ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Marítima, Ciencias Biológicas, Oceánicas y Recursos Naturales

"ESTUDIO DEL CICLO GONADAL DEL CAMOTILLO (*Paralabrax albomaculatus*) EN LA PROVINCIA INSULAR DE GALÁPAGOS"

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

BIÓLOGO

Presentado por:

CAROLINA PATRICIA CHONG MONTENEGRO

Guayaquil – Ecuador

2014

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo fue posible gracias la Fundación Charles Darwin. Mi profundo agradecimiento al Programa de Voluntarios y Becarios, y al Departamento de Investigaciones en Pesquerías y Tiburones de la FCD.

Mi expresa gratitud a Ph.D. Pelayo Salinas de León, por su apoyo durante todo el proceso de la realización de esta tesis; a Isabel Haro por su ayuda y tiempo; a los voluntarios de Biomar por su colaboración en el procesamiento y recolección de muestras.

A las personas que aportaron con mi formación académica y profesional: M.Sc. Paul Tompkins, Ph.D. Franz Smith, Blgo. Harry Reyes, M.Sc. Ecuador Marcillo, Ph.D. Marcelo Muñoz, M.Sc. Jerry Landivar, M.Sc. Ricardo Laica.

Mi familia, por su apoyo desde la distancia, por su motivación para continuar, por su paciencia y su amor incondicional.

DEDICATORIA

A mi familia, mi madre Patricia, mi padre Miguel y a mi hermano Nicolás, y sobre todo a Dios por permitirme disfrutar de ellos.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ph.D. Paola Calle
PRESIDENTE

M.Sc. Ecuador Marcillo
DIRECTOR

M.Sc. Jerry Landivar
VOCAL PRINCIPAL

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Fundación Charles Darwin y a la Escuela Superior Politécnica del Litoral".

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL modificado mediante convenio con la FCD)

_____

Carolina Patricia Chong Montenegro

RESUMEN

El camotillo (*Paralabrax albomaculatus*) es un pez endémico de las Islas Galápagos, apreciado por su valor comercial para la comunidad pesquera local. En la actualidad está clasificado como especie en peligro por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Este trabajo tiene como objetivo estudiar la biología reproductiva del camotillo con el fin de informar planes de manejo que ayuden a mejorar su estado de conservación. 584 gónadas se recolectaron entre junio 2013 y marzo 2014, provenientes de la Bioregión Centro-Sur-Este de las Islas Galápagos. La población estudiada fue representada por 416 hembras (389 ± 67 mm LT) y 117 machos (520 ± 90 mm LT), presentando una proporción de 4:1, respectivamente. Para describir los cambios de las gónadas a través del ciclo reproductivo, fueron examinadas histológicamente un total de 196 gónadas. Los resultados cuantitativos del índice gonadosomático y análisis cualitativos de los resultados histológicos revelaron que la temporada de desove inicia en noviembre y se extiende hasta marzo, coincidiendo con el aumento de temperatura del mar a aguas más cálidas. Basado en estos resultados el camotillo se considera como una especie de desove de verano, con una estrategia reproductiva conocida como gonocorismo secundario. Este estudio presenta información indispensable sobre el ciclo reproductivo del camotillo para futuros planes de manejo.

Palabras Claves: Serranidae, *Paralabrax albomaculatus*, gonocórico secundario, biología reproductiva, Galápagos.

ABSTRACT

The camotillo (*Paralabrax albomaculatus*) is an endemic fish from the Galapagos Islands, known for its commercial value in the local fishing community. The camotillo is currently classified as endangered species by the International Union for the Conservation of Nature (IUCN). This work aims to study the reproductive biology of the camotillo in order to inform management plans to improve its conservation status. 584 samples were collected from June 2013 through March 2014 from the Bioregion Center-South-East of the Galapagos Islands. The studied population was represented by 416 females (389 ± 67 mm TL) and 117 males (520 ± 90 mm TL), the sex ratio was 4:1, respectively. To describe histological changes of gonads through the reproductive cycle a total of 196 gonads were histologically examined. Quantitative results from the gonadosomatic index and qualitative analyzes of the histological results of the gonads revealed that the spawning season begins in November and extends through March, coinciding with seasonally increasing sea temperature to warmer waters. Based on these results Camotillo is considered as a summer spawning species, with a reproductive strategy known as secondary gonochorism. This study presents valuable data of camatillo's reproductive cycle that can be used for future management plans.

Keywords: Serranidae, *Paralabrax albomaculatus*, secondary gonochorism, reproductive biology ,Galapagos

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN……..VI

ABSTRACT……VII

ÍNDICE GENERAL..... VIII

ABREVIATURAS.....XI

ÍNDICE DE FIGURAS.....XII

ÍNDICE DE TABLAS XIV

ÍNDICE DE ANEXOS..... XV

INTRODUCCIÓN 16

CAPITULO I. Información general..... 18

1.1. La Reserva Marina Galápagos 18

1.1.1. Condiciones geológicas y oceanográficas de las Islas Galápagos 19

1.1.1.1 Afloramientos..... 21

1.1.2 Biogeografía..... 22

1.1.3 Condiciones Climáticas..... 24

1.1.3.1. El Niño: Oscilación del Sur..... 24

1.1.4. La creación de un Plan de Manejo para la RMG 25

1.4.1 Zonificación de la RMG 26

1.2. La pesca en las Islas Galápagos 27

1.3. Área de Estudio..... 30

1.4 Descripción del Camotillo..... 31
1.4.1 Aspectos biológicos externos..... 32
1.4.2 Rango de Distribución..... 33
1.4.3 Estado en la UICN..... 33
CAPITULO II. Metodología..... 34
2.1 Trabajo de campo..... 34
2.2. Trabajo de laboratorio..... 35
2.2.1 Laboratorio húmedo..... 35
2.2.2. Laboratorio para histología de gónadas..... 37
2.2.3. Fecundidad total..... 37
2.3. Análisis de muestras..... 38
2.3.1 Análisis histológicos..... 38
2.3.2 Análisis de estimación de fecundidad total..... 48
CAPITULO III. Resultados..... 49
3.1. Proporción de sexos y potencial reproductivo..... 49
3.1.1 Estimación de fecundidad..... 51
3.2. Índice Gonadosomático..... 53
3.2.1. Resultados histológicos..... 55
3.3. Relaciones Biométricas..... 58
3.3.1. Índice de condición o índice de Fulton..... 60
3.3.2. Índice hepatosomático (IHS)..... 63
3.3.3. Relación longitud-peso..... 65

CAPITULO IV. Análisis y discusión 69

4.1. Análisis histológicos 69

4.1.1. Análisis de índices y relaciones biométricas 71

4.2. Análisis de desarrollo y madurez sexual 74

4.3. Relación longitud-peso 77

4.4. Impacto sobre la pesca 78

CONCLUSIONES 83

RECOMENDACIONES 85

BIBLIOGRAFÍA 88

ABREVIATURAS

CEN	Corriente Ecuatorial del Norte
CES	Corriente Ecuatorial del Sur
CHL	Clorofila
CP	Corriente de Perú
ENOS	El Niño Oscilación Sur
FC	Factor de Condición de Fulton
FCD	Fundación Charles Darwin
FE	Frente Ecuatorial
IGS	Índice Gonadosomático
IHS	Índice Hepatosomático
PM	Plan de Manejo
PNG	Parque Nacional Galápagos
RMG	Reserva Marina de Galápagos
SCE	Sub-Corriente Ecuatorial
DPNG	Dirección Parque Nacional Galápagos
TSM	Temperatura Superficial del Mar
ZCIT	Zona de Convergencia Inter-Tropical

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Imagen satelital de las Islas Galápagos, detallando la Línea Base (azul) y La Reserva Marina Galápagos (Líneas punteadas). 19

Fig. 2 Diagrama de las corrientes oceánicas principales de las Islas Galápagos 21

Fig. 3 Bioregiones del Archipiélago de Galápagos..... 23

Fig. 4 Foto de *Paralabrax albomaculatus* eviscerado. 30

Fig. 5 Sitios donde provienen las muestras de *Paralabrax albomaculatus.* 32

Fig. 6 Diferenciación morfológica de las gónadas de (*Paralabrax albomaculatus*) A) gónada masculina B) gónada femenina..... 35

Fig. 7 Desarrollo oogonial en ovario de *P. albomaculatus*..... 39

Fig. 8 Modelo conceptual de las diferentes fases de desarrollo gonadal. 41

Fig. 9 Estadios de desarrollo de gónadas femeninas..... 43

Fig. 10 Estadios de desarrollo de gónadas masculinas……..45

Fig. 11 Presunto hermafroditismo..... 47

Fig. 12 Histograma de distribución de longitudes total de la población de *Paralabrax albomaculatus* en la Reserva Marina de Galápagos..... 50

Fig. 13 Longitudes promedio mensuales de *P. albomaculatus* durante el periodo de estudio. 51

Fig. 14 Estimación de la fecundidad total por longitudes..... 53

Fig. 15 Relación gonadosomática en *Paralabrax albomaculatus* durante el periodo de estudio 55

Fig. 16 Distribución porcentual de los estadios de desarrollo gonadal en hembras de *Paralabrax albomaculatus.* 56

Fig. 17 Distribución porcentual de los estadios de desarrollo gonadal en machos de *Paralabrax albomaculatus.* 57

Fig. 18 Relaciones biométricas en hembras de *Paralabrax albomaculatus* 58

Fig. 19 Relaciones biométricas en machos de *Paralabrax albomaculatus* 59

Fig. 20 Índice de condición de Fulton *Paralabrax albomaculatus* durante el periodo de estudio. 62

Fig. 21 Comparación de índice de condición de Fulton (anaranjado) y el índice gonadosomático (negro) en hembras de *Paralabrax albomaculatus* durante el periodo de estudio 63

Fig. 22 Índice Hepatosomático *Paralabrax albomaculatus* durante el periodo de estudio. 65

Fig. 23 Relaciones longitud-peso en *Paralabrax albomaculatus* en machos 69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I Descripción microscópica de los estadios de desarrollo gonadal de hembras *Paralabrax albomaculatus* basado en análisis histológicos. 42

Tabla II Descripción microscópica de los estadios de desarrollo gonadal de machos *Paralabrax albomaculatus* basado en análisis histológicos. 44

Tabla III Individuos recolectados para análisis de fecundidad total. 48

Tabla IV Estimación de fecundidad total de *Paralabrax albomaculatus* 52

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A - Protocolo para embeber en parafina 87

INTRODUCCIÓN

El camotillo (*Paralabrax albomaculatus*) es un pez endémico de las Islas Galápagos, además es una especie de gran interés comercial para el sector pesquero insular como sustento económico, y de importancia nutricional como fuente de aporte proteico. En la actualidad *P. albomaculatus* está clasificado como especie en peligro por la lista de especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) debido a su sobrexplotación provocando una reducción en la abundancia de esta especie en los últimos años [1].

En la actualidad la Dirección del Parque Nacional Galápagos (DPNG) no presenta ninguna regulación sobre la pesquería del camotillo, ni tamaños mínimos de desembarque, calendario pesquero o captura total permisible. Además no existen estudios sobre su historia de vida, incluyendo su biología reproductiva, información clave para la toma de decisiones sobre la regulación pesquera de esta especie.

El objetivo principal de este estudio es estudiar la biología reproductiva del camotillo, con el fin de informar planes de manejo pesquero que ayuden a mejorar su estatus de conservación en la RMG. Complementando este estudio con los siguientes objetivos específicos:

1. Determinar el pico reproductivo de *P. albomaculatus* durante el periodo de estudio mediante análisis de la relación gonadosomática del estado de madurez del pez.
2. Determinar los estadios de desarrollo de las gónadas de *P. albomaculatus* mediante histología.
3. Determinar la estrategia reproductiva de *P. albomaculatus*.
4. Conocer las relaciones biométricas de *P. albomaculatus.*
5. Estimar la fecundidad de las hembras de *P. albomaculatus*.

Este estudio pretende revelar información clave sobre la biología reproductiva de esta especie con la que informar acciones de manejo como la adopción de tallas mínimas y un calendario pesquero que aseguren la conservación de esta especie.

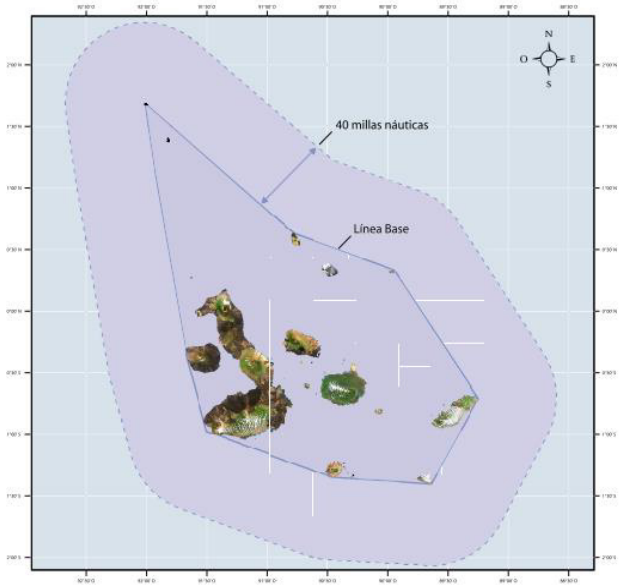
CAPITULO I. INFORMACIÓN GENERAL

1.1. La Reserva Marina Galápagos

El Archipiélago de Galápagos se encuentra ubicado a 600 millas náuticas del Ecuador continental en el Pacífico Oriental, y está constituido por 19 islas y 107 islotes de origen volcánico [2].

La creación de la Reserva Marina de Galápagos (RMG), fue el 18 de marzo de 1998 efectuado por el Gobierno del Ecuador a través de la Ley de Régimen Especial para la Conservación y el Desarrollo Sustentable de la Provincia de Galápagos (LOREG). La RMG se extiende dentro de una área marina de 40 millas náuticas medidas desde la ¨Línea Base¨ que rodea el Archipiélago, abarcando con una superficie aproximadamente de 138.000 Km^2 [3] (Fig. 1).

Fig. 1 Imagen satelital de las Islas Galápagos, detallando la Línea Base (azul) y La Reserva Marina Galápagos (Líneas punteadas).



Fuente: Reserva Marina de Galápagos. Línea Base para la conservación (2002).

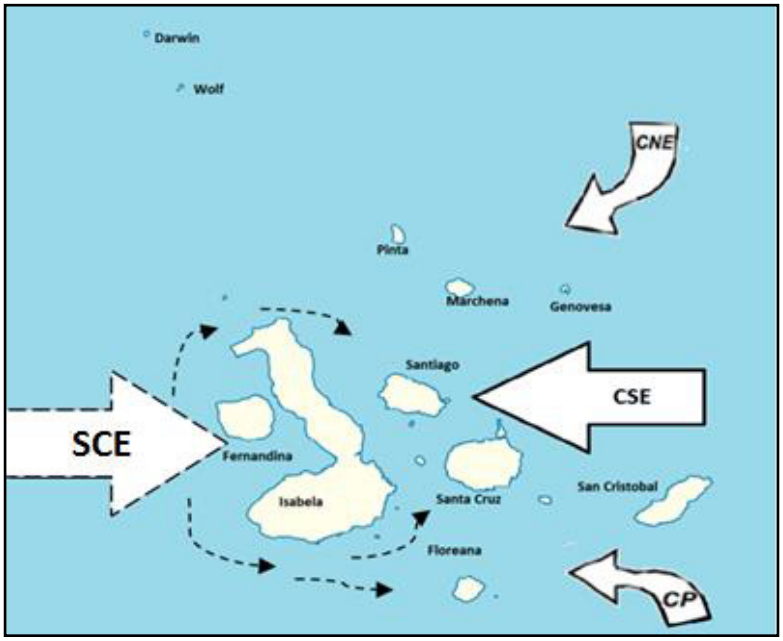
1.1.1. Condiciones geológicas y oceanográficas de las Islas Galápagos

El Archipiélago de Galápagos está formado por un conjunto de islas e islotes que se extienden a lo largo de una plataforma formando por volcanes submarinos que van entre los 200 y 1000 metros hasta profundidades de 3000 a 4000 m [4].

Geológicamente el Archipiélago está conformado por volcanes relativamente jóvenes. Las islas de Fernandina e Isabela tienen un aproximado de 60 a 300 mil años respectivamente, las cuales se desplazan lentamente desde el oeste hacia el este. San Cristóbal y Española son consideradas las islas más antiguas oscilando entre 2.8 y 5.6 millones de años [4].

Las Islas Galápagos se encuentran ubicadas en una zona de convergencia de aguas tropicales y subtropicales las cuales provocan una división de masas de agua conocida como Frente Ecuatorial (FE) [5]. El Archipiélago de Galápagos se encuentra en una zona de convergencia de tres corrientes oceánicas principales: la Corriente de Humboldt o Corriente de Perú (CP) proveniente del sur desplazando corrientes de agua fría, la cual genera afloramientos a lo largo de la costa oeste de Sudamérica; la Corriente Nor-Ecuatorial (CNE), transportando aguas cálidas desde Centro-América con baja concentración de nutrientes; y la Sub-corriente Ecuatorial (SCE) o también conocida Corriente de Cromwell, con sus aguas frías con alta concentración de nutrientes, proveniente de la parte central del Océano Pacífico provoca afloramientos al entrar en contacto con la plataforma de las islas Fernandina e Isabela en la región oeste del Archipiélago [6].

Fig. 2 Diagrama de las corrientes oceánicas principales de las Islas Galápagos



Fuente: Tesista

1.1.1.1 Afloramientos

La SCE debido a su alta concentración de nutrientes (principalmente hierro y nitratos) contribuye al aumento de la productividad primaria en la región oeste de Fernandina, así como también expandiendo los afloramientos de nutrientes mediante los ramales derivados de la misma, hacia el noroeste de las Islas Santiago y Santa Cruz, al suroeste de Floreana y suroeste de San Cristóbal [7].

La región oeste del Archipiélago posee una alta concentración de biomasa fitoplanctónica (CHL $\geq$ 0.5 mg.m^{-3}) durante todo el año debido a la topografía de los afloramientos de la Subcorriente Ecuatorial, haciéndose más evidente en el mes de agosto, además del incremento de las aportaciones de la Corriente Sur-Ecuatorial contribuyendo con nutrientes transportadas por los vientos alisios del sur,

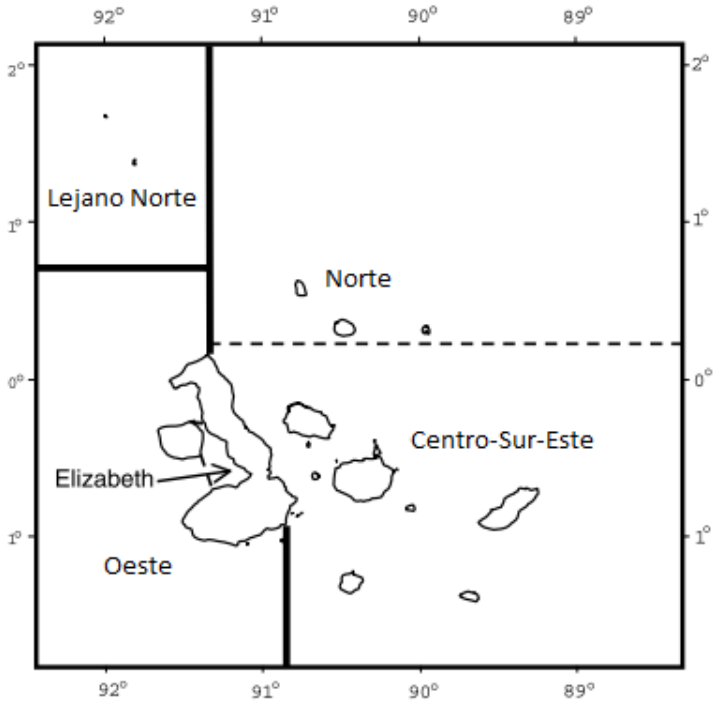
conjuntamente con las aportaciones del enriquecimiento natural de hierro que provienen de la plataforma de la isla [8,9,10]. Debido a estas características esta región es considerada un lugar favorable para las especies residentes. La biota localizada en esta área depende en gran parte de los afloramientos, proveyendo a esta región de un gran endemismo, y una alta biodiversidad de especies resultante de la presión ambiental [11].

1.1.2 Biogeografía

El Archipiélago de Galápagos posee una gran diversidad de fauna marina, con representantes de diversos orígenes correspondientes a regiones de Indo-Pacifico, Panamá y Perú, además de poseer un alto porcentaje de especies endémicas [12]. Debido a estas características las comunidades submareales de peces y macro-invertebrados difieren constantemente en la composición de especies a través de todo el Archipiélago, formando cinco grupos biogeográficos [12]:

1. Lejano norte (Darwin y Wolf)
2. Norte (Pinta, Marchena y Genovesa)
3. Oeste (Isabela y Fernandina)
4. Zona de Bahía Elizabeth y el Canal Bolívar
5. Centro-sur-este (Santiago, Santa Cruz, San Cristóbal, Floreana y Española).

Fig. 3 Bioregiones del Archipiélago de Galápagos.



Fuente: Regional biogeography of shallow reef fish and macro-invertebrate communities in the Galapagos archipelago. (Edgar. G *et al.* 2004)

La Bioregión Lejano Norte (Darwin y Wolf) es caracterizada por su alta biodiversidad de peces, con un alto porcentaje de especies de origen Indo-Pacifico y Panamá, y posee un bajo porcentaje de especies endémicas o especies con distribuciones que se extienden desde el sur de Ecuador (especies del Perú). En las Islas: Pinta, Marchena y Genovesa correspondientes a la Bioregión Norte, presenta una zona de superposición de especies con afinidades tanto como del Lejano Norte y Centro-Sur-Este [12].

La Bioregión Oeste posee una desproporción de especies endémicas, alto número de especies de peces de origen peruano de aguas temperadas-frías, y una baja

proporción de especies de origen Indo-Pacífico. En contraste con la Bioregión de Bahía Elizabeth y Canal Bolívar, la cual se caracteriza por poseer un alto grado de endemismo, con muy pocas especies de origen peruano.

La Bioregión Centro-Sur-Este incluye especies de diversas fuentes de origen, particularmente se encuentran especies de origen panameñas que se extienden a lo largo de América Central [12].

1.1.3 Condiciones Climáticas

Una de las características meteorológicas con mayor influencia en el clima del las Islas Galápagos es la posición de la Zona de Convergencia Inter-Tropical (ZCIT). Debido a la influencia de la ZCIT, existen dos estaciones marcadas en las Islas Galápagos [6]. Durante los meses de mayo a diciembre la ZCIT se encuentra ubicada justo al norte de la línea ecuatorial, dejando expuesta las Islas a un clima inusualmente seco, siendo esta una estación seca y fría. La migración norte-sur de la ZCIT posicionándose más cerca de la línea ecuatorial, en los meses enero a abril, provoca fuertes precipitaciones, marcando la segunda estación con características húmedas y calientes [13].

1.1.3.1. El Niño: Oscilación del Sur

El Niño Oscilación del Sur (ENOS), es un evento que ocurre irregularmente aunque se puede presentar con una frecuencia de 3 a 6 años [14,15]. Durante episodios de ENOS, se produce anomalías en la Temperatura Superficial del Mar (TSM), desplazando masas de aguas cálidas desde el Pacifico Ecuatorial Occidental hacia el

Pacifico Central y Oriental, debilitando la pluma de dispersión de la CSE y, reduciendo drásticamente las aportaciones de nutrientes y fitoplancton, mientras que la temperatura superficial del mar aumenta (>7°C) [16].

Debido a los cambios dramáticos de temperatura, este fenómeno tiene una correlación directa con la abundancia y distribución de muchos organismos marinos. Estos eventos pueden provocar un impacto dramático en el ecosistema, logrando producir un colapso en las redes alimenticias, desde los productores primarios (macroalgas, fitoplancton, corales), hasta depredadores tope como tiburones y lobos marinos [4,17,15]. Este tipo de efecto puede tener un fuerte impacto en especies de interés comercial, llegando a perjudicar diversas las pesquerías [14].

Históricamente el fenómeno de El Niño ha alterado la distribución y abundancia de diversas especies, además de perturbado hábitats y ecosistemas marinos de las Islas Galápagos. Después de El Niño 1982-1983, se registró la reducción de más del 95% de la abundancia de macroalgas y arrecifes de coral en su mayoría endémicos, provocando cambios en la abundancia y distribución de muchas otras especies que dependen de ellos, como resultado de la reducción de fuentes de alimento, refugio y sitios de reproducción [18,4].

1.1.4. La creación de un Plan de Manejo para la RMG

Debido a su carácter único del Archipiélago, la Dirección del Parque Nacional Galápagos junto con la Fundación Charles Darwin vieron la necesidad de crear un nuevo Plan de Manejo de Conservación y Uso Sustentable para la RMG (2005), para lograr la conservación y protección de la biodiversidad y así asegurar un desarrollo

sustentable de las actividades económicas [19,20]. Uno de los objetivos específicos que se encuentran dentro del Plan de Manejo (PM) es: ¨proteger las especies marinas y costeras del ecosistema que tienen importancia por ser endémicas, vulnerables y por sus valores genéticos, ecológicos, turísticos e intrínsecos¨ [19].

Por lo que la realización de estudios biológicos en especies ecológicamente esenciales que tengan un protagonismo clave tanto para el ecosistema en que habitan como para la comunidad que dependen de ellos, es fundamental para poder cumplir con los objetivos del PM así garantizar la integridad ecológica.

1.4.1 Zonificación de la RMG

En el 2002 se introdujo la zonificación de la RMG con el fin de: (i) reducir los conflictos de usos entre las actividades de pesca, turismo e investigación científica, (ii) proteger la biodiversidad, (iii) promover el uso sostenible de los recursos. Por lo que en la actualidad tres tipos de zonas costeras son reconocidas: (1) zona de uso múltiple (2) zona de uso limitado y, (3) zona portuaria [21,22,23]. En la zona de uso múltiple incluye las aguas profundas al interior y exterior de la línea base de la RMG, y es permitido la realización de todo tipo de actividad regulada por el Parque Nacional Galápagos (PNG) [18,3].

Las aguas costeras, con una profundidad menor a 300m que rodean cada islote e isla, se denomina como zona de uso limitado y es a su vez subdivida en zonas de pesca y no pesca. Estas subdivisiones abarcan 1376.3 km de línea costera, representando el 78% de tota la RMG [18,24].

La zona portuaria, incluye a las aguas cercanas a los cinco puertos del Archipiélago, y es permitido realizar todo tipo de actividad regularizada por el PNG y se encuentra bajo la responsabilidad la DIGMER y PNG [18].

1.2. La pesca en las Islas Galápagos

La actividad pesquera en Galápagos se inició alrededor de los años cuarenta, cuando los primeros colones pescaron bacalao (*Mycteropeca olfax*) constituyendo esta especie casi el 100% de las captura debido a su alto porcentaje de abundancia. Además se capturaban especies asocias pertenecientes a las familias Serranidae (camotillo, mero, etc) y Mugilidae (lisas), como una fuente de autoconsumo para los colonos, y que también eran utilizados como una fuente económica en el intercambio de productos con la zona agrícola [25].

En el transcurso de los años, y con la llega de más colonos, la actividad pesquera aumentó considerablemente. Las pesquerías de langostas espinosas, junto con la de pepinos de mar, se constituyeron como la mayor fuente de ingreso para la comunidad local de pescadores artesanales del Archipiélago [26,2], aunque en los últimos años la rentabilidad de estas pesquerías han decaído, generando ingresos brutos por debajo de la pesca blanca [27].

La pesca blanca es denominada a la captura de peces costeros, de fondo, pelágicos y especies de moluscos (canchalagua, churo y pulpo), también crustáceos como el langostino o langosta china (*Scyllarides astori)*. Para la captura de especies de pesca blanca se ejecuta mediante diferentes artes de pesca:

- Empate o línea de mano, frecuentemente usado para la captura de bacalao, camotillo, blanquillo, brujo, etc.
- Redes de cerco y trasmallos para captura de lisas, ojones, etc.
- Troleo o ¨rapala¨ para la captura de especies pelágicas como atunes, wahoos,etc
- Pesca en la zona intermarial para la captura de canchalaguas y pulpo.
- El arte de pesca de denominado hookah para la captura de langostas y langostinos [25].

En la actualidad, la explotación de los recursos pesqueros se ha dado especialmente en 68 especies pertenecientes a 27 familias, mostrando una proporción de capturas significativamente altas para especies pertenecientes a las familia Serranidae (camotillo, bacalao) y Mugilidae (lisas) [26]. Debido a que esta pesquería está abierta durante todo el año, la demanda de estas especies comerciales no solo se da de manera local si no también deben suplir la demanda a nivel nacional e internacional [25,28].

La comercialización de la pesca blanca se lleva a cabo de cuatro maneras y en tres formas de presentación [29]:

- En estado seco-salado, tiene una alta demanda a nivel local y así mismo es movilizado hacia el continente para la elaboración de un plato tradicional, la fanesca, para las festividades de Semana Santa.
- En estado fresco, para exportaciones a otros países como Estados Unidos.

- En estado fresco, supliendo la demanda del sector turístico local (cruceros, hoteles, restaurantes, etc).
- En estado congelado y/o fresco, para la comunidad local (kioskos, marisquerías, etc).

Debido a la sobreexplotación de las langostas y pepinos de mar, la Dirección del Parque Nacional Galápagos (DPNG), la Estación Científica Charles Darwin (ECCD), el Instituto Nacional de Pesca (INP), la Armada del Ecuador y las cooperativas de pesca de Galápagos, se vieron en la necesidad de tomar medidas de manejo para asegurar la sostenibilidad de estas pesquerías, por cual se adoptaron tallas mínimas de captura, y cuotas de capturas, así también como el establecimiento de periodos de vedas [30].

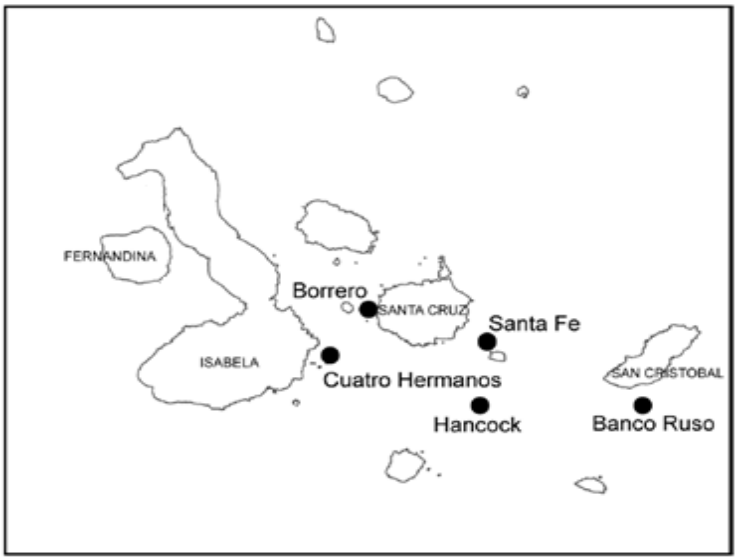
La falta de información biológica de especies claves comerciales, ha motivado la atención científica y del SPNG, con el fin de promover bases de conocimiento importantes para tomar medidas de manejo, así de esta manera, asegurar la extracción sostenible y sustentable de las mismas. Por lo que esta investigación se basa sobre el estudio de la estrategia y biología reproductiva del camotillo (*Paralabrax albomaculatus*) especie comercial y de importancia local, con el fin de informar a las autoridades del PNG, FCD, y la comunidad local pesquera, información relevante para futuros planes de manejo de esta especie.

1.3. Área de Estudio

Durante el periodo de estudio junio 2013 hasta marzo 2014, se recolectaron muestras *in situ* de *Paralabrax albomaculatus*, en el Muelle de Pescadores de Pelican Bay ubicado en Puerto Ayora, Santa Cruz, la isla más poblada del Archipiélago con una población aproximada de 15.00 habitantes [31].

El estudio se realizo en los lugares de pesca más frecuentes por los pescadores de la Isla Santa Cruz. Estos lugares fueron: Hancock, El Edén y Borrero ubicados en la Isla Santa Cruz; Isla Santa Fe; Isla Floreana; Banco Ruso al sureste de San Cristobal; 4 Hermanos en la Isla Isabela, sitios de pesca ubicados en la Bioregión Centro-Sur-Este (Fig.4).

Fig. 4 Sitios donde provienen las muestras de *Paralabrax albomaculatus.*



Fuente: Tesista

Con el fin de ampliar el rango de distribución, la recolección de muestras de gónadas de camotillo se realizó durante viajes de pesca u viajes de otros proyectos de

investigación. Estas muestras recolectas en diferentes sitios de la Bioregión Oeste, por motivos de escases de materiales para la correcta preservación de las muestras, no fueron fijadas correctamente perjudicando el análisis histológico para la determinación de los estadios gonadal de la especie en investigación.

1.4 Descripción del Camotillo

El género *Paralabrax* es un miembro basal de la familia Serranidae el cual a su vez esta considerado basal dentro de la subfamilia Serraninae [32,33]. *Paralabrax* pertenece a la subfamilia Serraninae ,una de las 3 subfamilias que conforman parte de los Serranidae.

El género *Paralabrax* posee nueve especies de las cuales todas han sido objetivo de una intensa presión pesquera y son comercialmente importantes [32].

Los peces que pertenecen a la familia Serranidae son predadores carnívoros con una base alimenticia de peces, crustáceos y cefalópodos, ubicándose cerca de la cúspide de la cadena alimenticia del hábitat marino tropical, desempeñando un rol importante en la estructura poblacional de la ictiofauna de estos hábitat de fondos rocosos y arrecifes de zonas costeras [34].

El género *Paralabrax* descrito por Girard 1856 (Serranidae: Serraninae), esta compuesto por especies consideradas mesocarnívoras, componentes elementales de los ambientes marinos costeros del Pacífico Este [32]. La primera descripción del camotillo de Galápagos fue publicado por Jennys (1840-1842), como *Paralabrax albomaculatus*, junto con la descripción de más ictiofauna de las Islas Galápagos [35].

El camotillo (*Paralabrax albomaculatus*) es un pez depredador béntico [11], relacionado con el substrato marino con un rango de profundidad 10-70 m. Además ser una especie endémica, ha sido destacado principalmente por su gran importancia económica, y alto porcentaje de abundancia en los desembarques en los puertos principales del Archipiélago de Galápagos [18].

1.4.1 Aspectos biológicos externos

Las especies del género *Paralabrax* se distinguen de los otros serránidos por poseer una tercera espina dorsal, alargada con respecto al resto de las dorsales, aunque entre especies se distinguen por caracteres poco evidentes como el tamaño de sus escamas, patrones de coloración y algunas relaciones morfométrica [33].

Particularmente el camotillo presenta una forma fusiforme, con un tono de color grisáceo blanco en la parte abdominal, con un área dorsal gris oliva o color verde oscuro con 7 a 10 manchas irregulares blancas en la parte lateral. Las aletas pectorales y dorsales presentan un color amarillo bronce (Fig. 5).

Fig. 5 Foto de *Paralabrax albomaculatus* eviscerado.

Fuente: Tesista

La aleta cauda es homocerca con configuración cóncava [36]. El pez presenta aletas dorsales pares de tonalidad amarilla bronce, la primera aleta dorsal es corta con cuatro radio espinosos con ribetes de coloración negra en la parte extrema; la segunda aleta dorsal presenta radios blandos con bifurcación en sus extremos. La aleta anal de color negro con extremos de color amarillo bronce, presenta radios con bifurcaciones.

1.4.2 Rango de Distribución

El rango de distribución del camotillo se extiende a lo largo del Archipiélago, encontrándose con mayor abundancia en las Bioregiones Centro-Sur-Este y la Bioregión Elizabeth, en menor proporción en la Bioregión Norte, sin embargo aun no se han observado individuos de esta especie en la Bioregión Lejano Norte [37].

1.4.3 Estado en la UICN

El camotillo se encuentra clasificado en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), como especie en ¨peligro¨, siendo el único pez endémico de Galápagos perteneciente a esta clasificación [1].

Esta especie se encuentra clasifica en esta categoría debido a una disminución de aproximadamente el 70% de la población durante los años 1998 y 2001 debido al alto porcentaje de desembarques en los puertos pesqueros de Galápagos [38] y a su delimitado rango de distribución.

CAPITULO II. METODOLOGIA

2.1 Trabajo de campo

La recolección de las muestras de las gónadas de *Paralabrax albomaculatus* se llevó acabo de manera *in situ* en el Muelle de Pescadores de Pelican Bay en la Isla Santa Cruz, gracias a la directa colaboración del gremio del Sector Pesquero Artesanal durante un periodo de 8 meses (Junio 2013-Marzo 2014) recolectándose un total de muestras de 584 individuos. Las muestras se recolectaron frescas al momento de la evisceración por los pescadores. Datos de longitud total (al cm más cercano) y peso (libra más cercana) fueron anotados en una bitácora. Las vísceras (gónadas, estómago, intestinos, hígado y branquias) se guardaron en fundas plásticas previamente enumeradas, y fueron transportadas en un hielera hasta las instalaciones de la Fundación Charles Darwin, en el laboratorio húmedo de Biomar para el debido procesamiento de las muestras.

Además de la recolección de las muestras, se tomaron datos proporcionado por los pescadores, sobre el sitio de pesca, fecha de la captura y arte de pesca utilizado, para

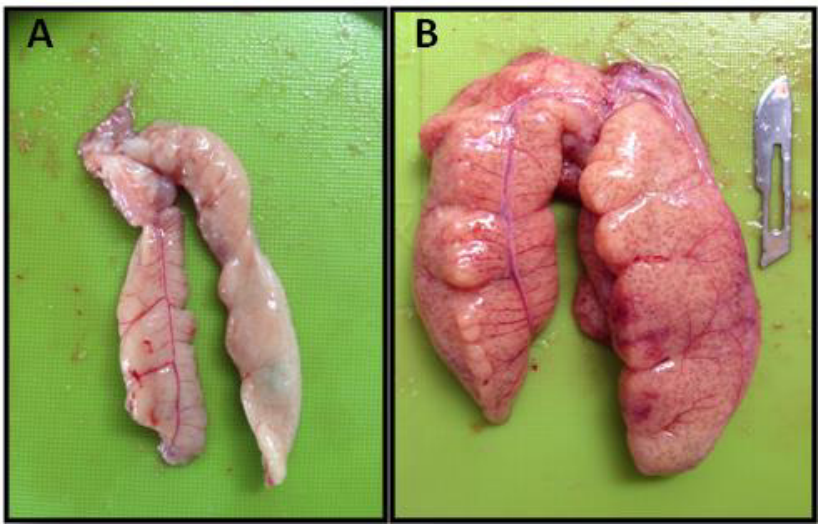
determinar la referencia de datos complementarios sobre la distribución espacial de los especímenes capturados.

2.2. Trabajo de laboratorio

2.2.1 Laboratorio húmedo

Las muestras se procesaron el mismo día colecta, donde se diseccionaban y se pesaban en un balanza electrónica. Datos de pesos de gónadas, estómagos e hígados se anotaron en una bitácora de datos con una precisión de ± 0.1 g. Se registraron datos sobre el sexo de los individuos mediante inspección visual, debido a que existe una diferenciación morfológica visual entre las gónadas de macho y hembra, para posteriormente ser corroborados con los resultados histológicos (Fig. 6).

Fig. 4 Diferenciación morfológica de las gónadas de (*Paralabrax albomaculatus*) A) gónada masculina B) gónada femenina



Fuente: Tesista

Las gónadas de las especies del género *Paralabrax* se presentan como un órgano bilobulado con una forma cilíndrica rugosa de tamaño similar, unidas posteriormente por un conducto común el cual desemboca en la parte posterior en el orificio genital [39,40].

La gónada está recubierta externamente por una membrana de musculo liso y de tejido conjuntivo formando la pared gonadal e internamente vasos sanguíneos, conductos linfáticos y nervios que penetran a la gónada por medio del mesenterio [39,41]. En las paredes internas del ovario se extienden las lamelas ovígeras donde se realiza la ovogénesis [34].

Las gónadas fueron separadas y diseccionadas en tres porciones con valores que fluctuaron entre 0.03 - 0.05g, seleccionadas de las partes anterior, centro y posterior de un lóbulo gonadal. Estas disecciones de los tres puntos referenciales proporcionaban información para poder identificar posible casos de hermafroditismo, estas muestras se colocaron en casetes de histologías para ser sumergidas en la solución Davidson por 24 horas para fijación [42]. Posterior a la fijación, los casetes fueron transferidos de la solución Davidson a frascos de plásticos con alcohol al 70% y etiquetados con fecha de captura, lugar de pesca y nombre de la embarcación [43].

Las gónadas con presencia de oocitos hidratos, se almacenaban enteras en frascos de plástico individuales en una solución de formalina al 10%. A continuación del proceso de fijación, se procedió a la extracción de tres sub-muestras entre 0.03-0.05g para realizar el conteo de oocitos y estimar la fecundidad total del pez, en una relación número total de oocitos-peso de gónada de cada individuo [44].

Los estómagos e hígados fueron almacenados en fundas plásticas y guardadas en el congelador del laboratorio, para posteriores estudios sobre tipo de alimentación del camotillo y estudios genética poblacional.

2.2.2. Laboratorio para histología de gónadas

Para tener un número adecuado de muestras, se procesaron de 30 (± 5 DS) muestras por mes. Los casetes fueron tomados aleatoriamente por cada día de pesca del mes. De los 584 individuos, 206 gónadas entre machos y hembras fueron procesadas para efectuar los estudios histológicos.

Se utilizaron técnicas estándar para embeber en parafina, pasando por un proceso de deshidratación de las muestras en diferentes concentraciones de etanol, y posteriormente por xilol . Se colocaron las muestras en parafina a una temperatura de 56°C (Anexo I). El tejido gonadal embebido en parafina fue seccionado en un micrótomo a 5 µm, montado en portaobjetos y teñidos en hematoxilina-eosina [45].

2.2.3. Fecundidad total

Se preservaron 5 gónadas enteras en frascos individuales con solución formalina al 10%. Se diseccionaron tres sub-muestras entre 0.03 - 0.05 g de un lóbulo gonadal de las partes anterior, centro y posterior [44]. Cada sub-muestra se colocó en frascos de vidrios individuales, se adhirió glicerina (3-5 gotas) para separar los oocitos de las paredes del ovario por 30 minutos [44], con la ayuda de pinzas de disección se separó los oocitos que aún se encontraban adheridos a la pared ovárica. Se diluyó cada sub-muestra en 10ml de agua destilada. Se utilizó una cámara de Bogorov y un contador

de mano para realizar el conteo por observación microscópica mediante el uso de un estereoscopio [44].

2.3. Análisis de muestras.

2.3.1 Análisis histológicos

El desarrollo gonadal en teleósteos son eventos reproductivos coordinados por el sistema nervioso y el sistema endócrino. Siendo el hipotálamo-hipófisis-gónada el eje principal de coordinación, este proceso se llama gametogénesis el cual específicamente para hembras es llamado ovogénesis y en machos espermatogénesis [48,41].

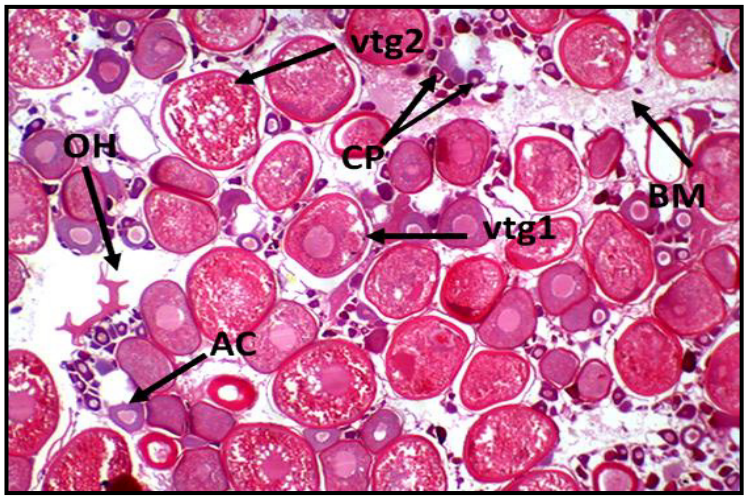
Características de desarrollo de la ovogénesis:

- Crecimiento primario: La fase inicial del crecimiento primario se caracteriza por un periodo intenso de síntesis de ARN [49]. Esta fase de crecimiento incluye la presencia de oogonias y oocitos perinúcleolares con escaso citoplasma donde el núcleo central ocupa la mayor parte de la célula y su desarrollo es independiente del control de la glándula pituitaria [47].
- Alvéolos corticales: Este estado es gonadotropina-dependiente, es la fase de desarrollo de los alvéolos corticales (precursor de crecimiento de vesícula) [50].
- Vitalogénia: Fase donde los gránulos y vesícula de vitelo son transferidos al oocito desde el hígado [50], donde la proteína principal es la vitelogenina (VTG) [49]. Inclusiones lipídicas cerca del núcleo, estas vesículas globulares

se acumulan y producen una extensión masiva del oocito y la zona radiata del oocito se engruesa [47].

- Hidratación: La migración del núcleo hacia el polo animal. La hidratación ocurre cuando los gránulos de vitelo se fusionan y al final de la hidratación se disuelven completamente [47]. La hidratación de los oocitos aparecen previo al desove y es un indicador inminente de desove. La zona radiata se adelgaza, y el oocito pierde su forma circular [50].
- Folículos post-ovulatorios: Son estructuras irregulares resultantes de la ovulación, y son utilizados como indicadores de desove [47].
- Atresia: Degeneración del oocito puedo ocurrir en cualquier estado de desarrollo, causado por estrés ambiental, pobre nutrición o reducción de los niveles de gonadotropina [39,41].

Fig. 5 Desarrollo oogonial en ovario de *P. albomaculatus*. CP: crecimiento primario; AC: alveolos corticales; vtg1: oocito vitalogénico primario; vtg2; oocito vitalogénico secundario; OH: oocito hidratado; BM: banda muscular.



Fuente: Tesista

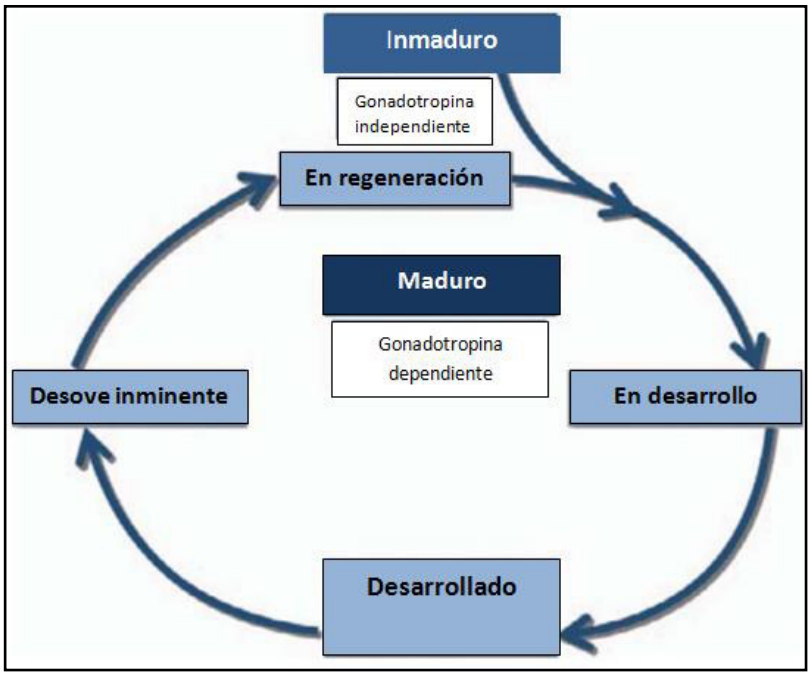
Cabe destacar que a pesar de la cantidad de investigaciones efectuadas de estudios sobre la gametogénesis en hembras de diferentes especies de teleósteos, estos estudios no han abordado en investigaciones más profundas para el caso de los machos [51]. Debido a la complejidad del desarrollo gonadal de la hembra, en aspectos de acuacultura, la producción de oocitos maduros se torna más complicado que la obtención del esperma, debido a que la producción de alevines es limitada al grado de producción de oocitos más que a la producción de esperma [47,51]. Aunque se han realizados estudios para entender los diferentes procesos de espermatogénesis [52,50].

Características de desarrollo de la espermatogénesis:

- Espermatogonias: La presencia de espermatogonias en el epitelio germinal (EG) agrupadas en pequeños cistos espermáticos celulares en las paredes del lóbulo [42].
- Espermatocitos: Fase de gonadotropina-dependiente estimula la formación de los espermatocitos mediante procesos de meiosis. Esta fase hace presencia de continuo EG y la formación de lumen lobular [50].
- Esperma (espermátides-espermatozoides): Cistos espermáticos se agrandan, y el esperma aparece en mayor volumen. Las células son pequeñas y más oscuras que en la etapa anterior. Espermatogénesis ocurre mientras las espermátides todavía se encuentran dentro de los quistes, así cuando las paredes de los quistes se rompen.

Para la determinación de los estadios de desarrollo gonadal se utilizó los criterios de Sadovy y Domeier (2005) [42] y Brown-Peterson *et. al* (2011) [50] más los estudios de estrategias reproductivas y desarrollo gonadal de serranidos por Erisman B. [33,53]. Este estudio se basa en la terminología utilizada por Brown-Peterson *et. al* 2011, el cual busca estandarizar los diferentes estadios de desarrollo reproductivo para teleósteos [50].

Fig. 6 Modelo conceptual de las diferentes fases de desarrollo gonadal.



Fuente: A Standardized Terminology for Describing Reproductive Development in Fishes. (Brown-Peterson *et al.* 2011).

Las gónadas de hembras fueron identificadas en cinco diferentes estadios de desarrollo gonadal propuesto por Brown-Peterson *et al*. 2011 (tabla I). De las 475 hembras recolectadas desde Junio 2013 hasta Abril del 2014, solo 168 fueron teñidas y analizadas para la determinación de los estadios de desarrollo gonadal.

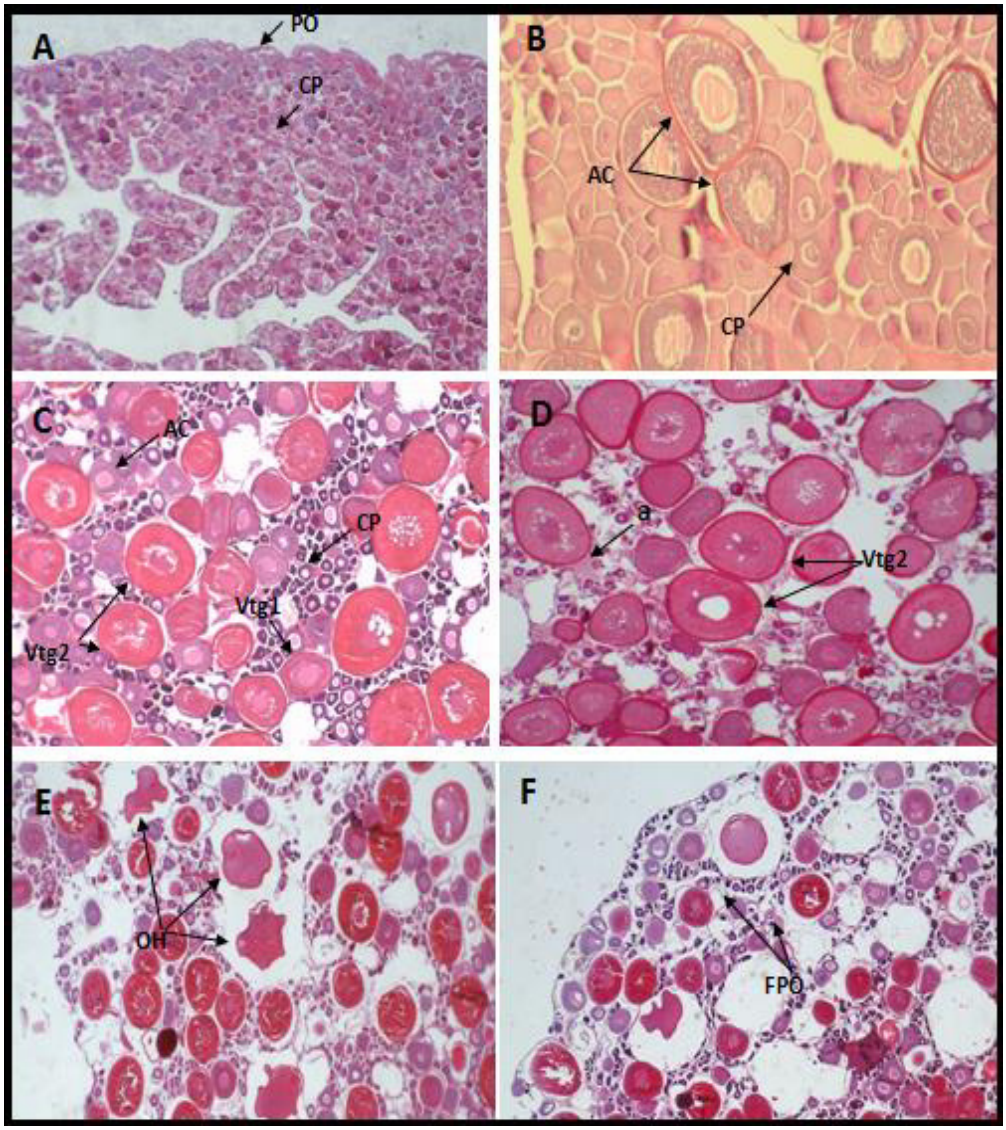
Tabla I. Descripción microscópica de los estadios de desarrollo gonadal de hembras *Paralabrax albomaculatus* basado en análisis histológicos.

Estadios de desarrollo gonadal	Descripción microscópica
H1 (inmadura inactiva, nunca antes desove)	Pared gonadal muy delgada. Lamelas llenas de oocitos en crecimiento primario (cromatina nuclear o perinucleolar) sin gránulos de vítelo y presencia de oogonia. Sin evidencia previo de post-desove o cuerpos atrésicos.
H2 (madura inactiva)	Pared gonadal más gruesa que en hembras en estado inmaduro. Las lamelas llenas de oocitos en crecimiento primario y oocitos en fase de alveolos corticales. Baja presencia oocitos vitalogénicos, y alto porcentaje de oocitos previtalogénicos en crecimiento de la vesícula. Evidencia de post-desove, resto de bandas musculares, y vasos sanguíneos grandes.
H3 (Madura en desarrollo)	Pared gonadal se adelgaza, disminución de la presencia de oocitos en crecimiento primario, alveolos corticales. Etapa temprana de oocitos vitalogénicos en estados (vtg1 y vtg2) en grandes cantidades. Se pueden presentar cuerpos atrésicos.
H4 (Madura activa, lista para desove)	Pared gonadal delgada. Las lamelas llenas de oocitos vitalogénicos (vtg1 y vtg2), pero hay presencia de oocitos en diferentes estados. Presencia de oocitos hidratados (forma ameboidea) o migración de la vesícula germinal indicando desove inminente, la presencia de folículos post-ovulatorios pueden indicar previo desove.
H5 (Madura en regeneración, es estado de descanso post-desove)	Pared gonadal engrosándose, presencia de restos intralaminar y filamentos citoplasmáticos. Las lamelas con presencia de oocitos vitalogénicos y oocitos en crecimiento primario. Bandas musculares y vasos sanguíneos presentes.

Fuente.- Tesista

La identificación microscópica se realizó en un microscopio compuesto de luz a una magnificación de 10x con cámara integrada para la toma de fotos y posterior análisis detalla de cada individuo.

Fig. 7 Estadios de desarrollo de gónadas femeninas: (A) Estadio Inmadura (B) Madura inactiva (C) Madura en desarrollo (D) Madura en desarrollo (E) Madura lista para desove (F)Madura post-desove inactiva. CP: crecimiento primario; PO: Pared ovárica; AC: alveólos corticales; Vtg1:oocito vitalogénico uno: Vtg2: oocito vitalogénico dos; OH: oocito hidratado; FPO; Folículo post-ovulatorio.



Fuente: Tesista

Al igual que las hembras, los estadios de desarrollo gonadal de machos fueron clasificados en cinco criterios por Brown-Peterson *et. al* (2011) (Tabla II). De los

170 machos recolectados desde Junio 2013 hasta Marzo 2014, solo 35 machos fueron teñidos y analizados por histología.

Tabla II Descripción microscópica de los estadios de desarrollo gonadal de machos *Paralabrax albomaculatus* basado en análisis histológicos.

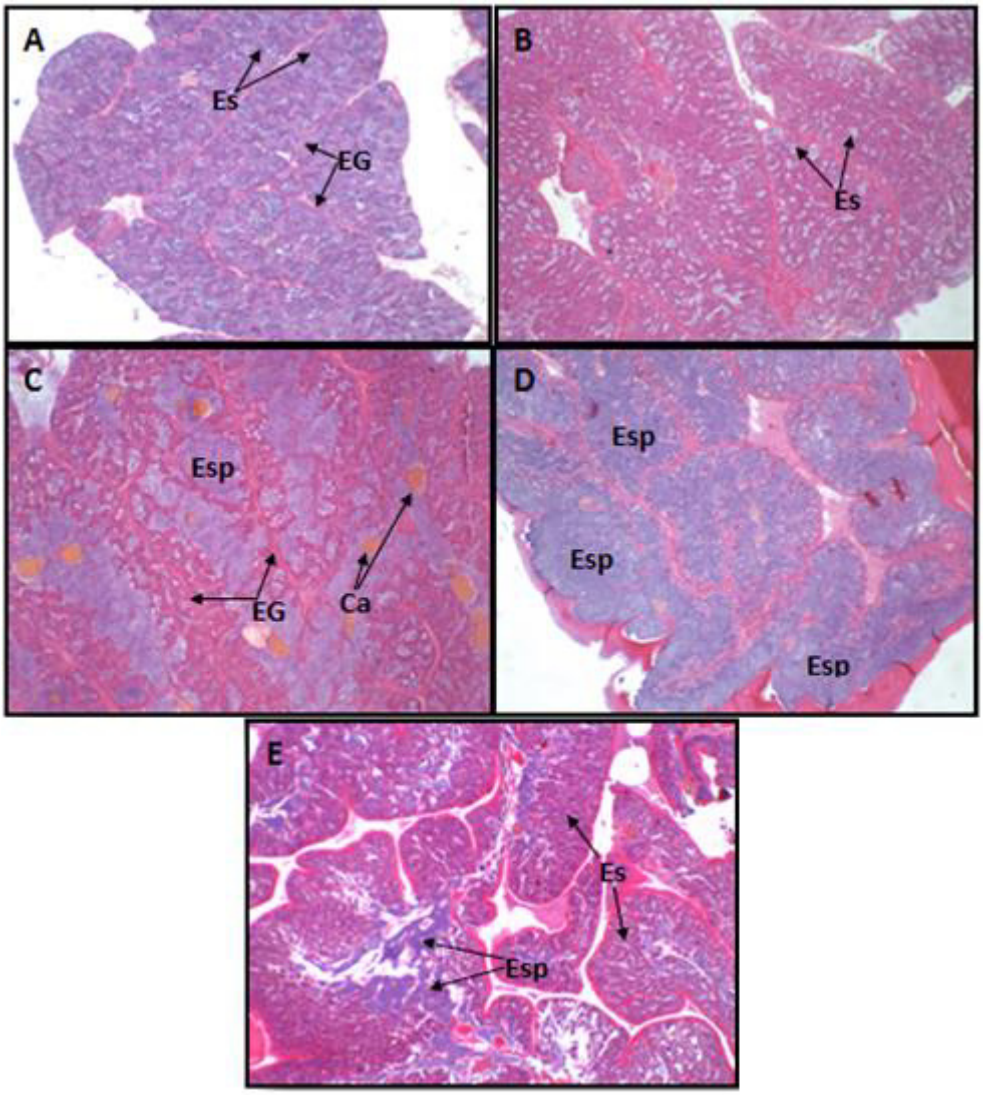
Estadios de desarrollo gonadal	Descripción microscópica
M1 (inmaduro)	Pared gonadal gruesa. Lóbulos llenos de quistes de espermatogonias y espermatocitos. Cistos espermáticos poco presentes y sin desarrollar, no contienen espermatozoides maduros (espermátides o espermatozoides)
M2 (Maduro inactivo)	Pared gonadal delgada. Lóbulos llenos de quistes de esperma en diferentes etapas de desarrollo, con predominancia de espermatogonias y espermatocitos. Cistos espermáticos completamente desarrollados pero contraídos. Pequeñas cantidades de espermatozoides están presentes en la periferia de los lóbulos o de los cistos espermático.
M3 (Maduro en desarrollo)	Espermatogonias y espermatocitos presentes en estados temprano, espermátides y espermatozoides en estado desarrollados están presentes en igual proporción. Cistos espermáticos se encuentran de gran tamaño o llenos de esperma, y no todos los lóbulos llenos de esperma.
M4 (Maduro listo para eyaculación)	Testículo conformado por las últimas etapas de la espermatogénesis (espermátides y espermatozoides). Los espermatozoides se encuentran en grandes cantidades dentro de los lóbulos y cistos espermáticos. Esperma en estadios tempranos no se encuentran o son ausentes. Los lóbulos en machos adultos son grandes y completamente lleno de esperma.
M5 (Maduro, post-eyaculación, o en recuperación)	Los lóbulos se encuentran parcialmente llenos de esperma, se encuentran más separados y más pequeños que en los adultos maduros. Tejido conectivo y espermatogonias presentes en toda la gónada.

Fuente: Tesista

Se observó mediante microscopía los diferentes estadios de desarrollo gonadal en machos (Fig. 10), así como también se registraron fotos de las gónadas de 35 individuos machos para posterior identificación.

La presencia de cuerpos anaranjados o cuerpos atrésicos en testículos no son evidencia válida para indicar que hubo cambio de sexo (hembra a macho), en virtud de que dichos cuerpos provienen de diferentes órganos y son acumulación de pigmentos de diferentes procesos [42].

Fig. 8 Estadios de desarrollo de gónadas masculinas: (A) Estadio Inmaduro (B) Madura inactivo (C) Maduro en desarrollo (E) Maduro lista para desove (E)Maduro post-desove inactiva. Es: espermatogonia; Esc: espermatocitos; Esp: espermatozoides; EG: epitelio germinal; Ca: Cuerpos anaranjados o atresia



Fuente: Tesista

Para el análisis de las muestras se utilizaron los criterios de Sadovy y Shapiro (1987) [53] para la identificación de posible hermafroditismo:

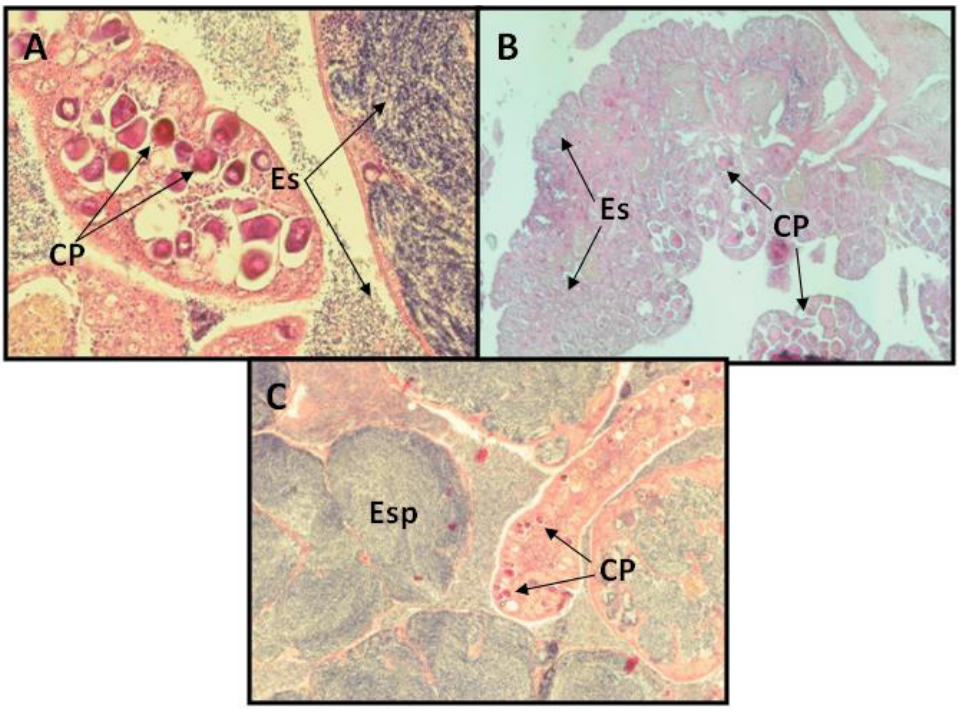
1. Individuos en fase de transición: La presencia de tejido sexual en degeneración (esperma u oocitos) y la proliferación de otro en estado funcional.
2. Estructura gonadal:
    a. La presencia de tejido conectivo separando tejido de macho y hembras.
    b. La presencia de tejido de macho y hembra separados, pero no se encuentran divididos por la presencia de tejido conectivo.
    c. La presencia mezclada de tejido de machos y hembras.
3. Restos de células germinales: presencia de folículos atrésicos en machos, determina por lo tanto la presencia remanente de tejido femenino (cambio de sexo hembra a macho).
4. Restos de oocitos: Presencia de oocitos en testículos lo que sugiere un tipo de hermafroditismo.
5. Estructura poblacional: Asumiendo que la población es hermafrodita, la frecuencia de distribución de machos y hembras por tamaño o edad es significantemente diferente.

Debido a que estos criterios no se cumplieron para *Paralabrax albomaculatus*, se determinó que es una especie gonocórica, lo cual hace referencia a que individuos

adultos se reproducen solo como hembras o machos, es decir poseen un solo sistema reproductor definido [48,40].

Sin embargo se presentaron escasos individuos con presunto hermafroditismo. En hembras se encontró tejido testicular entre las lamelas y la pared gonadal. En machos se determinó la presencia de oogonias u oocitos en crecimiento primario dentro del tejido testicular. No se observaron individuos en transición, la separación de tejido de machos y hembras fue claramente evidente.

Fig. 9 Presunto hermafroditismo: (A) Presencia de oocitos en estado de crecimiento primario en tejido testicular (B)Presencia de tejido testicular en hembra inmadura (C) Macho con presencia de oocitos CP; Es: espermatogonias; Esp: espermatozoides; CP: Crecimiento primario



Fuente: Tesista

2.3.2 Análisis de estimación de fecundidad total

Para el análisis de estimación de fecundidad se tomaron 5 muestras de gónadas de hembras en estado maduro (Tabla III). Para estimar la fecundidad total se utilizó la metodología gravimétrica, la más utilizada para realizar la estimación de fecundidad, basándose en una relación entre el peso del ovario y la densidad de oocitos en el ovario, determinando por la densidad del número de oocitos por cada gramo de tejido ovárico [51,44]. Se diluyó cada sub-muestra en 10 ml de agua destilada y colocada en una cámara de Bogorov para facilitar el conteo de los oocitos más desarrollados mediante un contador de manos. Los datos fueron registrados para cada muestra.

Tabla III Individuos recolectados para análisis de fecundidad total.

Id. Individuo	Longitud (cm)	Peso total (g)
1	290	226.8
2	330	362.9
3	360	453.6
4	390	1814.4
5	420	2268.0

Fuente.- Tesista

CAPITULO III. RESULTADOS

3.1. Proporción de sexos y potencial reproductivo

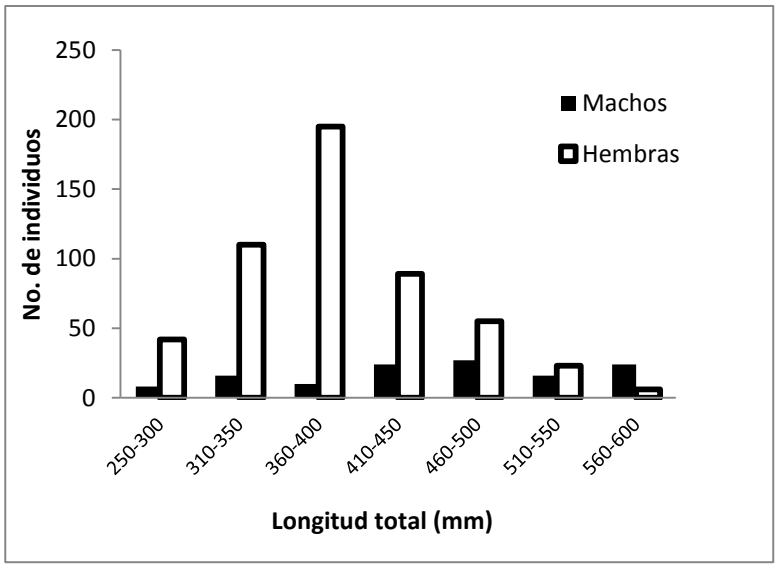
Durante el estudio se recolectaron un total de 817 individuos, de los especímenes recolectadas se descartaron 233, los cuales no pudieron ser identificadas debido a que las gónadas se encontraban en mal estado o maltratadas, lo cual dificulta la identificación para el procesamiento. Un total de 584 individuos fueron utilizados para estudiar la estructura poblacional de *P. albomaculatus* en la RMG, con un total de 460 hembras y 124 machos.

Las longitudes totales de los individuos capturados fluctuaron dentro de un rango de 250 - 600mm. Para las hembras de *P. albomaculatus* el intervalo fue entre 260 - 580 mm, con una talla media de 389 mm (± 67 DS), mientras que para los machos el intervalo fue entre 250 - 600 mm presentando una talla media de 520 mm (± 90 DS). Mediante un análisis *t-test* se determinó que existe una diferencia significativa entre las longitudes de hembras y machos ($P < 0.001$).

Las hembras presentan con mayor frecuencia por debajo de los 410-450 mm de longitud total, mientras que los machos se presentan en menor frecuencia que las hembras pero son mas abundantes en tallas superiores 460-500 mm, no obstante es posible encontrar individuos de ambos sexos distribuidos en todos los rangos de longitud (Fig. 12).

La población analizada de *P. albomaculatus* se encuentra predominada por hembras con una proporción de 4:1 (Hembras-Macho).

Fig. 10 Histograma de distribución de longitudes total de la población de *Paralabrax albomaculatus* en la Reserva Marina de Galápagos.

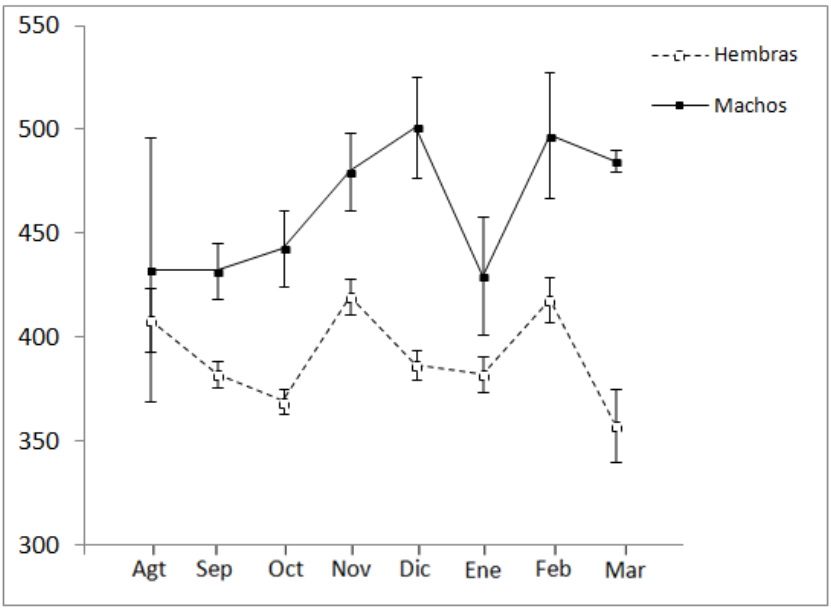


Fuente.- Tesista

Durante el periodo de estudio se capturaron hembras de mayor tamaño durante los meses de noviembre y diciembre (Fig. 13); alcanzando una máxima de longitud en el mes de noviembre (419.7 ± 8.63 mm), mientras que las tallas mínima se reportaron

en el mes de marzo (357.77 ± 17.54 mm). Para machos se reportó la talla máxima en el mes de noviembre y diciembre (501.36 ± 24.34) disminuyendo las tallas de captura en el mes de enero (429.5 ± 28.29 mm).

Fig. 11 Longitudes promedio mensuales de *P. albomaculatus* durante el periodo de estudio.



Fuente.- Tesista

3.1.1 Estimación de fecundidad

El estudio de la fecundidad se utiliza para obtener estimaciones cuantitativas sobre el número de oocitos que se encuentran en estado desarrollado y listos para ser liberados [54].

El potencial reproductivo fue estimado mediante la determinación de la fecundidad total realizada en 5 individuos hembra adultas en estado de madurez reproductiva, las cuales fueron recolectadas en el mes de enero durante la temporada de puesta.

La fecundidad varió en un rango de 24.501 (± 777.4 DS) oocitos en el pez pequeño (290 mm) con un peso de 226.8 g, hasta la producción máxima de oocitos de 548.227 (± 43779.6 DS) en el individuo más grande (500 mm) con un peso de 5443.1 g, mientras que las variaciones de los pesos de gónadas fluctuaron entre los 2.1 hasta los 61.1 g respectivamente (Tabla IV).

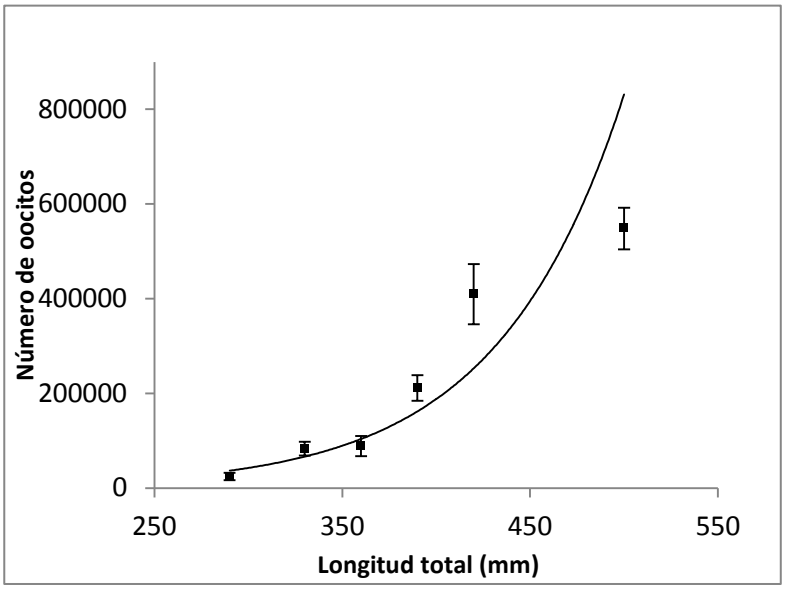
Tabla IV Estimación de fecundidad total de *Paralabrax albomaculatus*.

Pez No.	Longitud total (mm)	Número de oocitos (#)	Desviación estándar (DS)
1	290	24.503	7774.4
2	330	83.047	14460.7
3	360	88.521	21147.1
4	390	211.615	27023.6
5	420	409.933	63731.5
6	500	548.225	43779.6

Fuente.- Tesista

Es necesario recalcar que existe una relación directa entre el tamaño del pez y el número de oocitos presentes en los ovarios, por lo que a mayor longitud del pez corresponde a un número mayor de oocitos, esta relación se muestra como un crecimiento exponencial (Fig. 14).

Fig. 12 Estimación de la fecundidad total por longitudes.



Fuente.- Tesista

Es necesario concurrir a datos de fecundidad total para futuras evaluaciones de población, abundancia de oocitos y la proporción de hembras maduras para estimar el tamaño de stock de futuras generaciones [55,44].

3.2. Índice Gonadosomático

El índice gonadosomático (IGS) se obtiene de una relación entre el peso de la gónada y el peso total del pez [39]. Muestra una relación de condición de madurez reproductiva [56] y se utiliza para determinar los meses de puesta de los teleósteos y es determinada por la siguiente ecuación:

$$IGS = \frac{Pg}{Pt} \times 100$$

Donde :

IGS = Índice gonadosomático

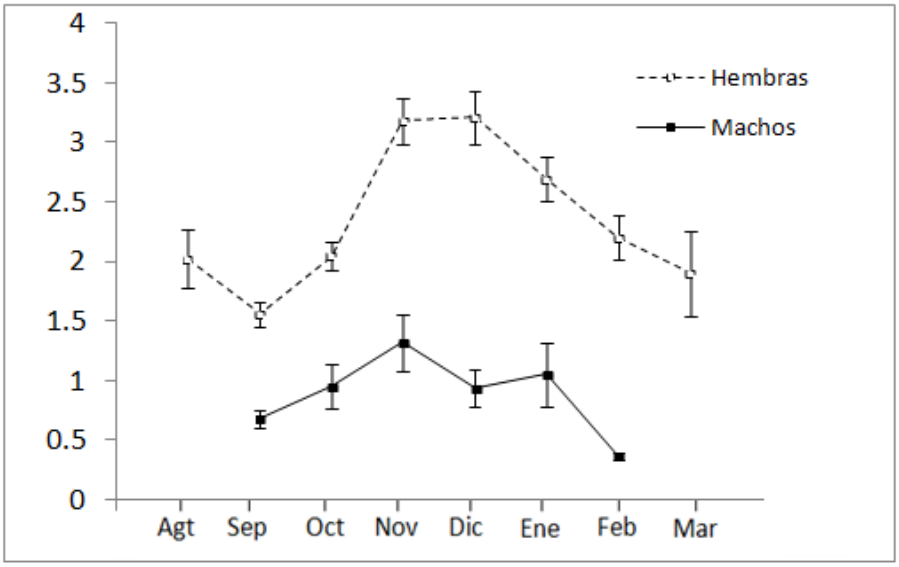
Pg= Peso de la gónada (g)

Pt= Peso total del pez (g)

El índice gonadosomático se expresó en promedios mensuales tal como se detalla en la figura 15. Las hembras alcanzaron su valor máximo en el mes de noviembre (3.18 ± 0.19) y diciembre (3.20 ± 0.21), decreciendo gradualmente en los meses enero, febrero y marzo (1.9 ± 0.35). Mediante un análisis de varianza (ANOVA) se observó diferencias ($F_{7,452} = 14.02$, P<0.001) entre los meses que presentaron IGS más altos (noviembre y diciembre) con respecto al resto de los meses que presentaban valor más bajos del IGS.

En los machos se analizó el IGS mediante promedio mensuales. Durante el inicio del estudio se mostraron valores bajos del IGS en los meses de septiembre (0.69 ± 0.08) y octubre (0.95 ± 0.18) e incrementándose hasta alcanzar su valor máximo en el mes de noviembre (1.31 ± 0.23), para posteriormente ir decreciendo en el resto de los meses de muestreo. El análisis de varianza (ANOVA) demostró diferencias significativas entre los meses de muestreo ($F_{7,116} = 2.2007$, P<0.039).

Fig. 13 Relación gonadosomática en *Paralabrax albomaculatus* durante el periodo de estudio



Fuente.- Tesista

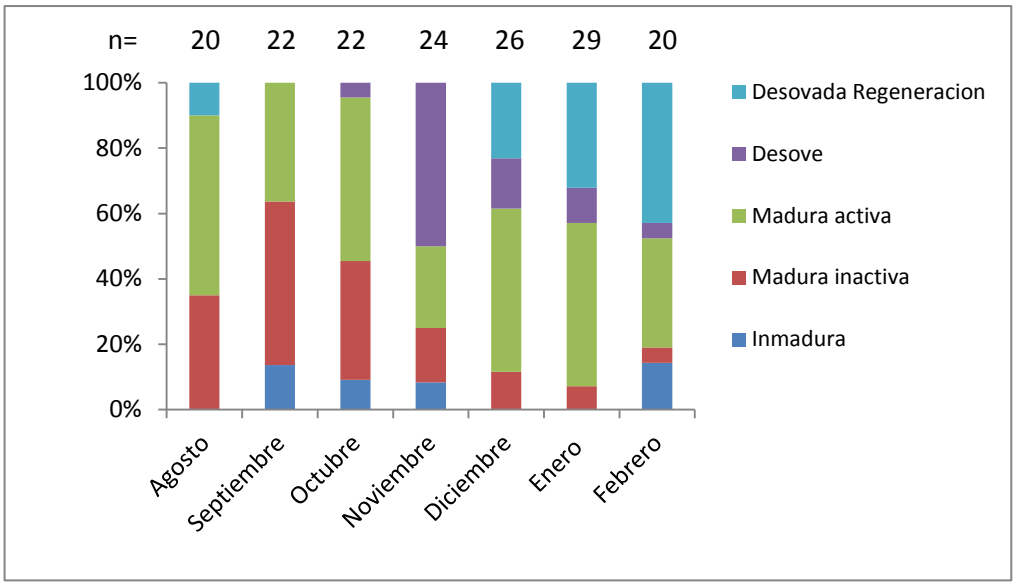
Estos resultados muestran un pico reproductivo en los meses de noviembre y diciembre que coinciden con el cambio de la temperatura superficial del mar a temperaturas a más cálidas [57]. Finalmente en los meses de febrero y marzo los niveles de IGS disminuyen contribuyendo al proceso de reabsorción post-puesta.

3.2.1. Resultados histológicos

La descripción histológica de la estructura de las gónadas es fundamental para estudio de la reproducción. En la mayoría de los estudios sobre la biología reproductiva de peces, las técnicas histológicas son omitidas debido a que son muy costosas y requieren de mucho tiempo y dedicación, por consiguiente los casos de estudios de la biología de la reproducción son muy limitados o parciales [58].

En hembras de *P. albomaculatus* (n=162) los resultados histológicos demostraron que la época de puesta coincide con los datos cuantitativos del índice gonadasomático. En el mes de noviembre se analizaron mediante histología 24 hembras de las cuales el 50% se encontraron listas para el desove, y en el mes de diciembre (n= 26) el 15% presentó oocitos hidratos indicando desove inminente (Fig. 16).

Fig. 14 Distribución porcentual de los estadios de desarrollo gonadal en hembras de *Paralabrax albomaculatus.*

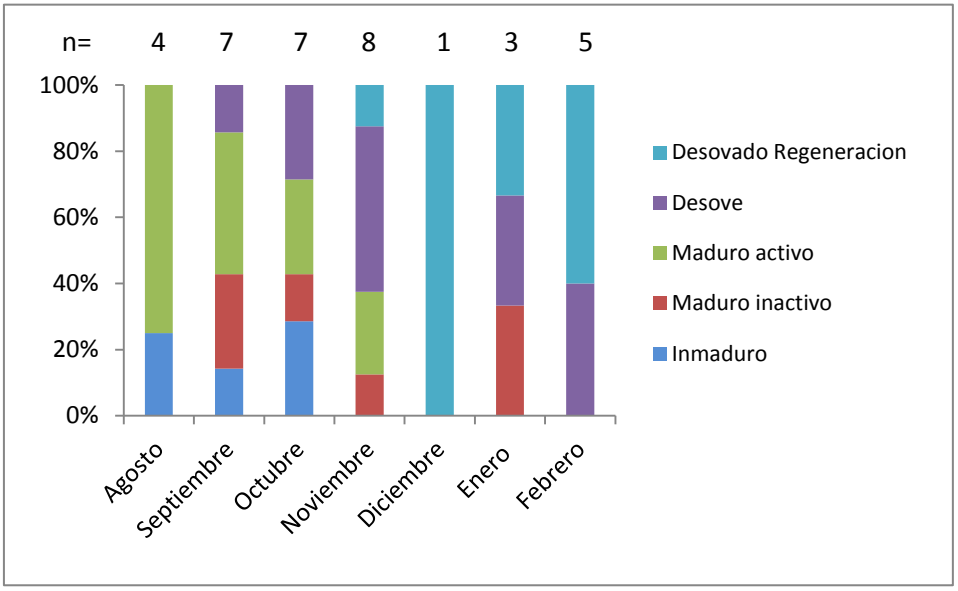


Fuente.- Tesista

Conjuntamente los análisis histológicos demostraron que aún en los meses de enero (n=28, desove= 11%) y febrero (n=21, desove= 5%) se encontraban individuos en estados reproductivos listo para el desove, por lo que la temporada de puesta se extiende desde los meses de noviembre hasta aproximadamente febrero, manteniendo un pico máximo reproducción en los meses de noviembre y diciembre.

En los machos de *P. albomaculatus* (n=34) (Fig. 17), los análisis histológicos demostraron que la temporada de puesta tiene un inicio en los meses de septiembre hasta febrero, con un pico reproductivo en el mes de noviembre.

Fig. 15 Distribución porcentual de los estadios de desarrollo gonadal en machos de *Paralabrax albomaculatus.*



Fuente.- Tesista

En el mes de septiembre (n=7) presento que el 14% de los individuos se encontraban listo para el desove, en octubre (n= 7) el 26%, obteniendo un pico reproductivo en el mes de noviembre (n=8) alcanzando el 50% de individuos listos para el desove y disminuyendo paulatinamente en los meses subsiguientes de estudio.

Además se evidenció la presencia de individuos bisexuales, dos hembras y un macho. Las dos hembras con longitud total de 300 y 460 mm, capturadas en los meses de septiembre y noviembre del 2013, respectivamente mostraron evidencia de tejido testicular en la cavidad ovárica. Solo se encontró un macho de 410 mm de longitud total capturado en el mes de febrero del 2014, con presencia de oocitos en

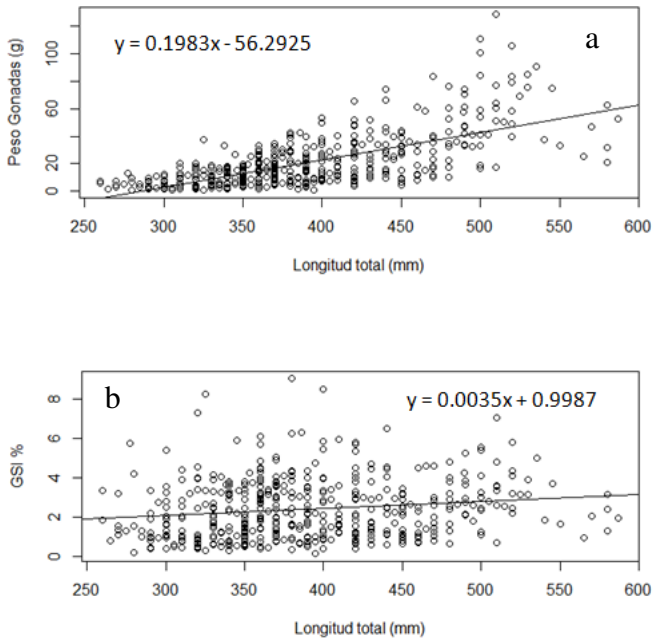
crecimiento primario en el tejido testicular. Posteriormente no se encontró mayor evidencia de individuos bisexuales en los 196 individuos en los cuales se realizó el análisis histológico.

3.3. Relaciones Biométricas

Los resultados de las relaciones biométricas se estimaron mediante regresiones lineales [45].

En las hembras el peso de las gónadas fue correlacionado con la longitud total, mostrando una relación positiva (Figura 18a; n= 458 R^2= 0.451 P<0.001), de la misma manera existe una relación entre el IGS con respecto a longitud total (Figura 18b; n=458, R^2= 0.02467 , P<0.001).

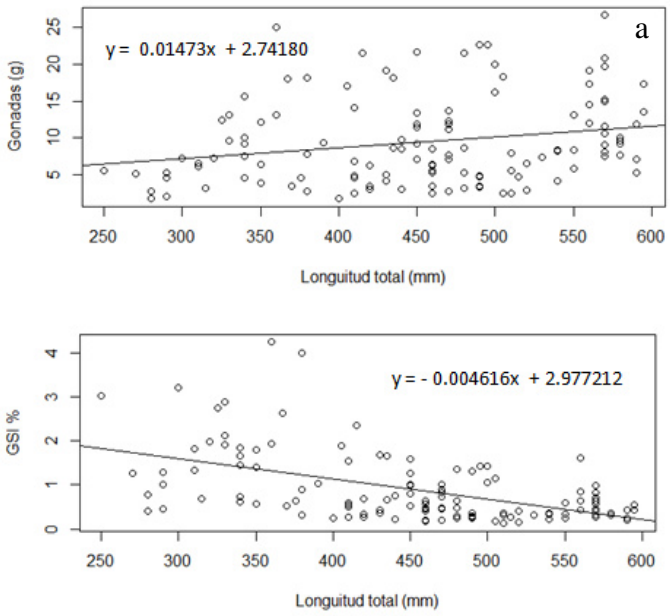
Fig. 16 Relaciones biométricas en hembras de *Paralabrax albomaculatus* a) regresión entre la longitud total (mm) y el peso de las gónadas b) regresión entre la longitud total (mm) y el IGS (%)



Fuente.- Tesista

En machos el peso de las gónadas aumenta con relación a la longitud total (Fig.19a n=122, R^2= 0.05105, P<0.01), pero el IGS decrece significativamente con relación a la longitud total (Fig.19b n=122, R^2=0.2764, P<0.001). Durante el proceso de maduración de los espermatozoides se producen cuerpos residuales, los cuales son eliminados mediante la fagocitación de las células de Sertolli, reduciendo significativamente el peso del testículo aconteciendo en el momento en que los machos alcanzan su máxima madurez sexual [47].

Fig. 17 Relaciones biométricas en machos de *Paralabrax albomaculatus* a) regresión entre la longitud total (mm) y el peso de las gónadas b) regresión entre la longitud total (mm) y el IGS (%)



Fuente.- Tesista

3.3.1. Índice de condición o índice de Fulton

El índice de condición de Fulton (k) es un indicador del grado de salud de los peces, el cual expresa una relación isométrica en función del peso y la longitud total de los individuos [34]. El factor de condición es usado para comparar la condición o ¨gordura¨ del pez, basado en la asunción que mientras más pesado el pez en mejor condición se encuentra ^{b} [59]. Esta relación nace de la Ley cuadrático-cúbica de Galileo Galilei en 1638 describiendo que el volumen incrementa de manera exponencial mientras que la longitud incrementa de forma cuadrática [59]. El factor de condición Fulton se basa en que la pendiente en la regresión de peso-longitud es igual a 3 en una relación isométrica [60].

Fulton presento una relación fija entre peso-talla mediante la siguiente ecuación [60]:

$$K = \frac{Pt}{Lt^3} \times 100$$

Donde :

K= Índice de condición Fulton

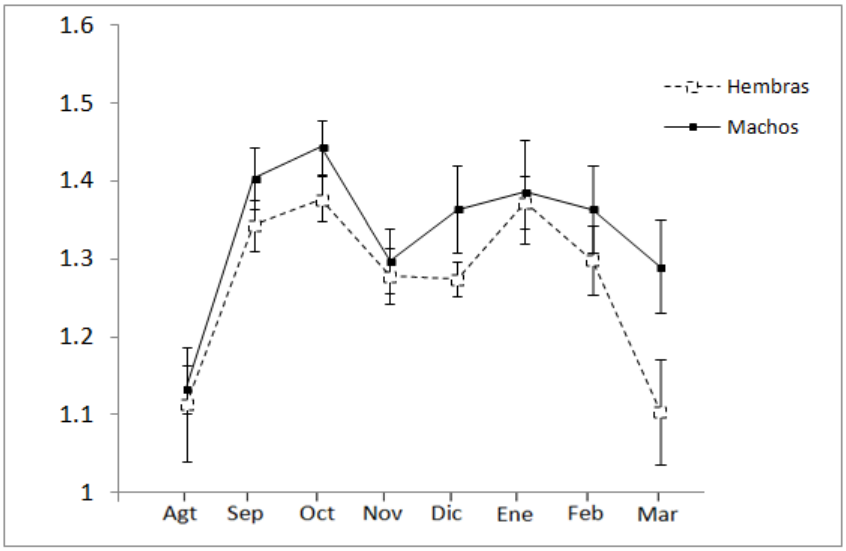
Pt= Peso total del pez (g)

Lt= Longitud total (cm)

El índice de condición de Fulton se expresó en promedios mensuales (Fig. 20). Durante el periodo de estudio las hembras mostraron valores mínimos en el mes de agosto (1.11 ± 0.07) incrementando paulatinamente en los meses de septiembre y octubre donde alcanzó el nivel máximo (1.38 ± 0.03), y disminuyendo en los meses de noviembre (1.28 ± 0.04) y diciembre (1.27 ± 0.03), para posteriormente aumentar en los meses subsiguientes de estudios. Los resultados mediante un análisis de varianza, demostraron que existe una diferencias significativas ($F_{7,453} = 3.6809$, P<0.001) entre el IHS y los meses de estudio.

En los machos se observó el promedio mensual del Factor de Condición, encontrando el nivel más bajo en el mes de agosto (1.13 ± 0.03) e incrementando en los meses de septiembre (1.40 ± 0.04) y octubre (1.44 ± 0.03) donde alcanza su valor máximo para posteriormente disminuir en los meses de noviembre (1. 29 ± 0.04) y diciembre (1.36 ± 0.05) y recuperarse en el mes de enero (1.38 ± 0.07) y febrero (1.36 ± 0.06). El análisis de varianza ($F_{7,116} = 1.6693$, P<0.1233) demostró solo diferencia entre los meses de estudio para el mes de octubre (P<0.001) donde alcanzó el nivel máximo de IHS.

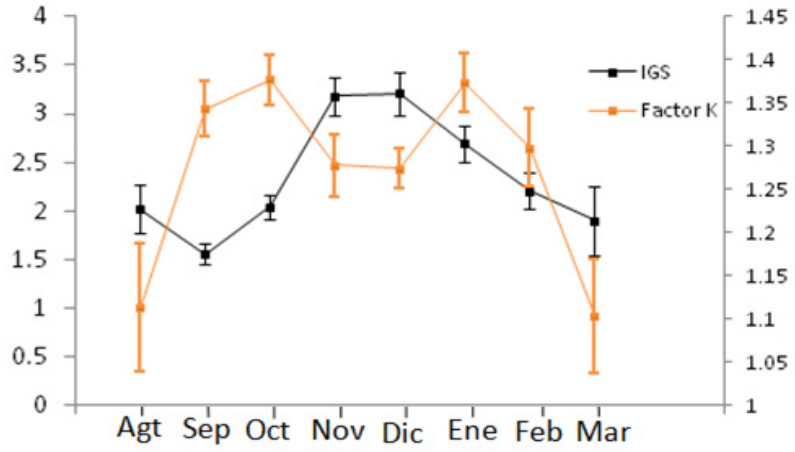
Fig. 18 Índice de condición de Fulton *Paralabrax albomaculatus* durante el periodo de estudio.



Fuente.- Tesista

El Factor de condición Fulton presento un patrón inverso al del IGS (Fig. 21). En los meses de septiembre y octubre cuando los valores del IGS alcanzan sus valores mínimos, el Factor de Condición de Fulton alcanza sus valores máximos, mostrando una relación inversa entre el IGS y el factor de condición (FC). En contraste cuando los individuos alcanzan los picos de reproductivos en los meses de noviembre y diciembre, el FC alcanza los niveles mínimos, pudiendo concluir que en estos meses el mes invierte mayor energía en el desarrollar de las gónadas más que en el aumentar de peso o ¨gordura¨ produciendo valores mínimos del FC; Posterior a los meses de puesta, el FC incrementar paulatinamente por encima del IGS, en la cual el pez se encuentra en estado de recuperación post-puesta y almacenamiento de energía para su crecimiento.

Fig. 19 Comparación de índice de condición de Fulton (anaranjado) y el índice gonadosomático (negro) en hembras de *Paralabrax albomaculatus* durante el periodo de estudio



Fuente.- Tesista

3.3.2. Índice hepatosomático (IHS)

El índice Hepatosomático es una medida que relaciona el peso del hígado como una fuente de reserva importante de energía en los peces y se usa para estimar el estatus de energía del pez [61]. El IHS permite de manera cuantitativa, medir los cambios cíclicos en el peso del hígado, generados por la acumulación de lípidos y a la síntesis de vitelogenina, proteína precursora del vitelo que se almacena en los oocitos durante el proceso de vitelogénesis [54,62] .

El Índice hepatosomático se calculó mediante el uso de la siguiente ecuación:

$$IHS = \frac{Ph}{Pt} \times 100$$

Donde :

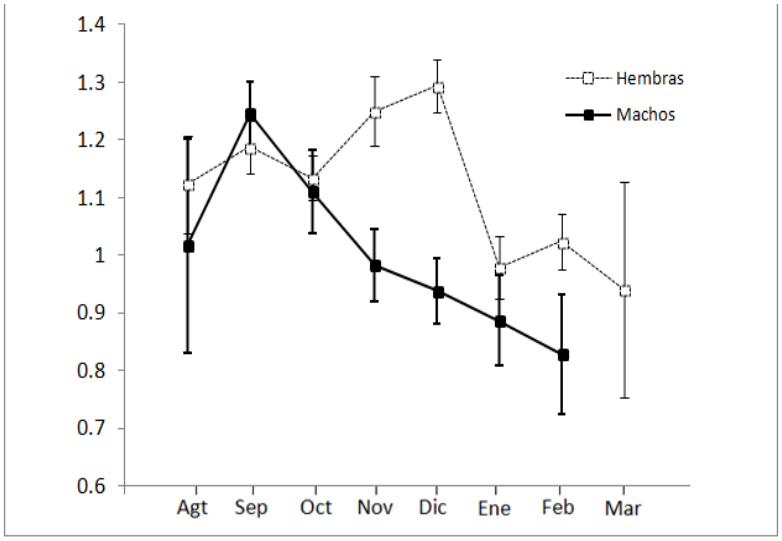
IHS= Índice Hepatosomático

Ph= Peso del hígado (g)

Pt= Peso total del pez (g)

El Índice Hepatosomático (IHS) al igual que IGS se mostró en promedios mensuales (Fig. 22). Las hembras presentaron un valor máximo en el mes de noviembre (1.25 ± 0.06) y diciembre (1.30 ± 0.5), decreciendo drásticamente en los meses enero, febrero y marzo (0.94 ± 0.19) siendo este el valor mínimo alcanzando durante el periodo de estudio, además se observó la existencia de diferencias significativas entre los meses de estudio ($F_{7,448} = 4.0605$, P<0.001). En los machos se observó el promedio mensual del IHS, en la cual presentó el valor más alto en el mes de septiembre (1.25 + 0.05) y decreciendo en los meses subsiguientes hasta alcanzar el valor mínimo en el mes de febrero (0.83 + 0.10). Por medio del análisis de varianza ($F_{7,114} = 3.4629$, P<0.001) se demostró que existe diferencias del IHS entre los meses de estudio.

Fig. 20 Índice Hepatosomático *Paralabrax albomaculatus* durante el periodo de estudio.



Fuente.- Tesista

No se encontró ningún tipo de relación entre el IHS y el IGS durante el periodo de estudio al no indicaron ningún tipo de cambio metabólico relacionada con la época de puesta, y encontrar que los picos más altos del IHS son iguales en los meses de noviembre y diciembre que para los del IGS. El mejor indicador fue el FC, el cual mostraba una relación inversa de IGS, sobre la energía invertida en el desarrollo gonadal más que en mantener una condición de ¨gordura¨.

3.3.3. Relación longitud-peso

La relación longitud-peso es de gran importancia en las evaluaciones de pesquerías [63] y es usada para estimar el peso correspondiente a una longitud dada [59]. Se termina mediante la siguiente ecuación [64]:

$$P = aL^b$$

Donde:

P= Peso (g) a una longitud determinada

L=longitud total (mm)

a y *b*= valores constante de la regresión

El parámetro *b* es el exponente aritmético de la relación longitud-peso. En peces se estima que el valor de *b* se encuentre en un rango entre 2.5 < b < 3.5 [59]. Si el valor de b=3 indica que los peces de menor tamaño dentro la población tienen la misma forma y condición que los especímenes de mayor tamaño, si b > 3 los especímenes de mayor tamaño han incrementado en anchura más que en tamaño longitudinal, considerando que b<3, indica que los especímenes de mayor tamaño de la población han cambiado su forma corporal para convertirse más alongados [59].

El exponencial *b* (factor alométrico) es el parámetro más importante dentro de la ecuación. Para la obtención de *b* se determina mediante un gráfico del logaritmo de peso contra el logaritmo de longitud de una gran cantidad de individuos de diferentes tamaños, en la cual la pendiente es *b* [64].

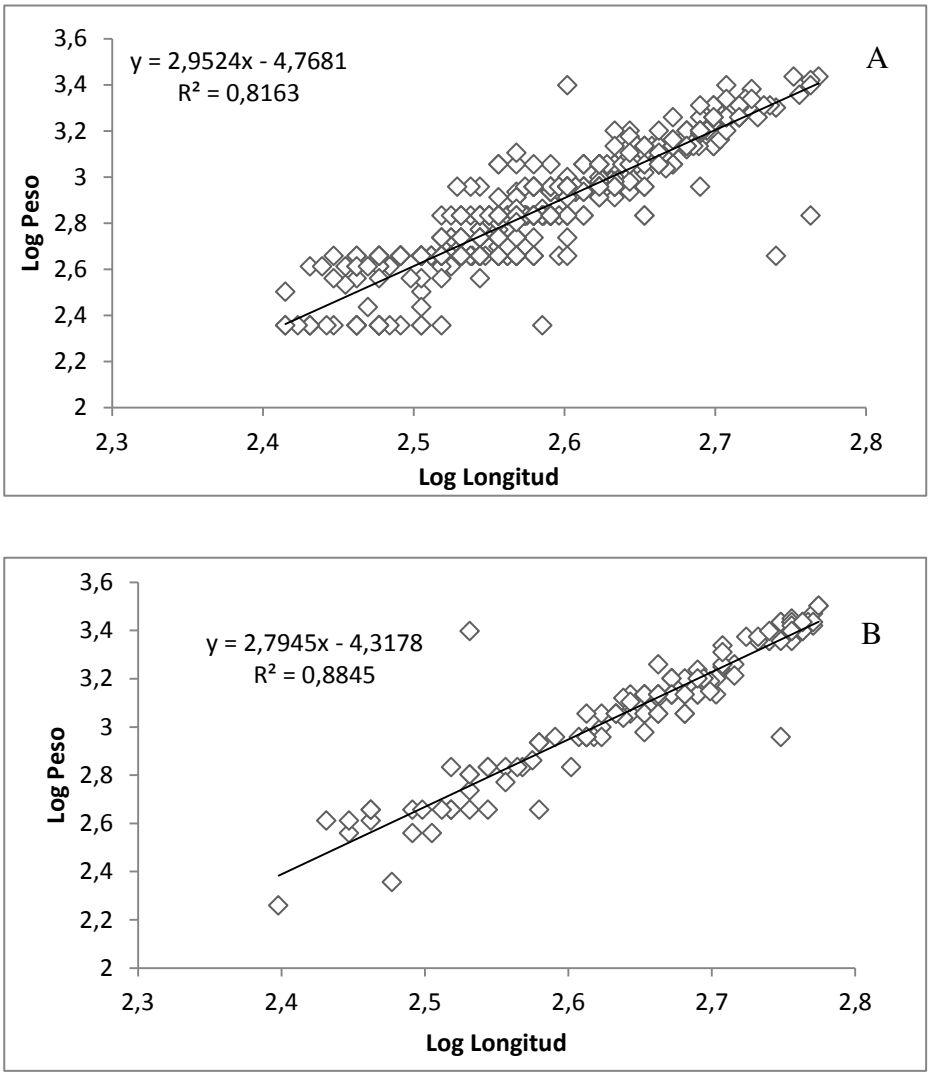
El parámetro *a* es el coeficiente aritmético de la relación longitud-peso y es el intercepto del gráfico logarítmico, obteniendo *a* de la siguiente ecuación log (P)= log (*a*) + *b* log (L) [60].

Se determinó la relación longitud-peso para hembras (n=464) de *P. albomaculatus* dando como resultado el valor de *b*= 2.9524 (± 0.06509) y *a*=0.0084965 (R^2= 0.8163, P<0.001).

En machos (n=124) se determinó el valor *b*= 2.7945 (± 0.09086) y *a*= 0.0133292 (R^2= 0.8845, P>0.001) (Fig. 23).

Para el resultados de ambos casos (hembras y machos) los valores de *b* fueron menores a 3, presentando un crecimiento alométrico , queriendo decir que el pez crece más rápido en longitud que de peso para ambos casos.

Fig. 21 Relaciones longitud-peso en *Paralabrax albomaculatus* a) Relación longitud-peso en hembras b) longitud-peso peso-tala en machos



Fuente.- Tesista

CAPITULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis histológicos

Los patrones reproductivos dentro de los teleósteos son muy diversos comparados con otros vertebrados superiores.

Existen cuatro tipos de patrones sexuales para los Serránidos [47,65]:

- Gonocórico: En la cual los individuos de una población poseen sexo definido genéticamente sin transformase durante el periodo de vida
- Hermafrodita protogínico: En el cual las hembras maduradas se transforman en machos funcionales.
- Hermafrodita simultáneo: Donde una proporción de individuos dentro de una población funcionan con ambos sexos de manera simultánea.
- Hermafrodita protrándico: En la cual los machos adultos se transforman en hembras funcionales.

La mayoría de los especies marinas de importancia comercial son iteróparas, reproduciéndose más de una vez durante su tiempo de vida, con una estrategia

reproductiva gonocórica, y presentan una fecundación externa sin cuidado parental [51].

Los análisis realizados en las gónadas de *P. albomaculatus*, muestran una clara diferencia entre el tejido ovárico y testicular, haciendo evidente la diferenciación de los sexos por simple inspección macroscópica, además de la confirmación por inspección microscópica que corrobora la diferenciación de los sexos. Al igual que para las especies pertenecientes al género *Paralabrax*, se evidenció que el tejido testicular es bien diferenciado del tejido ovárico a nivel microscópico, en el ovario se evidencia bandas que se encuentran a lo largo de la pared ventrolateral en la parte posterior de cada lóbulo gonadal [40,66].

No obstante, los análisis histológicos demostraron la presencia de individuos bisexuales. Se evidenció tejido testicular dentro del ovario en dos hembras de *P. albomaculatus*, y la presencia se oocitos primarios dentro del tejido testicular en un macho *P. albomaculatus*. Sin embargo este acontecimiento se puede explicar debido a que dentro del género *Paralabrax*, se da un tipo patrón sexual llamado gonocorismo secundario, proveniente de la evolución de individuos protogínicos (de hembras a machos funcionales) [40,42,65]. Por lo que encontrar individuos bisexuales, puede ser por vestigios de ancestros hermafroditas. Además la presencia de individuos bisexuales juveniles no asegura de manera concreta un hermafroditismo funcional, en virtud que en estos casos se dan en especies gonocóricas, hermafroditas simultáneos y secuenciales, incluyendo protandricos y protogínicos de manera natural [40].

En cuatro de las especies pertenecientes del género *Paralabrax* (*P. clathratus, P. auroguttatus, P. humeralis*) han sido determinados como gonocóricos secundarios funcionales, lo que quiere decir que vienen de ancestros protogínicos (hembras a machos) y que no cambian de sexo durante su tiempo de vida. Esta característica en contrasta con los gonocóricos primarios, provenientes de machos desarrollados directamente de juveniles [40,43,42]. No obstante estas especies (*P. clathratus, P. auroguttatus, P. humeralis*) presentan una fase de juveniles bisexuales no funcionales, en la cual la gónada presentar una clara separación de tejido ovárico y testicular [42].

Durante el tiempo de estudio se presentaron dificultades para encontrar camotillos de menor tamaño, siendo la talla mínima registrada fue de 250 mm en un macho y para una hembra fue de 260 mm, por lo que no es posible determinar si esta especie *P. albomaculatus* al igual que *P. maculatofasciatus, P. nebulifer, P. clathratus y P. aurogattatus*, presenta una fase juvenil bisexual no funcional.

4.1.1. Análisis de índices y relaciones biométricas

El índice gonadosomático mostró un pico reproductivo en los meses de noviembre y diciembre, coincidiendo con el cambio de la temperatura superficial del mar a temperaturas más cálidas, considerando que esta especie desova en aguas cálidas al igual que en el caso de *Paralabrax maculatofasciatus* y *Paralabrax nebulifer*, confirmando lo propuesto por Oda *et. al*. (1993) que las especies del género *Paralabrax* son desovadores de verano [47,67,43]. Subsecuentemente el IGS de *P.*

albomaculatus disminuye paulatinamente en los meses siguientes de estudio entrando en el proceso de reabsorción postpuesta.

Los datos histológicos de carácter cualitativo fueron comparados con los datos de cuantitativos de IGS, para corroborar mediante observación histológica los diferentes estadios de desarrollo gonadal. Se comprobó que el periodo de puesta se extiende hasta el mes de marzo, encontrando individuos con oocitos hidratos siendo un indicador de desove inminente.

Aunque el uso del IGS no proporciona información precisa sobre la cúspide de desove, si ayuda a determinar la época de mayor reproducción, en este caso para *P. albomaculatus* presentaron en los meses de noviembre y diciembre los niveles más altos de IGS [34]. Este aumento del IGS en las hembras de *P. albomaculatus* se debe a la acumulación de las reservas de vitelo y lípidos en el ovario característica de un estado de desarrollo gonádico, aumentando el peso de la gónada reflejándose en el IGS [47,41], además esta relación muestra que en hembras de mayor tamaño poseen gónadas más grandes acumulando mayor cantidad de oocitos que en hembras de menor tamaño.

En caso contrario ocurre en los machos, los porcentajes del IGS disminuyen en la relación a la longitud total, debido a que durante el proceso de maduración de los espermatozoides producen cuerpos residuales, los cuales son eliminados mediante la fagocitación de las células de Sertolli, reduciendo significativamente el peso del testículo aconteciendo en el mismo momento en que los machos alcanzan su máxima madurez sexual [47] .

Además los análisis histológicos demostraron que el desarrollo de los ovarios *de P. albomaculatus* presentaran más de dos grupos oocitos de diferentes tamaños en distintos estadios de ovogénesis al mismo tiempo. Esta característica es determinada como desarrollo sincrónico por grupos, lo que quiere decir que dentro del ovario se encuentran al menos dos grupos de oocitos de diferentes tamaños, siendo normalmente el grupo más avanzado el más homogéneo [51,48,56].

Al realizar la comparación de los datos del IGS y el FC suelen presentar un patrón inverso. Esta relación se puede asumir que el pez invierte mayor energía en el desarrollo gonadal, durante los meses de puesta (noviembre y diciembre), alcanzando los valores mínimos del índice de condición de Fulton, debido a que la energía es desviada al crecimiento gonadal más que al incremento de biomasa o ¨gordura¨. Aunque normalmente el IHP y el IGS se presentan una tendencia contraria [54]; esta relación no se encontró para *P. albomaculatus* al realizar la comparación de estos índices. Por lo que se puede estipular que los valores del IHS incrementan durante el mismo periodo que el IGS (noviembre y diciembre), debido a que puede existir cierto tipo de almacenamiento de sustancia en el hígado aparte de la vitelogenina, o se suministra otro componente celular durante este periodo dentro del hígado durante el crecimiento gonádico, incrementando el peso del hígado para a su vez aumentar el IHP [68].

Para realizar la historia de vida de *P. albomaculatus* es necesario abarcar más a fondo cada índice. Para comprender de mejor manera el patrón del IHS es necesario

la realización de estudios bioquímicos, sobre las proteínas del hígado que juegan un papel importante en el desarrollo gonadal [68].

4.2. Análisis de desarrollo y madurez sexual

Según Saborido-Rey (2008) la edad de la primera madurez sexual está asociada a la longitud, en la cual un individuo se reproduce por primera vez. Sin embargo no todos los individuos de una población se reproducen por primera vez a la misma edad o talla [54]. Por consiguiente para el caso de *P. albomaculatus* no se puede realizar una curva de crecimiento de primera maduración en virtud de que solo un proporción muy pequeña de individuos se presentaron como sexualmente inmaduros (menos del 10% de la población) y es necesario abarcar ciertas tallas donde todos los individuos al menos el 50% sean inmaduros [54].

Diversos estudios sobre otras especies de *Paralabrax,* como en *Paralabrax nebulifer* las hembras alcanzaron su madurez sexual a los 219 mm y en machos a los 239 mm, en estudios realizados por Baca-Hovey (1996), además en otro caso como el de *P. maculatofasciatus* por Quevedo-Avilés (2005) se han encontrado hembras maduras desde 112 mm y machos maduros desde 130 mm. No obstante para esta misma especie se realizó el mismo estudio pero en diferente localidad (Hastings 1989) en la cual se registró hembras maduras de 92 mm y machos maduros de 102 mm, por lo que la distribución espacial de las especies puede ser un factor de variabilidad en el crecimiento y madurez sexual. Para otras especies pertenecientes a la familia Serranidae se realizaron estudios de la primera madurez sexual, como por ejemplo para *Cephalopholis panamensis* presentando la longitud mínima donde se encontró

actividad sexual madura fue en hembras de 170 mm y para machos 200 mm de longitud total, para *Alphestes inmaculatus* se reporto madurez sexual en hembras de 120 mm de longitud total y en machos de 130 mm y *Epinephelus labriformis* las hembras presentaron madurez a los 170 mm y machos de 230 mm de longitud total [40].

Por lo que este estudio no pudo abarcar este parámetro de determinación de la primera madurez de *P. albomaculatus*, puesto que menos del 10% los individuos analizados eran sexualmente maduros, y los clasificados como inmaduros no alcanzaron el porcentaje indicado (al menos el 50%) para realizar la curva de crecimiento, esto se dio debido a las limitaciones del estudio en obtener individuos con longitudes por debajo de los 250 mm, no obstante es necesario la complementación de esta parte de la investigación.

Otro aspecto ecológico importante que puede mostrar una variación sobre la edad y talla de la primera maduración dentro de una misma especie, es la distribución espacial o las diferentes áreas de rango de distribución [54]. Durante el periodo de estudio los individuos fueron capturados en la Bioregión Centro-sur-este, sin abarcar las demás regiones que poseen factores ambientales diferentes, en especial la Bioregión Oeste. Los factores ambientales tales como variación de temperatura, disponibilidad de alimento pueden actuar de manera favorable para reducir la edad y talla de la primera maduración. Además otro factores más que pueden afectar una variación en la primera talla de madurez sexual, es la reducción de la biomasa de la población por la actividad pesquera [54].

Este tipo de caso de variabilidad de diferentes patrones reproductivos dentro de una misma especie ha sido documentada por varios autores como Thompson *et al.* (1987), Avilés-Quevedo *et al.* (1995), Lluch-Cota (1995), Hovey y Allen (2000), sobre *P. maculatofasciatus* debido a que tiene un amplio rango de distribución desde latitudes templadas hasta zonas tropicales pasando por diferentes hábitats como zonas someras, fondos-arenosos-lodos y rocoso-arrecifal, en efecto los factores ambientales-ecológicos tienen una relación directa con los patrones reproductivos [34].

El estudio de la fecundidad es uno de los eslabones más importantes para comprender la vida reproductiva de los peces, y es utilizada para realizar estimaciones cuantitativas del número de huevos puestos por hembras adultas [54].

Las estimaciones de la fecundidad total para *P. albomaculatus* fueron más altas que las reportadas por Demartini (1987) y Oda *et. al* (1993) para las especies de *P. clathratus, P. nebulifer y P. maculatofasciatus*, lo que indicia una posible variabilidad entre las especies pertenecientes al género *Paralabrax*. Aunque para realizar estimaciones de fecundidad total para *P. albomaculatus* es necesario calcular estas estimaciones por varios años para así determinar si existe variaciones entre los años, como factores ambiental, antropogénicos o diferenciaciones producidos por eventos como El Niño [69]. Además la diferencia del número de oocitos en los ovarios de las hembras estudiadas se debe a que las hembras de mayor tamaño poseen gónadas más grandes acumulando mayor cantidad de oocitos que en hembras más pequeñas.

4.3. Relación longitud-peso

La mayoría de estudios que se han centrado en especies de interés comercial se basa en la necesidad de conocer los parámetros de crecimiento en relación longitud-peso [64]. La relación longitud-peso es de gran importancia para las pesquerías en virtud que pueden ser usadas en una amplia gama de aplicaciones desde estimaciones de biomasa por longitud, estimaciones del factor de condición, comparación de la historia de vida y diferenciación morfológica de la misma especie en diferentes áreas, etc [70].

El rango ideal para un crecimiento alométrico para la mayoría de las especies de teleósteos de estima que se encuentre entre un rango de $2.5 < b < 3.5$ [59]. Los datos obtenidos para hembras de *P. albomaculatus* fue de $b = 2.95$ y en machos $b = 2.79$, acercándose al valor ideal de 3. En comparación con otros *Paralabrax* los valores de b fueron muy cercanos a los valores de *P. maculatofasciatus* presentando $b=2.92$ para hembras, no obstante para machos fue ligeramente mayor el valor los datos de $b=3.25$ [34]. Aunque los valores de *b* fueron ligeramente superiores para *Paralabrax aurogattatus* el valor de $b=3$ y *Paralabrax clathratus* $b = 3.27$ [71], en comparación con los datos obtenidos para *P. albomaculatus*.

P. albomaculatus presenta un crecimiento alométrico con valores de $b<3$, expresando que el pez incrementa más rápido de longitud que de peso.

4.4. Impacto sobre la pesca

Las pesquerías artesanales son parte de un componente socioeconómico crítico, ya que estas pesquerías emplean en mayor magnitud a personas que las pesquerías industriales, debido a que son de acceso abierto a la comunidad, por lo que existe un alto riesgo de sobreexplotación de los recursos [7]. En marzo de 1998 con la implementación de la RMG se buscó la necesidad de un comanejo, con el objetivo de controlar el acceso y la explotación de los recursos marinos en especial de los recursos pesqueros [18,24].

El ecosistema marino de las Islas Galápagos, caracterizado por su alto endemismo, ha sido objetivo de pesca artesanal intensiva así también como la pesca industrial, de invertebrados y peces de arrecife desde la década de los años 60 [28]. Esta intensa presión pesquera llevó a las pesquerías de langosta y pepino de mar hasta casi su completa eliminación, provocando en la actualidad una notable decadencia en la rentabilidad de estas pesquerías [72,73]. Esto conllevó una alta preocupación en los pescadores por la disminución de sus ingresos económicos y la incertidumbre sobre estas pesquerías, por consiguiente esto indujo una incipiente presión sobre los demás recursos marinos, que hasta la fecha continúan siendo explotados con la finalidad de satisfacer las necesidades económicas [7]. Sin embargo en la actualidad los pescadores reconocen el aumento de la presión económica y pesquera, debido a que dentro de las cooperativas de pesca ha aumentado el número de pescadores y embarcaciones, generando mayor competencia y, por lo tanto, una mayor presión sobre las poblaciones de peces [74].

Históricamente las Islas Galápagos se ha sometido a la sobreexplotación de los recursos marinos, como en el caso del bacalao de Galápagos (*Mycteroperca olfax*) especie emblemática de las islas, disminuyendo la abundancia de la población en los últimos años en comparación con la década de los 40 (Reck 1983) y en la actualidad está clasificado como una especie en estado de amenaza vulnerable por la UICN [7].

La sobreexplotación de los recursos pesqueros puede causar una alteración drástica en la función y estructura de los ecosistemas marinos, debido a que las pesquerías tienen como objetivo principal a depredadores tope que juegan un papel ecológico esencial en su hábitat [74]. Considerando a *P. albomaculatus* un depredador carnívoro ubicado en la cúspide de la cadena alimenticia, este desempeña un rol importante en la estructura poblacional de la ictiofauna, su sobreexplotación puede causar alteraciones ecológicas importantes dentro de estos hábitats, logrando provocar un efecto ¨top-down¨ (desde arriba), término que hace referencia a organismos donde el control esta ejercido por la depredación, logrando causar grandes cambios en la estructura de las comunidades de peces [45,40,75].

En la actualidad *P. albomaculatus* se encuentra en la lista roja de la UICN clasificado como especie en peligro, debido a la reducción de su población en un 70% entre los años 1998 y 2001 [1]. La sobreexplotación de esta especie *P. albomaculatus* puede causar una reducción en la abundancia del stock, cambios en el rendimiento reproductivo, cambios en la estructura de tallas y proporción de sexos, hasta alteraciones en la composición genética de la población [33].

Las actividades pesqueras descontrolada tienden a reducir el rendimiento reproductivo de las poblaciones, tanto por la sobrepesca en los sitios de desove como las alteraciones de la estructura poblacional extrayendo individuos altamente reproductivos [76,45]. Al igual que otros serránidos, es necesario reconocer la importancia de los sitios de agregación de desove, que son un componente importante en la reproducción anual de estas especies y es probablemente que sea interrumpido debido a una alta e intensa actividad pesquera [33].

Se reconoce la importancia y necesidad de la implementación de la investigación y ciencia pesquera, para el manejo y gestión de las pesquerías, con el fin de obtener información necesaria para la creación de regulaciones sobre los recursos [28]. Cabe recalcar que las pesquerías son manejadas con el fin de proteger las especies y proporcionar un rendimiento sostenible de los recursos [43].

Se sugiere tomar medias de manejo con un enfoque precautorio, la implementación de medidas de manejo, continua evaluaciones, manejo participativo en el cual involucre la comunicación y participación de los diferentes sectores involucrados para el manejo de esta pesquería [7,77]. Este tipo de manejo llamado comanejo basado en la comunidad, se ha convertido en un objetivo clave para el éxito del manejo de las comunidades pesqueras, incorporando a todos los usuarios y partes interesadas en la toma decisiones sobre el manejo de las pesquerías [28,78,79]. De esta manera se reduce los conflictos entre las autoridades de la RMG (PNG) y el sector pesquero, como lo sucedido en 1995, originado por la falta de inclusión del sector pesquero en la toma de decisiones sobre el manejo de las pesquerías [80].

Estudios realizados por Castrejón-Mendoza (2011) y Usseglio *et al* (2014), sugieren que para lograr la optimación de la utilización de los recursos pesqueros y a su vez asegurar el desarrollo sostenible del sector pesquero, es necesario la implementación de un sistema comanejo de los recursos marinos con el fin de conservar de manera sostenible los ecosistemas marinos [81].

Consecuentemente se debe fortalecer el control en la presión pesquera e implementar medidas de manejo. Se pueden tomar medidas de manejo tales como:

- Cuotas anuales de captura.
- Respetar tallas mínimas de capturas
- Modificación del arte de pesca para mejor selectividad
- Implementación de calendario pesquero, con el fin de proteger la reproducción de esta especie.
- Complementar estudios sobre sitios de agregación para proteger estas áreas (zonificación).
- Zonificación de sitios de agregación.

Este estudio cumple como una fuente de información sobre la biología reproductiva del camotillo, información necesaria para futuras evaluaciones de manejo pesquero de la RMG, para ser llevo a la Junta de Manejo Participativo, el cual de mediante un sistema democrático toma responsabilidad sobre el manejo de los recursos pesqueros compartida entre los usuarios de la RMG (PNG, FCD, sector pesquero de Galápagos, cámara de turismo, guías naturalistas) y el Gobierno Ecuatoriano, con el fin de que este recurso siga proveyendo de fuente de alimento, de empleo y de oportunidades

económica para los pescadores de Galápagos [7]. Por lo cual se sugiere de manera urgente la aplicación de un sistema de manejo pesquero, en el cual el sector pesquero pase a tener un foco central de la atención de los esquemas de manejo y garantizar de manera organizada y exitosa una sostenibilidad de las pesquerías además de proveer el bienestar socioeconómico de los pescadores.

CONCLUSIONES

Este estudio presenta datos elementales para un mejor entendimiento sobre la biología reproductiva del camotillo, debido a que en la actualidad no existe ningún tipo de estudio sobre su historia de vida.

1. La estructura de población estudiada de *Paralabrax albomaculatus* se encuentra predomina por hembras en una proporción de 4:1 por cada macho.
2. La población estudiada se caracterizó por presentar hembras de menor tamaño (389 ± 67 mm) que los machos (520 ± 90 mm).
3. El valor del IGS de las hembras (2.35 ± 0.57) fue más alto que el de los machos (0.89 ± 0.33).
4. El IGS mostró un pico reproductivo en los meses de noviembre y diciembre tanto para hembras como para machos, coincidiendo con el cambio de temperatura del mar a aguas más cálidas determinando que *P. albomaculatus* es una especie desovadora de verano.
5. El factor de condición de Fulton fue similar para las hembras (1.27 ± 0.10) y machos (1.34 ± 0.09).
6. Existe una relación inversa entre el IGS y FC, demostrando que en los meses de pico reproductivo el pez invierte más energía en el desarrollo gonadal que en aumentar de biomasa.

7. No hubo diferencias estadísticamente significativas para los valor del IHS en hembras (1.12 ± 0.13) y los valores de los machos (1.00 ± 0.14).
8. La histología realiza en las gónadas de *Paralabrax albomaculatus* , presenta un proceso oogonial llamado desarrollo sincrónico por grupos.
9. *Paralabrax albomaculatus* presenta un patrón sexual gonocórico secundario, provenientes de ancestros protogínicos.
10. En la relación longitud-peso de *Paralabrax albomaculatus* fueron para hembras b= 2.9524 ± 0.06509 y para machos b= 2.7945 ± 0.09086.

RECOMENDACIONES

La continua importancia de estudio de peces de interés comercial ha fomentado el intereses de la comunidad científica para implementar estudios sobre la historia de vida de estos individuos, incluyendo estudios sobre la reproducción, factor clave para las pesquerías [33].

Esta investigación cumple con el trabajo de presentar los primeros pasos sobre la historia de vida del *P. albomaculatus*.

Se sugiere la complementación de factores claves para un mejor entendimiento sobre de la historia de vida de *Paralabrax albomaculatus*, complementado con investigaciones sobre:

- Sitios de agregación de desove.
- Estudios sobre el rol ecológico dentro del hábitat arrecife-rocoso.
- Estudios de genética poblacional.
- Factores ambientales que afectan la abundancia y distribución espacial de esta especie.

Para de esta manera obtener una visión amplia sobre la historia de vida de esta importante especie endémica de las Islas Galápagos y determinar la vulnerabilidad de la especie a la explotación por la actividad pesquera, para posteriormente utilizar

estos criterios para la creación de simples reglamentos de manejo tales como tamaño mínimo de captura o el establecimiento de cuotas [40].

Por supuesto, cualquier intento para mejorar el manejo de la pesquerías de camotillo requiere continuo monitoreo de la población y la pesquería, así también como el estricto fortalecimiento de las regulaciones que se vayan aplicar [45].

ANEXO A - Protocolo para embeber en parafina

1. Fijación de muestras en Solución Davidson por 24 horas.
2. Pasar las muestras por diferentes concentraciones de alcoholes para deshidratación:
   A. Etanol al 70% mínimo 24 horas.
   B. Etanol al 80% por una hora.
   C. Etanol al 90% por una hora.
   D. Etanol al 95% por una hora.
   E. Etanol I al 100% por una hora.
   F. Etanol II al 100% 12 horas.
   G. Xilol I por 1 una hora.
   H. Xilol II por 1 hora.
   I. Parafina I por una hora.
   J. Parafina II por 12 horas.
3. Fijas muestras en parafina y dejar solidificar en refrigeración mínimo 3 horas.

BIBLIOGRAFÍA

[1] IUCN. (2014, Abril) IUCN Red List of Threatened Species.. [Online]. www.iucnredlist.com

[2] M. Baine, M. Howard, S. Kerr, G. Edgar, and V. Toral, "Coastal and marine resource management in the Galapagos Islands and the Archipelago of San Andres: issues, problems and opportunities.," *Ocean and Coastal Management*, vol. 50, pp. 148-173, 2007.

[3] Pippa Heylings, Robert Bensted-Smith, and Manfred Altamirano, "Zonificación e Historia de la Reserva Marina de Galápagos," in *Reserva Marina de Galápagos. Línea Base de la Biodiversidad.*, E. Danulat and GJ Edgar, Eds. Santa Cruz, Guayas, Ecuador: Fundación Charles Darwin/Servicio Parque Nacional Galápagos, 2002, pp. 10-21.

[4] Stuart Banks, "Ambiente Físico," in *Rerva Marina de Galápagos. Línea Base de la Biodiversidad*, E. Danulat and Edgar GJ, Eds. Santa Cruz, Galapagos, Ecuador: Fundación Charles Darwin/Servicio Nacional Galápagos, 2002, pp. 22-35.

[5] Daniel M. Palacios, "Seasonal patterns of sea-surface temperature and ocean

color around the Galápagos: regional and local influences," *Deep Sea Research Part II*, vol. 51, pp. 43-57, 2004.

[6] Daniel M. Palacios, "Oceanographic Conditions Around the Galapagos Archipielago and their Influences on Cetacean Community Structure," *Tesis de Doctorado*, 2003.

[8] Daniel M. Palacios, Steven J. Bograd, David G. Foley, and Franklin B. Schwing, "Oceanographic characteristics of biological hot spots in the North Pacific: A remote sensing perspective," *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 53, pp. 250-269, 2006.

[7] Hugo Castrejon, "Características generales de las islas Galápapagos," in *Co-manejo Pesquero en la Reserva Marina de Galapagos: Tendencias, Retros y Prespectivas de Cambio*. Santa Cruz, Galápagos, Ecuador.: Fundación Charles Darwin, 2011.

[9] Jon D. Witman and Franz Smith, "Rapid community change at a tropical upwelling site in the Galapagos Marine Reserve," *Biodiversity and Conservation*, vol. 12, pp. 25-45, 2003.

[10] C. Eden, "The influence of the Galápagos Islands on tropical temperatures, currents and the generation of tropical instability waves," *Geophysical Research Letters*, vol. 31, no. 15, p. L15308, 2004.

[11] Diego J. Ruiz and Matthias Wolff, "The Bolivar Channel Ecosystem of the Galapagos Marine Reserve: Energy flow structure and role of keystone groups,"

Journal of Sea Research, vol. 66, no. 2, pp. 123-134, 2011.

[12] G. J. Edgar, S. Banks, J. M. Fariña, and M.: Martínez, C. Calvopiña, "Regional biogeography of shallow reef fish and macro-invertebrate communities in the Galapagos Archipelago," *Journal of Biogeography*, vol. 31, pp. 1107-1124, 2004.

[13] S. G. H. Philander et al., "Why the ITCZ is Mostly North of the Equator," *Journal of Climate*, vol. 9, pp. 2958-2973, 1995.

[14] M. Holmgren, M. Scheffer, E. Ezcurra, J. R. Gutiérrez, and G.M.J. Mohren, "El Niño effects on the dynamics of terrestrial ecosystems," *Trends in ecology and evolution*, vol. 16, no. 2, pp. 89-94, 2001.

[15] L. R. Vinueza, G. M. Branch, M. L Branch, and R.H. Bustamante, "Top-down Effects and Bottom-ip El Niño Effects on Galapagos Rocky-Shore Communities," *Ecological Monographs*, vol. 76, no. 1, pp. 111-131, 2006.

[16] M. Wolff, D.J. Ruiz, and M. Taylor, "El Niño induced changes to the Bolivar Channel ecosystem (Galapagos): comparing model simulations with historical biomass time series," *Marine Ecology Progress Series*, vol. 448, pp. 7-22, 2012.

[18] Hugo Mauricio Castrejón Mendoza, *Co-Manejo Pesquero en la Rerseva Marina de Galapagos: Tendencias, Retos y Perspectivas de Cambio*. Santa Cruz, Galapagos , Ecuador: Fundacion Charles Darwin, 2011.

[17] Graham J. Edgar et al., "El Niño, grazers and fisheries interact to greatly elevate extinction risk for Galapagos marine species," *Global Change Biology*, vol. 16,

no. 10, pp. 2876-2890, 2010.

[19] Parque Nacional Galápagos, *Plan de Manejo*. Galapagos, Ecuador: Parque Nacional Galápagos, 2005.

[20] Peter J.S. Jones, "A governance analysis of the Galápagos Marine Reserve," *Marine Policy*, vol. 41, pp. 65-71, 2013.

[21] G.J. Edgar et al., "Bias in evaluating the effects of marine protected areas: the importance of baseline data for the Galapagos Marine Reserve," *Environmental Conservation*, vol. 31, no. 3, pp. 212-218, 2004.

[22] Mauricio Castrejon, Omar Defeo, Gunther Reck, Charles, and Anthony, "Fishery Science in Galapagos: From a Resource-Focused to a Social–Ecological Systems Approach," in *The Galápagos Marine Reserve a Dynamic Social- Ecologycal System.*: Denkinger, Judith; Vinueza, Luis, 2014, pp. 159-185.

[23] Reck Gunther, "Development of the Galapagos Marine Reserve a Dynamic Social-Ecological System," in *The Galapagos Marine Reserve*, J. Denkinger and Vinueza L., Eds.: Springer, 2014, pp. 139-158.

[24] Mauricio Castrejón and Anthony Charles, "Improving fisheries co-management through ecosystem-based spatial management: The Galapagos Marine Reserve," *Marine Policy*, vol. 38, pp. 235-245, 2013.

[25] Juan Carlos Murillo et al., "Pesca blanca y pesquerías que duran todo el año en Galápagos, 2002. ," in *Evalución de las pesquerías en la Reserva Marina de Galápagos. Informe Compendio 2002.* Santa Cruz, Galápagos, Ecuador. :

Fundación Charles Darwin y Servicio Parque Nacional Galápagos, pp. 97-124.

[26] Bruno Bautil et al., "Evaluación del stock y estado de las dos especies de langostas espinosa en la Reserva Marina de Galápagos. Análisis comparativo de la pesquería 2002. ," in *Evaluación de las pesquerías en la Reserva Marina de Galápagos. Informe Compendio 2002.* Santa Cruz, Galápagos, Ecuador. : Funacion Charles Darwin y Servicio Nacional Galápagos. , pp. 40-96.

[28] Paolo Usseglio, Anna Schuhbauer, and Alan Friedlander, "Collaborative Approach to Fisheries Management as a Way to Increase the Effectiveness of Future Regulations in the Galapagos Archipelago," in *The Galapagos Marine Rerserve a Dynamic Social-Ecological System*., 2014, pp. 187-202.

[27] A Hearn, JC Murillo, F Nicolaides, J Moreno, and H Reyes, "Evaluación de las pesquerías de langosta espinosa (Panulirus penicillatus y P. gracilis) en la Reserva Marina de Galápagos 2005.," in *Evaluación de las pesquerías en la Reserva Marina de Galápagos, Informe Compendio 2005.*, A Hearn, Ed. Santa Cruz, Galapagos, Ecuador: Fundacion Charles Darwin, pp. 46-116.

[29] Francis Nicolaides, Juan C Murillo, M Verónica Toral, and Günther Reck, "Bacalo," in *Reserva Marina de Galápagos. Línea Base de Biodiversidad.*, E Danulat and GJ Edgar, Eds. Santa Cruz, Galapagos, Ecuador: Fundacion Charles Darwin/Servicio Parque Nacional Galapagos, 2002, pp. 146-161.

[30] Juan Carlos Murillo, Priscilla Martínez, M Verónica Toral, and Alex Hearn, "Pepino de mar," in *Reserva Marina de Galápagos. Línea Base de*

Biodiversidad, E Danulta and GJ Edgar, Eds. Santa Cruz, Galápagos, Ecuador: Fundacion Charles Darwin/Parque Nacional Galápagos, 2002, pp. 176-196.

[31] Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2010) Instituto Nacional de Estadística y Censos. [Online]. http://www.inec.gob.ec/cpv/

[32] Daniel J. Pondella II, Matthew T. Craig, and Jens P.C. Franck, "The phylogeny of Paralabrax (Perciformes: Serranidae) and allied taxa inferred from partial 16S and 12S mitochondrial ribosomal DNA sequences," *Molecular Phylogenetics and Evolution*, vol. 29, no. 1, pp. 176-184, 2003.

[33] BE Erisman and LG Allen, "Reproductive behavior of a temperate serranid fish, Paralabrax clathratus (Girard), from Santa Catalina Island, California, U.S.A.," *Journal of Fish Biology*, vol. 68, p. 157—184, 2006.

[34] María Araceli Quevedo Avilés, Calidad de Huevos y Larvas Según el Manejo de los Reproductores de la Cabrilla (Paralabrax maculatofasciatus, Pisces: Serranidae), 2005.

[35] John E McCosker and Richard H Rosenblatt, "The Fishes of the Galápagos Archipelago : An Update," *Proceedings of the California Academy of Sciences*, vol. 61, no. 11, pp. 167-195, 2010.

[36] Roberto Lotina Benguria, Hormaechea Camiña, and Mario de, *Peces de mar y de río*. Bilbao: Urma S.A, 1986.

[38] R. Robertson et al. (2010) IUCN Red List of Threatened Species. [Online]. www.iucnerdlist.org

[37] M. Calvopiña, G.J. Edgar, S. Banks, and J. M. Farin, "Regional biogeography of shallow reef fish and macro-invertebrate communities in the Galapagos Archipelago," *Journal of Biogeography*, vol. 31, pp. 1107-1124, 2004.

[39] María Mercedes García-Díaz, Aplicaciones de técnicas histológicas para la determinación de parámetros reproductores en tres teleósteos marinos (Serranidae, Serranus), 2000, Tesis Doctoral.

[40] Brad Erisman, "Evolution of reproductive anatomy and sexual pattern in epinephelid and serranid fishes (Perciformes, Epinephelidae, Serranidae)," in *Reproductive Biology and Evolution of Epinephelid and Serranid Fishes (Perciformes, Epinephelidae, Serranidae)*. San Diego: Tesis Doctoral, 2008, pp. 99-158.

[41] I. Valdebenito, L. Paiva, and M. Berland, "Atresia folicular en peces teleósteos : una revisión," *Arch. Med. Vet.*, vol. 43, pp. 11-25, 2011.

[42] Yvonne Sadovy and Michael L. Domeier, "Perplexing problems of sexual patterns in the fish genus Paralabrax (Serranidae, Serraninae)," *Journal of Zoology*, vol. 267, no. 2, pp. 121-133, 2005.

[43] Cheryl Baca-Hovey, Larry G. Allen, and Timothy E. Hovey, "The reproductive pattern of Barred Sand Bass (Paralabrax nebulifer) from Southern California," *CalCOFI*, vol. 43, pp. 174-181, 2002.

[44] J. R. Hunter, N. C. Lo, and R. J. Leong, "Batch fecundity in multiple spawning fishes," *NOAA Technical Report NMFS*, no. 36, pp. 67-77, 1985.

[45] Brad E Erisman, Jorge A. Rosales-Casián, Hastings, and Philip A., "Evidence of gonochorism in grouper, Mycteroperca rosacea, From the Gulf of California, Mexico," *Environmental Biology of Fish*, vol. 82, no. 1, pp. 23-33, 2007.

[46] Yvonne Sadovy and Douglas Y. Shapiro, "Criteria for the Diagnosis of Hermaphroditism in Fishes Published by : American Society of Ichthyologists and Herpetologists Criteria for the Diagnosis of Hermaphroditism in Fishes," *Copeia*, vol. 1, pp. 136-156, 1987.

[48] Robin A. Wallace and Kelly Selman, "Cellular and Dynamic Aspects of Oocyte Growth in Teleosts," *American Zoologist*, vol. 21, no. 2, pp. 325-343, 1981.

[47] José Antonio Acampo Cervantes, Desarrollo gonádico y actividad reproductiva de la Cabrilla Arenera, Paralabrax maculatofasciatus (TELEOSTEI: SERRANIDAE) en la Bahia de la Paz, Baja California Sur., 2002.

[49] C. R. Tyler and J. P. Sumpter, "Oocyte growth and development in teleosts," *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, vol. 287-318, 1996.

[50] Nancy J. Brown-Peterson, David M. Wyanski, Fran Saborido-Rey, Beverly J. Macewicz, and Susan K. Lowerre-Barbieri, "A Standardized Terminology for Describing Reproductive Development in Fishes," *Marine and Coastal Fisheries*, vol. 3, no. 1, pp. 52–70, 2011.

[51] H Murua and F Saborido-Rey, "Female Reproductive Strategies of Marine Fish Species of the North Atlantic," *Journal of Nothwest Atlantic Fishery Science*, vol. 33, pp. 23-31, 2003.

[52] Lynne R Parenti and Grier Harry, "Evolution and phylogeny of gonad morphology in bony fishes," *Integrative and comparative biology*, vol. 44, no. 5, pp. 333-348, 2004.

[53] BE Erisman and LG Allen, "Color patterns and associated behaviors in the kelp bass, Paralabrax clathratus (Teleostei: Serranidae)," *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences*, vol. 104, p. 45—62, 2005.

[54] Fran Saborido-rey, *Ecología de la reproducción y potencial reproductivo en las poblaciones de peces marinos*, Tesis de Doctorado, Ed.: Instituto de Investigaciones Marinas. Universidad de Vigo.

[55] Edward E Demartini, "Test of ovary sbsampling options and preliminay estimates of batch fecundity for two Paralabrax species," *CalCOFI*, vol. XXVIII, pp. 168-170, 1987.

[56] Grant West, "Methods of Assessing Ovarian Development in Fishes : a Review," *J. Mar. Freshwater Res.*, vol. 41, pp. 199-222, 1990.

[58] María Mercedes García-Díaz and José A. González, "Spawning season, maturity sizes, and fecundity in blacktail comber (Serranus atricauda) (Serranidae) from the eastern-central Atlantic," *Fisheries Research*, vol. 104, pp. 159-166, 2006.

[57] S. Jennings, A. S. Brierley, and J.W. Walker, "The Inshore Fish Assemblages of the Galapagos Archipelago," *Biological Conservation*, vol. 70, pp. 49-57, 1994.

[59] R. Froese, "Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations," *Journal of Applied Ichthyology*, vol. 4, no.

22, pp. 241-253, 2006.

[60] Scott R Cone, "The Need to Reconsider the Use of Condition Indices in Fishery Science," *Transactions of the American Fisheries Society*, no. 118, pp. 510-514, 1989.

[61] S. Chellappa, F. a. Huntingford, R. H. C. Strang, and R. Y. Thomson, "Condition factor and hepatosomatic index as estimates of energy status in male three-spined stickleback," *Journal of Fish Biology*, vol. 5, no. 775-787, p. 47, 1995.

[62] Cristina Nunes, Alexandra Silva, Eduardo Soares, and Konstantinos Ganias, "The Use of Hepatic and Somatic Indices and Histological Information to Characterize the Reproductive Dynamics of Atlantic Sardine Sardina pilchardus from the Portuguese Coast," *Marine and Coastal Fisheries*, vol. 3, no. 1, pp. 127-144, 2011.

[63] O.O. Fafioye and O. Aluajo, "Length-weight relationships of five fish species in Epe lagoon, Nigeria," *African Journal of Biotechnology*, vol. 4, no. 7, pp. 749-751, 2005.

[64] Patrick Safran, "Theoretical analysis of the weight-length relationship in fish juveniles," *Marine Biology*, vol. 112, no. 4, pp. 545-551, 1992.

[65] Brad E. Erisman and Philip A. Hastings, "Evolutionary Transitions in the Sexual Patterns of Fishes: Insights from a Phylogenetic Analysis of the Seabasses (Teleostei: Serranidae)," *Copeia*, vol. 3, pp. 357-364, 2011.

[66] Flegra Bentivegna and Flavia Benedetto, "Histological Study on the

Gonochorism of Symphodus cinereus (Labridae)," *Cybium*, vol. 17, no. 1, pp. 17-22, 1993.

[68] C. G. van Bohemen, J. G. Lambert, and J. Peute, "Annual changes in plasma and liver in relation to vitellogenesis in the female rainbow trout, Salmo gairdneri," *General and comparative endocrinology*, vol. 44, no. 1, pp. 94-107, 1981.

[67] Pauly Daniel, "Tropical fishes: patterns and propensities," *Journal of Fish Biology*, vol. 53, no. 1-17, 1998.

[69] Debra L. Oda, Robert J. Lavenberg, and James M. Rounds, "Reproductive biology of three california species of PARALABRAX (PISCES: SERRANIDAE)," *CalCOFI*, vol. 34, pp. 122-132, 1993.

[80] Ryan Finchum, *The Beliefs & Perceptions of Fishermen Regarding Management Actions, Regulations, and the Protection of the Galapagos Marine Reserve, Ecuador*. Colorado State University: Tesis de Maestria, 2002.

[81] Hugo Mauricio Castrejón Mendoza, "Retos actuales y Prespectivas de Cambio," in *Co-Manejo Pesquero en la Rerseva Marina de Galapagos: Tendencias, Retos y Perspectivas de Cambio*. Santa Cruz, Galapagos, Ecuador: Fundacion Charles Darwin, 2011.

[70] Paraskevi K Karachle and Konstantinos I Stergiou, "Morphometrics and Allometry in Fishes.," in *Morphometrics*, Christina Wahl, Ed., 2012.

[71] (2014) Fishbase. [Online]. www.fishbase.org

[72] Santiago J. Bucaram and Alex Hearn, "Factors that influence the entry–exit

decision and intensity of participation of fishing fleet for the Galapagos lobster fishery," *Marine Policy*, vol. 43, pp. 80-88, 2014.

[73] M. Verónica Toral-Granda, "Requiem for the Galapagos sea cucumber fishery?," *Beche-de-mer Information Bulletin*, vol. 21, pp. 5-8, 2005.

[74] Diana V. Burbano, Carlos F. Mena, Paulina Guarderas, Luis Vinueza, and Gunther Reck, "Shifting Baselines in the Galapagos White Fin Fishery, Using Fisher's Anecdotes to Reassess Fisheries Management: The Case of the Galapagos Grouper," in *The Galapagos Marine Reserve a Dynamic Social-Ecological System*, Judith Denkinger and Luis Vinueza, Eds.: Springer, 2014, pp. 227-246.

[75] M.L. Pace, J.J. Cole, S.R. Carpenter, and J.F. Kitchell, "Trophic cascades revealed in diverse ecosystems," *Trends in ecology & evolution*, vol. 14, no. 12, pp. 483-488, 1999.

[76] Brad Ersiman, Talina H. Konotchick, and Shmulik Blum, "Observations of spawning in the Leather Bass, Dermatolepos dermatolepis (Teleostei: Epinephelidae), at Cocos Island, Costa Rica," *Environmental biology of fish*, vol. 85, no. 1, pp. 15-20, 2009.

[78] P. Heylings and M. Bravo, "Evaluating governance: A process for understanding how co-management is functioning, and why, in the Galapagos Marine Reserve," *Ocean & Coastal Management*, vol. 50, pp. 174-208, 2007.

[77] Merry Camhi, "Industrial Fisheries Threaten of Ecological Integrity the

Galapagos Islands," *Conservation Biology*, vol. 9, no. 4, pp. 715-719, 1995.

[79] Nicolás L. Gutiérrez, Ray Hilborn, and Omar Defeo, "Leadership, social capital and incentives promote successful fisheries," *Nature*, vol. 470, pp. 387-389, 2011.