of a bycatch reduction device in the shrimp fishery of the Gulf of California, México. *Biol. Conserv.*, 92:199–205 pp.

Grau, A.E., Mulligan T.J., y Hannah, R.W., 1997. Food habits, occurrence, and population structure of the bat ray, *Myliobatis californica*, in Humboldt Bay, California. *Environmental Biology of Fishes*. 49:227-238 pp.



Grijalba, M., Acero, P. A., y González, E., 2008. Biología reproductiva de *Rhinobatos percellens* (Walbaum, 1792) (Batoidea: Rajiformes) en el Caribe colombiano, Scientific Electronic Library Online - Chile.

Grijalba, M., Polo, C., Acevedo, K., Moreno, F., y Mojica, D., 2012. Aspectos tróficos y reproductivos de algunos batoideos capturados en Santa Marta, Mar Caribe de Colombia. Latin American Journal of Aquatic Research. Vol. 40. 300-315 pp.

Gonzalez, M. M. B., 2004. Nascimento de Raia – viola, *Zapteryx brevirostris* (Müller & Henle) (Chondrichthyes, Rhinobatidae), em cativeiro. Revista Brasileira de Zoologia 21 (4). 785-788 pp.

Gualancañay. E., 2009. Foraminíferos bentónicos de la bahía de Santa Elena – Ecuador, durante 2006 – 2007. Acta oceanográfica. Vol. 15. N. 1. 6 pp.

Guzmán, A. B., 2010. Estudio del contenido estomacal de la raya *Urotrygon chilensis* (Günther, 1871) (Myliobatiformes: Urolophidae) en el Golfo de Tehuantepec, México. Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional. México. 82 pp.

Hamlett, W.C., 1997. Reproductive modes of elasmobranchs. Shark News 9, 1–3 pp.

Hamlett, W. y Koob, T. J., 1999. Female reproductive system. In Sharks, skates and rays. The biology of elasmobranch fishes (ed. W. C. Hamlett), pp. 398–443. Baltimore, MD: The Johns Hopkins University Press.

Hamlett, W. C., 2005. Reproductive biology and phylogeny of chondrichthyes. Science Publisher. USA. 562 p

Holden, M. J., 1973. Are long-term sustainable fisheries for elasmobranchs possible. Fish stocks and recruitment. Rapports et Proces-Verbaux des Reunions Conseil International pour l'Exploration de la Mer, 164, 360-367 pp.



Holden, M. J., 1974. Problems in the rational exploitation of elasmobranch populations and some suggested solutions. In Sea fisheries research, pp. 117–137. Ed. by F. R. Harden- Jones. Elek Science, London.

Holden, M.J., 1975. The fecundity of *Raja clavata* in British waters. ICES J. Mar. Sci., 36 (2): 110- 118 pp.

Houillon, C., 1978. Sexualidad. Tercera Edición. Ediciones Omega. 668 pp.

Ismen, A., Yigin, C. e Ismen, P., 2007. Age, growth, reproductive biology and feed of the common guitarfish *Rhinobatos rhinobatos* (Linnaeus, 1758) in Iskenderum Bay, the eastern Mediterranean Sea. Fisheries Research 87, 263–269 pp.

Ixquiac, M. Franco, I. Lemus, J. Méndez, S. y López, A., 2009. Identificación, Abundancia, Distribución Espacial de Batoideos (Rayas) en el Pacífico Guatemalteco. Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología, Centro de Estudios del Mar y Acuicultura, Organización para la Conservación y el Medio Ambiente. FONACYT/CEMA/ONCA 79 pp.

Jiménez. S. R., 2009. El Niño en el Océano Pacífico Ecuatorial. Aspectos biológicos. Ecuador. 307 pp.

Jiménez. S. R., 1983. Variabilidad de las condiciones oceanográficas en el área del Frente Ecuatorial. Trabajo presentado en la consulta de Expertos para Examinar los cambios en la abundancia y composición por especies de recursos de peces neríticos, San José, Costa Rica.

Jiménez, P. y Béarez, P., 2004. Peces marinos del Ecuador continental / Marine fishes of continental Ecuador. SIMBIO/NAZCA/IFEA. Tomo II. Quito.

Jordan, D. S. y Evermann, B. W., 1986. The Fishes of North and Middle America: A descriptive catalogue of the species of fish-like vertebrates found in



the waters of North America, north of Isthmus of Panama. Part. 1. Bull. U. S. Nat. Mus., 47: 1240.

Joung, S. J., Chen, C. T. Clark, E. Uchida, S. y Huang, W. Y. P., 1996. The whale shark, *Rhincodon typus*, is a livebearer: 300 embryos found in one 'megamamma' supreme. Environmental Biology of Fishes 46: 219-223 pp.

Kume, G., Furumitsu, K., Tanaka, S. y Yamaguchi, A., 2009. Reproductive biology of the guitarfish *Rhinobatos hynnicephalus* (Batoidea: Rhinobatidae) in Ariake Bay, Japan. Environmental Biology of Fishes 85, 289–298.

Kyne, P. M., y Bennett, M. B., 2002. Reproductive biology of the eastern shovelnose ray, *Aptychotrema rostrata* (Shaw & Nodder, 1794) from Moreton Bay, Queensland, Australia.

Lara G., 2004. Efectos de la pesca atunera con arte de red de cerco en especie no objetivo capturadas incidentalmente en el Oceano Pacífico colombiano. Tesis de Licenciatura. Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. 105 pp.

Lessa, R. y Vooren, C., 2007. *Rhinobatos horkelii*. IUCN 2010. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.4. (Consultado: 10 diciembre 2011, www.iucnredlist.org).

López, J. G., 2009. Aspectos biológicos de la raya látigo *Dasyatis longa* (Pisces: Dasyatidae) de la Zona Central del Pacífico colombiano. Tesis de licenciatura. Universidad del Valle. Colombia. 103 pp.

Lucifora, L.O., 2003. Ecología y conservación de los grandes tiburones costeros de Bahía Anegada, Provincia de Buenos Aires, Argentina. Tesis de doctorado. Universidad Nacional de Mar del Plata. Argentina 405 pp.

Lutton, B. V., George, J. St., Murrin, C. R., Fileti, L. A., y Callard, I. P., 2005. The elasmobranch ovary. Pages 237 – 281. In: W. C. Hamlett (ed.).



Reproductive Biology and Phylogeny of Chondrichthyes: Sharks, batoids and chimaeras. Science Publishers, Enfield, NH, USA.

Mabragaña, E., Lucifora, L.O., y Massa, A. M., 2002. The reproductive ecology and abundance of *Sympterygia bonapartii* endemic to the south-west Atlantic. *Journal of Fish Biology*. 60: 951- 967pp.

Márquez, J.F., 2007. Reproductive biology of shovelnose guitarfish *Rhinobatos productus* from the eastern Gulf of California, México. *Mar. Biol.*, 151: 1445-1454 pp.

Martínez, J., y García, M., 2013. Guía de Campo Condriactios del Ecuador. Quimeras, Tiburones y Rayas. Martínez, J., (ed). Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) / Viceministerio de Acuacultura y pesca (VMAP) / Subsecretaría de Recursos Pesqueros (SRP), 246 pp.

Marshall, L. J., White, W. T., y Potter, I. C., 2007. Reproductive biology and diet of the southern fiddler ray, *Trygonorrhina fasciata* (Batoidea: Rhinobatidae), an important trawl bycatch species. *Marine Freshwater Res* 58:104–115 pp.

McEachran, J. D., y Di Sciara, G. N., 1995. Peces batoideos. Guia FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental, 2, 745-792 pp.

McEachran, J. D. y Aschliman, N., 2004. Phylogeny of Batoidea. In: *Biology of sharks and their relatives*. Jeffrey C. Carrier, John A. Musick, and Michael R. Heithaus. (Ed). CRC Marine Biology series. 79 – 113 pp.

Mejía, P. A., Navia, A. F., y Giraldo, A., 2006. Notas biológicas de la raya ocelada *Zapteryx xyster* Jordan & Evermann, 1896 (Chondrichthyes: Rhinobatidae) en la zona central de pesca del Pacífico colombiano. *Invest. Mar.*, Valparaíso, 34(2): 181-185 pp.



Mejía, P. A. Navia, A. F. y Cortés, E., 2012. Reproductive parameters of *Urotrygon rogersi* (Batoidea: Urotrygonidae): a species with a triannual reproductive cycle in the eastern tropical Pacific Ocean. *Journal of Fish Biology* 79: 1-121 pp.

Mollet, H. F., Cliff, G., Pratt, H. L. Jr. y Stevens, J. D. (2000). Reproductive biology of the female shortfin mako, *Isurus oxyrinchus* Rafinesque, 1810, with comments on the embryonic development of lamnoids. *Fishery Bulletin* 98, 299–318 pp.

Muñoz, L. A., 2009. Zoogeografía de rayas (Chondrichthyes: Batoidea) del Pacífico Oriental Tropical. Tesis de Licenciatura. Universidad del Valle, Colombia. 62 pp.

Musick, J.A. y Ellis, J. K., 2005. Reproductive evolution of chondrichthyes. In: *Reproductive Biology and Phylogeny of Chondrichthyes: Sharks, Batoids and Chimaeras*, W.C. Hamlett (Ed.). Science Publishers, Enfield, Vol. 3, pp. 45-79 pp.

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

Navia, A.F. Mejía, P. A. y Giraldo, A., 2007. Feeding ecology of elasmobranch fishes in coastal waters of the Colombian Eastern Tropical Pacific. *BMC Ecology*, 7: 8.

Nelson, J. S., 2006. *Fishes of the World*. 4a. ed. John Wiley y Sons. USA. 622 pp.

Oddone, M. C., y Vooren, C. M., 2005. Reproductive biology of *Atlantoraja cyclophora* (Regan 1903) (Elasmobranchii: Rajidae) off southern Brazil. ICES (International Council for the Exploration of the Sea) *Journal of Marine Science* 62:1095–1103 pp.



Okuda. T., Valencia. M., y Trejos de Suéscum. R., 1983. Nutrientes en las aguas superficiales y subsuperficiales en el área frente al Ecuador. Acta oceanográfica, Pacífico. INOCAR. 2. 20 pp.

Pak. H, y Zaneveld. J., 1974. Equatorial Front in the Eastern Pacific Ocean. J. Phys. Oceanogr.. 4.8pp.

Pauly, D., 1983. Algunos métodos simples para la evaluación de recursos pesqueros tropicales. FAO Doc. Téc. Pesca, Roma, 234 pp.

Payán, L. F., 2006. Aspectos taxonómicos y biológicos de la raya guitarra *Rhinobatos leucorhynchus* (Pisces: Elasmobranchii) del Pacífico colombiano. Tesis de licenciatura. Universidad del Valle. Colombia. 68 pp.

Payán, L.F., Navia, A., Rubio E., y Mejía, P., 2011. Biología de la raya guitarra *Rhinobatos leucorhynchus* (Gunter, 1867) (Rajiformes: Rhinobatidae) en el Pacífico colombiano. Lat. Am. J. Aquat. Res., 39(2): 286-296 pp.

Pratt, H. L., 1979. Reproduction in the blue shark, *Prionace glauca*. Fishery Bulletin 77, 445–470 pp.

Pratt, H.L., Jr. y Casey, J. G., 1990. Shark reproductive strategies as a limiting factor in directed fisheries, with a review of Holden's method of estimating growth parameters. pp. 97–109. In: H.L. Pratt, Jr., S.H. Gruber & T. Taniuchi (ed.) Elasmobranchs as Living Resources: Advances in Biology, Ecology, Systematics and Status of the Fisheries, NOAA Tech. Rep. NMFS 90

Ramírez, E., Pérez, J. C., y Mendoza, M., 2012. Reproductive parameters of the southern stingray *Dasyatis americana* in southern gulf of Mexico. Latin American Journal of Aquatic Research. 40 (2). 335 – 344 pp.

R Development Core Team. 2011. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. URL <http://www.R-project.org/>.



Revelo, W., y Guzmán. M., 1997. Estudio sobre la gestión de la pesca artesanal en regiones pobres: La pesca artesanal en Santa Rosa de Salinas – Provincia del Guayas. Guayaquil, Ecuador. FAO. 44 pp.

Robertson, D. R., y Allen, G. R., 2008. Shorefishes of the tropical Eastern Pacific online information system.

Rocha, F., y Gadig O. B. F., 2013. Reproductive biology of the guitarfish *Rhinobatos percellens* (Chondrichthyes, Rhinobatidae) from the Sao Paulo Coast, Brazil, western South Atlantic Ocean. Journal of Fish biology. 82, 30-317 pp.

Romero, M., y Bustamente, M., 2007. Estudio de tiburones con fines de conservación y uso sostenible. Informe anual

Romero, A. F., 2013. Biología reproductiva del tiburón angelito *Squatina californica* (Ayres, 1859) en el Suroeste del Golfo de California, México. Tesis de maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR-IPN). La Paz, Baja California Sur, México. 66 pp.

Romo, A. E., 2007. Caracterización del modo de reproducción del pez guitarra *Rhinobatos productus* Ayres, 1856 con base en el desarrollo y alimentación embrionaria. Tesis de maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. México. 66 pp.

Rubio, M. S., 2009. Aspectos reproductivos de la raya *Urotrygon chilensis* (Günther, 1871) en las costas de Sinaloa, México. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 75 pp.

Ruiz Durá, Ma. Fernanda., 1988. Fundamentos de Embriología y Fisiología de la Reproducción. Universidad Autónoma De México (UNAM). México. 373 pp

Saa. I. R., 2012. Diagnóstico pesquero artesanal en la caleta de Santa rosa del cantón Salinas: artes de malla de fondo para la captura de peces demersales



(Enero-Diciembre 2011). Tesis de Licenciatura. Universidad Estatal Península de Santa Elena. Ecuador. 174 pp.

Sandoval, J., Rocha, A., Villavicencio, C., y Balart, E., 2004. Cryptic isolation of the Gulf of California shovelnose guitarfish evidenced by mitochondrial DNA. *Mar. Biol.* 145, 983–988 pp.

Santos, C. Menezes, G. Brombatti, K. C. y Spach, H. L., 2006. Estrutura populacional da raia-viola *Zapteryx brevirostris* (Chondrichthyes, Rhinobatidae), na plataforma adjacente à Baía de Paranaguá, PR. *Acta Biologica Leopoldesia*. 28 (1). 32- 37 pp.

Scenna, L.B., 2011. Biología y ecología reproductiva de las especies del género *Bathyraja* (Elamobranchii, Rajidae) en la plataforma continental argentina. Tesis de Doctorado, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata. Argentina. 176 pp.

Séret, B., 1986. Classification et phylogénèse des Chondrichthyens. *Oceanis* 12:161–180 pp.

Serrano, J. N., 2009. Estudio comparativo de la reproducción de tres especies del género *Mobula* (Chondrichthyes: Mobulidae) en el suroeste del Golfo de California, México. Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional. México. 86 pp.

Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA) 2003. Anuario Estadístico de Pesca 2003. Valparaíso.

Silva, F. M.S. 2001. Taxas de crescimento populacional intrínseco de tubarões: uma contribuição para o plano de manejo de elasmobrânquios no Brasil. Dissertação de mestrado de Oceanografia Biológica da Universidade Federal de Pernambuco. 75 pp.



Simfendorfer, C.A., y Millward, N.E., 1993. Utilisation of a tropical bay as a nursery area by sharks of the families Carcharhinidae and Sphyrnidae. *Environ. Biol. Fish.* 37, 337–345 pp.

Sims, D. W., 2003. Tractable models for testing theories about natural strategies: foraging behaviour and habitat selection of free-ranging sharks. *Journal of Fish Biology* 63, pp. 53–73

Smith, W. D., Bizarro, J. J., y Cailliet, G. M., 2009. The artisanal elasmobranch fishery on the east coast of Baja California, Mexico: Characteristics and management considerations. *Ciencias Marinas.* 35 (2). 209 – 236 pp.

Solís. P., 1998. Diagnóstico de la actividad pesquera artesanal en el puerto de Santa Rosa, Provincia del Guayas. Volúmen XVI. Número 1. 10 pp.

Stevens, J.D., Bonfil, R., Dulvy, N. y Walker, P., 2000. The effects of fishing on sharks, rays, and chimaeras (chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. *ICES Journal of Marine Science*, 57: 476–494 pp.

Tanaka, S., Shiobara, Y. Hioki, S. Abe, H. Nishi, G. Yano, K. y Suzuki. K., 1990. The reproductive biology of the frilled shark *Chlamydoselachus anguineus* from Suruga Bay Japan. *Japanese Journal of Ichthyology* 37: 273-291 pp.

Texeira, R.P., 1982. Biologie et dynamique des populations de *Rhinobatos horkelli* (Muller & Henle, 1841) du plateau continental du Rio Grande du Sul (Brasil). Thèse du Doctorat de Spécialité en Oceanographie, Université de Bretagne Occidentale, 234 pp.

Tigrero, W. G., 2012. Esfuerzo pesquero y aspectos de la biología reproductiva del tiburón aguado *Prionace glauca*, (Linnaeus, 1736), desembarcado en el puerto de Santa Rosa, durante el periodo de diciembre 2010 – noviembre 2011. Tesis de Licenciatura. Universidad Estatal Península de Santa Elena. Ecuador. 125 pp.



Tyler C.R. y J. P. Sumpter., 1996. Oocyte growth and development in the teleosts. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. Vol 6: 287-318 pp.

Villavicencio, C., 1995. Biología reproductiva de la guitarra pinta, *Zapteryx exasperata* (Pisces: Rhinobatidae), en Bahía Almejas, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas*, 21(2): 141-153 pp.

Walker, P. L., y Deniro, D. J., 1986. Stable nitrogen and carbon isotope ratios in bone collagen as indices of prehistoric dietary dependence on marine and terrestrial resources in Southern California. *Am. J. Phys. Anthropol.* 71, 51–61 pp.

Walker, P. A., 1996. Ecoprofile Rays and Skates on the Dutch Continental Shelf and North Sea. NIOZ/RWS Report No. 3053, 69 pp.

Waltrick, D., Awruch, C., y Simpfendorfer, C., 2012. Embryonic diapause in the elasmobranchs. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* (in press). doi: 10.1007/s11160-012- 9267-5

White, W. T., y Dharmadi., 2007. Species and size composition and reproductive biology of rays (Chondrichthyes, Batoidea) caught in target and non-target fisheries in eastern Indonesia. *Journal of Fish Biology* 70, 1809–1837 pp.

White, W.T., Platell, M. E., y Potter, I. C., 2001. Relationship between reproductive biology and age composition and growth in *Urolophus lobatus* (Batoidea: Urolophidae). *Mar Biol* 138: 135–147 pp.

Wourms, J. P., 1977. Reproduction and development in chondrichthyan fishes. *American Zoologist* 17: 379-410 pp.

Wourms, J. P. 1981., Viviparity: The maternal-fetal relationship in fishes. *American Zoologist* 21(2): 473-515 pp.



Wourms, J. P. y Lombardi, J., 1992. Reflections on the evolution of piscine viviparity. *American Zoologist* 32: 276-293 pp.

Wyffels, J. T., 2009. Embryonic development of chondrichthyan fishes—a review. In: Kunz YW, Luer CA, Kapoor BG, editors. *Development of non-teleost fishes*. Enfield: Science Publishers. 1–103 pp.

Zapata W. 2006. Perfil económico y social de la cadena productiva de la pesca blanca y el tiburón en el Pacífico colombiano. INPA-COLCIENCIAS. Buenaventura. 14pp.

Zarrate, D. A., 2008. Análisis histórico sobre la fauna acompañante de la pesca de Arrastre del Camarón de Aguas Someras (FACAS) en el Pacífico colombiano. Tesis de Licenciatura. Universidad Jorge Toledo Lozano. Bogotá, Colombia. 98 pp.

Zeeberg, J. Corten, A. y de Graaf, E., 2006. Bycatch and release of pelagic megafauna in industrial trawler fisheries off Northwest Africa. *Fisheries Research* 76 : 186–195 pp.