UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

Escuela Profesional de Ingeniería Pesquera

ESTUDIO COMPARATIVO DE DIETAS NATURAL Y ARTIFICIAL EN EL CRECIMIENTO Y SUPERVIVENCIA DE JUVENILES DE *Loxechinus albus* ERIZO VERDE EN UN SISTEMA DE CULTIVO SUSPENDIDO EN LA PLAYA GENTILARES DURANTE EL 2014

TESIS

PRESENTADO POR:

FERNANDO LOPE SOSA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO PESQUERO

MOQUEGUA-PERÚ

2016

ACTA DE SUSTENTACIÓN

El jurado suscribiente, ha calificado el trabajo de TESIS:

TITULADO ESTUDIO COMPARATIVO DE DIETAS NATURAL Y ARTIFICIAL EN EL CRECIMIENTO Y SUPERVIVENCIA DE JUVENILES DE LOXECHINUS ALBUS ERIZO VERDE, EN UN SISTEMA DE CULTIVO SUSPENDIDO EN LA PLAYA GENTILARES DURANTE EL 2014.

PRESIDENTE DR. WALTER HERMA CRUZ

MIENBROS ING. MARIO RUIZ CHOQUE

ING. PERCY OMAR VELASQUEZ CHIRINOS

ASESOR M. SC. SHEDA MENDEZ ANCCA

Presentado por el (la) Bachiller: Sr. FERNANDO LOPE SOSA

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

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA · INGENIERÍA PESQUERA · SEDE ILO ·

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 CATORCE (14), quedando expedito para que se le confiera el Título Profesional de :

Ilo, 17 de Noviembre del 2016

INGENIERO PESQUERO

Presidente de Jurado

1er Miembro

2do Miembro

DEDICATORIA

A Dios, quien me da fuerzas

día tras día para salir adelante,

a mis padres, Martin y Elizabeth

que son fuente principal en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

.

A la Blga. Sheyla Zevallos Feria por su tiempo brindado en el asesoramiento de mi proyecto de investigación, así como su desinteresado apoyo en compartir sus conocimientos y la confianza depositada en mi persona para ser mejor profesional.

Al coordinador del Instituto del Mar del Perú sede Ilo, el Ing. Ygor Sanz Ludeña por la confianza y hacerme formar parte de la institución.

A la Ing. Sheda Mendez Ancca por el apoyo como asesor interno y al Ing. Alejandro Gonzales por brindarme las facilidades desde nuestra casa superior de estudios.

A todo el personal profesional y técnico que labora en el Laboratorio de Investigación Acuícola: el Ing. Roger Ayerbe Ochoa, al Ing. Vicente Castañeda Muñoz, al sr. Julio Choque, Rusbel Mamani y Eloy Alca “El amiguito”.

A mis compañeros de las otras Áreas de Investigación, y sobre todo a mi amiga Carmen Liza quien con su apoyo desinteresado y sobretodo paciencia hicieron posible culminar esta tesis.

A todos los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Pesquera que ayudaron en mi formación profesional.

RESUMEN

En el presente trabajo se compararon dos tipos de dietas específicas suministradas al erizo verde *Loxechinus albus* en la etapa juvenil durante su cultivo de engorde en medio natural, y se evaluó el efecto causado en su crecimiento y supervivencia. Para lo cual se instaló una línea de cultivo suspendido en Playa Gentilares donde se dispusieron 6 jaulas con erizo, a 3 de las cuales se les suministró una dieta natural compuesta por *Lessonia trabeculata* extraída de la zona submareal mediante buceo semiautónomo, y a las otras tres una dieta artificial preparada por diferentes harinas (maíz, algas, trigo, soya, pescado) y otros componentes (vitaminas y minerales). Mensualmente se registraron la longitud, el peso total y la supervivencia.

Los resultados mostraron diferencias significativas en el crecimiento por longitud ($p < 0.05$) entre los tratamientos aplicados durante los cuatro primeros meses; mientras que el incremento en peso presentó diferencias significativas en el quinto mes ($p < 0.05$), evidenciando una tasa promedio de crecimiento de 3.72 g. con dieta natural y de 1.86 g. con dieta artificial; así mismo, los mejores resultados de supervivencia se obtuvieron suministrando dieta artificial (96.49%) en los seis meses que duró el experimento.

Palabras claves: Acuicultura, *Loxechinus albus*, cultivo suspendido, macroalga, dieta, crecimiento, supervivencia.

ABSTRACT

In this study compared two specific diets supplied to green sea urchin *Loxechinus albus* in the juvenile stage during its culture in natural environment, and evaluated the effect in growth and survival. The suspended culture line was installed in Gentilares beach where 6 cages with sea urchin, 3 of which were fed a natural diet composed of *Lessonia trabeculata* extracted from the subtidal zone by semiautonomous diving, and the other three cages with artificial diet prepared by different flours (corn, seaweed, wheat, soy, fish) and other components (vitamins and minerals). Each month registered the length, total weight and survival.

The results showed significant differences in the growth in length ($p<0.05$) among treatments applied during the first four months; whilst the increase in weight showed significant differences in the fifth month ($p <0.05$), showing an average growth rate of 3.72 g. with natural diet and 1.86 g. with artificial diet; furthermore, the best survival results were obtained supplying artificial diet (96.49%) during the six months of the experiment.

Palabras claves: Aquaculture *Loxechinus albus*, suspended culture, macroalgae, diet, growth, survival

CONTENIDO

Pág.

PÁGINA DEL JURADO ii

DEDICATORIA iii

AGRADECIMIENTOS iv

RESUMEN v

ABSTRACT vi

ÍNDICE vii

ÍNDICE DE FIGURAS xiii

ÍNDICE DE TABLAS xv

INTRODUCCION 1

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 3

1.1 DESCRIPCION DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA 3

1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA 3

1.1.1 Interrogante general 3

1.1.2 Interrogantes secundarias 4

1.3 JUSTIFICACION 4

1.4 FORMULACION DE OBJETIVOS 5

1.4.1 OBJETIVO GENERAL 5

1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS 6

1.5 FORMULACION DE LA HIPOTESIS 6

1.5.1 Hipótesis general 6

1.5.2 Hipótesis especificas 6

CAPITULO II: MARCO TEORICO 8

2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO 8

2.1.1 *Loxechinus albus* "erizo verde" 8

2.1.2 Taxonomía 9

2.1.3 Distribución y hábitat 10

2.1.4 Ciclo de vida 10

2.1.5 Desembarque 12

2.1.6 Alimento natural 14

2.1.6.1 Alimento Artificial 15

2.2 BASES TEORICAS 16

2.2.1 Trabajos realizados en cultivo de erizo de mar 16

2.2.2 De la Línea de cultivo suspendido para el *Loxechinus albus* 17

2.2.3 Dieta artificial para *Loxechinus albus* 17

2.2.4 Crecimiento y supervivencia 18

CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO 20

3.1 TIPO Y DISEÑO 20

3.1.1 Tipo de investigación 20

3.1.2 Diseño de investigación 20

3.2 NIVEL DE INVESTIGACION 20

3.3 SISTEMA DE VARIABLES 20

3.3.1 Variable independiente 20

3.3.2 Variables dependientes 20

3.4 POBLACION Y MUESTRA 21

3.4.1 Población 21

3.4.2 Muestra 21

3.5 AREA DE ESTUDIO 21

3.5.1 Diseño experimental 22

- Aspectos morfométricos 23

3.6 METODOS Y TECNICAS PARA LA PRESENTACION Y ANALISIS DE DATOS 24

3.6.1 Colecta de juveniles de *Loxechinus albus* 24

3.6.2 Sistema de cultivo suspendido para *Loxechinus albus* 25

a. Jaulas para *Loxechinus albus* 26

b. Lastres (muertos) 27

c. Línea madre 28

d. Boyas demarcatorias y de sustentación 29

3.6.3 Formulación de una dieta artificial 30

3.6.4 Determinación de la tasa de crecimiento del *L. albus* 32

3.6.5 Determinación de la tasa de supervivencia de *L.* albus 33

3.6.6 Análisis estadístico..... 33

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSION 34

4.1 RESULTADOS..... 34

4.1.1 Elaboración de dietas inertes para juveniles de *L. albus* 34

A. Suministro de dieta..... 34

B. Preparación de la dieta artificial..... 36

4.1.2 Crecimiento de juveniles de *Loxechinus albus*..... 37

4.1.2.1 Tasa de crecimiento mensual en relación al peso 37

4.1.2.2 Tasa de crecimiento mensual en relación a longitud 38

4.1.2.3 Incremento en relación a longitud y peso ganado en dietas 39

A. Incremento en longitud con dieta natural..... 39

B. Incremento en peso con dieta natural..... 40

C. Incremento en longitud con dieta artificial..... 41

D. Incremento en peso con dieta artificial 42

4.1.3 Prueba de normalidad..... 43

4.1.4 Prueba de mann-whitney en longitud (L)..... 44

4.1.5 Prueba de mann-whitney en peso (W)..... 45

4.1.6 Tasa de supervivencia 46

4.1.6.1 Tasa de supervivencia en dieta natural..... 46

4.1.6.2 Tasa de supervivencia en dieta artificial..... 47

4.2 DISCUSION 48

4.2.1 Dieta artificial como alimento para juveniles de *L. albus*..... 48

4.2.2 Crecimiento de juveniles de erizo verde alimentados con dieta natural y artificial 49

4.2.3 Determinar la supervivencia de juveniles de *Loxechinus albus* alimentados con dieta natural y artificial 50

CONCLUSIONES 51

RECOMENDACIONES..... 52

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS..... 53

ANEXOS 57

INDICE DE FIGURAS

Figura 01. Fotografía de *Loxechinus albus* 9

Figura 02: ciclo de vida del *Loxechinus albus* 11

Figura 03: Desembarque nacional de Erizo verde 13

Figura 04: Desembarque de Erizo verde en el Puerto de Ilo 14

Figura 05: Fotografía de *Lessonia trabeculata* 15

Figura 06: Compañía Ingeniería Anfibia N° 113 22

Figura 07: Diseño experimental 23

Figura 08: colecta de juveniles de *L. albus* 24

Figura 09: sistema de cultivo suspendido para *L. albus* 26

Figura 10: Jaula para juveniles de *L. albus* 27

Figura 11: Lastre o muerto 28

Figura 12: Línea de cultivo para *L. albus* 29

Figura 13: Elaboración de dieta artificial 37

Figura 14: crecimiento en (g) de *L. albus* 38

Figura 15: Crecimiento en (mm) de *L. albus* 39

Figura 16: Incremento mensual en (mm) con dieta natural 40

Figura 17: incremento mensual en (g) con dieta natural 41

Figura 18: Incremento mensual en (mm) con dieta artificial 42

Figura 19: Incremento mensual en (g) con dieta artificial 43

Figura 20: Tasa de supervivencia (%) del *L. albus* alimentado con dieta natural 46

Figura 21: Tasa de supervivencia (%) del *L. albus* alimentado con dieta artificial 47

INDICE DE CUADROS

Cuadro 01: Distribución y codificación de las jaulas 24

Cuadro 02: Composición química del alimento extruido 31

Cuadro 03: Pruebas de normalidad para longitud y peso 44

Cuadro 04: Prueba de Mann-Whitney en longitud 45

Cuadro 05: Prueba de Mann-Whitney en Peso..... 45

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 01: Materiales para la elaboración de una línea de cultivo 57

ANEXO 02: Materiales para la elaboración de una dieta artificial 58

ANEXO 03: Factor de conversión alimenticia 58

ANEXO 04: Insumos de una dieta artificial para *Loxechinus albus*..... 59

ANEXO 05: Etapas del estudio 59

INTRODUCCION

La producción acuícola mundial sigue creciendo, según las últimas estadísticas disponibles recopiladas por la FAO (2014), a nivel mundial, la producción acuícola mundial alcanzó otro máximo histórico de 90,4 millones de toneladas (equivalente en peso vivo) en 2012 (144 400 millones de USD), de los que 66,6 millones de toneladas correspondieron a peces comestibles (137 700 millones de USD) y 23,8 millones de toneladas a plantas acuáticas, principalmente algas marinas (6 400 millones de USD). Para este análisis, el término “peces comestibles” comprende peces de escama, crustáceos, moluscos, anfibios, tortugas de agua dulce y otros animales acuáticos (como erizos de mar, ascidias y medusas comestibles) producidos para el uso previsto como alimento destinado al consumo humano.

Por otro lado, la Acuicultura se está convirtiendo en una actividad de desarrollo importante para el Perú con un crecimiento del 20% anual, sus niveles de producción alcanzaron alrededor de 105,000 toneladas anuales en el 2013. Las proyecciones de crecimiento estimadas para el año 2015 señalaron que los niveles de cosecha podrían encontrarse entre las 125 y 135 mil toneladas y las tendencias de desarrollo y crecimiento se estarían

enfocando a la piscicultura Marina, el crecimiento de la Acuicultura Amazónica y el fortalecimiento de los cultivos de Trucha Arco Iris en la sierra Peruana (acuiculturaperu.blogspot.pe).

En el Perú, el equinodermo de mayor importancia comercial es el erizo verde *Loxechinus albus* (Molina, 1782), por su reconocida calidad en el mercado nacional e internacional, siendo la parte comestible solo las gónadas, de ambos sexos, que representan entre el 4 y 12 % del peso total dependiendo del estadio de madurez, que lo cotiza como un producto de gran demanda y alto precio (Yamashiro, 1996).

Considerando la alta importancia económica de este recurso, y la necesidad de mantener los niveles de poblaciones adecuados que permitan una renovación poblacional y una pesquería sustentable; se ha priorizado desarrollar técnicas de cultivo de juveniles de *Loxechinus albus* “erizo verde” en medio natural para obtener gónadas de buen tamaño, suministrando dietas naturales y dietas artificiales como una alternativa en el desarrollo de la especie antes mencionada.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCION DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

El *Loxechinus albus* erizo verde es considerado uno de los recursos económicamente atractivos para el mercado nacional e internacional lo cual en los últimos años lo ha llevado a un deterioro de los bancos naturales por la elevada sobreexplotación, que según Produce en el año 2013 registró un desembarque a nivel del sur de 2995 TM, siendo este, el año de mayor extracción del recurso. A su vez también ocurre lo mismo con las praderas de macroalgas que son fuente de alimento esencial de esta especie.

1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA

1.2.1 Interrogante general:

¿Qué efecto produce la alimentación con dieta natural y dieta artificial en el crecimiento y supervivencia de juveniles de erizo verde *Loxechinus albus* mantenidos en cultivo suspendido en medio natural?

1.2.2 Interrogantes secundarias:

- ¿Qué efecto produce la alimentación con dieta natural y dieta artificial en el crecimiento de juveniles de erizo verde *Loxechinus albus* mantenidos en cultivo suspendido en medio natural?

- ¿Qué efecto produce la alimentación con dieta natural y dieta artificial en la supervivencia de juveniles de erizo verde *Loxechinus albus* mantenidos en cultivo suspendido en medio natural?

1.3 JUSTIFICACION

La importancia que tienen los equinoideos en la estructuración de comunidades inter y submareales (Vásquez 1989 citado en Zamora y Stotz 1992), el rol socio económico que cumplen para un estrato de la población dedicada a la actividad extractiva a través de la pesca artesanal y el nivel de sobreexplotación en que se encuentran las actuales poblaciones de *Loxechinus albus* (Moreno et al. 1987 citado en Zamora y Stotz 1992) señalan la relevancia de conocer aspectos de su biología y ecología que

contribuyan, a una mejor comprensión de su papel en las comunidades en que habitan y sus relaciones con el medio, de modo que permita implementar mejores medidas de manejo que aseguren la sustentabilidad de este recurso de gran importancia económica.

En la actualidad el cultivo de esta especie se ha desarrollado muy poco en nuestro país, pese a que se cuenta con tecnología adecuada en otros países a nivel investigación. Es por ello que se plantea desarrollar técnicas que ayuden a mejorar el crecimiento y supervivencia de juveniles de erizo verde, teniendo en cuenta el tipo de alimento que estas especies consumen ofreciendo una dieta alternativa para su consumo en un sistema de cultivo suspendido.

1.4 FORMULACION DE OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el crecimiento y supervivencia de juveniles de *Loxechinus albus* erizo verde suministrando dieta natural y dieta artificial en un sistema de cultivo suspendido en medio natural.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Elaborar un tipo de dieta artificial que sirva de alimento para juveniles de *Loxechinus albus* erizo verde.
- Determinar el crecimiento de juveniles de *Loxechinus albus* erizo verde alimentados con dieta natural y dieta artificial.
- Determinar la supervivencia de juveniles de *Loxechinus albus* erizo verde alimentados con dieta natural y dieta artificial.

1.5 FORMULACION DE LA HIPOTESIS

1.5.1 Hipótesis general

El régimen de alimentación en base a dieta natural y dieta artificial determinará el efecto causado en el crecimiento y supervivencia de juveniles de *Loxechinus albus* erizo verde.

1.5.2 Hipótesis especificas

H0: No existe efecto de la alimentación con diferentes dietas en la tasa de crecimiento de juveniles de *Loxechinus albus.*

Hi: Existe efecto de la alimentación con diferentes dietas en la tasa de crecimiento de juveniles de *Loxechinus albus.*

H0: No existe efecto de la alimentación con diferentes dietas en la tasa de supervivencia de juveniles de *Loxechinus albus.*

Hi: Existe efecto de la alimentación con diferentes dietas en la tasa de supervivencia de juveniles de *Loxechinus albus*.

CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

2.1.1 *Loxechinus albus* "erizo verde"

El erizo verde es un equinodermo, 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) tal como se aprecia en la figura 01.

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. En su morfología interna presentan cinco gónadas adheridas a la pared de la testa, llamadas comúnmente también "lenguas". Al observar el sistema digestivo son identificables claramente el intestino, el estómago y el órgano que utilizan para comer llamado "Linterna de Aristóteles" (Barnes, 1989).



Figura 01: Fotografía de *Loxechinus albus.* (Fuente: propia)

2.1.2 Taxonomía

Phylum	:	Echinodermata
Clase	:	Echinoidea
Subclase	:	Euechinoidea
Súper orden	:	Echinacia
Orden	:	Echinoida
Familia	:	Echinidae
Género	:	Loxechinus
Especie	:	*Loxechinus albus* (Molina 1782)

(Yamashiro *et al*. 1996)

2.1.3 Distribución y hábitat

El *Loxechinus albus* se encuentra ininterrumpidamente desde el norte del Perú, frente a la Isla Lobos de Afuera (6º53’50”S) hasta la isla de los Estados en el extremo austral del continente americano (57º58’00”S), 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 principal 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 y Stotz, 1992).

2.1.4 Ciclo de vida

Esta especie presenta fecundación externa, no teniendo dimorfismo sexual. Durante el periodo reproductivo liberan gametos masculinos y femeninos al medio donde se fecundan después de un minuto; se inicia la etapa embrionaria hasta las 48 horas aproximadamente, instante en

que se inicia la etapa larvaria, atravesando por la fase prisma, 4, 6 y 8 brazos durante 25 días aproximadamente; posteriormente se produce la metamorfosis seguido del asentamiento y cambio de vida planctónica a bentónica (Arrau, 1958; Zamora, 1994; Bustos y Olave, 2001; Astudillo *et al.* 2005); éstas dos etapas (embrionaria y larvaria) conforman el cultivo inicial y se desarrolla en condiciones controladas de temperatura (Figura 02), aeración y agua de mar estéril (microfiltrada e irradiada) (C. Liza, 2015).

El crecimiento es lento (1 a 3 mm por mes en promedio), alcanzando la talla de primera madurez entre los 40 a 50 mm. La talla mínima legal de extracción (70 mm) la alcanza entre los 4 y 5 años de edad (Barahona et al., 2003).

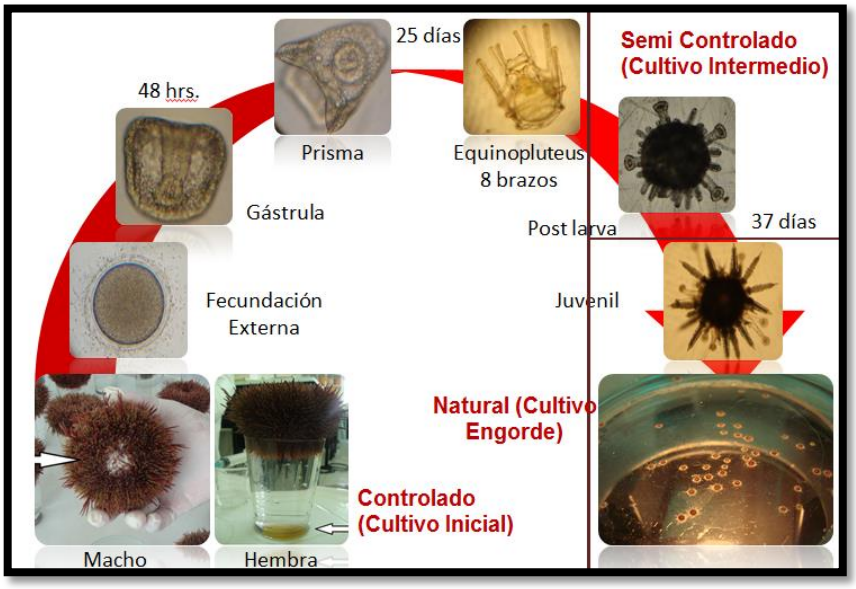


Figura 02: Ciclo de vida del *Loxechinus albus.* (Fuente, IMARPE 2014)

2.1.5 Desembarque

En la actualidad, el *Loxechinus albus* es el equinoideo que presenta los más altos niveles de captura y constituye una de las pesquerías bentónicas más importantes a nivel mundial (FAO, 2013).

En los últimos años, la explotación de este recurso se ha intensificado en nuestro litoral y el producto obtenido es exportado casi en su totalidad a Japón y otros países asiáticos, alcanzando el precio más alto (50-100 US$/Kg) en los mercados internacionales; siendo Quilca, Atico, La Planchada, Matarani, Ilo, Picata y Morro Sama las principales zonas de desembarque con volúmenes que alcanzaron desde 281 TM en el año 2006, obteniendo a su desembarque más alto con 2995 TM en el 2012, según datos del IMARPE (2014), constituyendo una de las pesquerías más importantes de nuestro país (Figura 03).

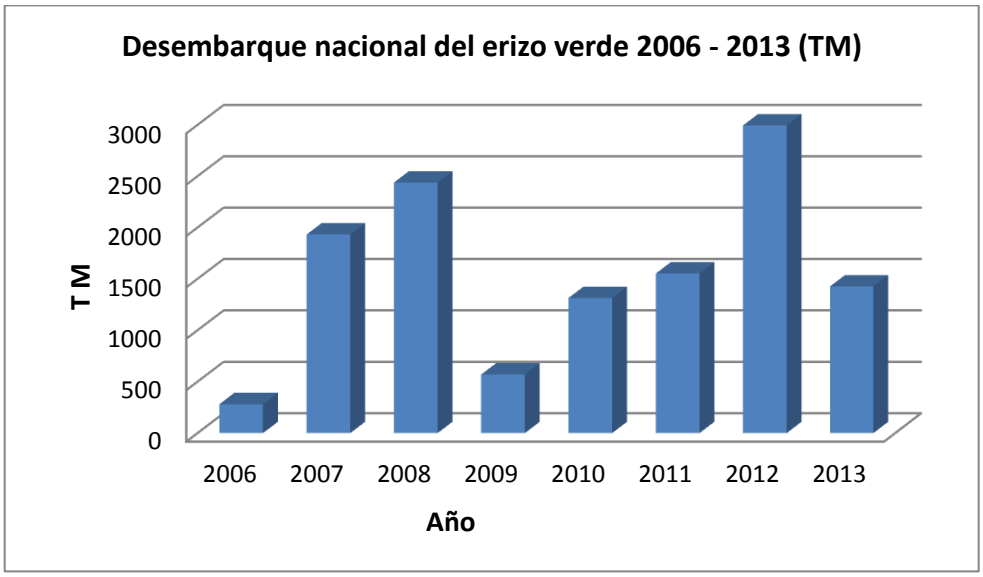


Figura 03: Desembarque nacional de Erizo verde. (Fuente: IMARPE, 2014)

Según Condori, W. (2014) a nivel local, en el año 2006 se registró un desembarque de 3.7 TM, sin embargo para el año 2014 se aprecia un incremento en la cantidad de desembarque anual de 109.9 TM. Lo que significaría una elevada extracción del recurso en estos últimos años (figura 04).

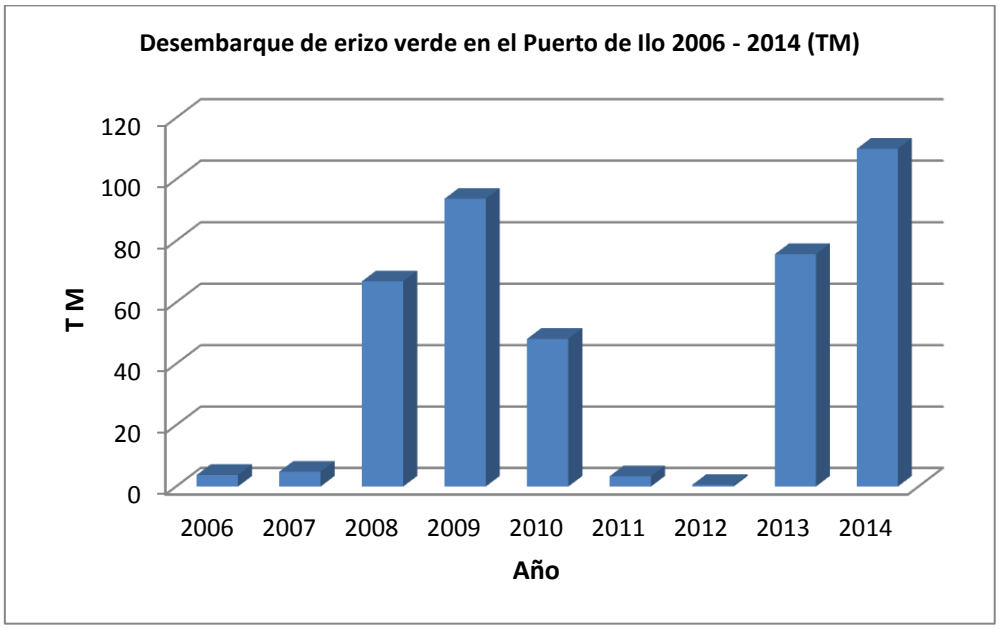


Figura 04: Desembarque de Erizo verde en el Puerto de Ilo. (Fuente: IMARPE, 2014)

2.1.6 Alimento natural:

Lessonia trabeculata (Villouta y Santelices, 1986); al igual que *Macrocystis pyrifera* (C. Agardh, 1820) es considerada una especie clave de los ecosistemas bentónicos en donde cumple un rol ingeniero y estructurador (Jones *et al.*1997), que permite la coexistencia de una gran cantidad de invertebrados, peces y plantas.

Son algas de color café claro, con forma de arbusto, de hasta 2 metros de alto. Se fijan al sustrato por un disco irregular, no macizo, conformado por hapterios fusionados de hasta 20 cm de diámetro. De allí emergen

estipes aplanados que se ramifican dicotómicamente conformando hojas que se continúan dividiendo igual. Las hojas muy planas de forma lanceolada, anchas, con márgenes lisos y a veces denticulados (Figura 05). Normalmente habitan en el submareal y en sectores relativamente protegidos por el oleaje (Tapia, L. 2002).



Figura 05: Fotografía de *Lessonia trabeculata* (Fuente: propia)

2.1.6.1 Alimento Artificial:

Consiste en una mezcla homogénea de ingredientes en diferentes proporciones, formulada para satisfacer en lo posible todas las necesidades nutricionales de una población animal, debe ser suministrada como único alimento; en otras palabras, alimento compuesto que asegure una ración diaria balanceada o una dieta equilibrada (AAFCO, 2000).

2.2 BASES TEORICAS

2.2.1 Trabajos realizados en cultivo de erizo de mar

Lawrence, J. (2007), investigó acerca de los factores que mejoran la calidad de las gónadas de erizo de mar. Los factores clave que han sido identificados son la disponibilidad de una dieta artificial eficaz, el estado reproductivo de los animales y la disponibilidad de los sistemas de cultivo adecuados.

James, P. (2005), citó en su trabajo sobre “The effects of wave and feeding disturbance on roe enhancement of the sea urchin *Evechinus chloroticus* held in sea-cages” a Andrew L. (2002); en el cual afirma que en Nueva Zelanda, el erizo de mar (kina) *Evechinus chloroticus* ha sido explotado comercialmente desde 1986 y las gónadas de erizo han sido totalmente vendidas en el mercado nacional. Se exportaron gónadas de erizo a los mercados como el Japón, pero sólo en pequeñas cantidades por lo que las gónadas tenían un sabor amargo, color pobre, y los rendimientos inconsistentes o bajas. En consecuencia, la pesquería no se expandió en Nueva Zelanda en el mismo grado que ha ocurrido en otros países

2.2.2 De la Línea de cultivo suspendido para el *Loxechinus albus*

Bustos y Olave (2001), implementaron una infraestructura básica para el cultivo de erizo verde, que consiste en jaulas o bandejas (90 x 90 x 35 cm), de una estructura metálica, forrada con malla plástica de trama de 5 mm, con un cierre superior. Estas fueron suspendidas por medio de un Long line a 2 metros de profundidad y a 1.5 m de separación entre una jaula y otra. La densidad del cultivo será de acuerdo al tamaño del erizo. Para disminuir la densidad se realizan desdobles de los erizos en las jaulas. Esta operación se realiza en el mar y puede ser mediante conteo total de los erizos o mediante muestras representativas de peso, especialmente cuando son aún pequeños.

2.2.3 Dieta artificial para *Loxechinus albus*

En los trabajos realizado por Bustos y Olave (2001), durante los primeros meses el erizo se alimentó con el alga clorofita *Ulva sp*. (lechuga de mar), posteriormente se enriqueció la dieta con el alga *Macrocystis pyrifera*. La mezcla de las algas en la ración de alimento fue de 1:1 y se suministró a saciedad. Se continuó con dicha dieta hasta que los individuos desarrollaron gónadas atractivas para el mercado (lo que

ocurre con un erizo de 70 mm de diámetro de testa), el cultivo de engorda se extiende por un periodo de 4 años. Con la finalidad de acortar este periodo, el Instituto de Fomento Pesquero en conjunto con el Dr. Jhon Lawrence de la Universidad de Tampa, Florida y la empresa Wegner Internacional Ltd., formuló y elaboró una dieta pelletizada extruida sobre la base de las algas y otros componentes, que al ser suministrada a los erizos durante 90 días, redujo aproximadamente 12 meses la etapa de engorda. Esto significa que, en un periodo de solo 2 años y 9 meses, desde la obtención de larvas, se produce una gónada de tamaño comercial en un erizo de solamente 55 mm de diámetro de testa. La dieta artificial se comienza a suministrar una vez que los ejemplares alcanzan un diámetro de testa 40 – 50 mm. la alimentación se efectúa durante 3 meses, con un intervalo de 10 días con una ración de 0.3 – 0.5 g/día/erizo.

2.2.4 Crecimiento y supervivencia

Buckle, F., Ch. Guisado, C. Serrano, L. Cordova, L. Peña, E. Vasquez. (1976), investigaron el crecimiento de erizos mantenidos en cautiverio, en donde se pusieron a prueba dos experimentos, el primero en la Provincia de Valparaíso (Lat. 33º S.; Long. 71.5º W.) con 105 animales y

el segundo en la Provincia de Chiloé (Lat. 41º54' S.; Long. 73º3l' W.) con 152 erizos. En ambos experimentos los animales fueron criados en jaulas mantenidas a media agua en el mar, durante 18 y 13 meses respectivamente, y fueron alimentados con algas (el primero con: *Lessonia nigrecens y Ulva lactuca, el* segundo con: *Macrocystis pyrifera*). La talla promedio inicial de los erizos de Valparaíso fue de 2,28 cm y la de Chiloé de 6,92 cm, detectándose una velocidad de crecimiento de 1.10 mm/mes en Valparaíso y 0.24 mm/mes en los erizos de Chiloé.

En Valparaíso se obtuvo una talla de crecimiento final de 4.02 cm en 18 meses, por otro lado en Chiloe se obtuvo un crecimiento de 7.23 cm después de los 13 meses respectivamente.

En ambos experimentos se obtuvieron una tasa de supervivencia > 94%.

Guisado, Ch., R. Maltrain, R. Buzeta (2013), realizó la siembra y experimentación de cultivos instalados en sistemas suspendidos en cultivo mixto de ostión y erizo verde con el objetivo de determinar la acción de los erizos en el control del biofouling, obteniendo buenos resultados en cuanto a crecimiento y supervivencia de ambas. Los erizos colocados de 1.5 cm alcanzaron una talla de 2.6 cm en 6 meses, en cuanto a supervivencia se obtuvo un 85.7 %.

CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO

3.1 TIPO Y DISEÑO

3.1.1 Tipo de investigación

Aplicada

3.1.2 Diseño de investigación

Experimental

3.2 NIVEL DE INVESTIGACION

Explicativo

3.3 SISTEMA DE VARIABLES

3.3.1 Variable independiente

Dieta

3.3.2 Variables dependientes

- Crecimiento de juveniles de *Loxechinus albus.*
- Supervivencia de juveniles de *Loxechinus albus.*

3.4 POBLACION Y MUESTRA

3.4.1 Población

Total de juveniles de *Loxechinus albus* con diámetro de testa de entre 40 – 45 mm distribuidos en 6 jaulas dispuestos en sistema de cultivo suspendido emplazado en Playa Gentilares.

3.4.2 Muestra

El 100% de la población de juveniles de *Loxechinus albus* confinados en cada jaula del sistema de cultivo suspendido emplazado en la playa Gentilares.

3.5 AREA DE ESTUDIO

La zona en donde se instaló la Línea de cultivo tipo Long line se denomina Playa Gentilares, que está ubicada en el litoral marino costero, presenta una extensión aproximada de 1.5 km y sus límites son 17º41’12.7” LS - 71º22’ 23.7” LW por el norte y 17º 41’ 39.5” LS - 71º 22’ 22.8” LW por el sur, la cual pertenece a la CIA ING ANFIBIA N°113 del Ejército Peruano. Esta playa no es muy concurrida porque su acceso es restringido, se caracteriza por tener aguas tranquilas y bastante claras.

Su arena es blanca, está rodeado de pequeños espacios rocosos, en los extremos con abundante macroalga y una biodiversidad de especies bentónicas (Figura 06).



Figura 06: Compañía Ingeniería Anfibia N° 113. (Fuente: GOOGLE EARTH)

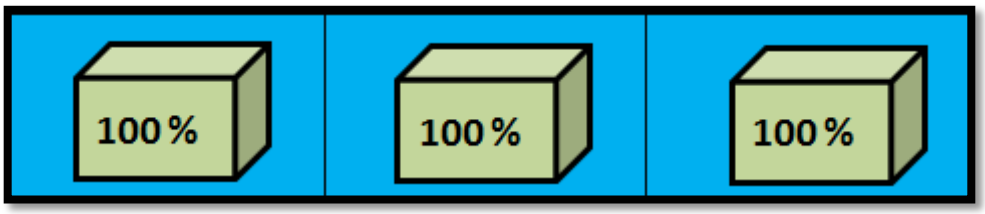
3.5.1 Diseño experimental

Se aplicaron 2 tratamientos, cada uno con 3 repeticiones; para ello se contó con 6 jaulas que albergaron 100 juveniles de *Loxechinus albus* con diámetros de testa de entre 40 – 45 mm.

El tratamiento 1 consistió en el suministro a saciedad de algas de la especie *Lessonia trabeculata*; mientras que el tratamiento 2 estuvo

compuesto por el suministro de una dieta artificial de acuerdo al peso promedio de los juveniles confinados en cada jaula (Figura 07).

Tratamiento 01: jaulas con dieta natural



Tratamiento 02: jaulas con dieta artificial

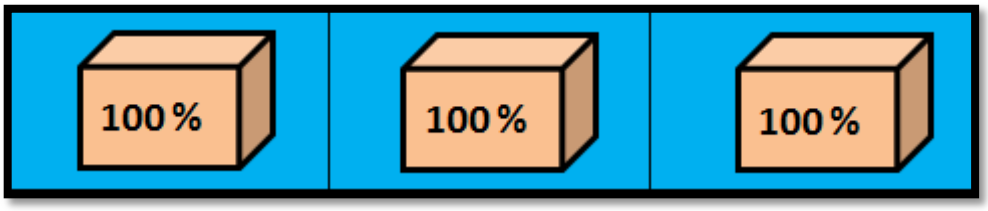


Figura 07: Diseño experimental. (Fuente: propia)

- **ASPECTOS MORFOMÉTRICOS**

Se registraron mensualmente medidas de longitud total o diámetro de testa y peso total usando un vernier (0,01 mm de precisión) y una balanza OHAUS (0,01 g de precisión) respectivamente.

3.6 METODOS Y TECNICAS PARA LA PRESENTACION Y ANALISIS DE DATOS

3.6.1 Colecta de juveniles de *Loxechinus albus*

Se colectaron 600 ejemplares con rango de diámetro de testa entre 40 – 45 mm en Punta Coles (17º42'LS – 71º22'LW) mediante buceo semiautónomo; se realizó la biometría correspondiente en talla y peso en laboratorio (Figura 08). Estos juveniles posteriormente fueron llevados a la línea de cultivo y colocados dentro de las jaulas establecidas, cada jaula presentaba un código particular, lo cual los diferenciaba del suministro de alimento (Cuadro 01).



Figura 08: colecta de juveniles de *L. albus* (Fuente: propia)

Cuadro 01: Distribución y codificación de las jaulas

DIETA NATURAL	JAULA LJ – 76	*Lessonia trabeculata*
	JAULA LJ – 77	
	JAULA LJ – 82	
DIETA ARTIFICIAL	JAULA LJ – 78	Alimento balanceado
	JAULA LJ – 79	
	JAULA LJ – 80	

Los juveniles el primer mes pasaron por un proceso de adaptación al sistema de cultivo en la cual solo se le suministró alimento natural *Lessonia trabeculata.* Posteriormente se hizo un desdoble en las jaulas que presentaban alimento natural debido al espacio, obteniendo una nueva jaula con código LJ – 88

3.6.2 Sistema de cultivo suspendido para *Loxechinus albus*

Para la construcción e instalación de la línea de cultivo se utilizaron distintos materiales y equipos, los cuales fueron proporcionados en su mayoría por el Laboratorio costero del IMARPE, al igual que los insumos para la preparación de la dieta artificial (Anexo 01). El sistema de cultivo

fue puesto en forma perpendicular a la costa, situando la zona menos profunda aproximadamente a 5 m y la zona de más profundidad a 12 m; que es en este rango de profundidades en donde se situaron los sistemas de confinamiento (jaulas) para nuestro estudio, teniendo en cuenta también que solo se utilizó el 25 % del total de la línea, los otros 75 % fueron para estudios propiamente de la institución (Figura 09).

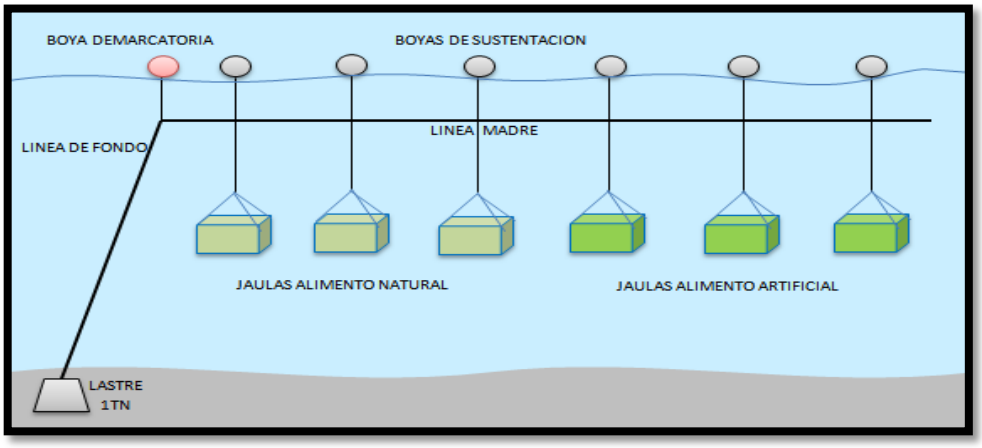


Figura 09: Diseño del sistema suspendido para *L. albus.* (Fuente: propia)

a. Jaulas para *Loxechinus albus*

El experimento se llevó a cabo en 6 jaulas; tres destinadas a juveniles de erizo con un régimen alimenticio basado en dieta natural (*Lessonia trabeculata*) y tres dispuestas para juveniles de erizo alimentados con dieta artificial (alimento balanceado).

Las dimensiones de cada jaula son de 40cm x 60cm x 40cm, cubiertas con mallas de plástico, la parte superior e inferior estuvo compuesta por fierro de acero galvanizado de 8 a 10 mm. La malla es cocida con hilo alquitranado por todos los contornos del fierro, la driza es atada a cada extremo superior de la jaula con el fin de que esta forme un mismo terminal, que es empatado con un gancho sacavueltas (Figura 10).



Figura 10: Jaula para juveniles de *L. albus* (Fuente: propia)

b. Lastres (muertos)

En la instalación de la toda línea de cultivo el lastre o muerto es esencial, ya que ello permite sostener y mantener todo el peso y fuerza que ejercen las jaulas en contra de la corriente marina. En este caso se contaron con dos lastres cada uno de 1TN de peso, para lo cual es importante en primer lugar su instalación. Los lastres se situaron de manera perpendicular a la costa con una distancia aproximada de 100 m uno del otro, el 1ro a 5 m de profundidad y el segundo a 12 m de profundidad respectivamente (Figura 11). Estos luego son acomodados por buzos con ayuda de bolsas de aire que ellos amarran en una de la orejas del muerto con el fin de poderlas levantar y así acomodarlas en un sitio adecuado y de la manera más correcta.



Figura 11: Lastre o muerto. (Fuente: Propia)

c. Línea madre

Se realizaron las coordinaciones respectivas con la Compañía Ingeniería Anfibia N° 113 para solicitar autorización y facilidades para el ingreso a la zona sur de la playa Gentilares. Teniendo los materiales listos (boyas, cabos, reynales y lastre) se procedió a la instalación de la línea madre.

Una vez ya instalado el lastre o muerto se procede a lanzar la línea madre que consiste en un sistema compuesto por cabos de polipropileno de 18mm de diámetro, boyas de vestolen de 40 cm, atadas por un cabo de 8 mm a la línea madre para permitir su flotabilidad a 2 metros de la superficie del mar, la misma línea es atada en las estructuras de concreto de 1TN como parte del sistema de anclaje para su fijación al fondo marino (Figura 12).



Figura 12: Línea de cultivo para *L. albus.* (Fuente: propia)

d. Boyas demarcatorias y de sustentación

Las boyas fueron instaladas junto con la línea madre ya que estas permitirán la flotabilidad de todos los sistemas de confinamiento. Para su mejor ordenamiento y distinción se usaron dos colores de boyas distintas, las boyas de color naranja que son básicamente de señalización y las boyas de color gris que se usaron principalmente para permitir la flotabilidad de cada jaula.

3.6.3 Formulación de una dieta artificial

Para la formulación de la dieta artificial se aplicó el método del cuadrado de Pearson simple con el fin de establecer porcentajes exactos de insumos a utilizar en la preparación de la dieta artificial; así mismo se trabajó en base a 32 % de proteína bruta, según la composición bioquímica teórica de Hofer (2002) citado en Garcia, J. (2012).

Para la preparación de la dieta artificial se usó como referencia la composición química de alimento extruido (Cuadro 02), establecido en el manual de cultivo de Erizo *Loxechinus albus* (Bustos y Olave, 2001)

Cuadro 02: Composición química del alimento extruido

Componentes	%Peso seco
Macroalga	14.00
Maíz	32.00
Trigo molido	27.56
Harina de soya	11.10
Harina de pescado	12.00
Bifosfato de potasio	1.33
Aceite	0.24
Colesterol	0.30
Etoxidos	0.20
Minerales y vitaminas	0.80
Vitamina C	0.08
Carotenoides	0.01

(Fuente: Bustos y Olave., 2001)

3.6.4 Determinación de la tasa de crecimiento del *L. albus*

Para determinar la tasa de crecimiento se procedió a extraer ejemplares de juveniles de erizo en una muestra representativa de cada jaula con el fin de medirlos usando un vernier (0,01 mm de precisión).

Se calculó la tasa absoluta de crecimiento en longitud (diferencia aritmética) en función a la fórmula de Gulland (1971).

$$\mathbf{TC = (Lt_{i+1} - Lt_i) / (t_i + 1 - t_i)}$$

Dónde:

TC = Tasa de Crecimiento (mm) o (g)

t_i = Tiempo (días) de muestreo cero

t_{i+1} = Tiempo de muestreo subsecuente al t_i

L_{ti} = Longitud correspondiente al tiempo t_i

L_{ti+1} = Longitud correspondiente al tiempo t_{i+1}

3.6.5 Determinación de la tasa de supervivencia de *L. albus*

Para estimar la cantidad de juveniles sobrevivientes al finalizar la experiencia, se empleó la fórmula de tasa de supervivencia (Ricker, 1975).

$$\%S = Nt_i / Nt_o * 100$$

Dónde: %S = Porcentaje de supervivencia.

Nt_i = Número de individuos sobrevivientes al tiempo “t”.

Nt_o = Número total de individuos

3.6.6 Análisis estadístico

Los datos registrados de longitud y peso fueron procesados en hojas de cálculo Excel para los posteriores análisis. Utilizando el software estadístico SPSS versión 21.0 se realizó la prueba de normalidad y homocedasticidad de varianzas, cuyos resultados nos indicaron realizar una prueba no paramétrica (Mann Whitney) por ser 2 muestras independientes y con variables cuantitativas, para comparar el crecimiento y supervivencia suministradas a ejemplares juveniles tratados.

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 RESULTADOS

4.1.1 Elaboración de dietas inertes para juveniles de *L. albus*

En la elaboración de la dieta experimental se trabajó en base a un 32 % de contenido proteico, utilizando diversos materiales e insumos (anexo 02) mediante los cuales se obtuvo galletas que sirvieron de alimento para los juveniles de *L. albus* desde el inicio de la investigación hasta la culminación de la misma, siguiendo de manera ordenada una secuencia en cuanto a su preparación.

A. Suministro de dieta:

Según Bustos y Olave (2001) la ración alimenticia para juveniles de 40 – 50 mm es de 0.3 – 0.5 g/día/erizo. Teniendo en cuenta esa relación, se determinó la cantidad de alimento artificial a suministrar a 100 juveniles aplicando una regla de tres simple.

Dónde: 1 juv. ---------- 0.5 g

100 juv. ---------- X

X = 100 juv. x 0.5 g / 1 juv.

X = 50 g

Teniendo la cantidad de alimento (50 g) para 100 juveniles por día, es que se determina la cantidad de alimento a suministrar en una semana, por lo tanto se tiene que:

50 g x 7 días = 350 g

La cantidad de alimento a suministrar para una semana es de 350 g por jaula (100 juveniles). En nuestra investigación se trabajó con 3 jaulas de 100 juveniles cada una. Por lo que se determinó la cantidad de alimento a preparar por semana para un total de 300 juveniles, lo cual fue de:

350 g x 3 jaulas = 1050 g

Para obtener ejemplares de erizo verde que lleguen a tener un peso adecuado o requerido se trabaja en base a una tasa de conversión alimenticia (anexo 03).

B. Preparación de la dieta artificial

En la preparación de la dieta artificial se utilizaron diversos tipos de insumos, entre ellos harina de soya, harina de trigo, harina de algas, harina de pescado, harina de maíz, maicena, vitamina c, tocoferol, minerales, aceite de pescado y carotenoides, muchas de ellas son ricas en proteínas, carbohidratos y calcio que son fuente esencial en el desarrollo de los juveniles de erizo, a su vez cabe resaltar que los carotenoides fueron extraídos de la zanahoria lo cual le brindó a las gónadas de erizo un color ideal. Cada insumo fue utilizado en cantidades establecidas (anexo 04), y pesados en una balanza analítica (A).

Luego se mezclaron los ingredientes añadiendo agua con maicena que sirvió como aglutinante, a su vez también se le adiciono aceite de pescado disuelto en agua caliente (B).

Se procedió a realizar la mezcla total hasta la obtención de una masa pastosa (C), ésta luego fue presionada con un rodillo para luego ser cortado en forma de galletas cuadriculadas (D).

Finalmente es llevado a una estufa a 80 °C de temperatura por 24 horas para su secado (E). El producto obtenido es pesado y embolsado para su traslado a la línea de cultivo de juveniles de erizo, suministrando así la cantidad establecida de dieta artificial (F) (figura 13).

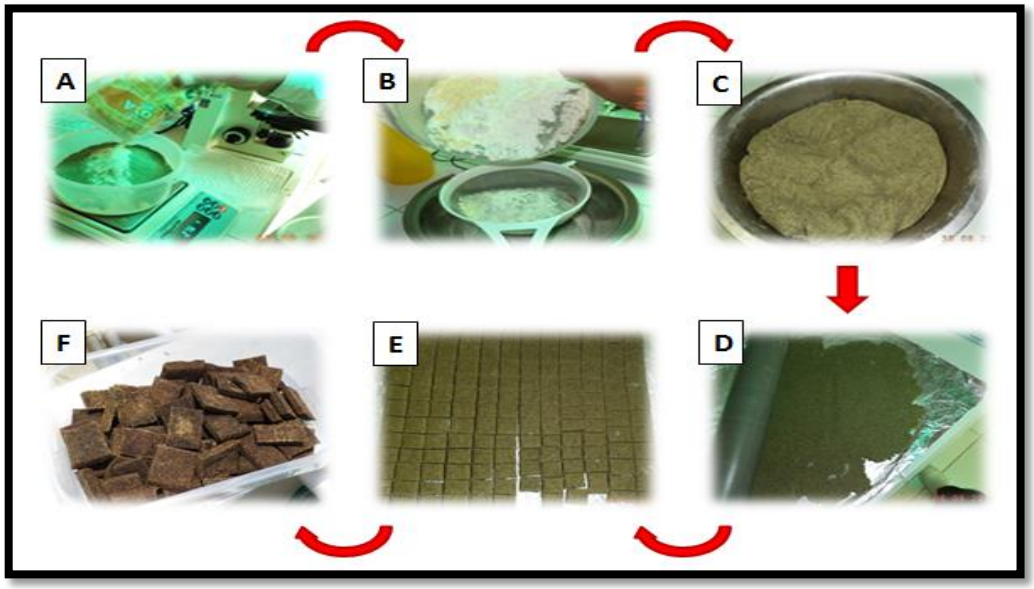


Figura 13: Elaboración de dieta artificial. (Fuente: propia)

4.1.2 Crecimiento de juveniles de *Loxechinus albus*

4.1.2.1 Tasa de crecimiento mensual en relación al peso

Se observó una mayor tasa de crecimiento en cuanto al incremento en peso de juveniles alimentados con dieta natural y dieta artificial (figura 14), obteniendo un promedio general por mes de todas las jaulas en donde fueron suministradas las dietas.

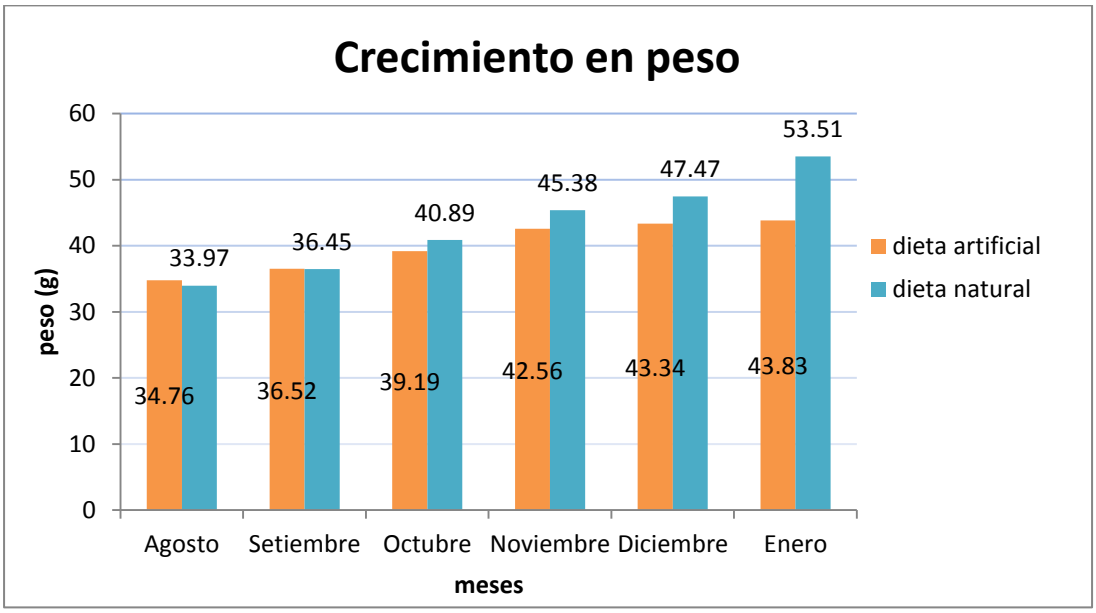


Figura 14: Crecimiento en peso (g) de *Loxechinus albus*

4.1.2.2 Tasa de crecimiento mensual en relación a longitud

Se obtuvo una tasa menor en cuanto al crecimiento en longitud de juveniles alimentados con dieta artificial en relación a juveniles alimentados con dieta natural, la variación en cuanto a tallas es mínima pero en rangos generales se puede decir que ambas dietas sirvieron para el desarrollo normal de los juveniles de erizo en cultivo suspendido (Figura 15).

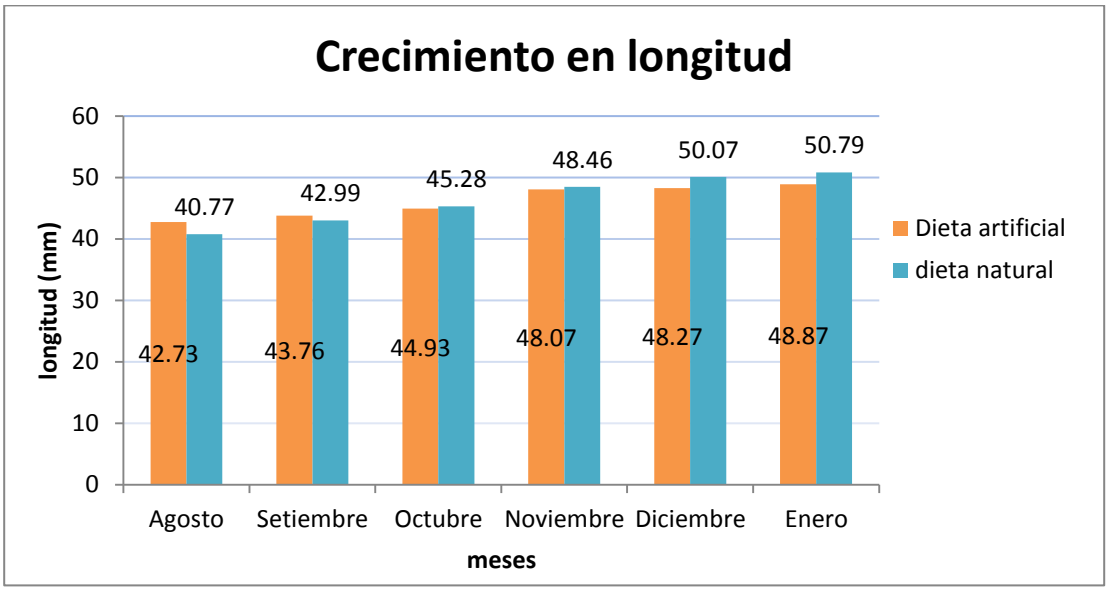


Figura 15: Crecimiento en (mm) de *L. albus*

4.1.2.3 Incremento en relación a longitud y peso ganado en dietas:

A. Incremento en longitud con dieta natural

En juveniles de *L. albus* alimentados con dieta natural se obtuvo un promedio de 2.09 mm en el primer mes, llegando al tercer mes con una promedio de 3.12 mm en ese mes, en el último mes se aprecia una tasa de crecimiento de tan solo 0.72 mm. Teniendo como promedio una tasa de crecimiento de juveniles alimentados con dieta natural de 1.95 mm en los seis meses que duró la investigación.

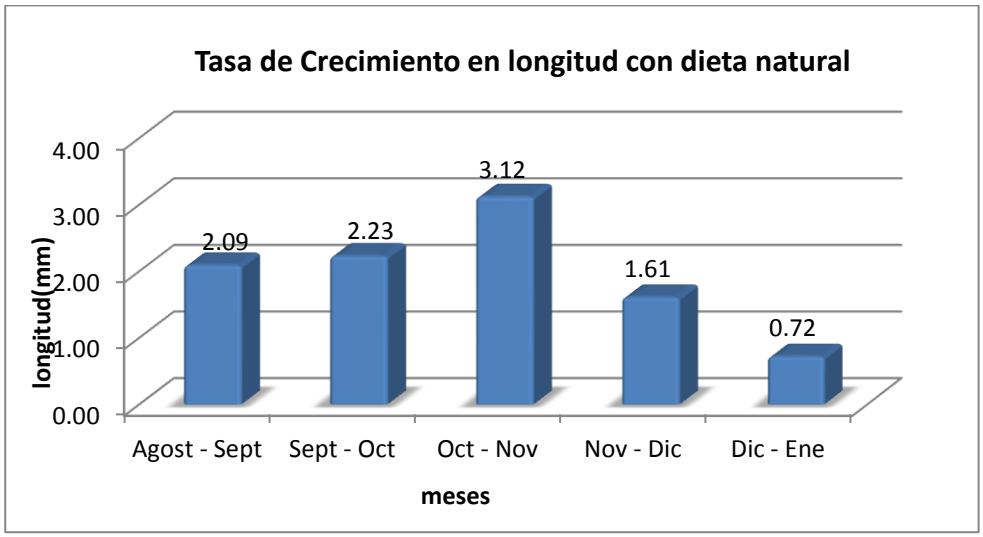


Figura 16: Incremento mensual en (mm) con dieta natural

B. Incremento en peso con dieta natural

Se trabajó con las diferencias de pesos promedios mensuales ganados mensualmente, obteniendo en el primer mes un valor promedio de 2.1 g, llegando al tercer mes con un valor promedio de crecimiento en peso de 4.2 g, teniendo en el último mes un valor de 6 g. Teniendo como promedio una tasa de crecimiento de 3.72 g en los seis meses que duró la investigación.

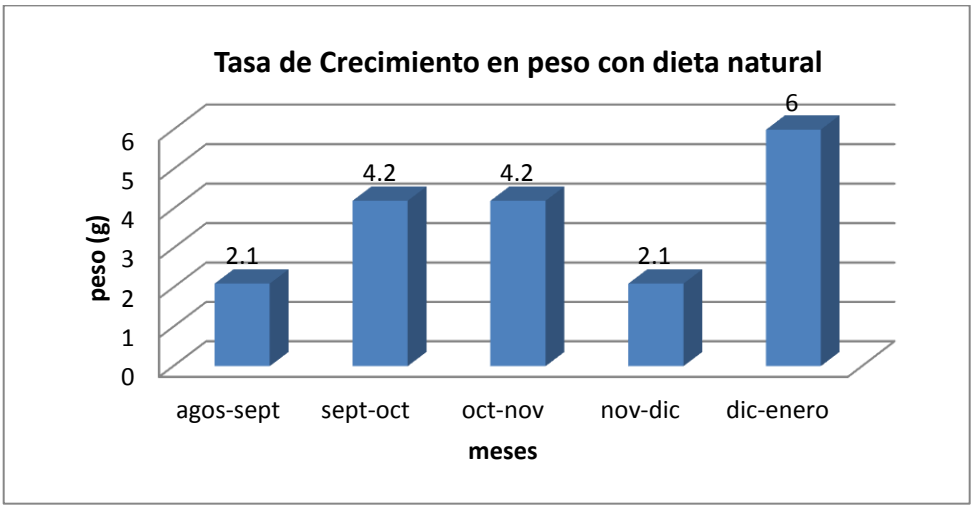


Figura 17: incremento mensual en (g) con dieta natural

C. Incremento en longitud con dieta artificial

Se obtuvo la tasa de crecimiento mensual de juveniles de *L. albus*, obteniendo en el primer mes un valor promedio de 1.75 mm, llegando al tercer mes con un valor promedio de crecimiento de 3.36 mm, alcanzando en el último mes un valor de 0.49 mm. Teniendo como promedio una tasa de crecimiento de 1.81 mm en los seis meses que duró la investigación.

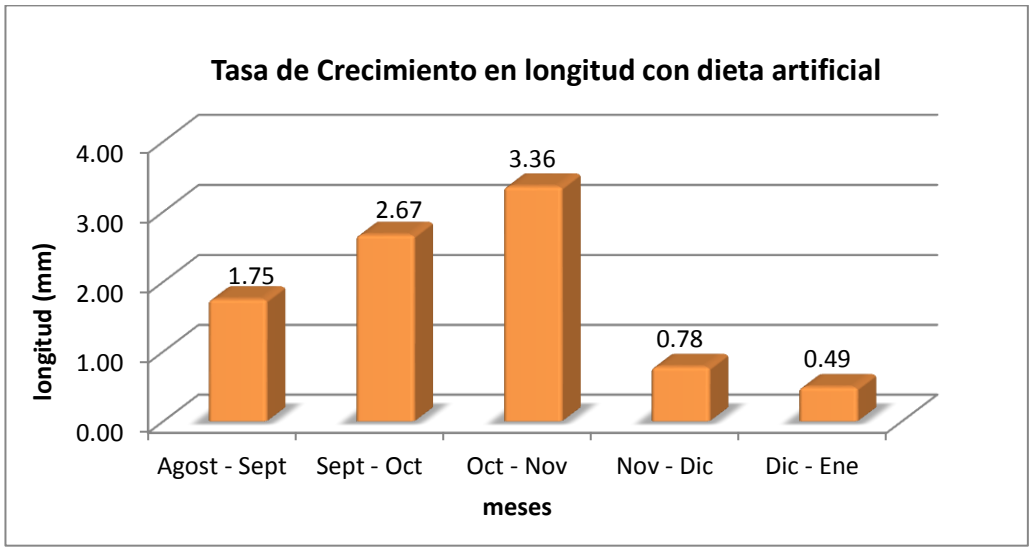


Figura 18: Incremento mensual en (mm) con dieta artificial

D. Incremento en peso con dieta artificial

En juveniles de *L. albus* alimentados con dieta artificial se obtuvo un promedio de diferencia en crecimiento de 1.8 g en el primer mes, llegando al tercer mes con un promedio máximo de 3.3 g, en el último mes se aprecia una tasa de crecimiento de tan solo 0.6 g. Teniendo como promedio una tasa de crecimiento de juveniles alimentados con dieta artificial de 1.86 g en los seis meses que duró la investigación.

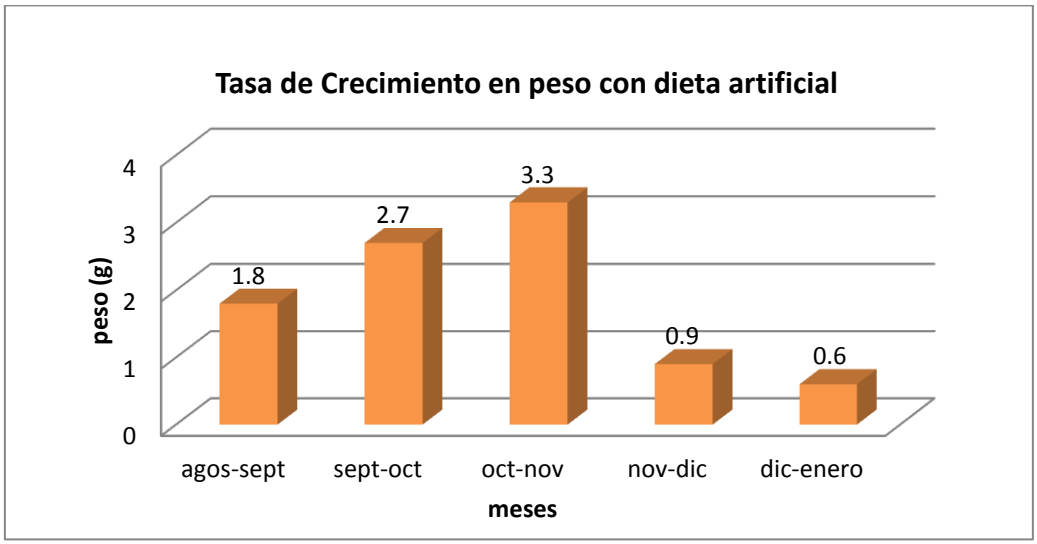


Figura 19: Incremento mensual en (g) con dieta artificial

4.1.3 Prueba de normalidad

Las diferencias obtenidas de longitud y peso de los juveniles de *Loxechinus albus* fueron analizadas con pruebas de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, donde se demostró que la mayoría de los datos no presentaban normalidad ($p<0,05$), por ello se decidió aplicar una prueba no paramétrica para evaluar si hubo o no una diferencia significativa en los parámetros mencionado anteriormente.

Cuadro 03: Pruebas de normalidad para longitud y peso

Medición	mes	Kolmogorov-Smirnov	
		Estadístico	Sig.
longitud	mes 1	0.24	0.00
	mes 2	0.21	0.00
	mes 3	0.13	0.02
	mes 4	0.21	0.00
	mes 5	0.11	0.07
peso	mes 1	0.10	0.10
	mes 2	0.11	0.08
	mes 3	0.14	0.01
	mes 4	0.11	0.09
	mes 5	0.21	0.00

4.1.4 Prueba de Mann-Whitney en longitud (L)

Se observó que durante los meses que duro el proyecto presento resultados variados, puesto que durante el primero, segundo y cuarto mes se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$), mientras que en el tercer mes ($p = 0.93$) y el quinto mes ($p = 0.74$) no presentaron diferencias entre la dieta natural y artificial como alimento suministrado a los juveniles de *Loxechinus albus*.

Cuadro 04: Prueba de Mann-Whitney en longitud

Medición	mes	Mann - Whitney	
		W	Sig.
longitud	mes 1	35513.5	0.00
	mes 2	31104.5	0.00
	mes 3	35677.5	0.93
	mes 4	29619.5	0.00
	mes 5	34358.0	0.74

4.1.5 Prueba de Mann-Whitney en peso (W)

Los resultados obtenidos demostraron que a lo largo del proyecto solo en el quinto mes (p = 0.00) hubo diferencias significativas en el incremento en peso de los organismos monitoreados para las dos dietas suministradas, mientras que en los cuatro primeros meses no se presentaron diferencias significativas (Cuadro 05).

Cuadro 05: Prueba de Mann-Whitney en Peso

Medición	mes	Mann - Whitney	
		W	Sig.
peso	mes 1	35886.5	0.42
	mes 2	33678.0	0.10
	mes 3	33794.0	0.26
	mes 4	33293.0	0.20
	mes 5	26571.5	0.00

4.1.6 Tasa de supervivencia

4.1.6.1 Tasa de supervivencia en dieta natural

Se observó que la tasa de supervivencia de juveniles de *L. albus* alimentados con dieta natural a lo largo de los 6 meses que duro el experimento obtuvo un 94.07 %, teniendo en cuenta que en los últimos 3 meses mantuvo un mismo porcentaje, pudiéndose decir que la supervivencia a nivel general fue alta (figura 20).

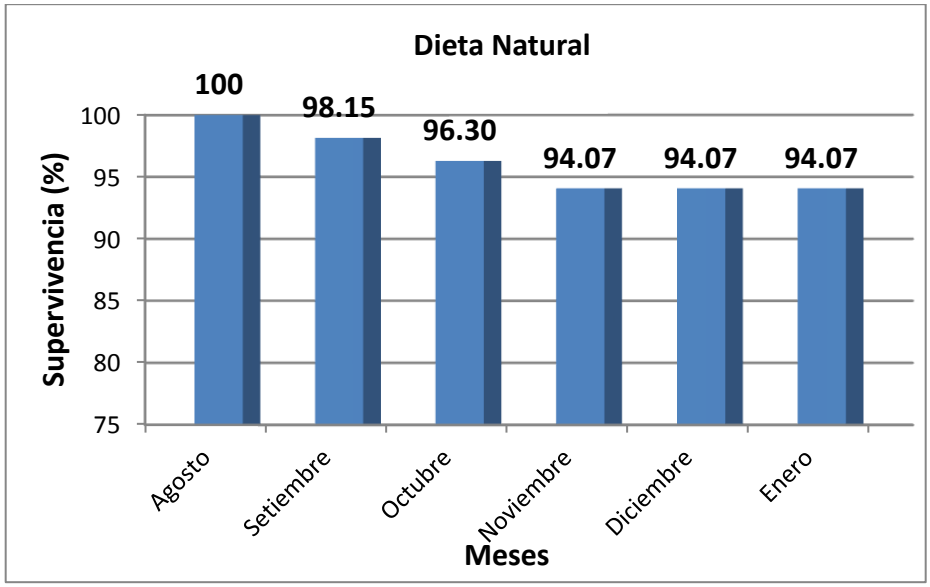


Figura 20: Tasa de supervivencia (%) del *L.albus* alimentado con dieta natural

4.1.6.2 Tasa de supervivencia en dieta artificial

Se determinó que la tasa de supervivencia para juveniles de *L. albus* alimentados con dieta artificial obtuvo un 96.49 % a lo largo de estos 6 meses que duro el experimento, observándose que en el último mes ocurre un decaimiento notorio que a nivel general se puede decir que la supervivencia fue elevada (figura 21).

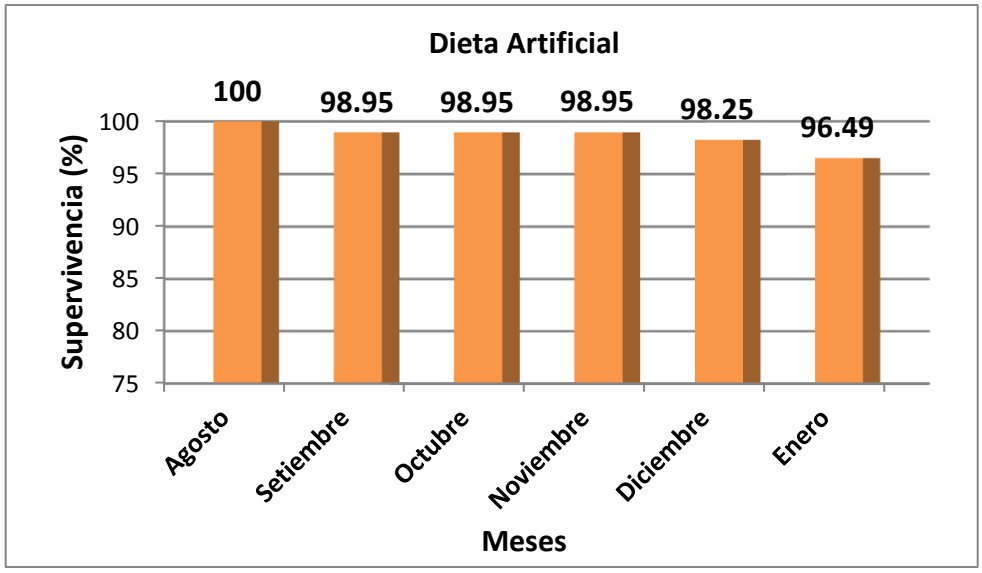


Figura 21: Tasa de supervivencia (%) en *L. albus* alimentado con dieta artificial

4.2 DISCUSION

4.2.1 Dieta artificial como alimento para juveniles de *L. albus*

En la preparación de la dieta artificial se obtuvo un producto solido en forma de pellets de consistencia dura utilizando como aglutinante maicena con el fin de que esta tenga una durabilidad de por lo menos una semana sumergida en el agua. Los pellets fueron secados en una estufa a 80 °C de temperatura, con la finalidad de mantener los niveles nutricionales de cada insumo. También se le adiciono extracto de zanahoria que contiene carotenides como un pigmento natural que ayudo en la coloración de las gónadas. Se utilizó harina de algas en menor proporción ya que se contaba también con distintos tipos de harinas, por lo que no se depredaría los bancos naturales de esta macroalga.

Lo mismo indica N. Touron (2012), que para la preparación de piensos secos con un nivel de proteico de 20 y 30 % usaron una serie de pruebas que ayuden a mantener la durabilidad de los piensos al momento de ser suministrados al *Paracentrotus Lividus* (Lamarck, 1816); utilizaron como aglutinante gelatina para la obtención de una consistencia necesaria. También nos indica Robinson (2002), que utilizando gelatina como fuente principal de proteínas complementada con mejillón que además de reforzar el aporte proteico de la misma constituye una fuente natural de β-caroteno; la adición de este pigmento natural contribuye a mejorar la coloración de las gónadas. Por otro lado

Fernández (1997) afirma que la utilización de una dieta con alto contenido proteico favorecerá el almacenamiento de sustancias de reserva en las gónadas en forma de lípidos y carbohidratos.

4.2.2 Crecimiento de juveniles de erizo verde alimentados con dietas natural y artificial.

La mejor tasa de crecimiento se obtuvo suministrándole dieta natural con una tasa de crecimiento promedio mensual de 3.72 g y 1.95 mm, en comparación con la dieta artificial 1.86 g y 1.81 mm por mes respectivamente. La dieta natural consistió en suministrarle a los juveniles de *L. albus* aproximadamente 8 Kg de *Lessonia trabeculata* por jaula, en un plazo determinado de cada 7 días durante 6 meses que duró la investigación. En cuanto a la dieta artificial se le suministro 1050 g por 7 días. Buckle, F., et al (1976), investigo también el crecimiento de erizos en cautiverio implementando dos experimentos, uno en Valparaíso y el otro en Chiloe (Chile), estos fueron alimentados con algas, detectándose una velocidad en su crecimiento. El primero con 1.10 mm/mes en 18 meses y el segundo con 0.24mm/mes en 13 meses. Lo cual se ratifica en el uso de la dieta natural obteniendo un mejor resultado en crecimiento en comparación a lo mencionado por Buckle (1976).

4.2.3 Determinar la supervivencia de juveniles de *Loxechinus albus* alimentados con dietas natural y artificial.

En los seis meses que duró la investigación se obtuvo una tasa de supervivencia de juveniles alimentados con dieta natural de 94.07% en el último mes de estudio, mientras que en juveniles alimentados con dieta artificial fue de 96.49%, llegando a obtener en ambas dietas un porcentaje de supervivencia mayor al 90%, lo cual es aceptable.

Asimismo Guisado, Ch., R. Maltrain, R. Buzeta. (2013), realizaron la siembra y experimentación de cultivos instalados en sistemas suspendidos en cultivo mixto de ostión y erizo verde con el objetivo de determinar la acción de los erizos en el control del biofouling, obteniendo como resultado 85.7 % en cuanto a supervivencia.

CONCLUSIONES

La dieta artificial fue aceptada por el *Loxechinus albus* erizo verde, siendo aprovechado aproximadamente en un 85 % en su alimentación y los otros 15% se descomponían por efecto de las corrientes, lo cual nos indica que puede usarse como una alternativa en la alimentación de esta especie.

Se obtuvo mejores resultados en cuanto al crecimiento de juveniles de *Loxechinus albus* alimentados con dieta natural (3.72 g y 1.95 mm) en comparación a una dieta artificial (1.86 g y 1.81 mm).

En cuanto a la tasa de supervivencia se obtuvo resultados mayores al 94%, lo cual nos indica que ambas dietas sirvieron de manera eficaz en la alimentación de los juveniles de erizo.

RECOMENDACIONES

Realizar un trabajo sobre el cultivo de la *Lessonia trabeculata* en medio controlado desde la etapa inicial hasta su repoblamiento en bancos naturales, teniendo en cuenta que dicha macroalga es esencial como fuente de alimentación del *Loxechinus albus.*

Desarrollar trabajos que ayuden a un mejor aprovechamiento de las dietas artificiales suministradas al *Loxechinus albus* en la etapa de juveniles, como fuente alternativa en su alimentación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Arrau L. 1958. Desarrollo del erizo comestible en Chile, Loxechinus albus (Molina)

Barahona, N., J. Orensanz, A. Parma, G. Jerez, C. Romero, H. Miranda, A. Zuleta, V. Catasti y P. Gálvez. 2003. Bases biológicas para rotación de áreas en el recurso erizo. IFOP. Informe final FIP N°2000-18. 209.

Barnes, R. 1989. Zoología de los invertebrados. Editorial Interamericana 5ta Ed., pp 957

Buckle, F., Ch. Guisado, C. Serrano, L. Cordova, L. Peña, E. Vasquez. 1976. Estudio de crecimiento en cautiverio del erizo *Loxechinus albus* (Molina 1782) en las costas de Valparaiso y Chiloé, Chile. Instituto de Fomento Pesquero, Santiago de Chile, Chile.

Bustos, E. y S. Olave (2001). Manual: El cultivo del Erizo (*Loxechinusalbus)*. Instituto de Fomento Pesquero. IFOP. Chile. pp 24.

Condori, W. 2014. Informe anual de desembarque, captura y esfuerzo. Área de seguimiento de pesquerías. Laboratorio Costero de Ilo. Instituto del Mar del Perú. IMARPE.

FAO. s.f Species Fact Sheeps. *Loxechinus albus (*Molina, 1782). Recuperado el 15 de julio del 2013 en http://www.fao.org/fishery/species/3621/en

Fernandez, C. & Boudouresque, C.F. (1997). Phenotypic plasticity of *Paracentrotus lividus* in a lagoonal environment. Marine Ecology Progress Series, 152: 145-154

García, J. 2012. Efecto de la temperatura sobre la síntesis y acumulación de ácidos grasos en juveniles de Erizo Morado *Strongylocentrotus purpuratus* y Erizo Negro *Arbacia incisa.* Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, Baja California, México. pp 78.

Guisado, Ch., R. Maltrain, R. Buzeta. 2013. Desarrollo del cultivo integrado del ostión, erizo y macroalgas como alternativa productiva al manejo de costos de operación en la industria del cultivo de ostión, promoviendo la interacción entre el sector productivo y la formación técnico profesional en la Región de Atacama. Informe Final – Proyecto FIC 33-03-227. Universidad de Valparaíso – Chile. pp 39

Gulland, J. 1971. Manual de métodos para la evaluación de las poblaciones de peces. Zaragora, España, Editorial Acribia por la FAO, pp.164.

James, P. 2005. The effects of wave and feeding disturbance on roe enhancement of the sea urchin *Evechinuschloroticus* held in sea-cages. National Institute of Water and Atmospheric Research, Wellington, New Zealand. pp11

Jones, C., J. Lawton, M. Shacha. (1997). Positive and Negative Effects of Organisms as Physical Ecosystem Engineer. Institute of Ecosystem Studies, Box AB, Millbrook, New York 12545, USA. Vol. 78, N° 7

Larrain, A. (1975). Los equinodeos regulares fosiles y recientes de Chile. Gayana, Zoologia, 35: pp 189

Lawrence, J. (2007). Edible Sea Urchins: Biology and Ecology. University of South Florida, Tampa Florida, U.S.A. ed. 2

Liza, C. (2015). Efecto de dietas con tres microalgas bentónicas en el crecimiento y supervivencia post larval del *Loxechinus albus* Erizo verde. Tesis de pregrado Universidad Nacional de Moquegua

Ricker W. 1975. Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Populations

Robinson, S. M. C.; Castell, J. D. & Kennedy, E. J. (2002). Developing suitable colour in the gonads of cultured green sea urchins (*Strongylocentrotus droebachiensis*). Acuicultura, 206: 289-303.

Tapia, L. 2002. Guía de Biodiversidad. Macrofauna y algas marinas. Universidad de Antofagasta, Chile. Vol. 1, Nº 4, pp 23

Touron, N. 2012. Caracterización genética de poblaciones de Paracentrotus lividus (Lamarck, 1816) en Asturias, Galicia y Canarias y desarrollo de sistemas de cultivo en batea. Tesis doctoral, Universidad de Santiago de Compostela.

Yamashiro, C., C. Benites, J. Zeballos, R. Tafur 1996. Algunos aspectos biológico-pesqueros del recurso erizo *Loxechinusalbus* (Molina, 1782). Informe Nº 38-1996. Instituto del Mar del Perú. IMARPE.

Zamora, S., W. Stotz. 1992. Ciclo reproductivo de *Loxechinusalbus* (Molina 1782) (Echinodermata: Echinoidea) en Punta Lagunillas, IV Región, Coquimbo, Chile. Rev. Chilena de Historia Natural V. 65. Universidad Católica del Norte, Sede Coquimbo, Chile. pp13.

Páginas web

http://www.aafco.org (Asociación de Funcionarios de control de alimentación)

http://acuiculturaperu.blogspot.pe/ recuperado 01-06-2015.

ANEXOS:

ANEXO 01: Material para la elaboración de la línea de cultivo

N°	MATERIAL	CANT.
1	Boyas de 30 cm c/negro	8 unid.
2	Boyas vestolen de 40 cm c/naranja	2 unid.
3	Cabo polipropileno de 3/4	10 kl.
4	Cabo polipropileno de 8 mm	5 kl.
5	Cabo polipropileno de 6 mm	2 kl.
6	Cabo de 12mm color verde	6 kl.
7	Cono de hilo nº 48	1 unid.
8	Clips inox	15unid.
9	Sacavueltas para clips	15 unid.
10	Driza negra de 1/8”	1 kl.
11	Driza negra de 3/16”	1 kl.
12	Grilletes de 7/8” o 22mm	3 unid.
13	Agujas de plástico	3 unid.
14	Red 2 mm plástico	15 m.
15	Red 5 mm plástico	15 m.
16	Red 10 mm plástico	15 m.
17	Red 21 mm plástico	15 m.
18	Red 31 mm plástico	15 m.

ANEXO 02: Materiales para la elaboración de una dieta artificial

MATERIALES Y EQUIPOS	
Depósitos de aluminio	Mezcladora
tapers de 2 L.	Cucharilla
Paleta de madera	balanza
Colador	Vasos descartables
Taza	cuchillo
Papel aluminio	batidora
Rodillo	Estufa

ANEXO 03: Factor de conversión alimenticia

PARA OBTENER EJEMPLARES DE ERIZO QUE LLEGUEN A PESAR 50g

Ejemplo:

- Se tiene 300 juv.erizo

50g X 300 juv. = 15000 = 15kg

- Factor de conversión Alimenticia (FCA) = 1.5 (indicador)

15kg X 1.5 = 22.5 kg alimento balanceado

- Entonces se necesitaría 22.5 kg AB para 300 juv.
- Las gónadas representan entre el 4 – 12% del total del peso del erizo

15 kg X 12 % / 100 % = 1.8 kg de gónadas

- Para producir 1kg de gónada se necesitaría 12 kg de AB.

ANEXO 04: Insumos de una dieta artificial para *Loxechinus albus*

INSUMOS	CANTIDAD 1Kl.
Harina de maíz	320 gr.
Harina de trigo	270 gr.
Harina de algas	160 gr.
Harina de soya	135 gr.
Harina de pescado	75 gr.
Aceite de pescado	24 gr.
Minerales	13 gr.
Vitamina C	3 gr.

ANEXO 05: Etapas del estudio

- ✓ Suministro de la dieta artificial y natural





✓ Determinación del crecimiento en longitud y peso





✓ Determinación de la supervivencia

