UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA PESQUERA

DETERMINACIÓN DEL CICLO REPRODUCTIVO DEL "ERIZO VERDE" *LOXECHINUS ALBUS,* ASOCIADOS A PERIODOS ESTACIONALES EN LA ZONA DE PUNTA DE COLES – ILO, 2015

TESIS

PRESENTADO POR:

HEYDI BENDITA MAYTA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO PESQUERO

ILO– PERÚ

2016

-06-

ACTA DE SUSTENTACIÓN

El jurado suscribiente, ha calificado el trabajo de TESIS:

TITULADO "DETERMINACION DEL CICLO REPRODUCTIVO DEL "ERIZO VERDE" LOXECHINUS ALBUS, ASOCIADOS A PERIODOS ESTACIONALES, EN LA ZONA DE PUNTA DE COLES – ILO 2015"

PRESIDENTE ING. ALEJANDRO GONZALES VARGAS

MIEMBROS ING. MARIO RUIZ CHOQUE

ING. PEDRO MADUEÑO MAMANI

ASESOR Mg. SHEDA MENDEZ ANCCA

Presentado por el (la) Bachiller: HEYDI BENDITA MAYTA

Participando en calidad de asesor (es): Mg. SHEDA MENDEZ ANCCA

Después de las preguntas respectivas y habiendo el jurado tomado el tiempo para la deliberación de la misma.

SE DECLARA APROBADO (APROBADO/DESAPROBADO) por UNANIMIDAD (UNANIMIDAD/MAYORÍA), con el calificativo de BUENO (EXCELENTE/MUY BUENO/BUENO/REGULAR/DEFICIENTE), equivalente a DIECISEIS (16), quedando expedito para que se le confiera el Título Profesional de :

Ilo, 12 de Diciembre del 2016

INGENIERO PESQUERO

Presidente de Jurado

1er Miembro

2do Miembro

Dedicatoria:

A Dios por permitir la realización del presente trabajo.

A mi querida y adorada madre, por su fuente de amor, esfuerzo entregado y por estar siempre a mi lado.

A mi padre y hermana por todo el apoyo brindado y por creer siempre en mí.

A la persona a la cual amo, agradecer por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento al Coordinador de la Sede Regional del Instituto del Mar del Perú; el Mg. Ygor Sanz Ludeña por brindarme la oportunidad de realizar el presente trabajo en el Instituto del Mar del Perú.

Un agradecimiento muy especial a mi Asesora la Blga. Sheyla Zevallos Feria, por la confianza depositada, por su orientación y asesoramiento en mi tesis.

Al Blgo. Miguel Ángel Perea de la Matta por su orientación y atención a mis consultas, por el constante asesoramiento brindado durante la realización y culminación del presente trabajo.

A mi asesora la Ing. Sheda Mendez Ancca por su asesoramiento en mi tesis y apoyo incondicional.

Al Blgo. Walter Condori Condori por sus aportes en mi trabajo y brindarme información relacionada a mi tesis, Blgo. Alex Tejada por la revisión cuidadosa que ha realizado en mi trabajo y sus valiosas sugerencias, Ing. Químico. Freddy Cardenas por la información brindada que fue relevante en mi tesis.

Al Ing Roger Ayerbe Ochoa, Ing. Vicente Castañeda Muñoz, a los técnicos: Sr. Rusbel Mamani Cuayla y Sr.Julio Choque Paco por la recolección de mis muestras haciendo posible realizar mi tesis.

Y a todas aquellas personas que involuntariamente omita y que de alguna manera, me apoyaron desinteresadamente al logro de trabajo.

Y por sobre todas las cosas agradezco a Dios por su amor, y por haberme

puesto en el camino a todas las personas que me han apoyado y permitido realizar este trabajo y que se haya concluido satisfactoriamente.

CONTENIDO

INDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN……01
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA……02
1.1. Descripción de la realidad problemática……02
1.2. Formulación de problema……..02
1.3. Justificación……03
1.4. FORMULACION DE OBJETIVOS……...03
1.4.1. Objetivo general……..03
1.4.2. Objetivos……03
específicos…….....03
1.5. FORMULACION DE HIPOTESIS……04
1.5.1. Hipótesis General……04
CAPITULO II: MARCO TEORICO……05
2.1. Antecedentes del estudio……...05
2.2. Bases teóricas……..07
2.2.1. Descripción taxonómica de: *Loxechinus albus…….....07*
2.2.2. Distribución geográfica y hábitat……07
2.2.3. Anatomía externa……08
2.2.4. Anatomía interna……..09
2.2.5. Reproducción……10
2.2.6. Pesquería……...10
2.2.7. Legislación pesquera……...12
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS……12

2.3.1. Escala de madurez gonadal……12
2.3.2. Actividad reproductiva……..15
2.3.3. Talla de primera madurez……15
2.3.4. Proporción sexual……15
CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO……16
3.1. TIPO……..16
3.2. DISEÑO……16
3.3. NIVEL DE INVESTIGACION……16
3.4. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES……16
3.4.1. Variable independiente……...16
3.4.2. Variable dependiente……...16
3.5. POBLACION Y MUESTRA……16
3.6. TÉCNICA E INSTRUMENTOS……17
3.6.1. Trabajo en campo……17
3.6.1.1. Zona de muestreo……17
3.6.1.2. Obtención de la muestra……18
3.6.2. Trabajo en laboratorio……19
3.6.2.1. Muestreo biométrico……19
3.6.2.2. Muestreo biológico……...20
3.6.3. Obtención de tejido para escala de madurez gonadal……..20
3.6.4. Escala de madurez gonadal por procesamiento histológico……21
3.7. METODOS Y TECNICAS PARA LA PRESENTACION Y ANALISIS DE DATOS……...23
3.7.1. Biometría……...23
3.7.2. Determinación de estadios de madurez gonadal por procesamiento histológico……24
3.7.3. Actividad reproductiva (AR)……26

3.7.4. Índice gonadosomático (IGS)……27
3.7.5. Talla de madurez gonadal……..27
3.7.6. Proporción sexual……28
CAPITULO IV: PRESENTACION DE RESULTADOS……29
4.1.RESULTADOS……29
4.1.1. Biometría……28
4.1.2. Análisis del ciclo reproductivo……30
4.1.3. Descripción de la escala de madurez gonadal en fresco……..31
4.1.4. Descripción histológica de la gónada……...41
4.1.4.2. Descripción de escala de madurez gonadal por procesamiento histológico……45
4.1.5. Determinación de actividad reproductiva e índice gonadosomatico……..59
4.1.5.1. Actividad reproductiva (AR)……59
4.1.5.2. Índice gonadosomatico (IGS)……60
4.1.5.2.1. Indice gonadosomatica mensual por sexo……60
4.1.6. Determinacion de talla de primera madurez gonadal……62
4.1.7. Proporción sexual……63
4.1.9. Factores abióticos en la reproducción……...63
4.1.9.1. Variación de la temperatura de la superficie del mar (TSM)…….38
4.1.9.2. Relación entre la temperatura y Actividad Reproductiva……..64
DISCUSION……67
CONCLUSIONES……...68

RECOMENDACIONES……..69
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS……72
ANEXO……73

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Anatomía externa de “erizo verde” *Loxechinus albus*……...8

Figura 2: Anatomía interna de “erizo verde” *Loxechinus albus*……..*8*

Figura 3.- Desembarque de *Loxechinus albus* en el Puerto de Ilo desde el año 2000 al 2015……10

Figura 4.- Desembarque de *Loxechinus albus* en el puerto de Ilo durante el 2015……..11

Figura 5.- Zona de extracción de “erizo verde” *Loxechinus albus* Punta de Coles……17

Figura 6: Método de extracción de “erizo verde” *Loxechinus albus*…....17

Figura 7: Proceso de extracción de gónadas y pesado de gónadas…….19

Figura 8: Obtención de tejido gonadal (A) y frotis de tejido gonadal (B), para realización de escala de madurez gonadal en fresco……..20

Figura 9: Ciclo de madurez gonadal del erizo verde…….25

Figura 10.- Estructura de tallas del “erizo verde” *Loxechinus albus* del área de Punta de Coles durante el periodo 2015 — 2016……28

Figura 11.- Madurez gonadal de machos y hembras de “erizo verde” *Loxechinus albus* durante el 2015-2016……..……30

Figura 12: Micrografía de ovario en estadio I (virginal) en la especie *Loxechinus albus.* OI: Ovocito inmaduro, TC: Tejido conectivo, LB: lóbulo. Aumento: 10X…….……31

Figura 13: Micrografías de ovario en estadio II (en maduración) en la especie *Loxechinus albus* OI: Ovocito inmaduro, OEM: Ovocito en maduración, OM: Ovocito maduro, LB: Lóbulo.

Aumento: 10X……..……..32
Figura 14: Micrografías de ovario en estadio III (maduro) en la especie *Loxechinus albus*. OM: Ovocito maduro, LB: lóbulo.
Aumento: 10X……..……..33
Figura 15: Micrografías de ovario en estadio IV (desovante) en la especie *Loxechinus albus.* OM: Ovocito maduro, LB: Lóbulo, TC: Tejido conectivo.
Aumento: 10X……..……..34
Figura 16: Micrografías de ovario en estadio V (recuperación/atresia) en la especie *Loxechinus albus*. OM: Ovocito maduro, LB: Lóbulo, TC: Tejido conectivo
Aumento: 10X……...…35
Figura 17: Micrografías de testículo en estadio I (virginal) en la especie *Loxechinus albus.* Eg: Espermatogonio, LB: Lóbulo.
Aumento: 10X……..36
Figura 18: Micrografías de testículo en estadio II (en maduración) en la especie *Loxechinus albus.* Ec: Espermatocito, Ez: Espermatozoide, LB: Lóbulo.
Aumento: 10X……..37
Figura 19: Micrografías de testículo en estadio III (maduro) en la especie *Loxechinus albus.* Ez: Espermatozoide, LB: Lóbulo.
Aumento: 10X……..38
Figura 20: Micrografías de testículo en estadio IV (expulsión) en la especie *Loxechinus albus* Ez: Espermatozoide, LB: Lóbulo.
Aumentos: 10X……39
Figura 21: Micrografías de testículo en estadio V (Recuperación/reposo) en la especie *Loxechinus albus.* Ez: Espermatozoide, TC: Tejido conectivo.

Aumento: 10X……..40
Figura 22: Micrografía de ovario en estadio I (virginal) en la especie Loxechinus albus. OI: Ovocito inmaduro, TC: Tejido conectivo.
Aumento: 10X…….45
Figura 23: Micrografías de ovario en estadio II (en maduración) en la especie *Loxechinus albus* OI: Ovocito inmaduro, OEM: Ovocito en maduración, OM: Ovocito maduro, LB: Lóbulo.
Aumento: 10X……..46
Figura 24: Micrografías de ovario en estadio III (maduro) en la especie *Loxechinus albus*. OM: Ovocito maduro, LB: lóbulo.
Aumento: 10X……..47
Figura 25: Micrografías de ovario en estadio IV (desovante) en la especie *Loxechinus albus.* OM: Ovocito maduro, LB: Lobulo, TC: Tejido conectivo.
Aumento: 10X……..48
Figura 26: Micrografías de ovario en estadio V (recuperación/atresia) en la especie *Loxechinus albus*. OM: Ovocito maduro, LB: Lóbulo, TC: Tejido conectivo
Aumento: 10X…….49
Figura 27: Micrografías de testículo en estadio I (virginal) en la especie *Loxechinus albus.* Eg: Espermatogonio, LB: Lobulo.
Aumento: 10X……..50
Figura 28: Micrografías de testículo en estadio II (en maduración) en la especie *Loxechinus albus.* Ec: Espermatocito, Ez: Espermatozoide, LB: Lóbulo.
Aumento: 10X……..51
Figura 29: Micrografías de testículo en estadio III (maduro) en la especie *Loxechinus albus.* Ez: Espermatozoide, LB: Lóbulo.

Aumento: 10X……..52
Figura 30: Micrografías de testículo en estadio IV (Evacuacion) en la especie *Loxechinus albus* Ez: Espermatozoide, LB: Lóbulo, EIT: Espacio intertubular.
Aumentos: 10X……....53
Figura 31: Micrografías de testículo en estadio V (Recuperación/reposo) en la especie *Loxechinus albus.* Ez: Espermatozoide, TC: Tejido conectivo.
Aumento: 10X……..54
Figura 32.- Variación mensual de Actividad Reproductiva (AR) de hembras del “erizo verde” *Loxechinus albus* durante abril del 2015 – febrero del 2016……..58
Figura 33.-Variación del Índice Gonadosomatico de hembras y machos del “erizo verde” *Loxechinus albus* ……59
Figura 34.-Variación del Índice Gonadosomatico de machos por estadios del “erizo verde” *Loxechinus albus* ……60
Figura 35.-Variación del Índice Gonadosomatico de machos por estadios del “erizo verde” *Loxechinus albus* ……60
Figura 36.- Curva Logística de talla de primera madurez gonadal de hembras y machos para "erizo verde" *Loxechinus albus*…….61
Figura 37.- Curva Logística de talla de primera madurez gonadal de hembras para "erizo verde" *Loxechinus albus* ……...61
Figura 38.- Variación de la temperatura durante Enero del 2015- febrero 2016 en la zona de Punta Coles……..64

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Número de ejemplares de *Loxechinus albus* colectados por meses durante el año de estudio, en el periodo 2015 – 2016, de Punta Coles…….18
Tabla 2: Criterios de clasificación de estadios en hembras de “erizo verde” *Loxechinus albus.* Donde: OI: Ovocito inmaduro, OEM: Ovocito en maduración, OM: Ovocito maduro……...24
Tabla 3: Criterios de clasificación de estadios en machos de “erizo verde” *Loxechinus albus.* Dónde: Eg: Espermatogonia, Ec: Espermatocito, Ez: Espermatozoide……..24
Tabla 4.- Principales Tipos de células sexuales en hembras de *Loxechinus albus* durante abril del 2015 – marzo 2016 de la zona de Punta de Coles……42
Tabla 5.- Principales Tipos de células sexuales en macho de “erizo verde” *Loxechinus albus* durante abril del 2015 – marzo 2016 de la zona de Punta de Coles…….43
Tabla 6: Caracterización de estadios de madurez gonadal para escala de madurez gonadal en fresco y escala microscópica……..55
Tabla 7: Fotografías de estadios de madurez gonadal para escala por procesamiento histológico y escala en fresco……..57

RESUMEN

El ciclo reproductivo de "erizo verde" *Loxechinus albus* procedente de Punta de Coles – Ilo (LS 17°42′05″S y LO 71°22′21″O), fue estudiado durante los meses de abril de 2015 hasta febrero del 2016; se midieron un total de 1972 individuos para determinar las variaciones de la estructura de tallas del recurso. Así mismo, se utilizaron un total de 866 individuos para el muestreo biológico de los cuales 365 hembras y 393 machos, 108 indiferenciados. Se logró determinar el ciclo reproductivo del *Loxechinus albus* "erizo verde" en relación a los periodos estacionales, los resultados mostraron que el mayor grado de maduración para machos y hembras se alcanzó en las estaciones de invierno y primavera donde hubo una tendencia favorable a la maduración. Se propone una escala de madurez gonadal "in vivo" que consistió en cinco estadios para cada sexo siendo estos los siguientes: virginal (I), en madurez (II), madura/o (III), desovante/evacuación (IV), recuperación/reposo (V) la cual se validó por un análisis histológico. La Actividad reproductiva se inicia en julio con un 53%, que va aumentando hasta llegar a dos picos altos en el mes de setiembre y octubre con 94% y 90% respectivamente. Se estableció, que la talla de primera madurez gonadal es de 44.4 mm de longitud total para ambos sexos. Se logró determinar los cambios en la proporción sexual del *Loxechinus albus* durante el periodo de estudio evidenció un predominio de machos con un 53%, mientras que las hembras conformaron el 47%, la proporción esperada fue de 1:1.

Palabras clave: escala de madurez, talla de primera madurez, actividad reproductiva, proporción sexual.

ABSTRACT

The reproductive cycle of "green hedgehog" Loxechinus albus from Punta de Coles - Ilo (LS 17 ° 42'05 "S and LO 71 ° 22'21" O) was studied during the months of April 2015 until February 2016; A total of 1972 individuals were measured to determine variations in the size structure of the resource. Likewise, a total of 866 individuals were used for biological sampling of which 365 females and 393 males, 108 undifferentiated. It was possible to determine the reproductive cycle of the Loxechinus albus "green hedgehog" in relation to the seasonal periods, the results showed that the highest degree of maturation for males and females was reached in the winter and spring seasons where there was a favorable maturation trend . An in vivo gonadal maturity scale consisting of five stages for each sex was proposed: virgin (I), maturity (II), maturity (III), spawning / evacuation (IV), recovery / Rest (V) which was validated by histological analysis. The reproductive activity begins in July with 53%, which increases until reaching two high peaks in the month of September and October with 94% and 90% respectively. It was established that the size of first gonadal maturity is 44.4 mm of total length for both sexes. It was possible to determine the changes in the sexual proportion of Loxechinus albus during the study period, showing a predominance of males with 53%, while females made up 47%, the expected proportion was 1: 1.

Key words: maturity scale, first maturity height, reproductive activity, sexual ratio.

INTRODUCCIÓN

El “erizo verde” *Loxechinus albus* se distribuye desde Isla Lobos en Perú hasta el estrecho Magallanes al sur de Chile (Yamashiro et al. 1996), los erizos son un grupo de invertebrados marinos que pertenecen a la clase Echinoidea del Phylum Echinodermata, con una distribución batimétrica que abarca desde la zona intermareal que se extiende hasta el infralitoral y submareal, (Larraín, 1975). Esta especie juega un papel importante en los ecosistemas marinos, ya que es uno de los principales consumidores herbívoros en los litorales (Meidel y Scheibling 1998).

Los erizos de mar, dentro del grupo de los equinodermos, tienen gran importancia económica en la pesquería artesanal, principalmente en la región centro y sur del Perú, siendo la parte comestible sólo las gónadas, de ambos sexos, las cuales representan entre el 4 y 12% del peso total dependiendo del estadio de madurez.

De estos hechos surge la necesidad de obtener mayor información sobre el ciclo reproductivo de este recurso, que conlleven al planteamiento del sustento técnico en la implementación de medidas regulatorias, que permitiría una explotación racional acorde con la capacidad reproductora de las poblaciones naturales. Los estudios de reproducción son realizados con la finalidad de obtener información que permita efectuar predicciones sobre el reclutamiento, establecimiento de vedas y determinación de tallas mínimas de captura (Arsenaul y Himmelman, 1998).

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.6. **Descripción de la realidad problemática**

Durante los últimos años en el Puerto de Ilo se ha incrementado el esfuerzo de pesca de este recurso llevándolo a una situación de sobreexplotación, teniendo la necesidad de mantener los niveles adecuados de las poblaciones que permitan una pesquería sustentable. La explotación de este recurso de manera artesanal, no ha sido acompañada de estudios suficientes que determinen los aspectos básicos de su ciclo de vida.

Actualmente el conocimiento acerca de su biología es mínimo, desconociéndose aspectos importantes, como la reproducción, específicamente el ciclo reproductivo durante las estaciones del año, existiendo vacíos de información referidos a estudios cualitativos y cuantitativos sobre aspectos reproductivos de esta especie marina; la cual se caracteriza por ser dioico y no tener dimorfismo sexual.

1.7. **Formulación de problema**

¿Qué cambios se producen en el ciclo reproductivo del "erizo verde" *Loxechinus albus* durante los periodos estacionales, en la zona de Punta de Coles - Ilo?

1.8. **Justificación**

En la actualidad, en el sur del país, esta especie constituye un recurso preferencial para la actividad artesanal de los "buzos"; abasteciendo tanto al consumo nacional y mercado internacional. Durante los últimos años se ha incrementado el esfuerzo de pesca de este recurso lo cual puede llevar a un agotamiento y deterioro de la especie (Salazar, 1999).

Por este hecho se propone hacer un seguimiento en los cambios del ciclo reproductivo y talla de primera madurez del "erizo verde" *Loxechinus albus* en la zona de Ilo, para obtener mayor información sobre la biología de este recurso, lo cual permitirá establecer medidas de protección (veda reproductiva, etc.) para la extracción sostenible del recurso.

1.9. **FORMULACION DE OBJETIVOS**

1.9.1. **Objetivo general**

Determinar el ciclo reproductivo del "erizo verde" *Loxechinus albus* durante los periodos estacionales, en la zona de Punta de Coles - Ilo.

1.9.2. **Objetivos específicos**

- Describir una escala de madurez "in vivo" validada
- Estimar la actividad reproductiva e índice gonadosomatico
- Estimar la talla de primera madurez
- Determinar los cambios en la proporción sexual

1.10. **FORMULACION DE HIPOTESIS**

1.10.1. **Hipótesis General**

Los cambios en el ciclo reproductivo del "erizo verde" *Loxechinus albus* están asociados a los periodos estacionales en la zona de Punta de Coles - Ilo.

CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1. **Antecedentes del estudio**

Algunos autores chilenos y peruanos han realizado trabajos a nivel reproductivo, por ser un recurso bentónico de gran importancia en extracción y exportación.

- Salazar (1999), en su trabajo Madurez gonadal del *Loxechinus albus* fue estudiado en 1996, 1997 hasta febrero de 1998 en la zona de Pisco, donde la mayor actividad de la especie se presentó entre setiembre y noviembre de 1996, y otra pero de menor intensidad entre los meses de abril y junio de 1997. El periodo principal de desove se evidenció entre los meses de noviembre y diciembre de 1996, mientras que el de menor intensidad entre junio y julio de 1997. El evento de "El Niño" influyó negativamente en la actividad reproductiva en los meses previos a la fase principal, ya que se mantuvo más baja que en los años normales; con un reposo total para las hembras y parcial para los machos en invierno de 1997; mientras que en la fase principal la actividad reproductiva tuvo un marcado descenso debido a las altas temperaturas producto de este fenómeno.

- Yamashiro, C., C. Benites, J. Zeballos & R. Tafur, (1996), en su trabajo Algunos Aspectos Biológicos - pesqueros del recurso *Loxechinus albus* ; en base a la información básica obtenida por el IMARPE en sus Laboratorios Costeros de Pisco e Ilo, así como de la literatura existente; indican que la madurez gonadal durante el período de estudio se observó la predominancia de individuos madurantes en el mes de agosto (64%) y de desovantes en octubre (100%) y noviembre (97%). En el mes de diciembre destacó la abundancia de ejemplares en reabsorción (94,9%) y en escasa proporción se presentaron individuos en reposo (5,1%). De acuerdo a lo observado se infiere que el desove principal del erizo es en primavera.

- Gutiérrez & Otsu. (1975), en su trabajo Periodicidad en las variaciones biométricas de *Loxechinus albus* estudiaron por medio de características cualitativas de la gónada, frecuencia de tamaño de gametos femeninos e índice gonádico, de una población en la Bahía de Mejillones (Antofagasta), entre abril de 1965 y mayo de 1966, determinando la época de reproducción de la especie. Los autores concluyen en su estudio que observaron un aumento de ejemplares maduros en agosto de 1965 y enero y marzo de 1966, correspondiendo a tres épocas de desove, una intensa en noviembre-diciembre y dos de menores intensidades en febrero y abril respectivamente. En esta población las hembras predominaron con un promedio de 60.9%, pero incluso llegaron a detectar hasta un 93% de erizos de sexo femenino en mayo de 1965.

- Bay E.; C. Werlinger & J. Silva. (1981), en su trabajo Ciclo Anual de Reproducción del Recurso *"*erizo verde" *Loxechinus albus;* estudiaron el ciclo reproductivo del *Loxechinus albus* para el sur de Chile. Señalando que éstas poblaciones tienen un carácter bimodal; mediante técnicas histológicas (análisis histológico cualitativo y

cuantitativo) e índice gonádico, determinan que la acumulación de gametos se inicia entre agosto y setiembre para alcanzar el máximo a principios de noviembre, donde se distingue un primer desove entre noviembre y diciembre y continuándose hasta principios de enero. La producción de gametos se prolonga hasta marzo, lo cual genera la segunda moda que es de menor importancia; éste segundo desove lo consideran como aparente; lo anterior concuerda con Bückle et al (1978). Es así que el autor subdivide el ciclo reproductivo del *Loxechinus albus* en cuatro etapas a lo largo del año, esto en base a las características histológicas de la gónada: I (Maduración); II (Desove); III (Reabsorción) y IV (Reposo). En cuanto a los período de desove puede estar regulado por la temperatura y/o otro factor que se relacione con ella, ya que se inicia luego que la temperatura del agua de mar alcanza el nivel más bajo del año.

2.2. **Bases teóricas**

2.2.1. **Descripción taxonómica de: *Loxechinus albus***

Phylum	:	Echinodermata
Clase	:	Echinoidea
Subclase	:	Euechinoidea
Superorden	:	Echinacea
Orden	:	Echinoida
Familia	:	Echinidae
Género	:	*Loxechinus*
Especie	:	*Loxechinus albus* (Molina, 1782)

Chirichigno et al (1982) y otros autores, mencionan los siguientes nombres comunes:

Perú : erizo verde

Chile : erizo blanco, erizo verde, erizo rojo, erizo comestible

2.2.2. **Distribución geográfica y hábitat**

El *Loxechinus albus* se distribuye desde la Isla Lobos de Afuera hasta el Estrecho de Magallanes al sur de Chile, con una distribución batimétrica que abarca desde la zona intermareal que se extiende hasta el infralitoral y submareal, habiéndose reportado ejemplares a 340 m de profundidad (Larraín, 1975).

El hábitat de esta especie son los substratos rocosos, particularmente grietas y hendiduras, del litoral intermareal y submareal, encontrándose muchas veces asociado a las macroalgas por ser estas su alimento. Esta especie se alimenta tanto de día como de noche. El momento y duración de los periodos es variable entre áreas adyacentes. El periodo de desove varía de acuerdo a la latitud (Zamora & Stotz, 1992).

2.2.3. **Anatomía externa**

El “erizo verde” *Loxechinus albus* presenta un caparazón semiesférico, que fuera del agua es de color verde y bajo el agua, tiene una tonalidad roja característica debido a la proyección de los pies ambulacrales (Yamashiro et al 1996) (Fig. 1).

Este caparazón está formado por una serie de placas cohesionadas entre sí, las que forman 10 corridas de placas, 5 son denominados placas ambulacrales que a través de estos emergen los pies ambulacrales los cuales sirven para la locomoción y el intercambio gaseoso. Las otras placas restantes son denominadas interambulacrales no presentando

perforación alguna (Barnes, 1989).

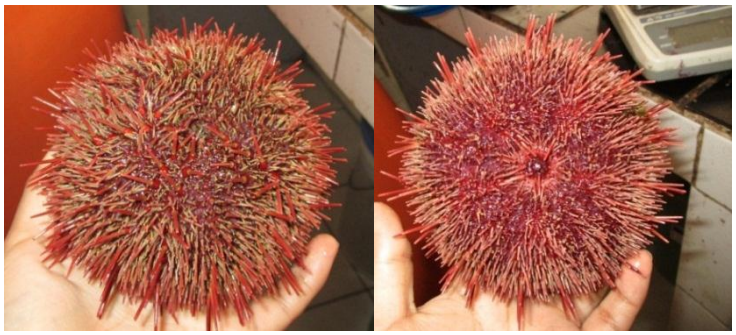


Figura 1: Anatomía externa de “erizo verde” *Loxechinus albus*

2.2.4. **Anatomía interna**

El “erizo verde” *Loxechinus albus* presenta 5 gónadas adosadas a la pared de la testa, llamadas comúnmente “lenguas”. Al observar el sistema digestivo son identificables claramente el intestino, el estómago y la “Linterna de Aristóteles” órgano utilizado para alimentarse (Barnes, 1989) (Fig. 2).



Figura 2: Anatomía interna de *“erizo verde” Loxechinus albus*

2.2.5. **Reproducción**

El *"*erizo verde" *Loxechinus albus* es una especie dioica, es decir, existen erizo machos y erizos hembras, no presentan diferencias sexuales externas y han sido estudiados en forma separada para conocer su ciclo reproductivo. El erizo presenta cinco gónadas, conocidas como lenguas. Existe un gonoducto corto que se prolonga en dirección aboral desde cada gónada y que desemboca al exterior por un gonoporo situado en una de las cinco placas genitales, el cual permite la salida de sus productos sexuales, ovulo y espermios en el agua de mar, medio en cual ocurre la fecundación (Arrau, 1958). El periodo reproductivo de la especie se extiende entre julio-diciembre en la zona central-sur y entre noviembre-diciembre en la zona norte de Chile (Guisado & Castilla, 1987).

2.2.6. **Pesquería**

Existe una tendencia decreciente de los tamaños del erizo verde en las capturas asociado a un incremento de la extracción, principalmente en el centro y sur del litoral, en donde esta especie representó el 0,1% de la captura artesanal de invertebrados durante el período 1983-1994 y 6% en 1995 (FUENTE: IMARPE, 1995).

El área de distribución del erizo en el Perú es mucho más amplia que el área de explotación actual, lo cual implicaría la existencia de otros bancos no explotados ni estudiados. Sin embargo actualmente no se dispone del conocimiento necesario para regular la explotación del recurso en todo el

rango de distribución de la especie (Yamashiro et al 1996).

En el puerto de Ilo, desde el año 2000 al año 2015 se desembarcó 682 toneladas de *Loxechinus albus,* el año 2015 representó el 28% (192 Tn) del desembarque total, seguido en importancia por el año 2014 que representó 16% (110 Tn) y el año 2009 el cual represento el 14% (94 Tn) del desembarque total. (FUENTE: Seguimiento a las Pesquerías –IMARPE ILO) (Fig. 3).

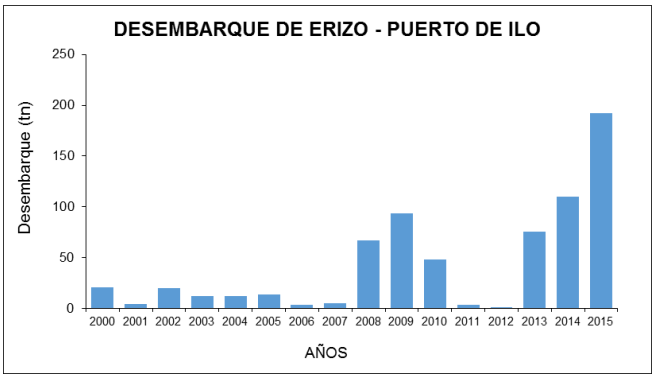


Figura 3.- Desembarque de "erizo verde" *Loxechinus albus* en el Puerto de Ilo desde el año 2000 al 2015.
FUENTE: Seguimiento a las Pesquerías –IMARPE ILO

En el año 2015 se evidenció un mayor incremento de los volúmenes de desembarques de erizo verde, principalmente en los meses de junio, julio, agosto y setiembre con valores mensuales de 31, 58, 40, 53 Tn/año respectivamente, debido a que el "erizo verde" en estos meses se encuentra en un periodo reproductivo, lo cual significa que las gónadas están con mayor peso, por lo tanto los pescadores artesanales prefieren extraer el recurso en este período porque es comercialmente rentable (Fig. 4).

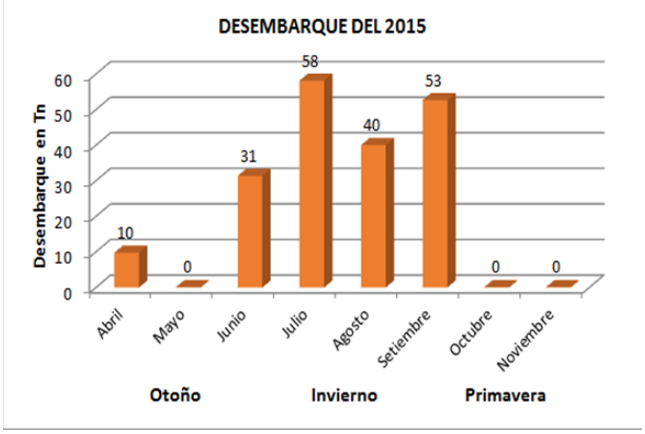


Figura 4.- Desembarque de "erizo verde" *Loxechinus albus* en el puerto de Ilo durante el 2015.
FUENTE: Seguimiento a las Pesquerías –IMARPE ILO

2.2.7. **Legislación pesquera**

Actualmente, el recurso erizo en el Perú, se encuentra regulado por una talla mínima de extracción y comercialización de 70 mm de diámetro, sin considerar las púas, la cual fue establecida mediante Resolución Ministerial N^{9} 120-96-PE del 27 de febrero de 1996.

2.3. **DEFINICIÓN DE TÉRMINOS**

2.3.1. **Escala de madurez gonadal**

El "erizo verde" *Loxechinus albus* no presenta dimorfismo sexual, por lo que es difícil la separación de sexos sin realizar un examen histológico; debido a que las gónadas masculinas y femeninas tienen la misma estructura externa y coloración, aunque esta última puede variar de amarillo a café oscuro según Bückle (1978), la identificación sexual se puede lograr

en forma aproximada en el período de máxima actividad reproductiva. Salazar (1999) logró identificar 5 estadios de maduración en hembras y machos mediante análisis histológico:

Hembras

- **Inmaduro** (**I**): Se caracteriza por que presentan ovarios muy pequeños, delgados y blanquecinos; propios de los ejemplares pequeños o virginales, donde no han iniciado su proceso de maduración.
- **En madurez** (**II**): Ovocitos inmaduros y en madurez, adheridos frecuentemente a las paredes lobulares que son gruesas, en donde hay una activa producción de ovocitos, los cuales a medida que alcanzan su tamaño definitivo ingresan al lumen del lóbulo, experimentando la reducción meiótica que los transforma en óvulos maduros.
- **Maduro** (**III**): La capa cortical va reduciéndose en extensión, siendo reemplazado por la masa de óvulos que en su máximo desarrollo presentan abundante citoplasma, ocupando prácticamente todo el espacio lobular, las paredes de los lóbulos se tornan delgadas y poco visibles debido a la presión ejercida entre los ovocitos, los cuales adquieren formas irregulares.
- **Desovante (IV):** La cantidad de óvulos se reduce notoriamente presentándose la cavidad lobular parcial o totalmente vacía, ya que continúa produciéndose la ovogénesis en la capa cortical.
- **Post – desovante (V):** Se desencadena un proceso de degeneración celular relativamente rápido, que transforma a los óvulos en una masa amorfa con vesículas basófilos,

es posible ver ovocitos atrésicos, los cuales proliferan y se extienden hacia el lumen gonádico.

Machos

- **Inmaduro** (**I**): Presentan abundante tejido conectivo, no pudiendo distinguirse el sexo para este estadio.
- **En madurez** (**II**): Los estratos celulares básales de la región cortical de los lóbulos testiculares, se observa que es remplazado el tejido conectivo por espermatogonias y espermatocitos que forman una banda de intenso color azul.
- **Maduro** (**III**): Este estadio presenta una capa cortical, debido al progresivo aumento de la masa de espermios. Siendo esta la característica histológica de los testículos maduros.
- **Desovante**(**IV**): La masa de espermios disminuye su diámetro en los lóbulos testiculares al ocurrir el desove , los estratos de células espermatogénicas se comienzan a disgregar ; sin embargo, la producción de espermios continúa , lo que implica que el proceso de maduración no se detiene con el desove , perdurando por un tiempo más.
- **Post – desovante (V):** El proceso de degeneración celular transforma primero a los espermatocitos para luego seguir con los espermios, lo cual se manifiesta por el notorio incremento de vesículas citoplasmáticas de color azul intenso. Este proceso es más lento que en las hembras, que termina con el consumo total de la masa de gametos masculinos.

2.3.2. **Actividad reproductiva**

La actividad reproductiva es un índice reproductivo que permite conocer si los organismos de una población se encuentran gonadalmente activos, en un periodo o área determinada (Galvez, 2015).

2.3.3. **Talla de primera madurez**

La talla de primera madurez es considerada como la longitud total en la que el 50% de los individuos son activos (Galvez, 2015).

2.3.4. **Proporción sexual**

Considera que en una población será posible encontrar el 50% de cada sexo si se acepta que los machos y hembras nace en igual proporción y sufre una mortalidad semejante a lo largo de su vida, donde se obtiene la proporción esperada 1H/1M (Fisher,1930).

CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO

3.1. **TIPO**

Explicativa

3.2. **DISEÑO**

No experimental

3.3. **NIVEL DE INVESTIGACION**

Orientada a la línea de investigación Biología

3.4. **OPERACIONALIZACION DE VARIABLES**

3.4.1. **Variable independiente: indicadores**

Periodos estacionales en la zona de Ilo.

3.4.2. **Variable dependiente: Indicadores**

Ciclo reproductivo de “erizo verde” *Loxechinus albus*

3.5. **POBLACION Y MUESTRA**

3.5.1. **La población**

Organismos colectados en Punta de Coles del mes de abril del año 2015 hasta febrero del 2016.

3.5.2. **Muestra**

Se trabajara con un tamaño muestra de 200 ejemplares por mes aproximadamente de “erizo verde” *Loxechinus albus* aproximadamente con el objetivo obtener la distribución de tallas en todo el rango de tamaños de captura de erizo verde. Se seleccionaran 3 ejemplares por rango de talla, en el caso en que las muestras sean reducidas y hayan muchos ejemplares del mismo tamaño, se muestrearan todos los ejemplares de la muestra (Castillo & Yamashiro, 2014).

3.6. **TÉCNICA E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS**

3.6.1. **Trabajo en campo**

3.6.1.1. Zona de muestreo

El material biológico fue colectado mensualmente entre abril del 2015 y febrero del 2016 en la zona de punta de Coles – Ilo, ubicada a los 17° 42′ 05″ S y 71° 22′ 21″ O. Las zonas de extracción corresponden al sustrato rocoso intermareal y submareal de la costa expuesta, por ser ésta la que alberga la mayor población de individuos (Fig. 5).

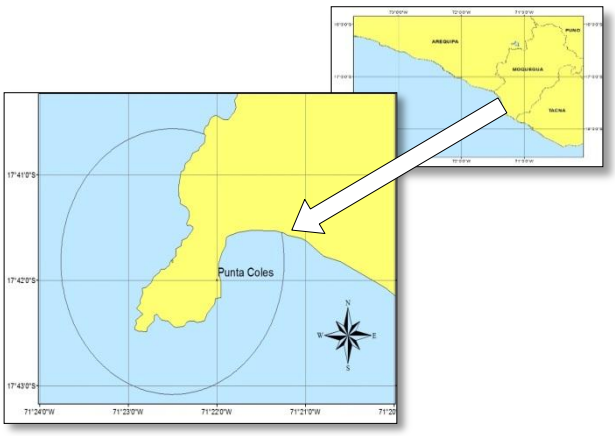


Figura 5.- Zona de extracción de “erizo verde” *Loxechinus albus* Punta de Coles

3.6.1.2. Obtención de la muestra

Las muestras fueron colectadas con la ayuda de un buzo artesanal en la zona en mención por buceo semiautónomo. Para la recolección se utilizó un gancho que permite obtener los ejemplares adheridos a las rocas, se depositaron los ejemplares en unos capachos, para su traslado a la superficie (Fig. 6).



Figura 6: Método de extracción de “erizo verde” *Loxechinus albus*
FUENTE: Laboratorio de Investigación Acuícola-IMARPE ILO

Tabla 1: Número de ejemplares de *Loxechinus albus* colectados por meses durante el año de estudio, en el periodo 2015 – 2016, de Punta Coles.

Meses	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Total
Abril-2015		170			**170**
Mayo-2015		163			**163**
Junio-2015		166			**166**
Julio-2015			172		**172**
Agosto-2015			210		**210**
Setiembre-2015			205		**205**
Octubre-2015				176	**176**
Noviembre-2015				222	**222**
Diciembre-2015				192	**192**
Febrero-2016	144				**144**
Total	**144**	**499**	**587**	**590**	**1 820**

3.6.2. Trabajo en laboratorio

3.6.2.1. Muestreo biométrico

El muestreo biométrico de los ejemplares de erizo verde fue aleatorio, el cual consistió en tomar una cantidad aproximada de 35 a 40 kg, de los cuales se muestrearon 200 ejemplares por mes aproximadamente con el objetivo obtener la distribución de tallas del "erizo verde" *Loxechinus albus*.

3.6.2.2. Muestreo biológico

El muestreo biológico fue de tipo estratificado al azar, donde se seleccionaron tres ejemplares por rango de talla. Los ejemplares medidos, se pesaron en una balanza digital. Colecte las gónadas del erizo verde (dividiendo el caparazón en dos mitades) y una vez colectadas procedí a pesarlas (Fig. 7).

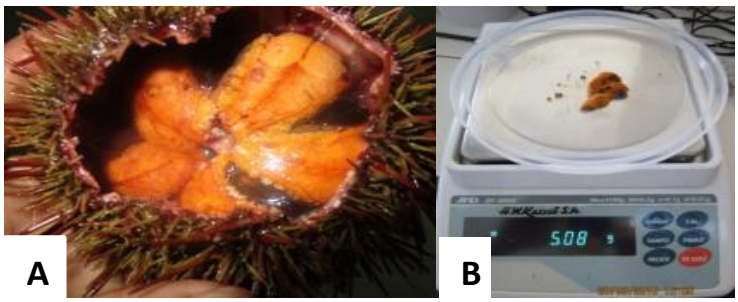


Figura 7: Proceso de extracción de gónadas (A) y pesado de gónadas (B)

3.6.3. Obtención de tejido para escala de madurez gonadal

Al finalizar los muestreos biométricos y biológicos fueron preservadas 3 gónadas en formol bufferado al 10% para su envió al área de Biología Reproductiva de la sede central del IMARPE; de las 2 gónadas restantes se hizo un corte con bisturí en la parte media; se obtuvo una muestra de tejido gonadal, la cual se colocó sobre una lámina portaobjeto, añadiendo una gota de agua de mar estéril sobre el tejido, se cubrió con una lámina cubreobjeto y se observó en el microscopio compuesto, para la determinación del sexo y estadio.

Se determinaron los criterios de clasificación según presencia de tipos celulares y llenura de trabéculas. La

determinación certera del estadio de madurez se realizó mediante el análisis en fresco y el análisis microscópico de los cortes histológicos que pasaron por el procesamiento de infiltración en parafina (Fig. 8).

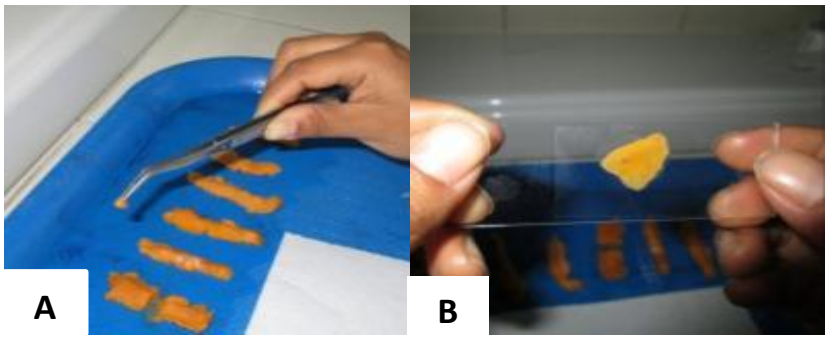


Figura 8: Obtención de tejido gonadal (A) y frotis de tejido gonadal (B), para realización de escala de madurez gonadal en fresco

3.6.4. Escala de madurez gonadal por procesamiento histológico

Para la determinación de la escala de madurez gonadal, se realizó un proceso histológico tradicional en el que se siguieron los pasos de la técnica de infiltración con parafina (Humanson, 1979).

- *Fijación:* Se tomó una porción de 0.5 cm de grosor de la zona central de la gónada y se colocó en un porta-muestras metálico para luego colocarlo en formol bufferado al 10%.

- *Deshidratación:* Las muestras fueron colocadas en un procesador automático de tejidos en el que se llevó a

cabo la deshidratación de los mismos. El tejido permaneció una hora sumergido en cada recipiente con alcohol a concentraciones crecientes de 70%, 80%, 90%, 90%, 100% y 100%, con un tiempo total de 6 horas.

- *Aclaramiento:* Luego de la deshidratación, se usó xilol (C_6H_4 $(CH_3)_2$), ya que es miscible tanto con el alcohol como con el medio de inclusión a utilizar. Este procedimiento es llamado aclaramiento debido a que el tejido se torna transparente o claro luego de colocarlo en xilol (Tresierra *et al* 2002). Las muestras se mantuvieron entre 2 a 4 minutos en un primer recipiente con xilol y de 1 a 3 minutos en el siguiente xilol. El tiempo de duración dependió del tamaño del tejido.

- *Infiltración con parafina:* El tejido pasa por dos recipientes con parafina líquida a 60°C, manteniéndose una hora en cada uno.

- *Imbibición con parafina:* El tejido fue retirado de los porta-muestras y colocado en moldes cúbicos de goma de 2 cm de lado, los cuales pasaron por un proceso de imbibición con parafina líquida. Los bloques obtenidos se dejaron reposar por 24 horas al ambiente hasta solidificarse.

- *Seccionamiento:* Los bloques de parafina obtenidos se cortaron en forma de trapecio con ayuda de una cuchilla manual. Para obtener las secciones histológicas, se hizo uso de un micrótomo de rotación y cuchilla de lomo ancho, obteniéndose cortes de 7µm. Estas secciones se llevaron a un baño María a una temperatura de 37°C,

donde se extendieron y se colocaron sobre láminas porta-objetos a las que se le había agregado albúmina con el objetivo de adherir mejor la muestra y evitar desprendimientos en la coloración. Las láminas fueron secadas en una plancha de teflón y rotuladas con un marcador punta de diamante.

- *Coloración:* Se realizó la coloración del tejido utilizando un equipo automático. Se le agregó Entellán y se realizó el montaje con una lámina cubre-objetos. Se hizo la descripción y análisis histológico con ayuda de un microscopio compuesto Nikon Eclipse E400. Se determinaron los criterios de clasificación según presencia de tipos de célula, llenura de trabéculas o túbulos, forma de trabéculas o túbulos y presencia de tejido conectivo, tanto en hembras como en machos.

3.7. METODOS Y TECNICAS PARA LA PRESENTACION Y ANALISIS DE DATOS

3.7.1. Biometría

Se hizo uso de la base de datos para conocer el rango y distribución de longitudes de los ejemplares que fueron colectados durante el estudio para elaborar un diagrama de barras, haciendo uso de Excel 2010.

3.7.2. Determinación de estadios de madurez gonadal por procesamiento histológico

La determinación de los estadios de madurez gonadal, se realizó mediante observaciones directas de cortes histológicos, con la ayuda de un microscopio compuesto. Para la nominación de estos estadios se tomaron en cuenta los criterios establecidos por Salazar (1999). Además, en el presente estudio se identificaron criterios de clasificación para hembras y machos en cada estadio de madurez (Tabla 2 y 3).

- **Criterios de catalogación de hembras y machos**

Para la determinación del estado de madurez gonadal no se toma en cuenta únicamente la presencia – ausencia de los tipos celulares existentes, ya que en algunos casos esta variable no se diferencia entre uno y otro estadio; razón por la que deben considerarse otros aspectos de importancia como el nivel de llenura de lóbulos y la presencia de tejido conectivo (Tabla 2, 3).

Tabla 2: Criterios de clasificación de estadios en hembras de “erizo verde” *Loxechinus albus.* (OI: Ovocito inmaduro, OEM: Ovocito en maduración, OM: Ovocito maduro).

Estadios	**Criterios microscópicos de clasificación**							
	Presencia de células			**Grado de llenura de lóbulo**			**Tejido conectivo**	
	OI	**OEM**	**OM**	**Vacía**	**Semillena**	**Llena**	**Escaso**	**Abundante**
Virginal	+			+				+
En maduración	+	+			+		+	
Maduro		+	+			+	+	
Desove			+		+		+	
Recuperación			+	+				+

Tabla 3: Criterios de clasificación de estadios en machos de “erizo verde” *Loxechinus albus. (*Eg: Espermatogonia, Ec: Espermatocito, Ez: Espermatozoide).

Estadios	**Criterios microscópicos de clasificación**							
	Presencia de células			**Grado de llenura de lóbulo**			**Tejido conectivo**	
	Eg	**Ec**	**Ez**	**Vacía**	**Semillena**	**Llena**	**Escaso**	**Abundante**
Virginal	+			+				+
En maduración	+	+			+		+	
Maduro			+			+	+	
Evacuación			+		+		+	
Recuperación			+	+				+

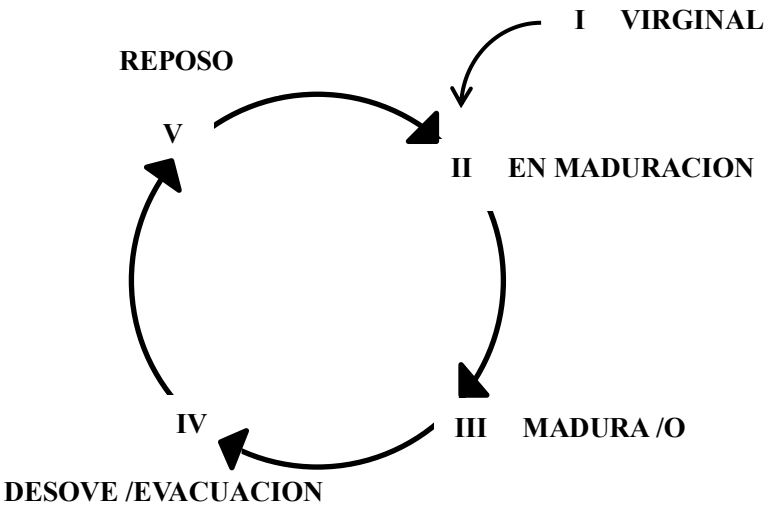


Figura9: Ciclo de madurez gonadal del “erizo verde” *Loxechinus albus*.

3.7.3. Actividad reproductiva (AR)

Se emplearon individuos en los estadios III (maduro) y IV (desove) que se reconoce como periodos de mayor actividad reproductiva cuando estos índices alcanzan valores máximos dentro de un ciclo anual (Cubillos et al, 1997). La AR nos posibilita identificar periodos importantes de reproducción, para proponer vedas reproductivas y proteger el recurso con normas regulatorias.

$$AR = 100 * \left(\frac{Nº\ hembras\ (III + IV)}{Nº\ total\ hembras}\right)$$

Buitron *et al* (2000)

Donde:

H_{III}: hembras en estadio maduro

H_{IV}: hembras en estadio desovantes

H_{total}: total de hembras

Se calculó la AR por meses para hembras, en el periodo comprendido del mes de abril 2015 a febrero del 2016. Luego se realizó un gráfico para todos los meses muestreados, utilizando el programa Excel 2010.

3.7.4. Índice gonadosomático (IGS)

Los datos fueron procesados en la hoja de cálculo de Microsoft Excel, donde se relacionó el peso de gónada y peso total, se describió el desarrollo gonadal de manera mensual para hembras, machos y por estadios.

$$IGS = \frac{\text{Peso de las gonadas (gr)}}{\text{Peso total del cuerpo (gr)}}\ x\ 100$$

Vazzoler (1982)

Se calculó IGS por meses, luego se realizó un gráfico para todos los meses muestreados, utilizando el programa R - Studio 2.11.1.

3.7.5. Talla de madurez gonadal

Para su cálculo se utilizó el programa R - Studio 2.11.1 (Defeo, Rey y Casculo, 1988), agrupándose los datos en: inactivos (I y II) y activos (III, IV y V). Se calculó el porcentaje de individuos activos para cada longitud de la testa registrada y los puntos reales fueron ajustados con el Método de ajuste

de curva logística, para encontrar el L50 (longitud en la que el 50% de los individuos son activos).

3.7.6. Proporción sexual

Se trabajó con hembras, machos e indiferenciados. Para la validación estadística de la proporción sexual se hizo uso del test Chi Cuadrado (x^2), verificada independientemente para cada estación evaluada con un grado de significancia de $\alpha = 0.05$.

CAPITULO IV: PRESENTACION DE RESULTADOS

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Biometría

Durante el periodo de estudio se midieron un total de 1972 individuos, cuyo diámetro total de la testa varió desde 32 a 109 mm con una moda en 58 mm y un diámetro medio de 61.70 mm con una desviación estándar de 8.689 (Fig. 11).

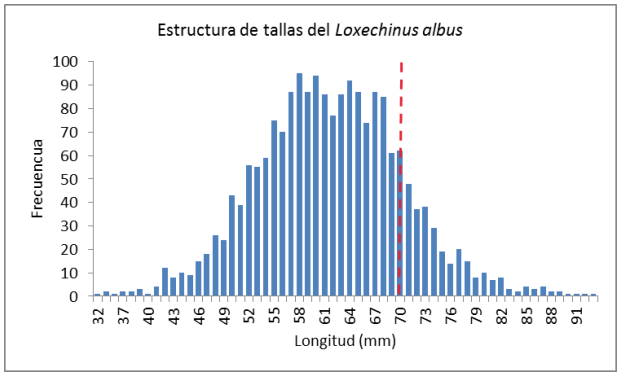


Figura 10.- Estructura de tallas del “erizo verde” *Loxechinus albus* de la zona Punta de Coles durante el periodo abril 2015 — febrero 2016

4.1.2. Análisis del ciclo reproductivo

Durante la estación otoño del año 2015 se observó mayor cantidad de individuos en estadio V (reposo) el cual represento el 82%, los siguientes estadios I y II (virginal y en maduración) tuvieron una representación de 9% para ambos (Fig. 11).

En la estación de invierno hay una tendencia favorable en la maduración alcanzando la mayor actividad reproductiva en los estadios III y IV (maduros y desove), los ejemplares maduros representaron el 41 % y los ejemplares en estadio IV (desove/ evacuación) representaron el 32% (Fig. 11).

La estación de primavera siguió un proceso de desove representado por el 36% de los ejemplares muestreados, maduros con el 32% y recuperación con el 22% (Fig. 11).

La estación de verano mostro un periodo de baja actividad reproductiva encontrándose ejemplares en estadios IV y V (desove/evacuación y reposo), representado el 34% para ambos estadios respectivamente (Fig. 11).

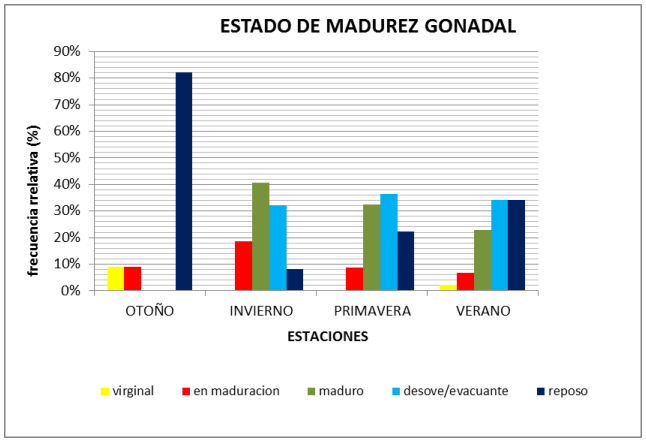


Figura 11.- Madurez gonadal de Machos y hembras de "erizo verde" *Loxechinus albus* durante abril de 2015- febrero 2016

4.1.3. Descripción de la escala de madurez gonadal en fresco

Hembras

Se determinaron cinco estadios de madurez gonadal para *Loxechinus albus.*

- **Virginal (I)**

Lóbulos vacíos y pequeños, al realizar los cortes no se llegaron a observar células, viéndose restos de tejido conectivo. Se debe considerar que las células inmaduras no se logran apreciar en la observación en fresco, por lo cual se tomó en cuenta la talla de primera madurez (40-50 mm) (Fig. 12).

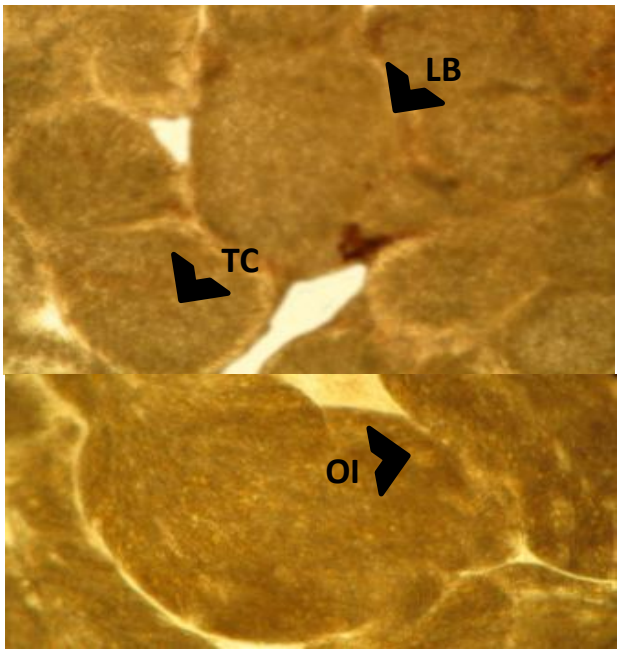


Figura 12: Micrografía de ovario en estadio I (virginal) en la especie *Loxechinus albus.* OI: Ovocito inmaduro, TC: Tejido conectivo, LB: lóbulo.
Aumento: 10X.

- **En madurez (II)**

Se visualizó abundante cantidad de células maduras, que podría ser confundido con un estadio III (maduro) y un IV (desovante). Sin embargo, la observación de abundante cantidad de células maduras fue consecuencia del rompimiento de lóbulos. Los cortes en los que se observaron lóbulos completos, evidenciaron una reducida cantidad ovocitos inmaduros y ovocitos en madurez adheridos a las paredes del lóbulo, los cuales a medida que alcanzan su tamaño definitivo ingresan al lumen del lóbulo (Fig. 13).

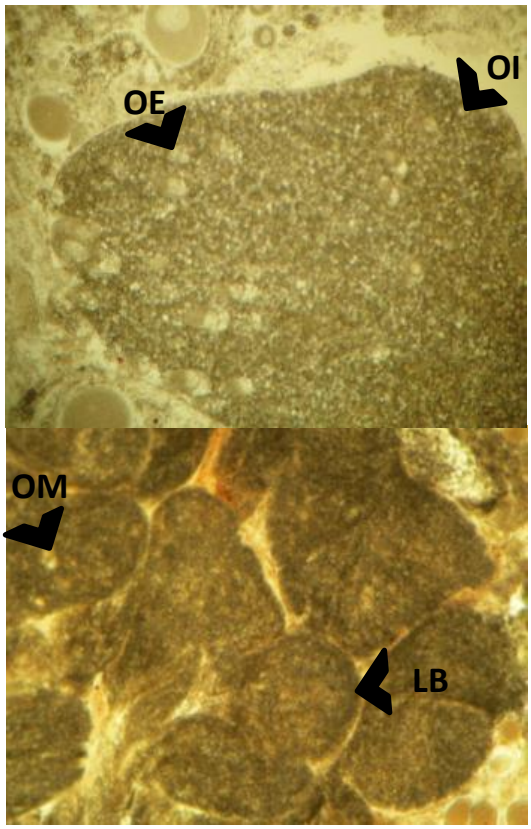


Figura 13: Micrografías de ovario en estadio II (en maduración) en la especie *Loxechinus albus* OI: Ovocito inmaduro, OEM: Ovocito en maduración, OM: Ovocito maduro, LB: Lóbulo.
Aumento: 10X.

- **Maduro (III)**

La identificación de este estadio se realiza con facilidad. Se logró observar lóbulos completamente llenos de ovocitos maduros que ocupan prácticamente todo el espacio lobular, las paredes de los lóbulos se tornan delgadas; un aspecto relevante es que los lóbulos son más grandes que en el estadio II (Fig. 14).

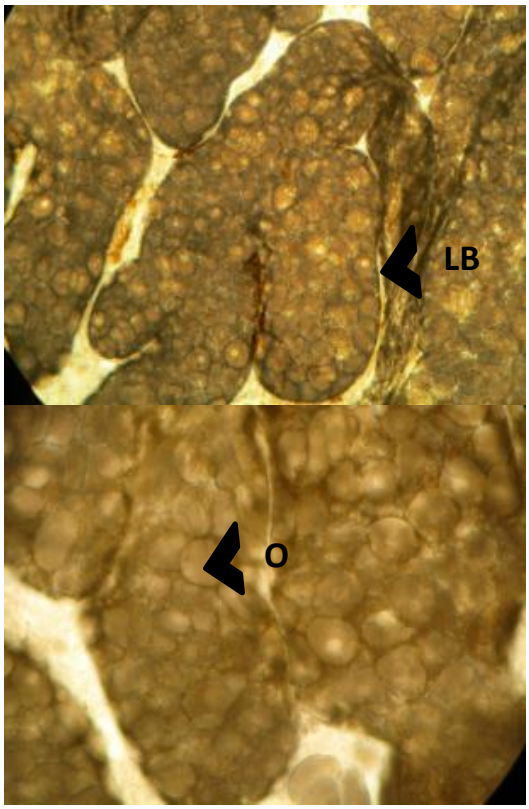


Figura 14: Micrografías de ovario en estadio III (maduro) en la especie *Loxechinus albus*. OM: Ovocito maduro, LB: lóbulo. Aumento: 10X

- **Desove (IV)**

La diferenciación del estadio III y IV (maduro y desove), se logró realizando un corte sumamente fino, donde se pudo observar lóbulos completos; de no ser así, la diferenciación entre ambos es de gran dificultad. Se observó algunos lóbulos llenos de ovocitos maduros y otros lóbulos semivacíos o vacíos. No se observó ovocitos maduros tan apilados a diferencia del anterior estadio (Fig. 15).

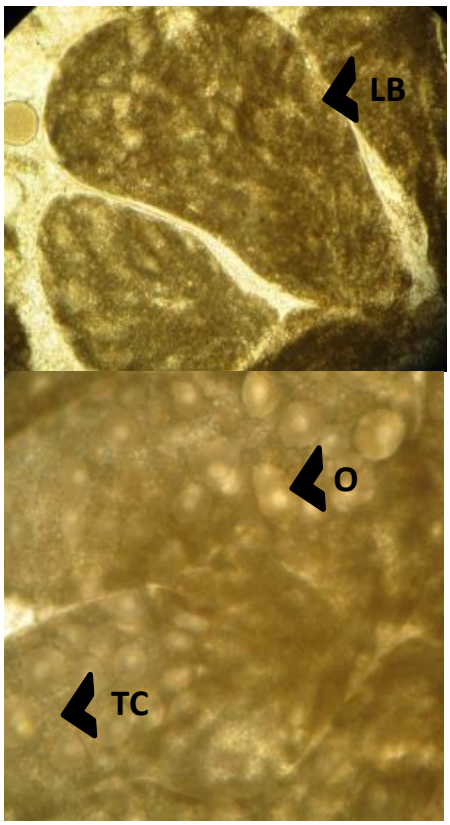


Figura 15: Micrografías de ovario en estadio IV (desovante) en la especie *Loxechinus albus.* OM: Ovocito maduro, LB: Lóbulo, TC: Tejido conectivo.
Aumento: 10X

- **Recuperación/Atresia (V)**

Se observó algunos ovocitos maduros en la zona del lumen, algunos lóbulos se encuentran semivacíos y otros vacíos, se pudo diferenciar ovocitos atrésicos causado por la degeneración y reabsorción que sufren los ovocitos. La forma más certera de identificar el presente estadio es obteniendo un corte con trabéculas completas, de lo contrario un ejemplar con una condición de reciente recuperación podría confundirse con un estadio IV (desovante) (Fig. 16).

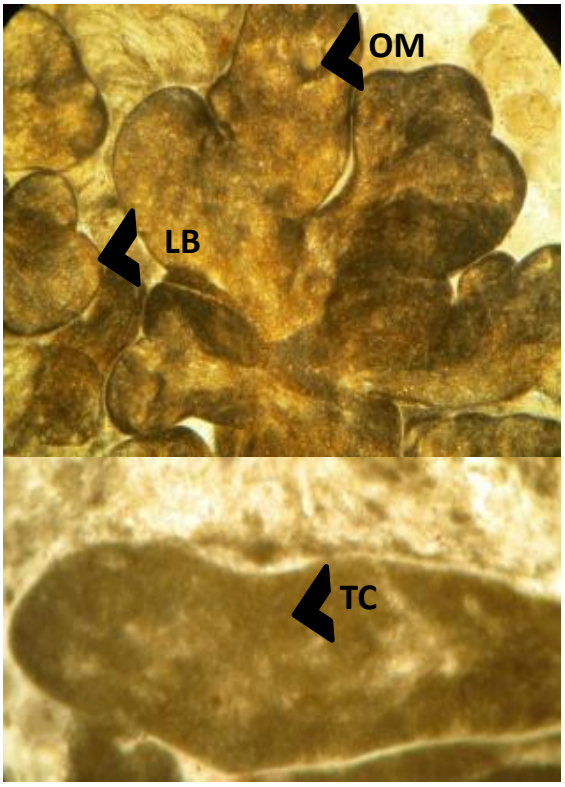


Figura 16: Micrografías de ovario en estadio V (recuperación/atresia) en la especie *Loxechinus albus*. OM: Ovocito maduro, LB: Lóbulo, TC: Tejido conectivo. Aumento: 10X

Machos

- **Virginal (I)**

Al igual que en las hembras el testículo no se puede diferenciar debido a su temprano desarrollo y presentan abundante tejido conectivo, se puede observar zonas oscuras al borde del lóbulo (Fig. 17).

2

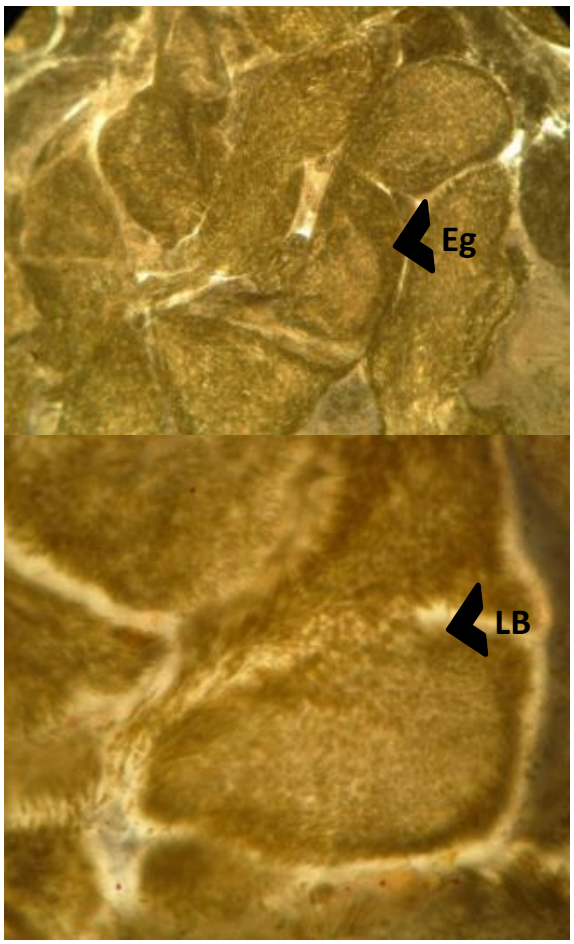


Figura 17: Micrografías de testículo en estadio I (virginal) en la especie *Loxechinus albus.* Eg: Espermatogonio, LB: Lóbulo. Aumento: 10X

- **En madurez (II)**

Se observó que el tejido conectivo fue reemplazado por espermatogonias y espermatocitos. Este tejido se extiende hacia el lumen del lóbulo donde se desprenden y acumulan en el centro del lóbulo (Fig. 18).

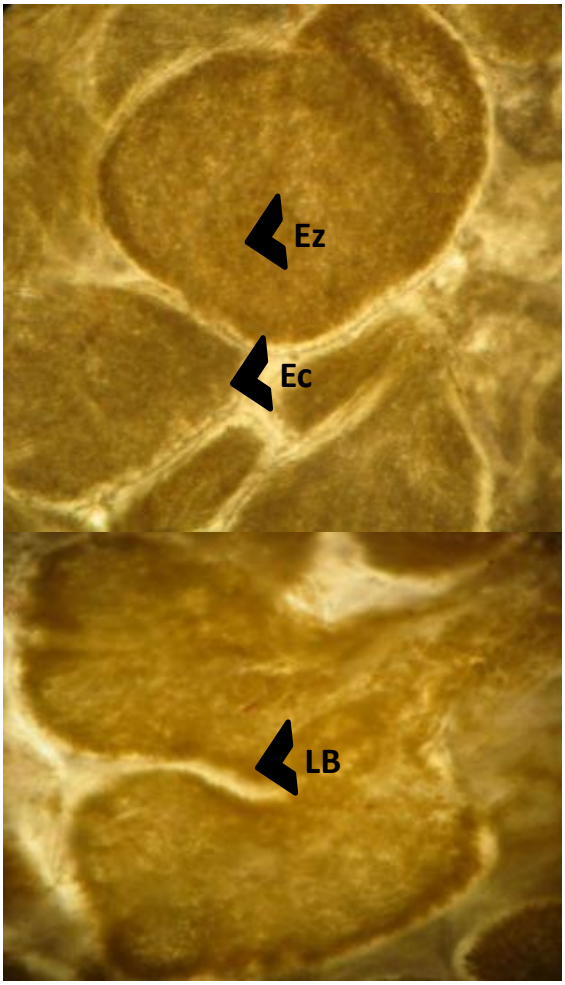


Figura 18: Micrografías de testículo en estadio II (en maduración) en la especie *Loxechinus albus.* Ec: Espermatocito, Ez: Espermatozoide, LB: Lóbulo. Aumento: 10X.

- **Maduro (III)**

Se observan lóbulos completamente turgentes, los espermatozoides se encuentran en centro del lumen de cada lóbulo (Fig. 19).

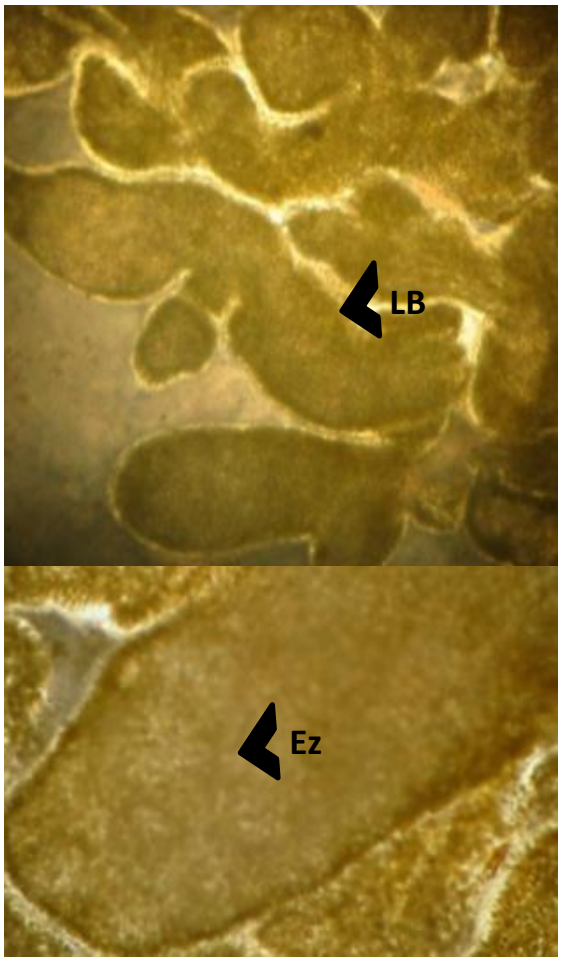


Figura 19: Micrografías de testículo en estadio III (maduro) en la especie *Loxechinus albus.* Ez: Espermatozoide, LB: Lóbulo. Aumento: 10X

- **Evacuación (IV)**

Se observan lóbulos semivacíos, ya que la masa de espermios disminuye en los lóbulos testiculares al ocurrir el desove, las espermatogénicas se comienzan a disgregar; sin embargo, la producción de espermios continúa, lo que implica que el proceso de maduración no se detiene con la evacuación, perdurando por un tiempo más (Fig. 20).

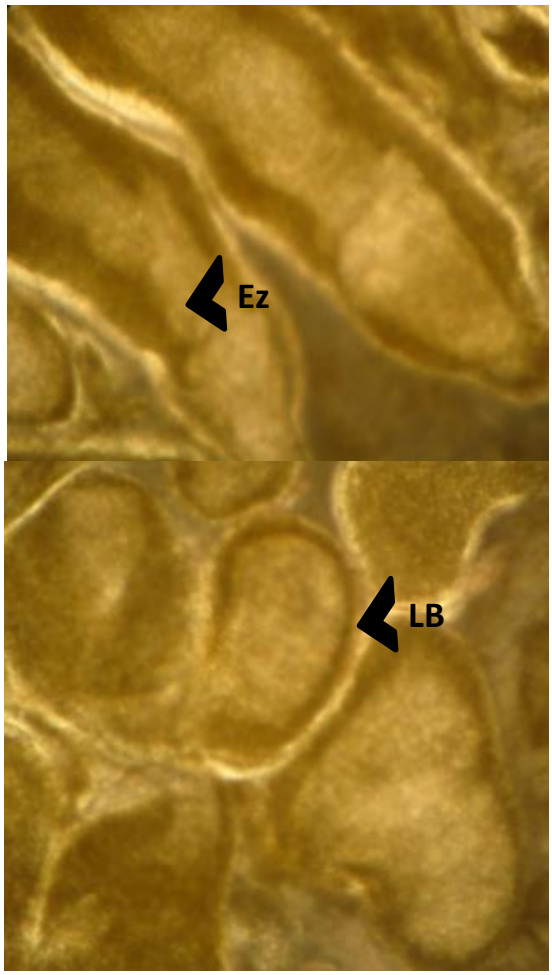


Figura 20: Micrografías de testículo en estadio IV (evacuacion) en la especie *Loxechinus albus* Ez: Espermatozoide, LB: Lóbulo.
Aumentos: 10X.

- **Recuperación/reposo (V)**

Se observa lóbulos semivacíos y completamente vacíos, Este proceso es más lento que en las hembras, que termina con el consumo total de la masa de gametos masculinos (Fig. 21).

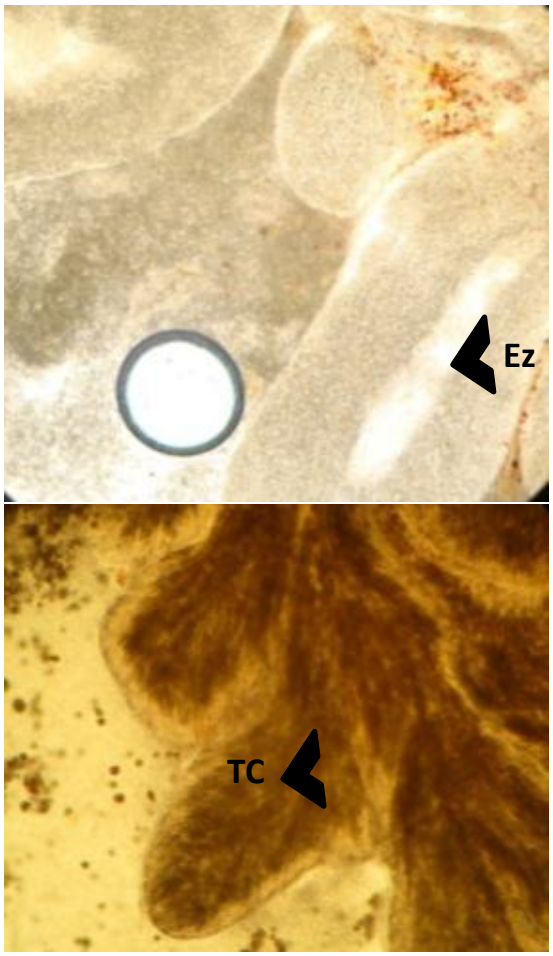


Figura 21: Micrografías de testículo en estadio V (Recuperación/reposo) en la especie *Loxechinus albus.* Ez: Espermatozoide, TC: Tejido conectivo.
Aumento: 10X

4.1.4. Descripción histológica de la gónada

Se determinó que el “erizo verde” *Loxechinus albus* es una especie de reproducción asincrónico, es decir, que puede realizar varias tandas de desove durante el año, identificándose hembras con ovocitos en diferente grado de

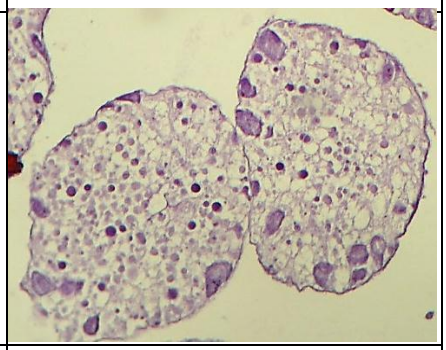
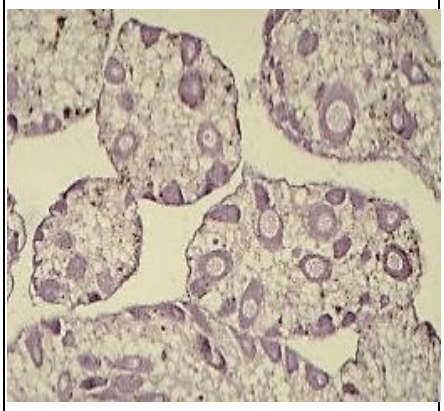
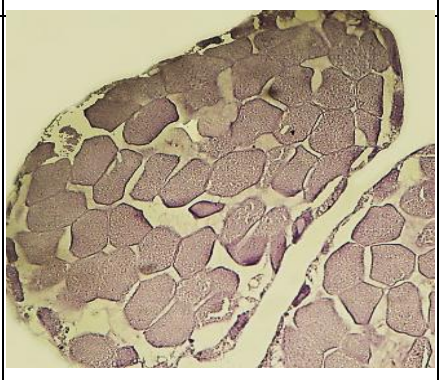
maduración (ovocito inmaduro, en maduración y maduro). En los machos los testículos cuentan con estratos sucesivos de células sobre las espermatogonias, que van diferenciándose, los espermios localizados en la capa más interna, los que se desprenden de los estratos corticales y se acumulan en el lumen central.

4.1.4.1. Gametogénesis

- **Ovogénesis**

El ovario de *Loxechinus albus* está compuesto por muchos acinos encerrados en lóbulo sobre el tejido conectivo. Los ovocitos inmaduros se encuentran adheridos a las paredes de las trabéculas de donde nacen, mientras que los ovocitos maduros están localizados en el lumen del lóbulo (tabla 4).

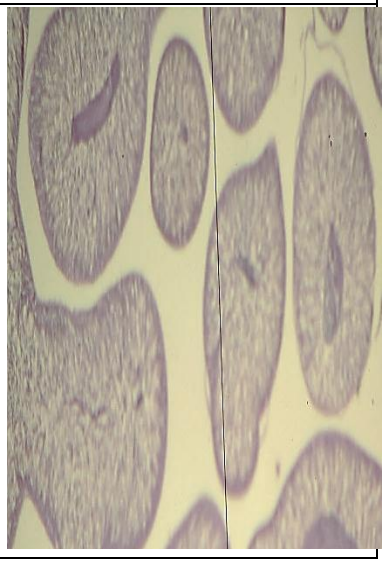
Tabla 4.- Principales tipos de células sexuales en hembras de “erizo verde” *Loxechinus albus* durante abril del 2015 – marzo 2016 de la zona de Punta de Coles.

TIPO DE CELULA	DESCRIPCION	FOTOS
Ovocito inmaduro **OI**	Células adheridas al lóbulo (LB). Diámetro menor: 137µm Diámetro mayor: 322µm Aumento 10X	
En Maduración **OEM**	Células en crecimiento, adosadas a cada lóbulo y algunos ovocitos en maduración desprendiéndose y desplazándose al centro del lumen. Diámetro menor: 424µm Diámetro mayor: 728µm Aumento: 10X	
Ovocito maduro **OM**	Normalmente estas células se encuentran en el centro del todo el lóbulo, son de forma polimórfica. Diámetro menor: 555µm Diámetro mayor: 769 µm Aumento: 10X	

- **Espermatogénesis**

El tejido gonadal masculino está compuesto de muchos acinos, cada uno rodeado por tejido conjuntivo que se diferencia por su forma, tamaño y afinidad a la coloración H-E (tabla 5).

Tabla 5.- Principales Tipos de células sexuales en macho de "erizo verde" *Loxechinus albus* durante abril del 2015 – marzo 2016 de la zona de Punta de Coles.

TIPO DE CÉLULA	DESCRIPCIÓN	FOTO
Espermatogonio **Eg**	Células inmaduras adosadas a la pared lobular, dirigiéndose hacia el lumen. Aumento: 10x	
Espermatocito **Ec**	Células que se desarrollan a partir de los Espermatogonios. Suelen ser las más abundantes, pudiendo encontrarse en franjas o agrupaciones circulares en el lumen. Diámetro menor:365 µm Diámetro mayor:684 µm Aumento: 10x	

Espermatozoide **Ez**	Estas células se ubican en el centro del lóbulo; a manera que aumentan en número, van ocupando toda el área del lóbulo reduciendo así el grosor de la capa cortical. Diámetro menor: 397 µm Diámetro mayor: 720 µm	

4.1.4.2. Descripción de escala de madurez gonadal por procesamiento histològico

Hembras

Se determinaron cinco estadios de madurez gonadal para *Loxechinus albus*.

- Virginal (I): Los individuos pertenecientes a este grupo son aquellos que nunca antes se han encontrado activos reproductivamente, los lóbulos presentan ovocitos inmaduros adheridas a la pared, mayor cantidad de tejido conectivo (Fig. 22).

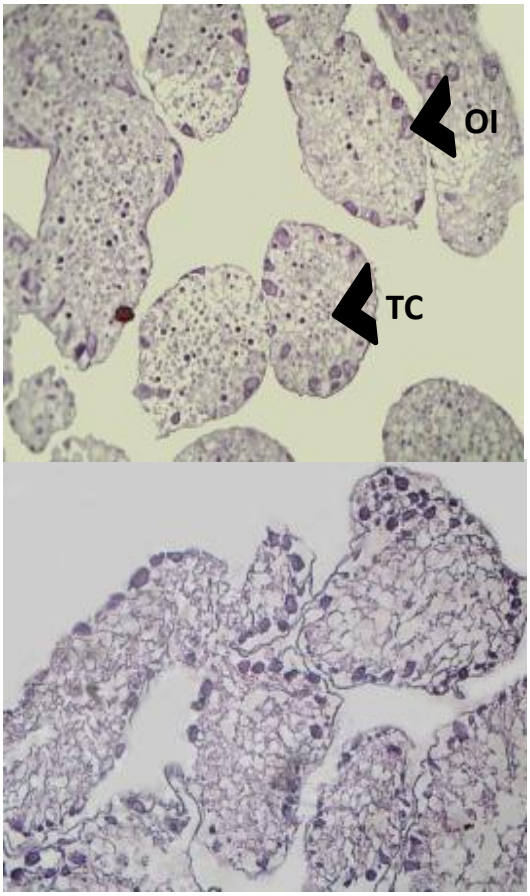


Figura 22: Micrografía de ovario en estadio I (virginal) en la especie Loxechinus albus. OI: Ovocito inmaduro, TC: Tejido conectivo.
Aumento: 10X.

- En maduración (II): Lóbulo de mayor desarrollo que el estadio anterior. Presencia de ovocitos inmaduros adosados a la periferia de cada lóbulo y ovocitos en maduración a punto de desprenderse de la pared lobular. Pueden existir algunos ovocitos maduros en el lumen (Fig. 23).

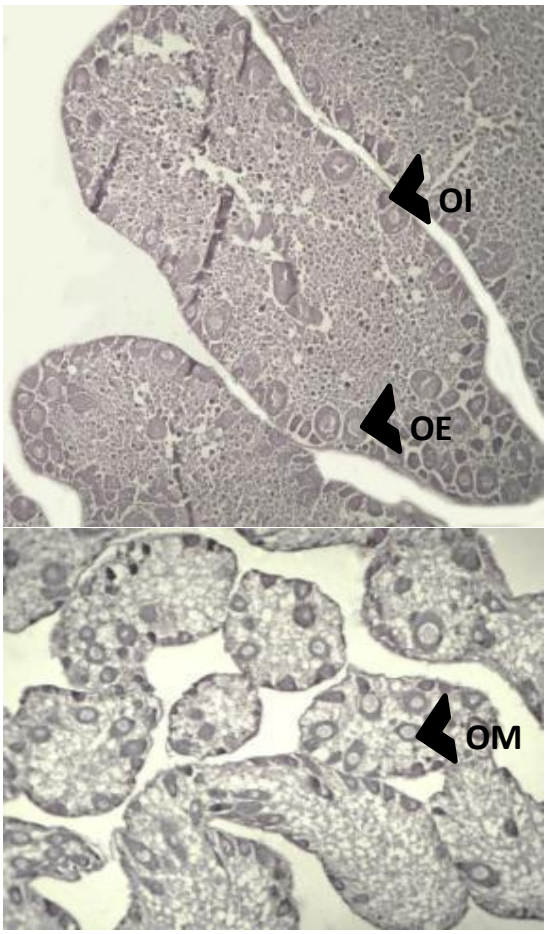


Figura 23: Micrografías de ovario en estadio II (en maduración) en la especie *Loxechinus albus* OI: Ovocito inmaduro, OEM: Ovocito en maduración, OM: Ovocito maduro, LB: Lóbulo.
Aumento: 10X.

- Maduro (III): Individuos que presentan la máxima madurez, pero que aún no se encuentran en un proceso de desove. Los lóbulos están bastante desarrollados, con los ovocitos maduros muy apilados unos con otros dando la apariencia de estar muy turgentes, las paredes de los lóbulos se tornan delgadas y poco visibles debido

a la presión ejercida entre los ovocitos, los cuales adquieren formas irregulares. Una característica de este estadio es la casi ausencia tejido conectivo (Fig. 24).

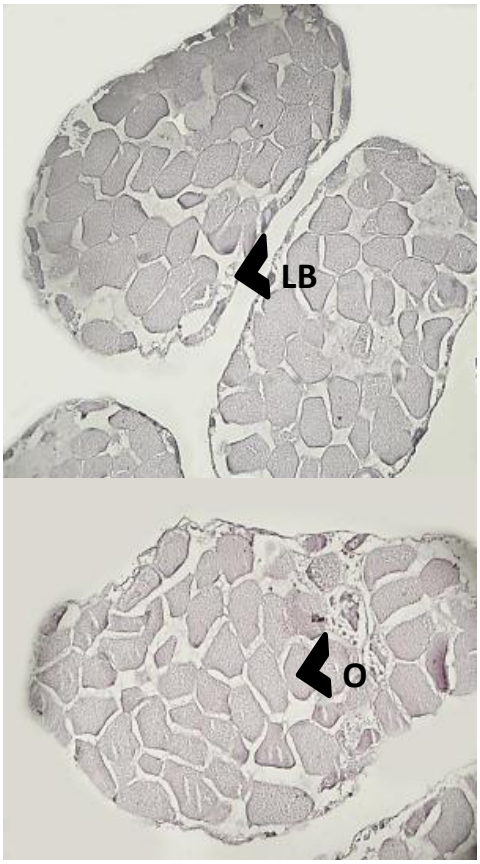


Figura 24: Micrografías de ovario en estadio III (maduro) en la especie *Loxechinus albus*. OM: Ovocito maduro, LB: lóbulo.
Aumento: 10X

- Desovante (IV): Individuos que se encuentran en un proceso de liberación de gametos. Se observa durante el desove que la cantidad de óvulos se reduce notoriamente presentándose la cavidad lobular parcial o totalmente vacía y abundante tejido conectivo, indicando que ya se realizó el desove (Fig. 25).

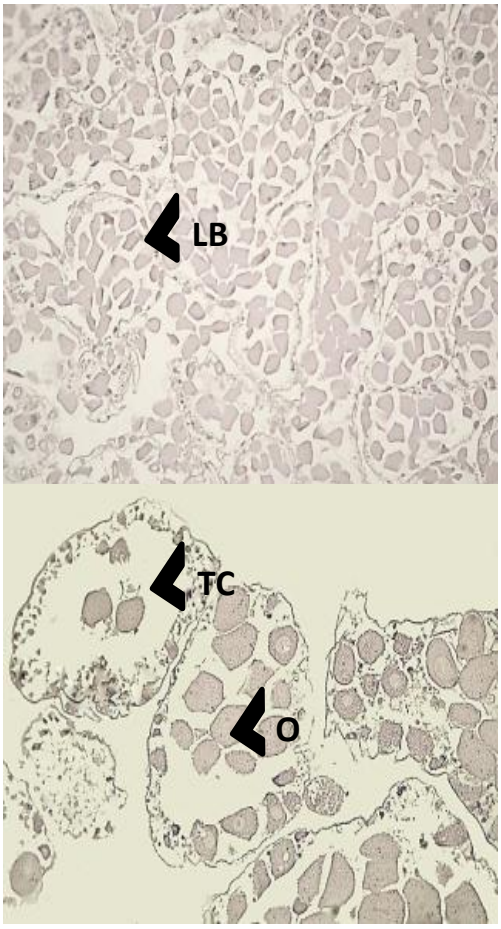


Figura 25: Micrografías de ovario en estadio IV (desovante) en la especie *Loxechinus albus.* OM: Ovocito maduro, LB: Lobulo, TC: Tejido conectivo. Aumento: 10X

- Recuperación/atresia (V): Individuos que ya pasaron por un proceso de desove. Lóbulos de tamaño similar al estadio III, con restos o muy pocos ovocitos maduros. Este estadio por lo general muestra a los lóbulos prácticamente vacíos, se puede observar tejido conectivo, indiferenciación del sexo por ausencia de

células sexuales, diferenciándose del estadio I por la ausencia de ovocitos inmaduros y en maduración, lo cual demuestra la recuperación marcada que suele tener esta especie. Es posible ver ovocitos atrésicos o en reabsorción, que consiste en ovocitos en estado de auto degeneración que serán posteriormente reabsorbidos (Fig. 26).

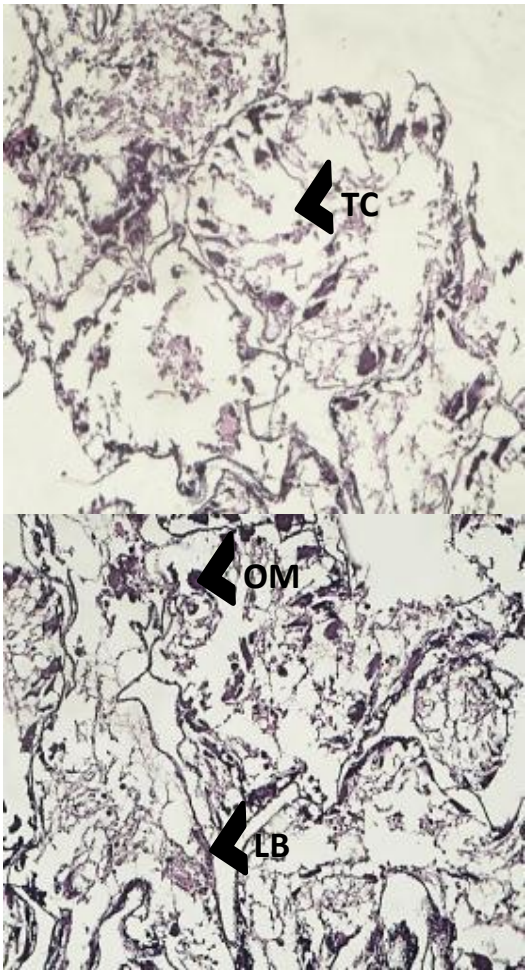


Figura 26: Micrografías de ovario en estadio V (recuperación/atresia) en la especie *Loxechinus albus*. OM: Ovocito maduro, LB: Lóbulo, TC: Tejido conectivo. Aumento: 10X

Machos

- Virginal (I): Los individuos pertenecientes a este grupo son aquellos que nunca antes se han encontrado activos reproductivamente. Los lóbulos tienen diámetro pequeño y sólo presentan espermatogonios adosados a sus paredes. Presentan abundante tejido conectivo, no pudiendo distinguirse el sexo para este estadio (Fig. 27).



Figura 27: Micrografías de testículo en estadio I (virginal) en la especie *Loxechinus albus.* Eg: Espermatogonio, LB: Lobulo.
Aumento: 10X

- En maduración (II): Lóbulo se observa que es reemplazado el tejido conectivo por espermatogonias y espermatocitos adosados a la pared. Este tejido se extiende hacia el lumen del lóbulo, diferenciándose los espermios en la parte final de la capa cortical, de donde se desprenden y acumulan en el centro del lóbulo. Los lóbulos no se encuentran completamente llenos (Fig. 28).

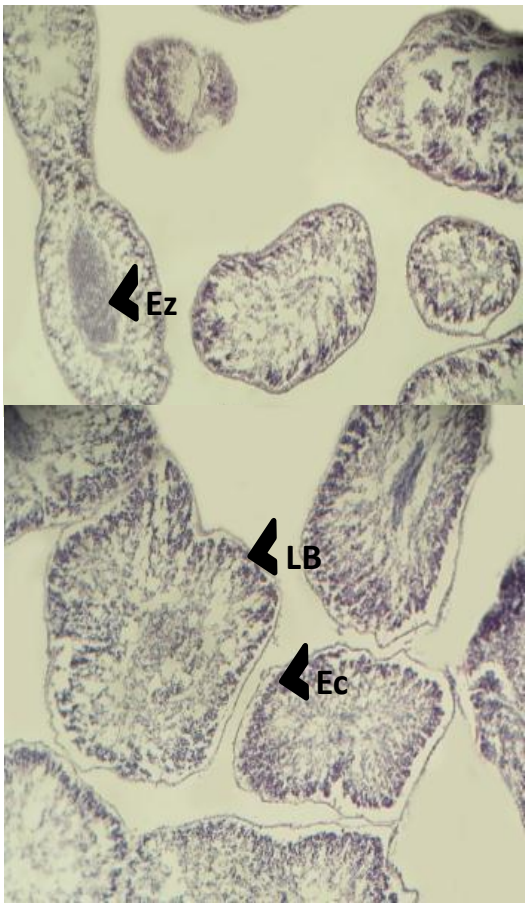


Figura 28: Micrografías de testículo en estadio II (en maduración) en la especie *Loxechinus albus.* Ec: Espermatocito, Ez: Espermatozoide, LB: Lóbulo. Aumento: 10X

- Maduro (III): Individuos que presentan la máxima madurez, se observa que la capa cortical se reduce en grosor debido al progresivo aumento de la masa de espermios. Centro del lumen lleno de espermatozoides (Fig. 29).

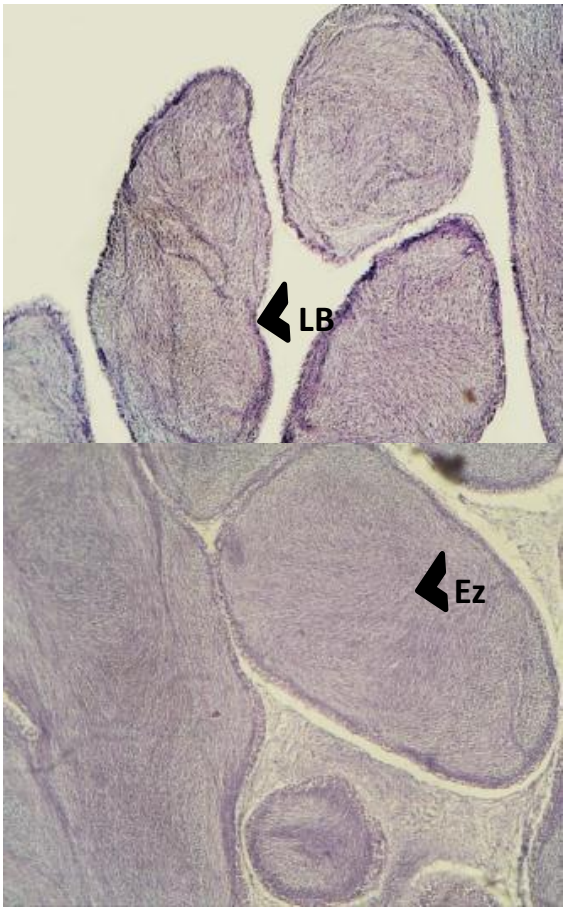


Figura 29: Micrografías de testículo en estadio III (maduro) en la especie *Loxechinus albus.* Ez: Espermatozoide, LB: Lóbulo.
Aumento: 10X

- Evacuación (IV): Individuos que se encuentran en un proceso de liberación de gametos. Se observa que la

masa de espermios disminuye su diámetro en los lóbulos testiculares al ocurrir el desove, los estratos de células espermatogénicas se comienzan a disgregar; encontrándose lóbulos con secciones vacías o semivacías en el centro de éstos, debido a un proceso de expulsión de espermatozoides (Fig. 30).

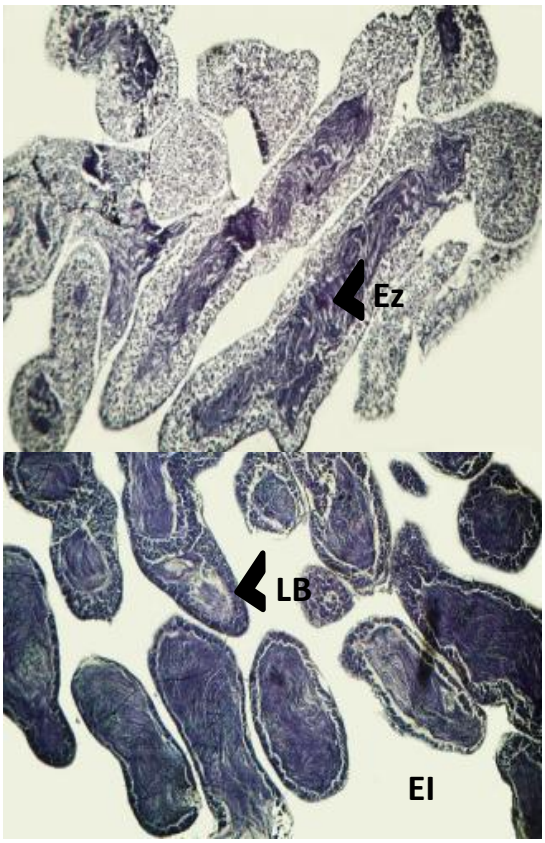


Figura 30: Micrografías de testículo en estadio IV (evacuación) en la especie *Loxechinus albus* Ez: Espermatozoide, LB: Lóbulo, EIT: Espacio intertubular. Aumentos: 10X.

❖ Recuperación/reposo (V): Individuos que ya pasaron por un proceso de expulsión, pero aún con rezagos del mismo. Lóbulos desarrollados con abundante presencia

de tejido conectivo de relleno y restos de espermatozoides. Puede no diferenciarse el sexo debido a la ausencia de gametos sexuales. Los lóbulos se observan semivacías, con poco contenido gametogénico; es decir, muy poco o escaso esperma pudiendo confundirse con los individuos virginales, pero la talla de los individuos en estos estadios corresponden a adultos.

Reposo: Luego de un proceso de recuperación, los individuos comienzan a prepararse para la formación de gametos, pero ya habiendo pasado por procesos de madurez y expulsión, anteriormente. La presencia de tejido conectivo abundante aún permanece. A diferencia de la recuperación, se pueden observar algunos túbulos con presencia de espermatogonios, lo que sí permite diferenciar el sexo (Fig. 31).

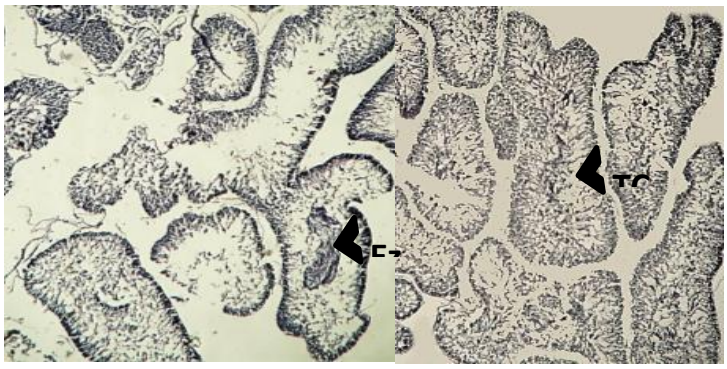


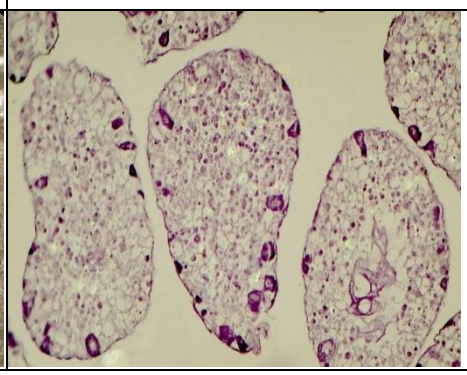
Figura 31: Micrografías de testículo en estadio V (Recuperación/reposo) en la especie *Loxechinus albus.* Ez: Espermatozoide, TC: Tejido conectivo. Aumento: 10X

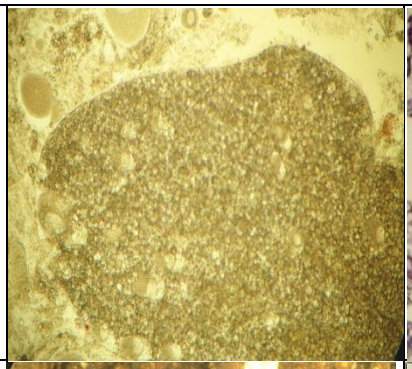
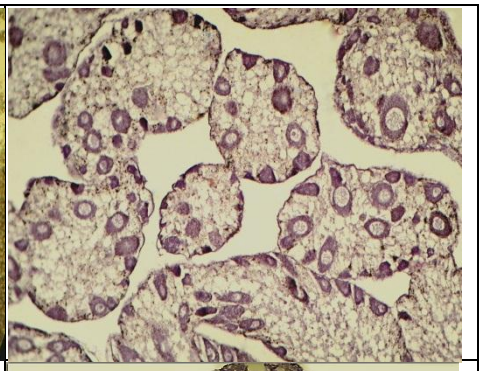
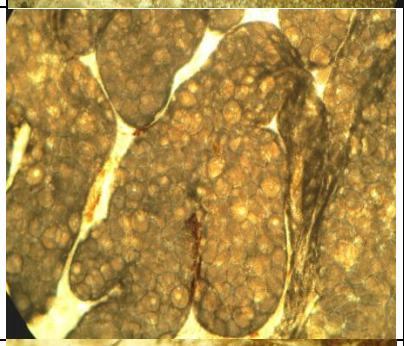
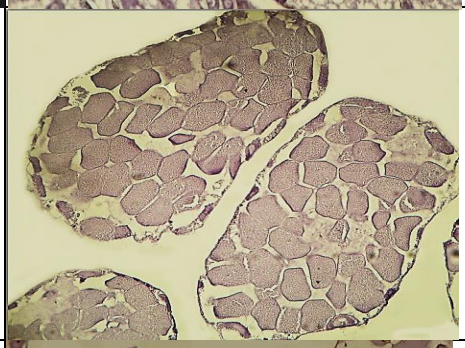
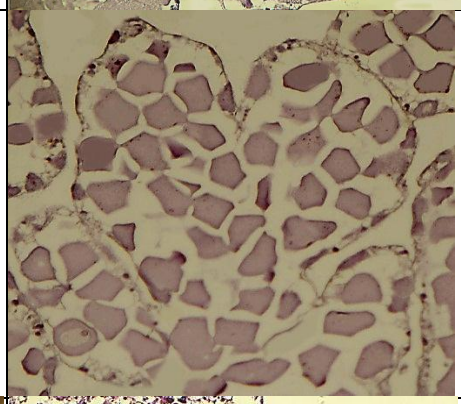
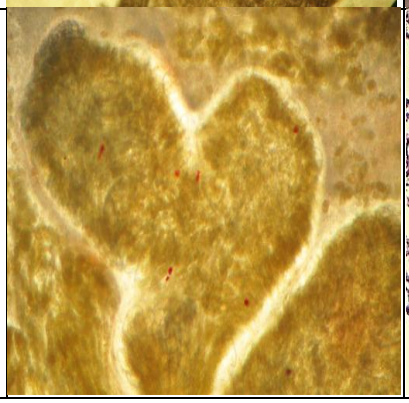
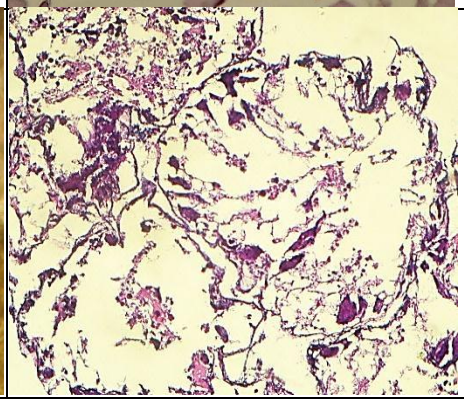
Tabla 6: Caracterización de estadios de madurez gonadal para escala en fresco y escala microscópica.

ESTADIOS DE MADUREZ	ESCALA EN FRESCO	ESCALA DE PROCESAMIENTO HISTOLOGICO
Virginal (I)	Lóbulo vacío y pequeño. Se observa tejido conectivo y ovocitos inmaduros adosados a la pared del lóbulo. Se considera la talla de primera madurez (40-50 mm).	Se observan ovocitos inmaduros adosados a la periferia del lóbulo. Presencia de tejido conectivo. Se considera la talla de primera madurez (40-50 mm).
En madurez (II)	Lóbulos más grandes en relación al estadio I. Se observan ovocitos inmaduros y algunos ovocitos en maduración, presencia de algunos ovocitos maduros en el lumen. Se observa tejido conectivo.	Se observan ovocitos inmaduros y en maduración. Se diferencian de virginales por tamaño de lóbulos. Presencia de tejido conectivo.
Maduro (III)	Se observan lóbulos llenos de células maduras apiladas en el centro del lumen de cada lóbulo.	Lóbulo completamente lleno de ovocitos maduros, sin espacios interlobulares. Presencia de ovocitos inmaduros y en maduración, adheridos a al lobulo.

Desovante (IV)	Lóbulos semi-vacios, existiendo mayor espacio intercelular, no se observan tan apiladas como en el estadio anterior.	Lóbulo con ovocitos maduros y espacios interlobulares es. Presencia de ovocitos inmaduros
Recuperación (V)	Escasos ovocitos maduros en la zona del lumen. Lóbulo completamente vacío.	Restos de ovocitos maduros en la zona central del lóbulo, con algunos lóbulos vacíos.

Tabla 7: Fotografías de estadios de madurez gonadal para escala por procesamiento histológico y escala en fresco.

ESTADIOS DE MADUREZ	**ESCALA EN FRESCO**	**ESCALA POR PROCESAMIENTO HISTOLÓGICO**
VIRGINAL		

EN MADURACION		
MADURO		
DESOVE		
RECUPERACION		

4.1.5. Determinación de actividad reproductiva e índice gonadosomatico

4.1.5.1. Actividad reproductiva (AR)

Los resultados dela actividad reproductiva muestran a lo largo del ciclo reproductivo, que el "erizo verde" *Loxechinus albus* tiene un periodo de maduración bien marcado. La AR se inicia en julio con un 53%, para el mes de agosto con 72% y para el mes de setiembre alcanzando la mayor AR con 94%, estos meses pertenecientes a la estación de inverno; para el mes de octubre va a disminuyendo la AR con un 90%, para el mes de noviembre con un 69% y para el mes de diciembre con un 29%, estos meses pertenecientes a la estación de primavera; para el mes de febrero con 45% perteneciente a la estación de verano. Para la estación de otoño no hubo AR porque se encontró ejemplares en estadio inactivo (I, II y V) (Fig. 32).

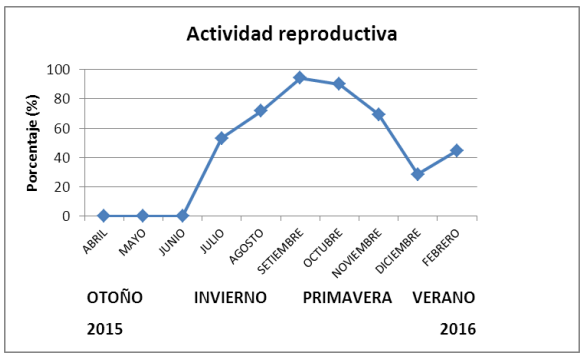


Figura 32.- Variación mensual de Actividad Reproductiva (AR) de hembras del "Erizo verde" *Loxechinus albus* durante abril del 2015 – febrero del 2016

4.1.5.2. Índice Gonadosomatico (IGS)

4.1.5.3. Índice Gonadosomatico (IGS) mensual por sexo

Al analizar el promedio mensual del IGS del erizo verde, se observó que este recurso tiene dos periodos de desove en julio, agosto (invierno) y octubre y noviembre (primavera), según lo observado en el IGS durante todo el período evaluado. El cual dio como período tentativo de época de reproducción o desove los meses de julio, agosto, setiembre, noviembre y diciembre. También podemos observar que durante gran parte del período evaluado del IGS los valores descendentes, por el hecho de que la actividad reproductiva implica un alto costo energético para los organismos (Fig. 33).

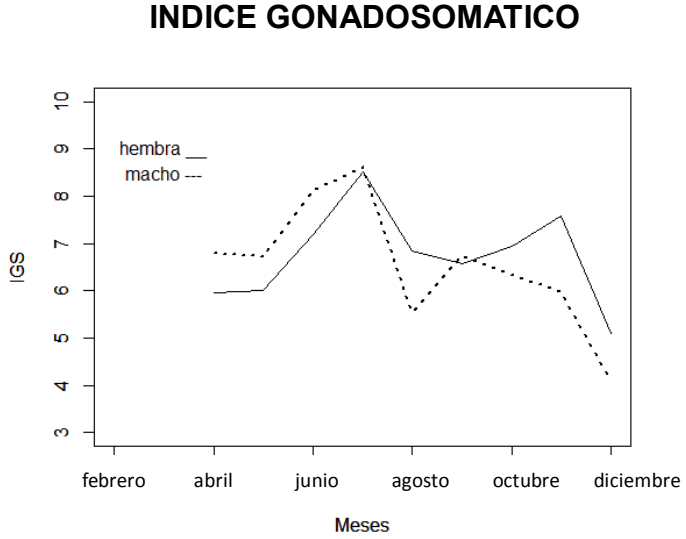


Figura 33.-Variación del Índice Gonadosomatico de hembras y machos del “erizo verde” *Loxechinus albus*

4.1.5.3.1. Índice gonadosomatico (IGS) por estadio

Se verifica para el caso de las hembras un crecimiento de los valores hasta el estadio IV, en el estadio V los valores son menores. En general las hembras alcanzaron valores más altos que los machos. Los machos registraron un incremento de los valores de IGS, a pesar de ser catalogados como en recuperación, siempre hay una gradiente creciente (Fig. 34, 35).

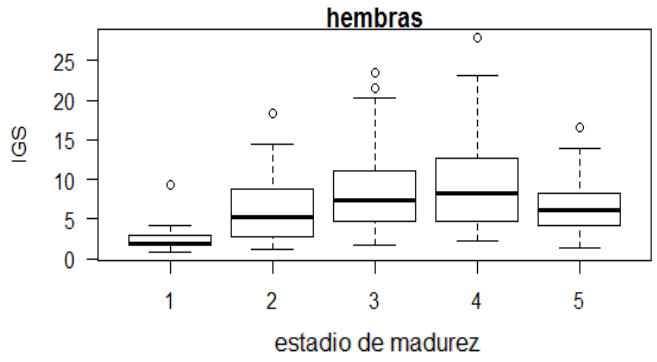


Figura 34.-Variación del Índice Gonadosomatico de machos por estadios del “erizo verde” *Loxechinus albus*

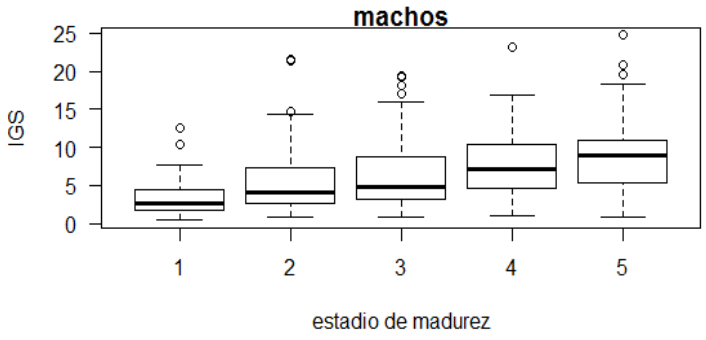


Figura 35.-Variación del Índice Gonadosomatico de machos por estadios del “erizo verde” *Loxechinus albus*

4.1.6. Determinación de la Talla de primera madurez gonadal

La talla de primera madurez gonadal fue determinada en 44.4 mm de longitud para las hembras, para ambos sexos 44.35 mm de longitud (Fig. 36, 37).

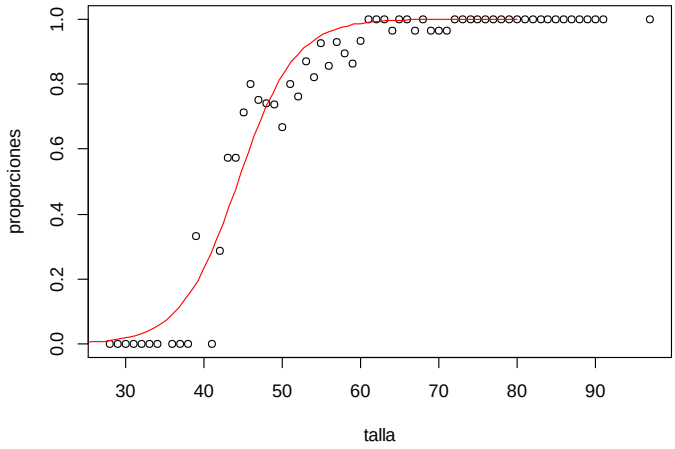


Figura 36.- Curva Logística de talla de primera madurez gonadal de hembras y machos para "erizo verde" *Loxechinus albus*

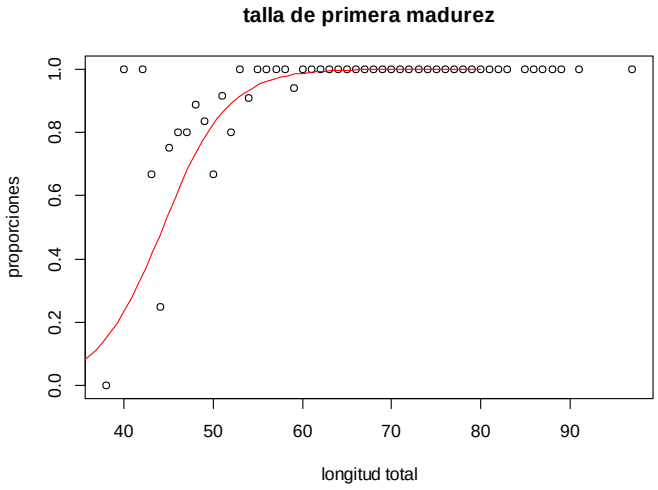


Figura 37.- Curva Logística de talla de primera madurez gonadal de hembras para "erizo verde" *Loxechinus albus*

4.1.7. Proporción sexual

La proporción sexual de 758 individuos analizados histológicamente arrojaron que los machos predominan ligeramente sobre las hembras con 53% y 47% respectivamente, siendo la proporción el número de machos por cada hembra fue 1:0.9.

- Otoño

  Se encontraron ejemplares indiferenciados en proporciones altas debido a que hubo individuos en estadio Virginal y estadio Recuperación siendo imposible diferenciar sexo, siendo este comportamiento típico de su estación. La proporción de hembras y machos fue 0.43 y 0.57, existieron diferencias significativas en favor a los machos (Tabla 8).

- Invierno

  En esta estación no existieron indiferenciados. La proporción sexual para hembras y machos fueron de 0.51 y 0.49, existieron diferencias significativas en favor a las hembras (Tabla 8).

- Primavera

  En la estación primavera no se encontró indiferenciados, la proporción sexual para hembras y machos presento una relación 1:1, no existió diferencia significativa (Tabla 8).

- Verano

  No se encontraron ejemplares indiferenciados la

proporción de hembras y machos fue de 0.45 y 0.55 con diferencias significativas en hembras (Tabla 8).

Tabla 8: Proporción sexual de erizo verde *Loxechinus albus* por estación durante el periodo 2015 – 2016. Dónde: n: Número de individuos, H: hembras, M: machos, X2: Chi – Cuadrado. P – value <0.05

Años	Estaciones	n	Hembra	Macho	M	H	X^2
2015	Otoño	167	71	96	0.57	0.43	3.45
	Invierno	261	133	128	0.49	0.51	0.06
	Primavera	263	131	132	0.50	0.50	0.00
2016	Verano	67	30	37	0.55	0.45	0.54

4.1.8. Factores abióticos en la reproducción

4.1.8.1. Variación de la temperatura de la superficie del mar (TSM)

El promedio mensual de la temperatura superficial del mar en los años 2015 y 2016 de estudio fluctuó entre 17.2 y 19.1 °C para el Puerto de Ilo, el valor más alto de la TSM fue registrado en el mes de Febrero del 2016 y el valor más bajo fue registrado en el mes de agosto del 2015 con 15.5°C. (Fuente: IMARPE-ILO) (Fig. 38).

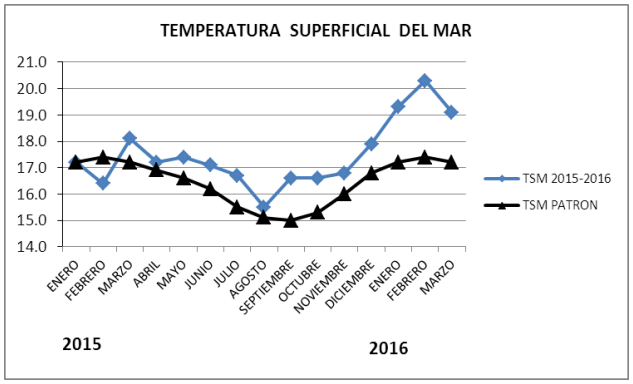


Figura 38.- Variación de la temperatura durante Enero del 2015- febrero 2016 en la zona de Punta Coles.

4.1.8.2. Relación entre la temperatura y Actividad Reproductiva

Con respecto la Temperatura Superficial del Mar (TSM) y la Actividad Reproductiva (AR) se pudo notar que este factor tuvo una relación directa durante el año. En la estación de otoño la temperaturas fluctuaron en los meses de abril, mayo y junio con valores 17.2°C, 17.4 y 17.1°C respectivamente, en esta estación no hubo actividad reproductiva. En la estación de invierno la temperatura superficial del mar fue más baja, evidenciándose aumento progresivo de la actividad reproductiva en los tres meses, siendo periodo más importante de AR en setiembre, las temperaturas fluctuaron en los meses julio, agosto y setiembre entre 16.7°C, 15.5°C y 16.6°C respectivamente. En la estación de primavera la temperatura en los meses de octubre, noviembre y diciembre fue 16.6°C, 16.8°C y 17.9°C respectivamente, en esta estación empieza a descender

la actividad reproductiva. En la estación de verano las temperaturas fueron altas, observándose en el mes de febrero con una temperatura promedio de 20.3°C, motivo por lo que se evidenció una Actividad Reproductiva muy baja.

DISCUSION

- Salazar (1999) indica que fue un año anormal en el que prácticamente no hubo un invierno marcado, por lo tanto podemos observar que la actividad gametogénica se mantuvo hasta mediados del "invierno" para luego descender y entrar en un reposo característico total en hembras y parcial en los machos en los meses de julio y agosto; para nuestro trabajo realizado en el año 2015 la mayor actividad reproductiva se presentó en la estación de invierno - primavera (julio, agosto, setiembre y octubre) para luego entrar en reposo a mediados de la estación de primavera e inicios de verano.

- Yamashiro *et al.* (1996), reportaron una estructura de tallas del erizo durante el periodo agosto-diciembre de 1995, de muestreos de los laboratorios costeros de Pisco e Ilo, con un rango que cubrió los 52 a 114 mm , con diámetros promedio que variaron entre 71,5 y 84,9 mm. Los mayores diámetros se presentaron en los meses de agosto y octubre con modas de 78 mm y 86 mm y diámetros promedios de 80,9 y 84,9 mm respectivamente; con respecto al estudio los diámetros promedio variaron entre 32 y 109 mm y moda entre 58 mm.

  En cuanto a la proporción sexual se ha observado que las hembras predominan ligeramente sobre los machos con 43,09 % y 42,27 % respectivamente, con 14,64 % de individuos indiferenciados, (Gutiérrez y Otsu, 1975). Con respecto a la proporción sexual en el presente estudio, durante el 2015 se analizaron un total 712 de ejemplares de “erizo verde” *Loxechinus albus,* de los cuales 290 fueron hembras (40.7%), 313 machos (44%) y 109 indeterminados (15.3%).
- Gutiérrez y Otsu (1975), concluyen que se observó un aumento de ejemplares maduros en agosto de 1965, enero y marzo de 1996

correspondiendo a tres épocas de desove: una masiva en noviembre - diciembre y dos menores en febrero y abril. Salazar (1999) observo que en los meses de setiembre y octubre de 1996 en Ático se dio el mayor número de individuos en estado maduro, y algunos desovando; Siguiendo con el muestreo en Pisco en 1997, de febrero hasta junio se nota que hay una actividad gametogénica aparente en concordancia con los autores chilenos que describen un segundo desove que ocurriría en verano o después de este, en efecto se puede afirmar que este segundo desove se produce en julio de 1997. Con relación al aumento de ejemplares maduros en el presente trabajo la mayor actividad reproductiva se presentó en los meses de agosto, setiembre y octubre con valores de 80%, 91% y 89% respectivamente, pero la actividad reproductiva se inicia en el mes de julio con un 50%, lo cual tiene relación con el trabajo realizado por Salazar (1999) y difiere del trabajo realizado por Gutiérrez y Otsu (1975).

- Bay-Schmith et *al* (1981) concluye que son de cuatro estadios I Maduración, II Desove, III Reabsorción y IV Reposo, asimismo Bay - Schmith sostiene que la manera de cuantificar la actividad reproductiva a través del coeficiente gametogénico. En el presente trabajo el ciclo de reproducción de “erizo verde” *Loxechinus albus* ha sido subdividido en cinco etapas en base a las características histológicas de la gónada: I (Inmaduro); II (en Madurez); III (Maduro); IV (Desovante) y V (Recuperación), cabe mencionar que Bay-Schmith et *al* (1981) no diferencia a los individuos inmaduros, a pesar que luego del desove la especie sigue formando gametos.

CONCLUSIONES

1. Se determinó que el ciclo reproductivo del *Loxechinus albus* “erizo verde” *está asociado a* los periodos estacionales, identificando el primer periodo de reproducción en la estación de invierno y el segundo pico en primavera donde hubo una tendencia favorable a la maduración. En las estaciones verano y otoño el recurso se encuentra en estado de recuperación y en maduración.
2. Se describió una escala de madurez “in vivo” compuesta por cinco estadios que fue validada histológicamente; para hembras las estuvo conformada por: virginal (I), en madurez (II), madura (III), desovante (IV), recuperación (V) y para los machos: virginal (I), en madurez (II), maduro (III), evacuación (IV), recuperación (V).
3. La Actividad reproductiva se inició en julio con un 53%, incrementando progresivamente hasta llegar a dos picos altos en los meses de setiembre y octubre con 94% y 90% respectivamente. Respecto al IGS, éste fue muy variable durante los meses analizados, en hembras varió entre 5.9 y 7.5% y en machos los valores de IGS vario entre 4.1 a 8.6%.
4. La talla de primera madurez obtenida durante el periodo de estudio nos indica que un 50% de ejemplares de *Loxechinus albus* maduran en 44.4 mm de longitud para hembras y 44.35 mm para ambos sexos.
5. Los cambios en la proporción sexual del *Loxechinus albus* evidenciaron el predominio de machos con un 53% sobre las hembras que presentaron el 47%, obteniendo una proporción de 1:1.

RECOMENDACIONES

- Durante el procedimiento de corte de la gónada es preferible realizar el corte en la parte media; debido a que en esta zona convergen las estructuras sexuales de hembras y machos.
- Realizar estudios de dinámica poblacional (biomasa) y poder proponer vedas reproductivas.
- Asociar el presente estudio con otros, con el propósito de efectuar un ordenamiento de la actividad extractiva de la especie.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Arsenaul, D.J., y Himmelman, J.H. (1998). Spawning of the Iceland scallop (*Chlamys islándica* Muller, 1776) in the northern Gulf of St. Lawrence and its relationship to temperature and phytoplankton abundance. *The Veliger*. 41: 180 – 185.
- Bay-Schmith, E.; C. Werlinger y J. Silva. 1981. Ciclo Anual de Reproducción del Recurso Erizo *Loxechinus albus* entre la Xma y XIIava regiones de Chile. Informe final del proyecto de investigación Subsecretaría de Pesca. Univ. Concepción, 68 pp.
- Buckle, F.; Ch. Guisado; E. Tarifeño; A. Zuleta; L. Córdova, y C. Serrano. 1978. Biological studies on the Chilean sea urchin *Loxechinus albus* (Molina 1782) (Echinodermata: Echinoidea). IV. Maturation cycle and seasonal changes in the gonad. Ciencias Marinas, 5(1): 1-18.
- Buitrón, B y Perea, A. 2000. Aspectos reproductivos de la anchoveta peruana durante el periodo 1992-2000. Bol. Inst. Mar Perú 19(1-2): Pag.45-53.
- Buitrón B, Perea A, Mori J, Sánchez J, Roque C. 2011. Protocolo para estudios sobre el proceso Reproductivo de peces pelágicos y demersales. Inf Inst Mar Perú. 38(4): 373-383
- Cubillos L. S., M. Canales, D. Bucarey, A. Rojas & R. Alarcón, 1997. Época reproductiva y talla media de primera madurez sexual de *Strangomera bentincki* y *Engraulis ringens*en el período 1993-1997, en la zona centro-sur de Chile 27: 73-85.
- Castillo R.; C. Yamashiro, 2014. Protocolo interno de Instituto del Mar del Perú de muestreo de equinodermos. 01:1-5
- Camara, E. M, Pellegrine.E.,Petry Ana C.(2011). Fator de condição: bases conceituais, aplicações e perspectivas de uso em pesquisas ecológicas com peixes. *Oecologia Australis,* 15 (2): 249-274.

- Defeo, O., Rey, M., Cascudo, J. (1988). Estimaciones de stock del recurso almeja amarilla (*Mesodesma mactroides*) en base al análisis de cohortes (Pope, 1972). *Publ Com Te´c Mix Fr Mar*. 4:41–54
- Garwood ,R.P, 1980 . The role of temperature and day lenght in the control of the reproductive cycle of *Harmothóe imbricata* (L) (Polychaeta, Polynoidae). J. *Exp. Mar. Biol.* Ecol. 47:35-53.
- Gálvez M.A., 2015. Descripción del desarrollo gonadal de *Mesodesma donacium* (Bivalvia: Mesodesmatidae), durante el periodo 2006 – 2014, en el litoral de Tacna. Tesis de pregrado. Universidad Científica Del Sur.
- Guisado, C., E. Arias & E. Pérez. 1998. Estudio reproductivo del erizo en las regiones I a VIII. Informe. Final Proyecto FIP Nº96-44. 233 p.
- Gutiérrez, J. y M. Otsú. 1975. Periocidad en las variaciones biomértricas de *Loxechinus albus* Molina. *Revista de Biología Marina.* Valparaíso,15(2): 179-199.
- Humason, G, 1979. Animal tissue techniques. Fourth edition. W. H. Freeman Co. San Francisco. pp 661.
- Himmelman, J.H.1979. Factors regulating the reproductive cycles of northeast Pacific chitons Tonicellalineata and T. insignies. Mar. Biol. 50:215-225.
- Meidel S.K. Y R.E Scheibling.1998 Annual reproductive cycle of the green sea urchin, Sthongylocentrotus droebachiensis, in differing habitats in Nova Scotia, Canada. Marine Biology. 131:461-478.
- Palma,S.; P. Arana.1996. Método rápido de determinación del sexo en el erizo comestible *Loxechinus albus* (Molina , 1782) y su aplicación en estudios biológicos - pesqueros. Invest. Mar., Valparaíso , 24 : 123-130.
- Pearse, J. S. & D.J. Eernisse. 1982. Photoperiodic regulation of gametogenesis and gonadal growth in the sea star Pisaster ochraceus. Mar Biol. 67: 121 -125.

- Perea, A. Peña, C. Oliveros-Ramos, R., Buitrón, B. y Mori, J. 2011. Producción potencial de huevos, reclutamiento y veda reproductiva de la anchoveta peruana (*Engraulis ringens*): Implicaciones en el manejo pesquero. *Ciencias Marinas*, Vol. 37(4B). Pág. 585–601
- Nash RDM, Valencia AH, Geffen AJ. 2006. The Origin of Fulton's Condition Factor—Setting the Record Straight. Fisheries 31(5): 236-238
- Salazar D.A., 1999. Tesis de Madurez gonadal en el Erizo Rojo, Loxechinus albus (Molina 1982) (Echinoidea, Echinidae). Tesis de pregrado. Universidad Ricardo Palma.
- Tresierra A; Z. Culquichicon y B. Veneros. Biología reproductiva en peces. Nuevo Norte. Trujillo-Perú. 2002. pp 171-233.
- Vazzoler, A. E. (1982). Manual de metodos para estudos biologicos de populacoes de peixes reproducao e crecimiento. Brasilia: CNPq. Programa Nacional de Zoología, 1982. p. 107.
- Yamashiro , C; C. Benites ; J. Zeballos & R. Tafur.1996. Algunos aspectos biológicos - pesqueros del recurso erizo *Loxechinus albus* (Molina, 1782). Inf. Prog. Inst. Mar Perú , 38 : 31 - 46.
- Zegers.J.; M. Oliva; C. Hidalgo & L. Rodríguez. 1983. Crecimiento de *Loxechinus albus* (Molina, 1782) (Echinodermata: Echinoidea) en sistema de jaulas suspendidas a media agua. Memorias de la Asociación Latinoamericana de Acuicultura, 5:369-378.

ANEXO



Figura N° 1.- Zona de muestreo



Figura N° 2.- Obtención de muestra



Figura N° 3.- Medición *Loxechinus albus* con vernier



Figura N° 4.- Peso de *Loxechinus albus* con balanza digital



Figura N° 5.- Selección de tres ejemplares por rango de talla



Figura N° 6.- Extracción de gónadas de *Loxechinus albus*



Figura N° 7.- Gónadas de *Loxechinus albus*



Figura N° 8.- Pesado de gónadas de *Loxechinus albus*



Figura N° 9.- Selección de gónadas para el análisis en fresco y histológico



Figura N° 10.- Muestras para procesamiento histológico

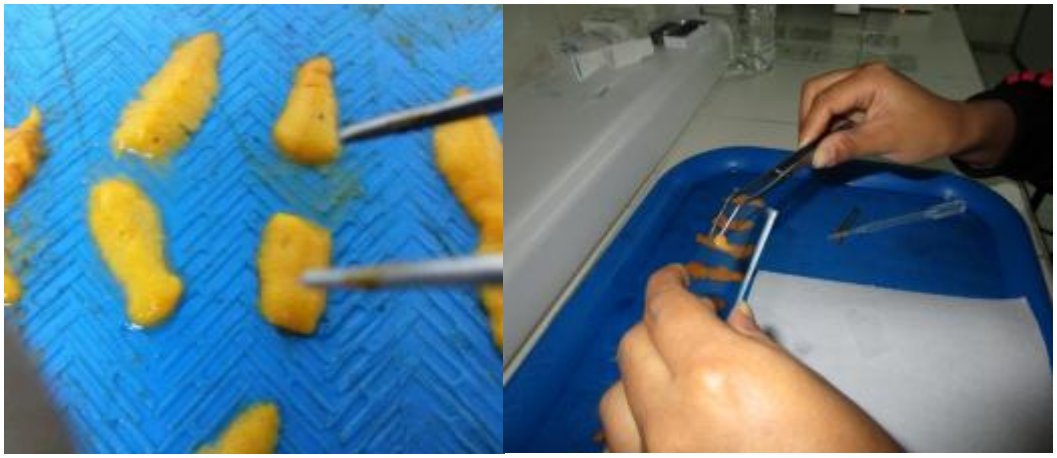


Figura N° 11.- Obtención de tejido gonadal para análisis en fresco

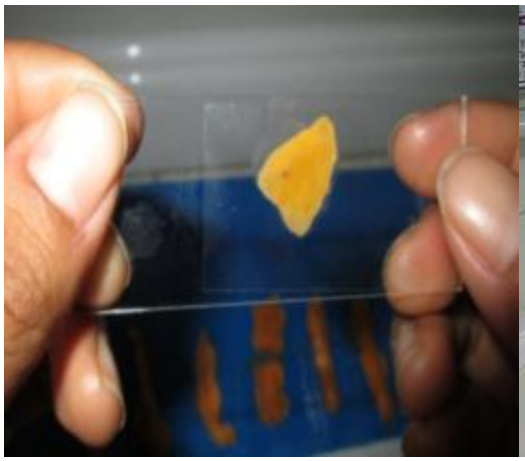


Figura N° 12.- Frotis de tejido gonadal



Figura N° 13.- Lectura de laminas



Figura N° 14.- Eliminación de formol



Figura N° 15.- Tejido gonadal en porta-muestras para luego pasar en Procesador automático de tejido

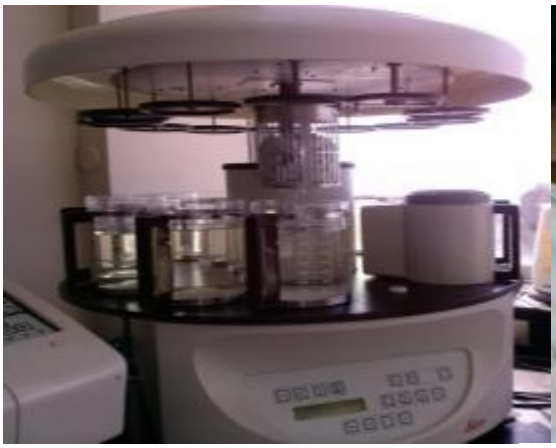


Figura N° 16.- Procesador automático de teiido



Figura N° 17.- Imbibición con parafina

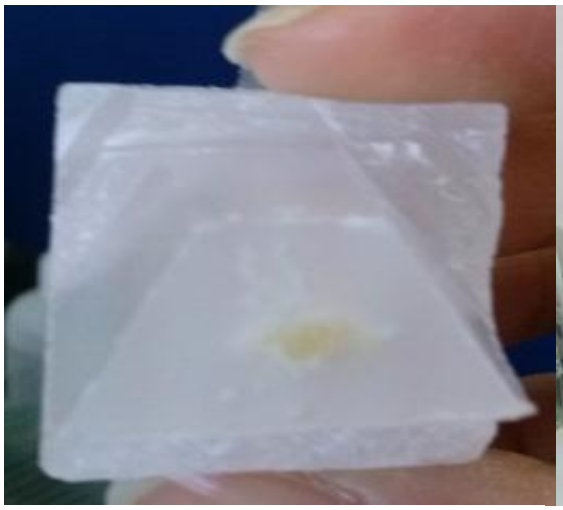


Figura N° 18.- Bloques de parafina son cortados en forma de trapecio



Figura N° 19.- Micrótomo de rotación, obteniéndose cortes de 7µm



Figura N° 20.- Obtención de secciones seriadas



Figura N° 21.- Montaje con albúmina



Figura N° 22.- Rotulo de láminas con lápiz punta diamante

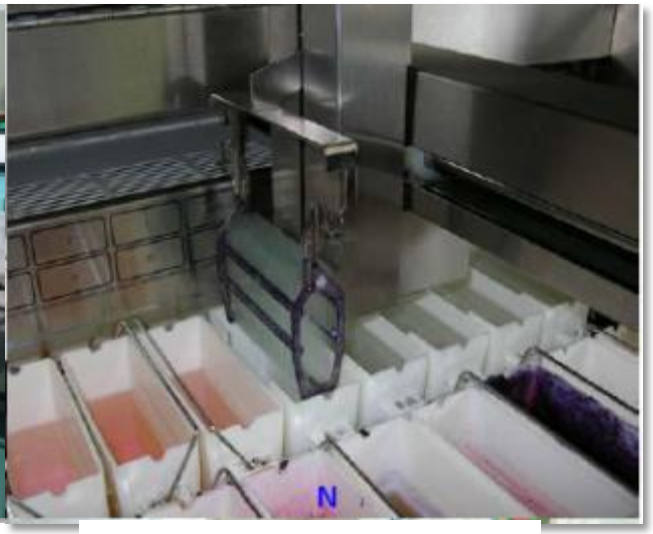


Figura N° 23.- Automático en el que se siguió la



Figura N° 24.- Montaje final con Resina



Figura N° 25.- Observación de laminas