PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE VALPARAÍSO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

ESCUELA DE CIENCIAS DEL MAR

EVALUACION DEL CRECIMIENTO DE SEMILLA DE ABALON ROJO (*Haliotis rufescens*) SUMINISTRANDO *Lessonia trabeculata* COMO ALTERNATIVA DE *Macrocystis integrifolia*.

Proyecto para optar al título de Ingeniero Acuicultor

por

Manuel Antonio Arenas Martínez

Valparaíso

2014

COMITÉ DE TITULACION

Profesor Guía: Sra. María Isabel Toledo Donoso

Profesor: Sra. Mariel Campalans Barnier

Profesor: Sra. Tatiana Zúñiga Vicencio

AUTORIZACIÓN DE USO

Al presentar este Proyecto como último requisito para la obtención del título de Ingeniero Acuicultor, autorizo a la biblioteca de la Escuela de Ciencias del Mar de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, para que disponga libremente de ella. Autorizo además reproducciones parciales o totales de este Proyecto sólo con fines académicos.

_____

Nombre del alumno (a)

A mis padres y hermanas.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a todos los que me apoyaron para poder lograr terminar este trabajo.

A la Empresa Compañía Pesquera Camanchaca S.A., por confiar en mis capacidades, por su apoyo en la realización experimental de mí trabajo; en especial a Rodrigo Sepúlveda, Jefe de Centro Caldereta.

A mi profesora guía, Dr. María Isabel Toledo, muchas gracias por haber confiado en mí, por su constante impulso y motivación, por su buena disposición frente a todas mis inquietudes y por entregarme las herramientas para llevar a cabo este trabajo.

A los profesores integrantes de la comisión de título: Tatiana Zúñiga y Mariel Campalans, por sus críticas, recomendaciones, por su tiempo y dedicación en la revisión y análisis.

A mi familia, amigos y personas que participaron y estuvieron para lo que necesite.

ÍNDICE

COMITÉ DE TITULACION i
AUTORIZACIÓN DE USO ii
AGRADECIMIENTOS iv
LISTADO DE FIGURAS vii
LISTADO DE TABLAS viii
1. INTRODUCCION 1
2. OBJETIVOS. 2
2.1 Objetivo general. 2
2.2 Objetivo específico. 2
3. ANTECEDENTES. 3
3.1 De la especie. 3
3.1.1 Taxonomía 3
3.1.2 Descripción general. 3
3.1.3 Distribución. 4
3.2 Características del cultivo. 4
3.2.1 Etapas de cultivo del abalón. 5
3.2.1.1 Producción de semillas. 5
3.2.1.2 Pre-engorda. 5
3.2.1.3 Juveniles y engorda. 6
3.2.1.4 Cosecha. 8
3.2.1.5 Oxigenación. 8
3.2.1.6 Mortalidad. 8
3.3 Hábitos en la alimentación. 8
3.3.1 Tipos de alimento natural suministrados en el cultivo de abalón rojo en Chile 9
3.3.1.1 *Lessonia trabeculata* 10
3.3.1.2 *Macrocystis integrifolia* 14
3.3.2 Conversión del alimento. 17
3.3.3 Composición nutricional 17

3.3.4 Ración diaria y frecuencia de alimentación. 18
4. MATERIALES Y METODOS...... 19
4.1 Diseño experimental.……19
4.2 Alimentación……..21
4.5 Muestreos.……..22
4.6 Parámetros evaluados en la experiencia.……22
Tasa de crecimiento: 22
Incremento en peso 22
Conversión de la dieta..... 23
Mortalidad..... 23
4.7 Costos de alimentación y mortalidad.……23
4.8 Análisis estadísticos de los resultados……23
5. RESULTADOS..... 25
5.1 Tallas y pesos promedios para cada tipo de alimento natural.……...25
5.2 Tasa de crecimiento.……...27
5.3 Tasa de conversión……28
5.4 Mortalidad.……29
5.5 Costos de alimentación y de mortalidad.……30
6. DISCUSIÓN 31
7. CONCLUSIÓN..... 33
8. BIBLIOGRAFIA..... 34
9. ANEXO 38

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1: *Haliotis rufescens* 3
Figura 2: Cultivo en tierra, en el norte de Chile. 6
Figura 3: Canasto correspondiente al cultivo en mar, en el norte de Chile 7
Figura 4: Frecuencia porcentual (%) de los volúmenes ocupados por las empresas abaloneras por especie de alga parda, en los centros de cultivo de la III y IV Región del norte de Chile. 9
Figura 5: *Lessonia Trabeculata*, llamada también Huiro palo. 10
Figura 6: Variación porcentual de la procedencia de *Lessonia trabeculata* en la Región de Atacama. 11
Figura 7: Consumo de la *Lessonia trabeculata* por los centros de abalón de la Región de Atacama. 11
Figura 8: Desembarque de *Lessonia trabeculata* en la Región de Atacama, entre 2000 y 2010. 12
Figura 9: *Macrocystis integrifolia*, llamada también Huiro. 13
Figura 10: Variación porcentual de la procedencia *Macrosystis integrifolia* de en la Región de Atacama. 14
Figura 11: Consumo de *Macrosystis integrifolia* en los centros de cultivos de abalones en la Región de Atacama. 14
Figura 12: Desembarque de *Macrocystis integrifolia* en la Región de Atacama, entre 2000 y 2010. 15
Figura 13: Inicio del estanque, pre-engorda cultivo de abalón. 19
Figura 14: Esquema del diseño experimental. 20
Figura 15: Salida del estanque, con sifón auto-limpiante. 20
Figura 16: Refugios: A) Refugio con abalones fijados. B) Refugio antes de ser colocado en el estanque. 21
Figura 17: Tallas promedios (mm) de los estanques L09 y L10. 25
Figura 18: Pesos promedios (gr) de los estanques L09 y L10. 26
Figura 19: Tasa de crecimiento mensual, para ambos tipo de alimento. 27
Figura 20: Tasa de conversión, para ambos tipos de alimentos. 27
Figura 21: Mortalidad acumulada en porcentaje. 28

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1: Composición nutricional 16
Tabla 2: Temperatura y oxígeno en el cultivo de abalón 19
Tabla 3: Costo del alga en Kg 29
Tabla 4: Costos por mortalidad 29

1. INTRODUCCION

El abalón rojo (*Haliotis rufescens*) fue introducido al país por Fundación Chile en el año 1977y la tecnología de su cultivo fue desarrollada durante los últimos 30 años. Actualmente el abalón rojo, proveniente de cultivo, es el organismo gastrópodo con mayor desembarque en Chile, situando a nuestro país como el sexto productor mundial, después de Australia, China, Taiwán, Sudáfrica y EE.UU (Enríquez &Villagrán, 2008).

El cultivo de esta especie es una oportunidad debido a un mercado en crecimiento, una alta expectativa de desarrollo y condiciones ambientales favorables en la zona litoral (Enríquez& Villagrán, 2008). Aunque se ve un futuro prometedor de la industria abalonera en nuestro país, existen problemáticas que deben ser resueltas para asegurar su sostenibilidad.

La disponibilidad de alimento, es uno de los problemas más comunes en este cultivo, utilizándose principalmente macroalgas frescas en todos los cultivos a lo largo de nuestro país. Esto ha llevado a sobreexplotar las praderas de macroalgas café cercanas a los centros de cultivos, en especial las que se ubican en la zona norte del país (III y IV Regiones) (Proyecto FIP 2005-22). En consecuencia la industria no cuenta con el abastecimiento suficiente de macroalga para satisfacer los requerimientos de un ciclo productivo completo. Una forma de paliar esta situación, ha sido el desarrollo del cultivo de macroalga (*Macrocystis integrifolia*), sin embargo, su producción no es suficiente para suplir la demanda de todos los centros, un ejemplo de ello lo representa la empresa Camanchaca S.A. (Rodrigo Sepúlveda, com.pers., 2013[1]).

El crecimiento adecuado del abalón depende de varios factores, siendo el valor nutritivo del alimento, uno de los más importantes, el cual puede ser natural y artificial. (Rojas, 2008), siendo este último más caro que el natural. No obstante, el principal problema de las algas es que presentan variaciones en su composición química, y por lo tanto también en su valor nutritivo. Por esta razón, se busca obtener una alternativa para la principal macroalga utilizada en la alimentación del abalón, cuando esta no estuviera en condiciones de ser extraída, por veda, por cambios en el ambiente, etc.

Por lo anterior se evaluara el crecimiento de la semilla de abalón (Etapa de pre-engorda) con una dieta natural alternativa para evaluar su efecto en el crecimiento del abalón y así disponer de una macroalga distinta a la *Macrocystis integrifolia*.

[1] Rodrigo Sepúlveda, Jefe Centro del Cultivo "Caldereta". Compañía Pesquera Camanchaca.

2. OBJETIVOS.

2.1 Objetivo general.

Evaluar el crecimiento de semilla de abalón rojo *(Haliotis rufescens)* suministrando *Lessonia trabeculata* como alternativa de *Macrocystis integrifolia*.

2.2 Objetivo específico.

- Calcular el crecimiento en talla y peso, la tasa de crecimiento, la tasa de conversión y la mortalidad de los abalones durante el ensayo.
- Determinar los costos de alimentación y de mortalidad.
- Comparar *Lessonia trabeculata* como alternativa de *Macrocystis integrifolia* para la alimentación del abalón rojo.

3. ANTECEDENTES.

3.1 De la especie.

3.1.1 Taxonomía

Reino: Animal
Phylum: Mollusca
Clase: Gastropoda
Subclase: Prosobranquia
Orden: Archeogastropoda
Suborden: Pleurotomaricea
Súper familia: Haliotidae
Género: *Haliotis*
Especie: *Haliotis rufescens*
Nombre común: Abalón rojo o abalón californiano (Hahn, 1989).

3.1.2 Descripción general.

El abalón es un molusco gasterópodo, con hábitos herbívoros que se caracteriza por tener una única concha ovalada en forma de oreja, con una serie de perforaciones u orificios alineados sobre la región correspondiente a la cavidad respiratoria.

El abalón rojo (Fig. 1) es la especie que presenta la concha más grande en estado adulto (25 a 27 cm de longitud), llegando a 1,7 kg por individuo (Hahn, 1989), siendo común de 15 a 20 cm. El tamaño comercial va entre los 8 a 10 cm. Se diferencia de otras especies por su color rojizo en su línea de crecimiento. Su hábitat es la zona intermareal y submareal, hasta los 20 m de profundidad (Sernapesca, 2007).

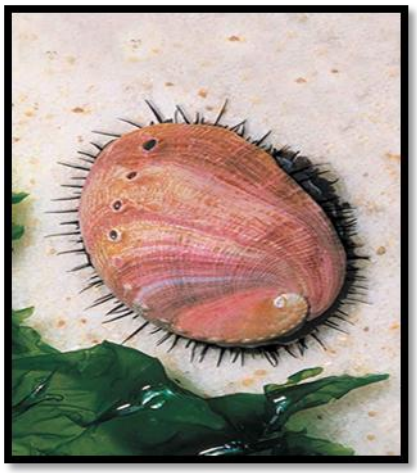


Figura 1: *Haliotis rufescens.*
Fuente: Sernapesca, 2007.

En los abalones los sexos están separados (dioicos) y con dimorfismo sexual. Las gónadas de las hembras son verde azulado y la de los machos son de café cremoso; los productos sexuales son expulsados por una serie de contracciones musculares y expulsados a través de los orificios de la concha para quedar libres en el agua del mar, donde los óvulos y espermatozoides se unen para la fecundación (Rojas, 2012). La época de reproducción cambia de acuerdo con la especie, geografía y las características fisicoquímicas del medio. El desove ocurre permanentemente todo el año en el caso del *Haliotis rufescens*, presentando peacks en periodos de primavera y otoño (Du & Guo, 1981).

3.1.3 Distribución.

El abalón rojo se encuentra nativamente en las costas del Océano Pacífico de Norte América, en aguas frías, principalmente, con temperaturas que van entre de 1 a 18°C, en costas rocosas con fuerte oleaje y mareas, estos buscan zonas más protegidas para la época de reproducción. Aparentemente la distribución de estos organismos está determinada por el tipo de sustrato, disponibilidad de alimento, época de reproducción, profundidad y posibilidades de protección (Rojas, 2012).

Las otras especies de abalón se han reportados en la costas oeste de Canadá, Estados Unidos y México, desde Alaska y las islas Aleutianas hasta Baja California; en las costas de Japón; costas de Francia, España, Italia, Yugoslavia, Grecia, Siria y Egipto en el Mediterráneo; Atlántico noroeste al norte de Francia así como en las costas de Brasil (Rojas, 2012).

3.2 Características del cultivo.

Actualmente se cultivan dos especies de abalón en Chile: *Haliotis rufescens* (abalón rojo o californiano) y *Haliotis discus hannai* (abalón verde o Enzo awabi). El abalón rojo se cultiva principalmente desde la Región de Atacama a la Región de los Lagos, mientras que el abalón verde se cultiva entre la Región de Atacama, Región de Valparaíso y la Región de los lagos (Sernapesca, 2014).

En Chile solo se puede cultivar ejemplares de un mismo sexo de abalón rojo o verde, delimitando la bahía en uso o cuerpo de agua, esto ocurre al ser una especie introducida al país (Subpesca, 2010).

3.2.1 Etapas de cultivo del abalón.

3.2.1.1 Producción de semillas.

El abalón rojo tiene un ciclo reproductivo de 3 a 4 años, comenzando con la obtención de semillas, siendo esta etapa la más importante y crítica para la operación de un centro de cultivo. Algunas empresas se han especializado y proveen de semillas a las otras empresas las cuales las compran con una talla promedio de 20 mm de longitud (Rojas, 2012).

La producción de semillas se dividen en:

- Acondicionamiento de productores.
- Inducción al desove.
- Desove.
- Fertilización artificial.
- Huevo
- Desarrollo larval.
- Fijación o post-larva.

En la producción de semillas es de suma importancia la cantidad y el tipo de materia orgánica disuelta, ya que se ha comprobado que existe absorción de importantes nutrientes a través del tejido, como aminoácidos y carbohidratos solubles por parte de las larvas (Viana, 2002).

En la etapa de postlarvas, estas se alimentan activamente de diatomeas bentónicas, cuya presencia tanto en cantidad como en calidad limita el crecimiento, además de la densidad de los organismos en cultivo. Este periodo en el desarrollo de los abalones, puede llegar a ser costoso, ya que dependerá de la alta producción de diatomeas para no tener altas tasas de mortalidad durante 6-7 meses, hasta que estos sean transferidos a la alimentación de macroalgas o dietas balanceadas. A esta edad las postlarvas deberán llegar a una talla de 6-8 mm, cuando la rádula ha adquirido una cierta dureza para poder raspar el alimento (alga) (Viana, 2002).

3.2.1.2 Pre-engorda.

Fase denominada “destete” o desfijación de placas, tiene como fin acostumbrar a los abalones a comer macroalgas. Esta etapa tiene un tiempo de duración de aproximadamente 10 meses y con una sobrevivencia de 60%.

En esta etapa, al igual que la etapa de engorda, los estanques son similares (Figura 2) y el cultivo se caracteriza por un suministro de agua con abundante flujo. La cantidad de

alimento (macroalgas) que consumen, representa alrededor del 10% diario del peso corporal, por lo que es necesario agregar a los estanques 15% del alga fresca diariamente**.**

Figura 2: Cultivo en tierra, en el norte de Chile.
Fuente: Propia.

3.2.1.3 Juveniles y engorda.

En la etapa de juveniles los abalones alcanzan una talla de 30 mm en promedio y comienzan a consumir diariamente macroalgas (alimento natural) en el orden de 10-30% de su peso corporal. La abundante entrega de alimento, se debe al alto contenido de agua y relativamente bajo contenido de proteínas en las algas. Por ello los abalones requieren grandes cantidades de algas frescas, principalmente algas laminariales, ya que la disposición de lámina facilita su alimentación (Corazani *et al*., 1998).

Los requerimientos nutricionales de esta especie obedecen al orden de 35-43% de proteínas, 40-50% de carbohidratos y 4-5% de lípidos. Si se suministra mayor cantidad de lípidos y carbohidratos afectaría negativamente al crecimiento del abalón (Fleming *et al*., 1996).Los abalones van cambiando su alimento a macroalgas. Comúnmente se alimentan con algas pardas, también en menor cantidad algas rodófitas. Esta preferencia alimentaria depende principalmente de la atracción química entre las algas y el abalón, producto de los metabolitos químicos presentes en el alga, también la textura y la dureza pueden ser factores importante (Fleming *et al.*, 1996; Durazo *et al.*, 1998), así como, los valores nutritivos del alga, relativo a su contribución al organismo en etapas de desarrollo (Illanes, et al. 1998).

En la etapa de engorda, los abalones, por el desarrollo de su rádula, se acondicionan a una alimentación intensiva de macroalgas o alimento artificial, por lo que esta es la etapa

de mayor crecimiento en tallas y en peso. En ocasiones se suministra alimento formulado (pellet), el cual está compuesto de un mix de algas, estese suministra de 1 a 3% del peso corporal diario. En esta etapa las tallas de los abalones suelen fluctuar entre 50 mm hasta la talla comercial de 80 mm.

En Chile el cultivo se realiza en estanques en tierra y suspendidos en canastos en el mar (Figura 3) en la zona norte (Bahía Inglesa) y en canastos o tambores en el mar, en la zona sur (Región de Los Lagos), el movimiento natural del mar ayuda a eliminar los desechos, mientras el alimento se provee con ayuda de buzos. La elección del sitio es vital (lugar protegido de tormentas para poder trabajar a través del año, pero con fuerte corriente para una efectiva circulación dentro del canasto o jaula).

En la engorda en tierra, los estanques son de fibra de vidrio; la mejor manera de asegurarse de un buen flujo de agua es bombeando agua de mar a tierra; además en estos estanques debe existir un sustrato donde se adosen y protejan los abalones. Actualmente se utilizan placas, de plástico. El propósito de los refugios es ofrecer la máxima superficie donde los abalones se puedan fijar y desarrollar, pero a su vez, que permitan un máximo flujo de agua (Anexo 2). El alimento es agregado todos los días de la semana, dependiendo de la disponibilidad, en estos sistemas, requiere limpieza periódica y dependiendo del alimento usado y la temperatura, esta limpieza puede ser una o dos vez por semana (Crisóstomo, 2008).

Figura 3: Canasto correspondiente al cultivo en mar, en el norte de Chile.
Fuente: Propia.

3.2.1.4 Cosecha.

Al alcanzar la talla comercial la cual va entre 80 y 90 mm. Los abalones al momento de la cosecha son llevados a la planta de procesos y dependiendo el destino son congelados, puestos en conserva, etc. Los individuos son cosechados a mano, desprendiéndose desde las placas (refugios) debido a que los abalones viven la mayor parte del tiempo fijado a estas. Los abalones que no cumplan con la talla mínima son devueltos a los estanques (Illanes, 1999).

3.2.1.5 Oxigenación.

La falta de suficiente oxígeno disuelto en el agua afecta considerablemente el cultivo intensivo de abalón, en contraste con una sobresaturación, a cual puede llegar a niveles letales. Con niveles de oxígeno entre 0,5 y 2,0 mg/l los abalones pueden presentar un comportamiento anormal e incluso niveles de stress. Es por esto que se recomienda trabajar con niveles de oxígeno entre 5-6 mg/l a un nivel de saturación de 80% de acuerdo a la tasa de consumo de oxígeno para esta especie a una temperatura de 20ºC (Hahn, 1989).

3.2.1.6 Mortalidad.

En términos generales se sabe que la mortalidad de abalones en cultivo está influenciada por factores físicos y químicos (temperatura, oxígeno disuelto, salinidad y otros) y por enfermedades infecciosas. Aproximadamente se obtienen un 11% de mortalidad en la etapa de pre engorda (Cáceres, 2000).

La mortalidad que en el cultivo se manejaba era de 15%, lo cual indica que se produjo por razones naturales. (Rodrigo Sepúlveda, com.pers., 2013).

3.3 Hábitos en la alimentación.

Los abalones viven mayoritariamente fijados al fondo marino, en el caso de los estanques de cultivo, se adosan a las paredes de éstos y para aumentar el área de superficie se utilizan placas. Para la alimentación son capaces de tomar las algas que se encuentran en el medio, levantando su cuerpo sin desprenderlo de la superficie, sujetando las algas con el manto y aprisionándolo contra el sustrato, preferentemente durante la noche ya que en este momento son más activos, posición en la que pueden permanecer durante horas mientras se alimentan. Los abalones tienen hábitos nocturnos, alimentándose desde el atardecer hasta el anochecer, el abalón rojo es capaz de sobrevivir a largos periodos de inanición, utilizando

el tejido proteico como fuente de energética para cubrir sus requerimientos de energía basal (Viana, 2002).

3.3.1 Tipos de alimento natural suministrados en el cultivo de abalón rojo en Chile

Como alimento natural se entiende aquel que el organismo consume naturalmente y que no contiene componentes de origen artificial, o sea distintos a los que a los que entrega la naturaleza.

Algunos estudios realizados por Romero (2003), en la localidad de Huelmo, cerca de Puerto Montt (Región de Los Lagos) experimentalmente suministró *Glacilaria chilensis* y una mezcla de *Glacilaria chilensis* y *Macrocystis* sp., a abalones rojo en cautiverio; con esta mezcla se obtuvieron los mejores resultados en todos y en cada índice (tipo de dieta, profundidad y frecuencia de alimentación). En cambio, en la zona norte de nuestro país los abalones se alimentan con *Lessonia* spp., *Macrocystis integrifolia* y reducidas dosis de *Ulva* sp, *Gracilaria* spp. (Ponce, 2005).

La forma de alimentar a los abalones en un cultivo es mediante la incorporación de alga fresca a: estanques (raceway), como también en líneas de canastos en la zona norte, o a los contenedores situados en el mar en la zona sur, todo en forma manual. Las macroalgas utilizadas con mayor frecuencia en los centros de cultivos de la Región de Atacama, donde se concentra los centros de cultivo de abalón rojo, son *Macrocystis integrifolia* con un 80%, Lessonia trabeculata con un 17% y la Lessonia nigrescens con un 3%, como se muestra en el figura 4.

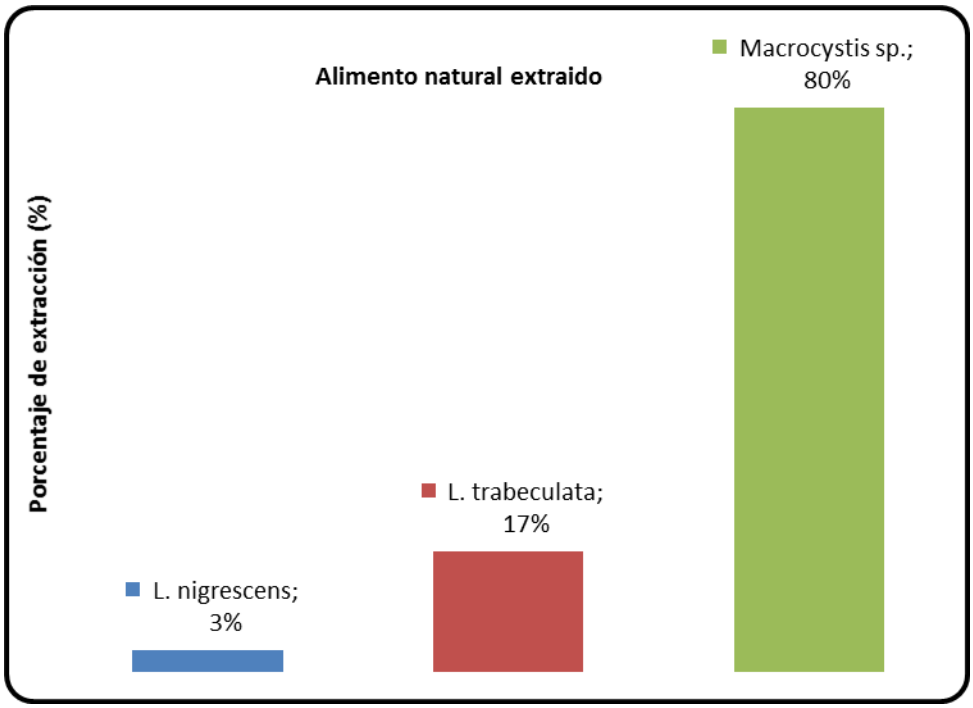


Figura 4: Alimento natural extraído (%) en los centros de cultivo de la III y IV Región del norte de Chile.
Fuente: SUB PESCA, 2011.

3.3.1.1 *Lessonia trabeculata*

Es un alga de color café a café claro, con forma de arbusto que puede medir hasta los 2 m de alto. Posee un disco adhesivo macizo, del cual emergen un número variable de estipes aplanados (de 1 a 30), que se ramifican dicotómicamente conformando hojas que sé que continúan dividiendo igual. Las hojas son planas y de forma lanceoladas, anchas, con márgenes lisos y a veces denticulados (Tapia, 2002).

Lessonia trabeculata (Figura 5) es una especie endémica de Chile, distribuida en la zona norte, proliferando en hábitats rocosos y varía en el grado de exposición a las olas y corrientes (Tala *et al.*, 2004).

Figura 5: *Lessonia trabeculata*, llamada también Huiro palo.
Fuente: Sernapesca, 2013.

Esta especie 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. Los mayores desembarques se realizan frente a las costas de la Región de Atacama, estas algas provienen de praderas de Bahía Inglesa (Figura 6), aportando 70% de la biomasa, contribuyendo en menor cantidad provenientes de Caldera, con solo 1%.

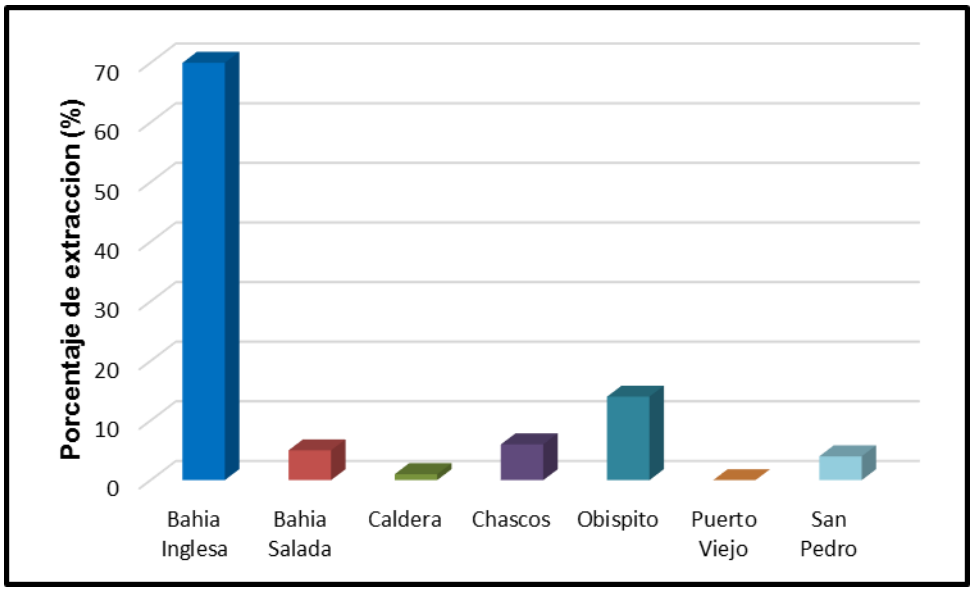


Figura 6: Lugares de extracción de *Lessonia trabeculata* en la Región de Atacama.
Fuente: SUBPESCA, 2011.

En los cultivos de la zona norte, utilizan dos tipos de macroalgas mayoritariamente; sin embargo, *Lessonia trabeculata* es la alternativa más recurrente en la alimentación de los abalones, cuando *Macrocystis integrifolia* no se encuentra disponible.

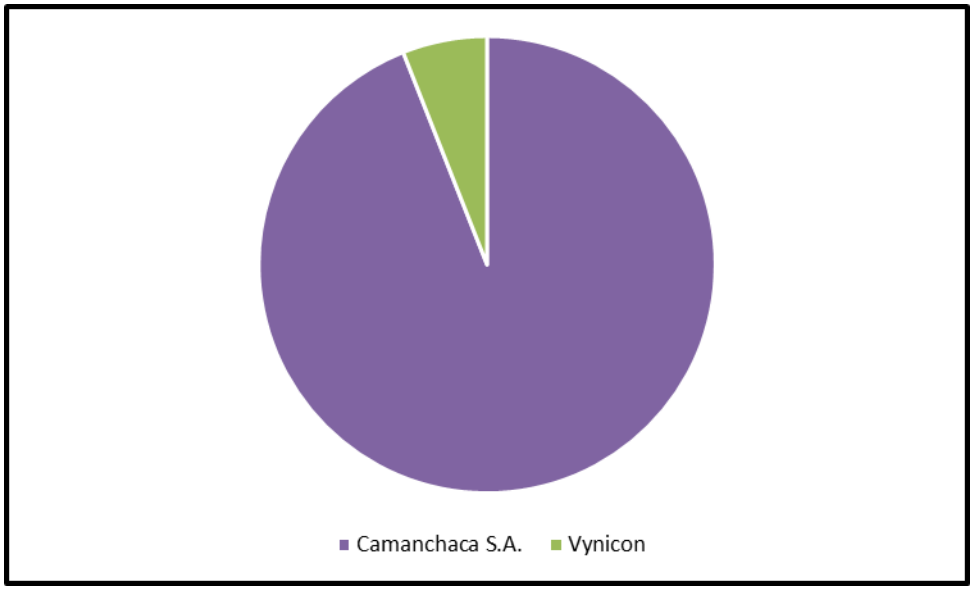


Figura 7: Consumo de la *Lessonia trabeculata* por centro de la III región.
Fuente: SUB PESCA, 2011.

Se observa que la Compañía Pesquera Camanchaca demanda una mayor cantidad *Lessonia trabeculata* para la etapa de engorda, mientras que la empresa Vinycon S.A. representa el menor consumo, esto se debe a que es una empresa emergente que se dedica básicamente a la producción de semillas de abalón. Mientras que San Cristóbal y Spinitech no utilizan esta macroalga (SUBPESCA, 2011).

Desembarque de Lessonia *trabeculata*

Los desembarques de *Lessonia trabeculata* (Figura 8) en la Región de Atacama han sufrido grandes variaciones en el transcurso de los años, en donde en los años 2003, 2004, 2009, 2010, 2011 donde se observaron los mayores niveles de extracción de este recurso, superando las 50.000 ton (SERNAPESCA, 2000-2011).

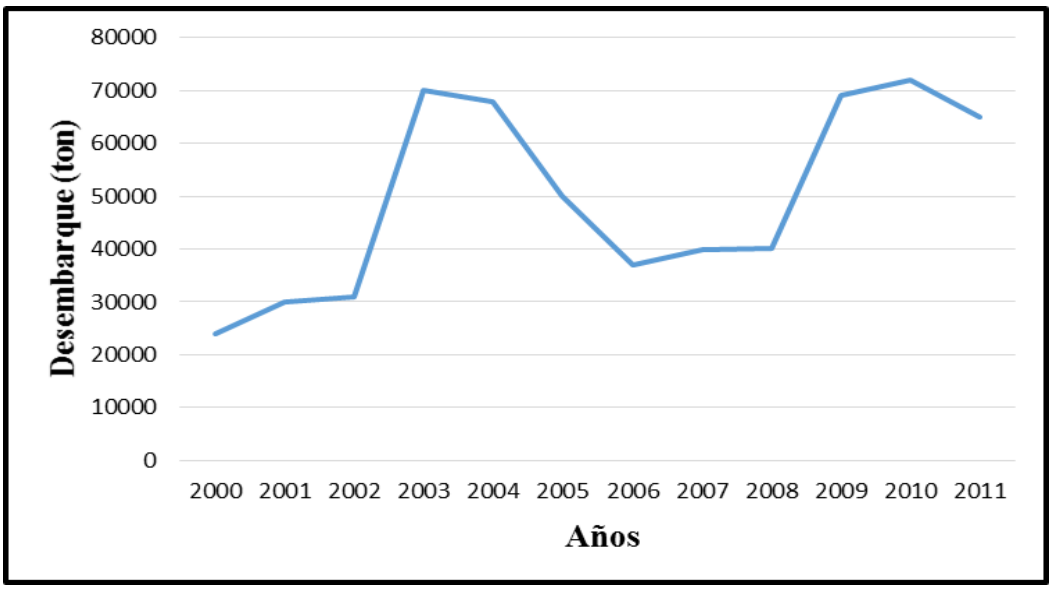


Figura 8: Desembarque de *Lessonia trabeculata* en la III región, entre 2000 y 2011. Fuente: SERNAPESCA, 2011.

En cuanto al precio de esta alga fresca, la Compañía Pesquera Camanchaca S.A. paga $ 57 el kilo en la actualidad (Rodrigo Sepúlveda, com.pers, 2013).

Restricciones de extracción

Si bien en el año 2013 se decretó una veda para el recurso *Lessonia nigrescens* en la III y IV región, en el caso de la *Lessonia trabeculata* no se ha producido este tipo de restricciones (Sernapesca, 2013).

3.3.1.2 *Macrocystis integrifolia*

Llamada comúnmente huiro (Figura 9), las plantas (esporofitos) son erectas y de gran tamaño, de color pardo amarillento. Puede alcanzar hasta 10 m de longitud. Presenta un disco adhesivo, formado por un rizoma macizo, aplanado; de sus márgenes emergen numerosos heptaterios ramificados. Las hojas son largas y angostas de superficie rugosa y márgenes levemente dentados (Tapia, 2002). Además, poseen vesículas llenas de aire (aerocistos) que les permite mantener su posición vertical. Crece desde el intermareal bajo hasta los 30 m de profundidad.

Se distribuye desde Arica hasta Concepción; en las costas de la Región de Atacama y Coquimbo, su distribución es fragmentada, con mayores concentraciones en el sector centro sur de dichas costas. El efecto del movimiento del agua (oleaje y corrientes de fondo) puede afectar significativamente la sustentabilidad de las poblaciones de esta especie (Tapia, 2002).

Figura 9: *Macrocystis integrifolia*, llamada también Huiro.
Fuente: Sernapesca, 2013.

En la Región de Atacama, las principales zonas costeras donde proviene esta especie, son el sector de Chascos (90%), Bahía Salada (7%) y praderas aledañas, donde los buzos extraen diariamente 2,5 ton en promedio.

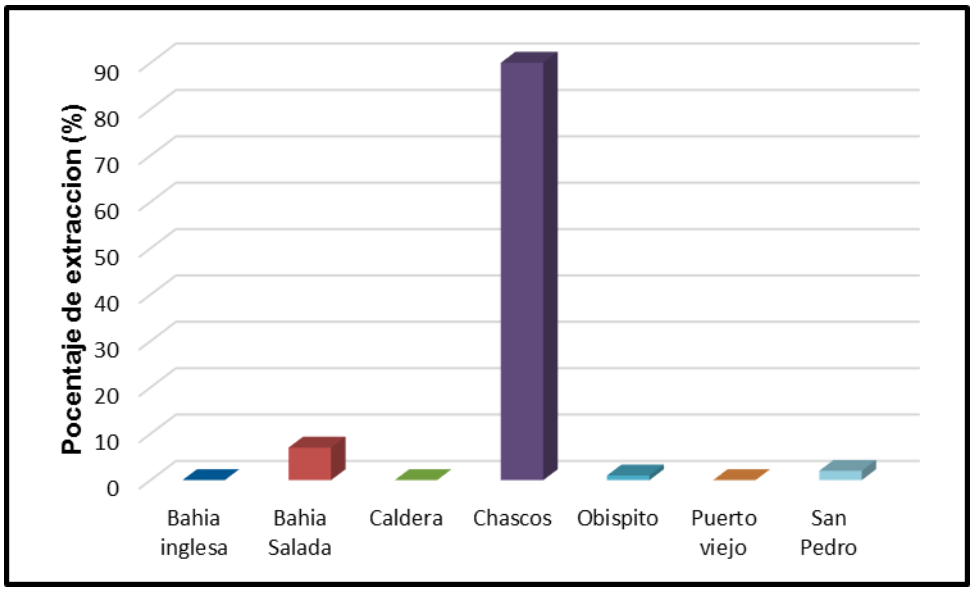


Figura 10: Lugares de extracción de *Macrosystis integrifolia* de la III región.
Fuente: Sernapesca, 2011.

En la figura 11 se muestra, al igual que *Lessonia trabeculata*, el mayor consumo de *Macrosystis integrifolia* se lo lleva la Compañía Pesquera Camanchaca con un 94%, luego con un 6% cultivos San Cristóbal.

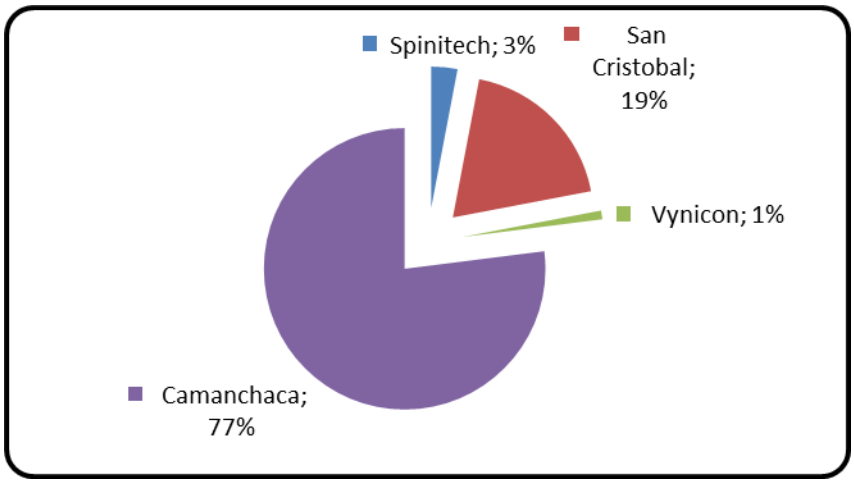


Figura 11: Consumo de *Macrosystis integrifolia* en los cultivos de la III región.
Fuente: SUBPESCA, 2011.

Desembarques de *Macrocystis integrifolia*

Durante el año 2001 al 2010, no existe una variabilidad marcada en los desembarques de *Macrocystis integrifolia* en la Región de Atacama, observando la menor producción en el año 2000 con 10.000 ton y las mayores producciones durante el año 2011 con 23.000 toneladas (Sernapesca, 2010).

En lo que respecta al precio de esta alga fresca, como alimento para abalones, la Compañía Pesquera Camanchaca paga $65 el kilo (Rodrigo Sepúlveda, com.pers., 2013).

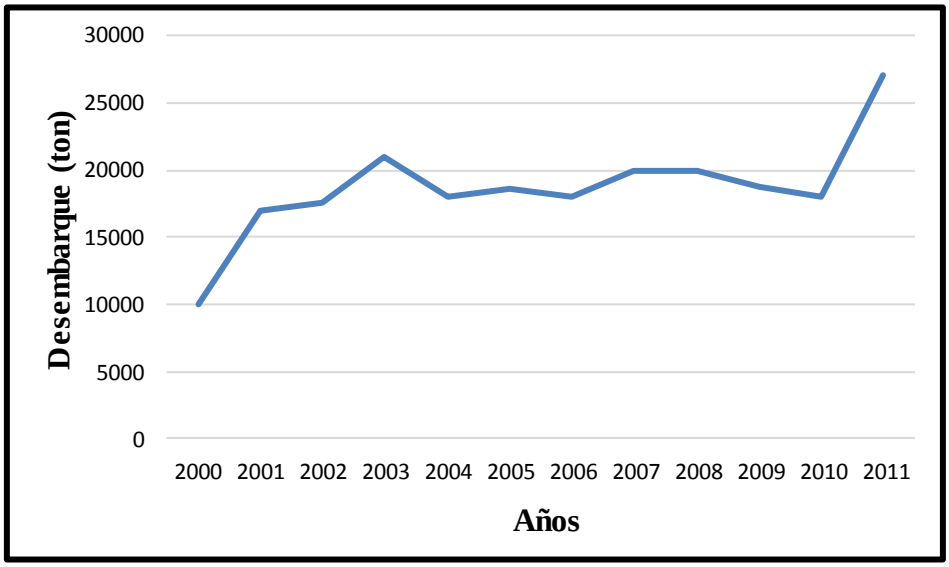


Figura 12: Desembarque de *Macrocystis integrifolia* en la Región de Atacama, entre 2000 y 2011.
Fuente: SERNAPESCA, 2000-2011.

Restricciones de extracción

En el 2013 se estableció una veda extractiva para el recurso *Macrocystis integrifolia*, en el litoral de la III y IV regiones, excepto al alga que este varada en las costas (Sernapesca, 2013)

3.3.2 Conversión del alimento.

La conversión de alimento es la cantidad de alga que se suministra, para que se obtenga un kg de carne de abalón (Crisóstomo, com.pers.[2], 2013).

"La conversión que generalmente es aceptada para estos organismos en cultivos intensivos bordea la tasa de 30:1 con alga fresca en tallas entre los de 20 y 110 mm de longitud. Sin embargo, la experiencia en Chile da valores de conversión de alga según, la época del año y el tipo de alga, es de 15:1 a 25:1" (Crisóstomo, 2008).

3.3.3 Composición nutricional

Cada una de las dietas utilizadas en la experiencia tiene distintos componentes nutricionales lo que se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1: Composición nutricional.

	Composición nutricional	
	Macrocystis sp.	*Lessonia sp*
Proteínas	15%	13%
Lípidos	34%	29%
Cenizas	1%	1%
Fibras	18%	23%
Carbohidratos	6%	7%

Fuente: Toledo et al, 2004.

Westermeier et. al., (2009) realizó una experiencia en donde se calculó el porcentaje de proteína en la zona norte del país, donde se obtuvieron valores de 15,3 y 12,5% para *Macrocystis integrifolia*. También recalca que el factor ambiental, la estacionalidad, edad y tamaño de las algas es una variable importante, ya que estas juegan un rol fundamental en la variación de los constituyentes energéticos en las macroalgas.

En una experiencia realizada por Mercer et. al., (1993) se llegó a la conclusión de que un óptimo crecimiento de abalón, los requerimiento nutricionales comprenden un 15% de proteínas, 3-5% lípidos 20-30% e hidratos de carbono sin sustancias tóxicas en las algas naturales. No obstante, otros autores describen niveles superiores al 20% de proteínas en la dieta para los algunas especies de abalones, como lo son ejemplos para *H. discus* (20%) (Ogino & Kato, 1964), *H. discus hannai* (25-30%) (Uki*et al*. 1996), en *H. kamtschatkana*

[2]Rafael Crisóstomo, jefe de área marina en universidad de atacama.

(30%) (Taylor, 1997) o para *H. tuberculata*y *H. discus hannai* (25–35%) (Mai *et al*. 1996), *H. midae* (39,5%) (Sales *et al.* 2003), 47 % (Britz, 1996), en *H. laevigata* (27.0%) (Coote *et al.* 2000).

La experiencia realizada por Viera (2005) se llevó a cabo para evaluar la similitud de tres algas rojas, *Hynea spinella*, *Hypnea musciformis* y *Gracilaria cornea*, como potencial de alimentación para el cultivo de juveniles de abalón. Las proteínas y los hidratos de carbono contenidos fueron más altos en *H. musciformis* (27% y 33%) y más baja en *G. córnea* (22% y 28%).

3.3.4 Ración diaria y frecuencia de alimentación.

La cantidad ideal suministrada a los abalones es lo que estos puedan ingerir. Si se les subalimenta existirá un crecimiento más lento, por el contrario, si se les sobrealimenta se desperdiciara alimento y se compromete la calidad del agua. Se debe alimentar a una tasa diaria del 10%-30% de su biomasa, tasa que puede variar según la temperatura del agua. También existen otras alternativas, Crisóstomo (2008), indica que "la mejor manera de determinar si los abalones están comiendo lo suficientes es ofrecer abundante alimento y luego reducir la cantidad ofertada hasta que no exista alimento no consumido".

Hay dos factores en la determinación de la frecuencia de alimentación de los abalones (Crisóstomo, 2008):

a) Disponibilidad del alimento en los centros de cultivos: básicamente este factor recae en la disponibilidad de alimento que ofrezcan los proveedores (algueros), la cual depende del estado del mar, la temporada, acceso a las zonas de extracción, entre otros.

b) Descomposición de alimento en exceso, la cual compromete la calidad del agua, que está directamente relacionado con el estado del estanque, ya sea en su temperatura y densidad de cultivo.

En época de invierno es recomendable alimentar 2 a 3 veces por semana; mientras que en época de verano, donde las temperaturas son superiores a los 17ºC, la frecuencia de alimentación se realiza en forma diaria, ya que el alga con esa temperatura se descompone rápidamente, por ende, no se puede mantener el alga más de un día en los estanques (Crisóstomo, 2008).

4. MATERIALES Y METODOS.

La experiencia se desarrolló entre el 09 de marzo del 2013 y el 19 de agosto 2013 en el centro de cultivo de abalón rojo, "Caldereta" de la empresa Compañía Pesquera Camanchaca S.A. ubicado en Bahía Inglesa, Comuna de Caldera, Región de Atacama. Este centro se encarga del cultivo completo del abalón rojo (Anexo 1). Se utilizaron 80.000 ejemplares que fluctuaron entre 20-25 mm, con un peso que varía entre 2,1-2,3 gr.

Tabla 2: Temperatura y oxígeno promedio en la experiencia.

	°C	% Sat O2
Promedio (6 meses)	15,4	96,2

4.1 Diseño experimental.

Se utilizaron dos estanques (Figura 13) de forma rectangular de fibra de vidrio, con una capacidad total de 9 m^3. Cada estanque contenía 5 unidades experimentales (Canastos), a modo de réplica, con 8.000 semillas por unidad, a cada canasto se le asignó una letra A (inicio), B, C, D, E (final) (Figura 14).

Figura 13. Inicio del estanque, pre-engorda cultivo de abalón.
Fuente: Propia.

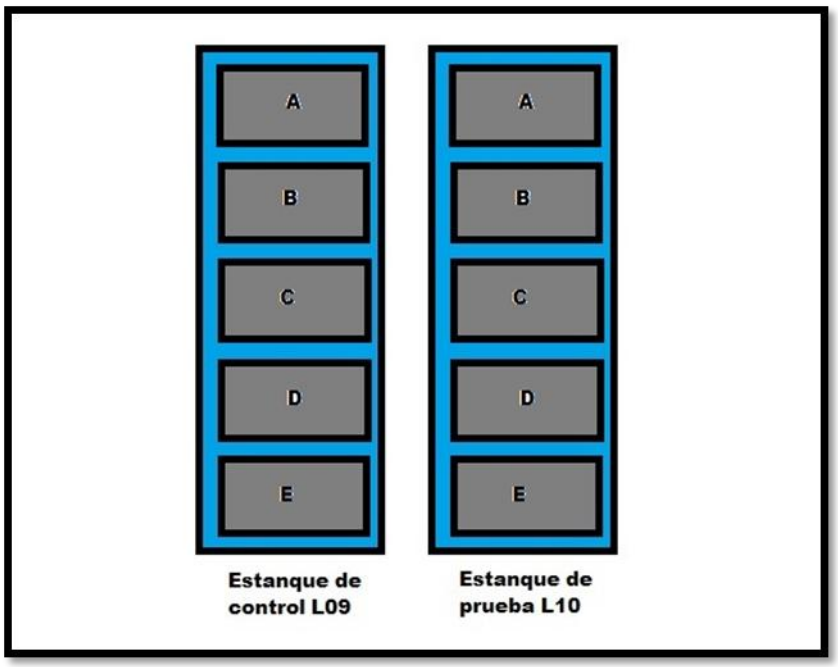


Figura 14: Esquema del diseño experimental.
Fuente: Propia.

El lavado del estanque se efectúo dos veces por semana (lunes y viernes), tratando de realizarlo en el menor tiempo posible, ya que en esta actividad el agua del estanque se vacía por completo, cortando en suministro de agua y aire. El resto de la semana no se realiza faenas de lavado ya que estos estanques poseen un sifón de auto-limpieza (Figura 15) lo que se encarga de hacer un recambio del agua y mantener las condiciones para el cultivo.

Figura 15: Salida del estanque, con sifón auto-limpiante.
Fuente: Propia.

Dentro de los canastos de los estanques de cultivo es preciso brindar la superficie para que los organismos se adhieran y con esto que el alimento solo este en la superficie. Este tipo de refugio (Figura 16), presenta las siguientes características:

- Posee seis placas en forma vertical en las cuales se atraviesan otras placas más delgadas, todas estas placas se afirman gracias a un esqueleto de PVC.
- Las placas son de DHP, de color negro. Las placas que están en forma horizontal presentan orificios aproximado de 1 pulgada de diámetro.
- Las dimensiones de este refugio son de 40 por 60 cm.
- Por cada canasto hay ocho refugios, de los cuales cuatro van en la parte inferior de los canastos y sobre estos los cuatro restantes.

Figura 16: A) Refugio con abalones fijados. B) Refugio antes de ser colocado en el estanque.
Fuente: Propia.

4.2 Alimentación

Las macroalgas se dispusieron de la siguiente manera:

Estanque 1: Alimento compuesto por *Macrocystis integrifolia* para ejemplares de abalones ubicados en el estanque L09 ubicado en la pre-engorda.

Estanque 2: Alimento compuesto por *Lessonia trabeculata* para ejemplares de abalones ubicados en el estanque L10 ubicado igualmente en la pre-engorda.

Se suministró aproximadamente 90 kg de alga a cada estanque. La frecuencia de alimentación desde un principio fue dos veces por semana. Los chinguillos de alga se pesaron cada vez que eran suministrados a los estanques, se alimentó ambas dietas al

mismo tiempo, al ir avanzando la experiencia se decidió alimentar con anterioridad (1 día y medio) el estanque alimentado con L*essonia trabeculata*, ya que esta demoraba más tiempo en ser consumida.

4.5 Muestreos.

Durante la experiencia (6 meses), se realizaron muestreos cada mes. La n muestral según los cálculos resulto ser de 1200 individuos. Sin embargo por factores de tiempo costos y manejo el tamaño de la muestra utilizada finalmente fue de 100 ejemplares de cada canasto. A los abalones se les midió el largo total (mm) con un pie de metro y se registró el peso (g) de las 100 unidades en una balanza digital (con una precisión de 0,1 gr). Esta actividad precisa realizar en el menor tiempo posible, para evitar la deshidratación de los ejemplares. Para el cálculo de n muestral se utilizó la siguiente formula:

$$n = \frac{N\sigma^2 Z^2}{(N-1)e^2 + \sigma^2 Z^2}$$

Donde:
n = el tamaño de la muestra.
N = tamaño de la población.
σ =Desviación estándar de la población que, generalmente cuando no se tiene su valor, suele utilizarse un valor constante de 0,5.
Z = Valor obtenido mediante niveles de confianza. Es un valor constante que, si no se tiene su valor, se lo toma en relación al 95% de confianza equivale a 1,96 (como más usual) o en relación al 99% de confianza equivale 2,58, valor que queda a criterio del investigador.
e = Límite aceptable de error muestral que, generalmente cuando no se tiene su valor, suele utilizarse un valor que varía entre el 1% (0,01) y 9% (0,09), valor que queda a criterio del encuestador.

4.6 Parámetros evaluados en la experiencia.

Tasa de crecimiento:

Tasa crecimiento = [(largo m – largo i) / N° de días] * 100

Incremento en peso

Porcentaje de incremento peso = (peso m – peso i) / Peso i * 100

Conversión de la dieta

Tasa de conversión= Consumo/[(peso m – peso i)*(N° abalones i - mortalidad a)]

Mortalidad

Porcentaje de mortalidad = (mortalidad / N° abalones)* 100

Dónde:
N° abalones i = números de abalones inicial.
Mortalidad a = mortalidad acumulada.
Peso i = peso promedio inicial.
Peso m = peso promedio de los muestreos.
Largo i = largo promedio inicial.
Largo m = largo promedio de los muestreos. (Rojas, 2012).

4.7 Costos de alimentación y mortalidad.

Los costos fueron evaluados según la cantidad y el precio del kg de alga. Así se podrá determinar cuál fue el costo de alimentar a los abalones durante la experiencia (6 meses).

También serán calculados los costos por mortalidad, con esto se sabrá cuanto es lo que la empresa pierde por la muerte de abalones en esta etapa.

4.8 Análisis estadísticos de los resultados

Análisis de varianza

Para el análisis estadístico de los datos de talla y peso de los abalones alimentados con las diferentes dietas, se utilizó un análisis de varianza (ANOVA).

Antes de comparar las medias, se revisó la normalidad y de homocedasticidad de las varianzas.

Hipótesis:

1. Normalidad

Ho: La talla promedio de los abalones del grupo *i*, es igual, cuando se les aplica los dos tipos de dietas. En este análisis no se utilizara este requisito ya que al ser un numero bajo de datos, este no arroja un resultado de normalidad (Sokal et al., 1998).

Donde *i* representara cada tipo de alimentación suministrada: *Lessonia* y *Macrocystis*.

2. Homocedasticidad

Ho: Varianza i son iguales, cuando se suministran los dos tipos de dietas.

Cumpliéndose estos supuestos, entonces se pueden comparar las medias de los distintos tipos de dietas usando:

Hipótesis:

Ho: No existen diferencias significativas en la talla de los abalones al utilizar las dietas basadas en alga.
H1: Existen diferencias significativas en la talla de los abalones al utilizar las dietas basadas en alga.

Ho: No existen diferencias significativas en la tasa crecimiento de los abalones, al utilizar las dietas basadas en algas.
H1: Existen diferencias significativas en la tasa crecimiento de los abalones, al utilizar las dietas basadas en algas.

Ho: No existen diferencias significativas en el incremento en peso de los abalones.
H1: Existen diferencias significativas en el incremento en peso de los abalones.

Ho: Ho existen diferencias significativas en la tasa de conversión de los abalones, al ser alimentados con las dietas basadas en algas.
H1: Existen diferencias significativas en la tasa de conversión de los abalones, al ser alimentados con las dietas basadas en algas.

Ho: No existen diferencias significativas en la mortalidad de los abalones alimentados con las dietas basadas en algas.
H1: Existen diferencias significativas en la mortalidad de los abalones alimentados con las dietas basadas en algas.

Si el diseño es balanceado, o sea, se debe cumplir la normalidad y la Homocedasticidad, entonces se puede realizar el análisis.

Para la evaluación de costos y la creación de gráficos, se utiliza el programa computacional Microsoft Office Excel y para el análisis estadístico se utilizó el programa computacional Systat 13.

5. RESULTADOS

5.1 Tallas y pesos promedios para cada tipo de alimento natural.

En la figura 17 se observa que la talla inicial de los abalones en ambos estanques es similar, 21,5 mm y que existe una tendencia al aumento en ambos grupos de abalones, ya sea alimentados con *Macrosystis integrifolia* (Estanque L09) o con *Lessonia trabeculata* (Estanque L10). Al ir avanzando en la experiencia los primeros tres meses los abalones alimentados con *Lessonia trabeculata* obtienen mayores tallas, lo cual cambia al terminar mayo. A partir de este mes los ejemplares alimentados con *Macrocystis integrifolia* alcanzaron una talla de 36,5 mm, con un 76.5 % de aumento, mientras que los alimentados con *Lessonia trabeculata* alcanzaron una talla de 34,9 mm equivalente a un aumento del 66.3%. Sin embargo, el análisis estadístico determinó que no hubo diferencias significativas (p= 0,082) en la talla durante la experiencia al alimentar con *Lessonia trabeculata* el estanque L10 y alimentar con *Macrocystis integrifolia* el estanque L09. (Anexo 5).

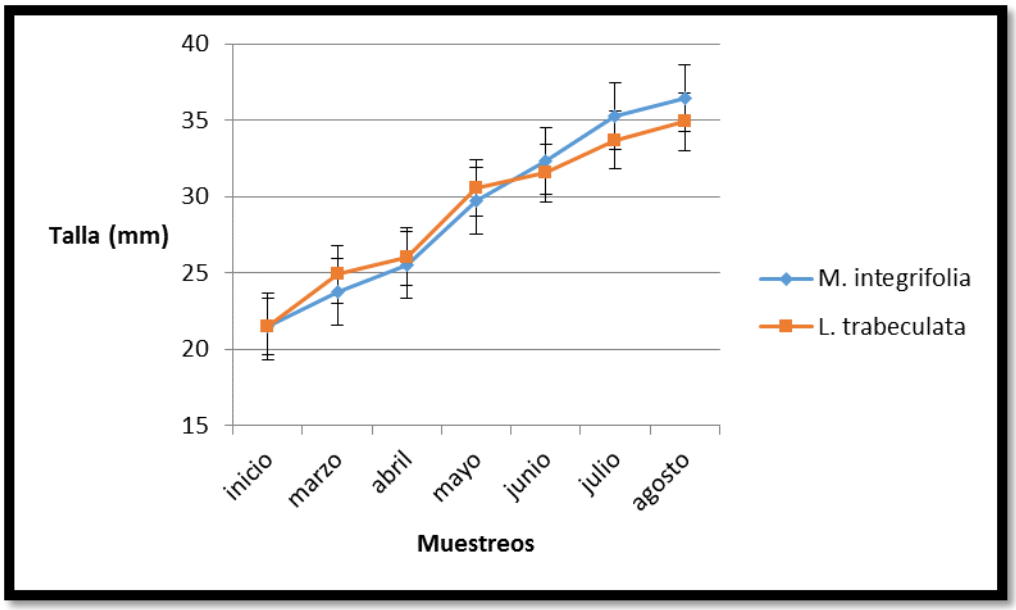


Figura 17: Tallas promedios (mm) de los dos grupos de abalones.

El ensayo se inició con un peso promedio de 1,5 gr y la tendencia de ambos grupos fue en aumento. El peso se mantuvo similar durante toda la experiencia, en el último mes los abalones alimentados con *Macrocystis integrifolia* registraron un peso de 7,3 gr promedio y mientras que en el otro grupo alimentado con *Lessonia trabeculata* se observó un peso promedio de 6,3 gr. Sin embargo, no existen diferencias estadísticamente significativas (p= 0,904) durante la experiencia para este parámetro (Anexo 5).

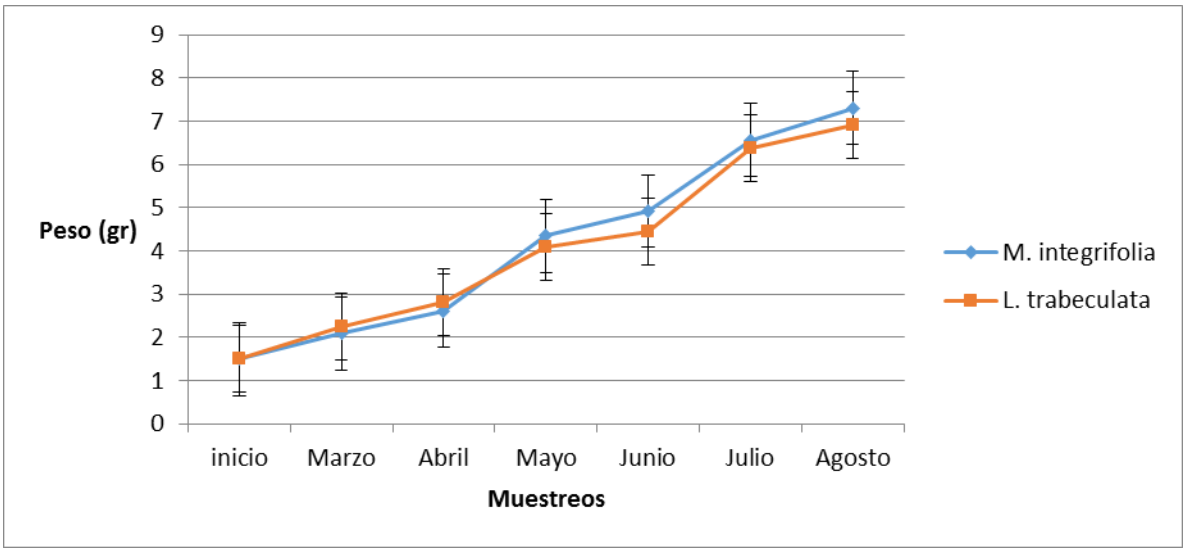


Figura 18: Pesos promedios (gr) de los dos grupos de abalones.

5.2 Tasa de crecimiento.

En ambos estanques se observa una tendencia al aumento al inicio de la experiencia, para luego disminuir desde el segundo mes hasta el final del ensayo. El análisis estadísticos de los resultados de las tasa de crecimiento evidenció que no existen diferencias significativas (p= 0,126), entre los dos tipos de macroalgas (Anexo 5).

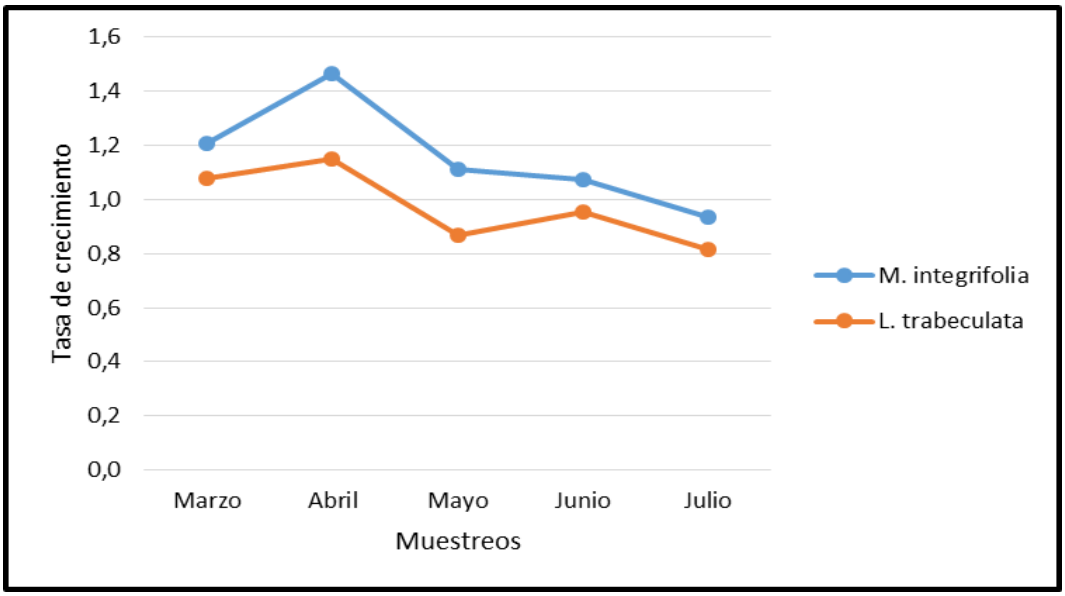


Figura 19: Tasa de crecimiento en peso, para ambos grupos.

5.3 Tasa de conversión

Para el grupo alimentado con *Macrosystis integrifolia* la tasa de conversión (Figura 20) fue de 2,39, mientras que aquellos alimentados con *Lessonia trabeculata* registraron un valor de 6,08.Para este parámetro el análisis estadístico arrojó diferencias significativas (p= 0,006) al alimentar con *Lessonia trabeculata* y con *Macrocystis integrifolia*.

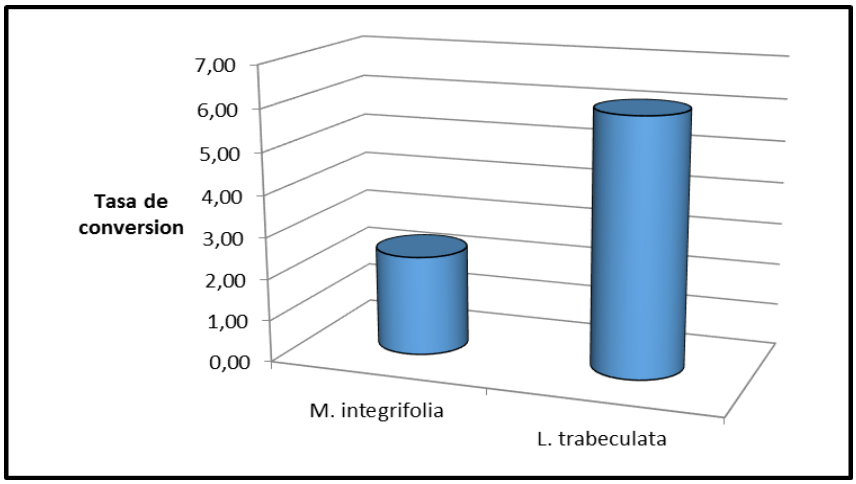


Figura 20: Tasa de conversión de los abalones.

5.4 Mortalidad.

La mortalidad fue monitoreada durante la experiencia y como se observa el estanque L10 alimentado con *Lessonia trabeculata*, fue el que obtuvo un mayor porcentaje de mortalidad en los muestreos, con un mínimo de 9% en el mes de agosto y un máximo de 24% en el mes de mayo, mientras que en el caso del estanque L09 alimentado con *Macrocystis integrifolia*, se observó un mínimo de 2% en el mes de agosto y un máximo de 14% en el mes de marzo. Se determinó que la mortalidad en ambos grupos existe una diferencia significativa (p= 0,03), demostrando que en los abalones alimentados con *Lessonia trabeculata* la mortalidad fue mayor que en el estanque L10 alimentado con *Macrocystis integrifolia*.

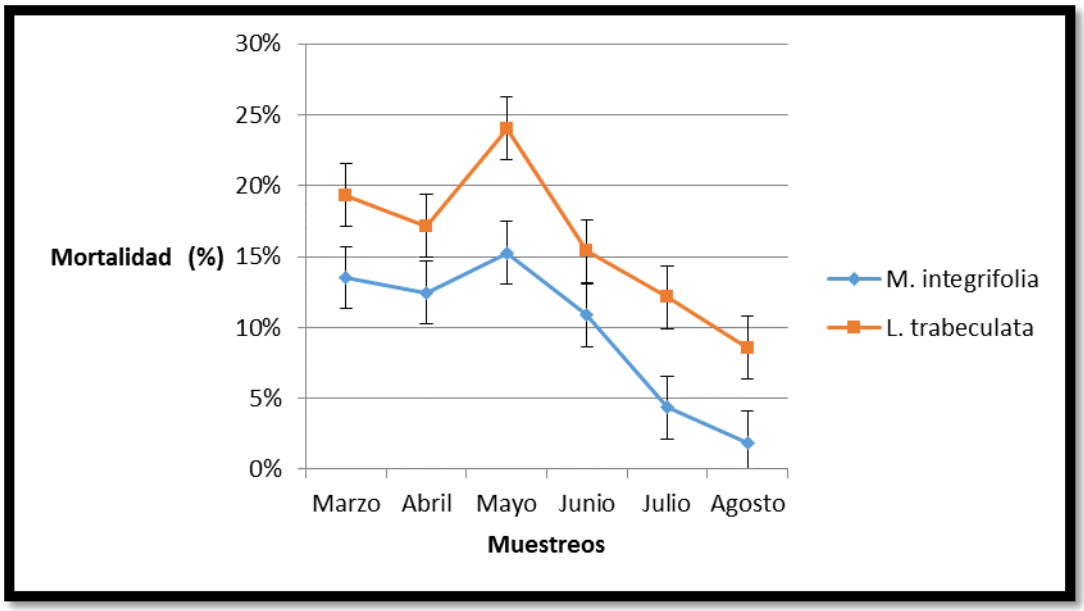


Figura 21: Mortalidad acumulada en porcentaje.

5.5 Costos de alimentación y de mortalidad.

El costo de alimentar por 6 meses con *Lessonia trabeculata* el estanque L10 y con *Macrocystis integrifolia* el estanque L09, da como resultado lo siguiente:

Tabla 3: Costo del alga en Kg.

	Cantidad alga (kg)	Precio ($) kg alga	Costo ($) alga
M. integrifolia	526	65	164.762
L. trabeculata	526	57	141.752

Según la empresa Camanchaca S.A el costo de producción por milímetro de abalón es de $ 7. En la tabla 3 se muestran los costos por mortalidad durante los meses en que se realizó la experiencia, se observa que al alimentar con *Lessonia trabeculata* se pierden$ 1.114.768 pesos, mientras que al alimentar con *Macrocystis integrifolia* se pierden $ 751.542 pesos por mortalidad.

Tabla 4: Costos en dólares por mortalidad.

	Talla mm		Mortalidad Nº		Costo por mortalidad (USD)	
Meses	*M. integrifolia*	*L. trabeculata*	*M. integrifolia*	*L. trabeculata*	*M. integrifolia*	*L. trabeculata*
inicio	21,5	21,5	3.000	4.260	778	1.105
marzo	23,8	24,9	395	790	113	238
abril	25,5	26,1	267	495	94	156
mayo	29,7	30,6	282	402	89	148
junio	32,3	31,5	203	376	72	143
julio	35,3	33,7	268	221	56	100
agosto	36,5	34,9	62	100	27	76
		Totales	4.477	6.644	1.230	1.966

1USD = $580 pesos chilenos (agosto 2014)

6. DISCUSIÓN

Durante los seis meses, en que se desarrolló la experiencia, los abalones de la mostraron un crecimiento acorde al de los abalones en el centro de cultivo "Caldereta" y el incremento en talla coincidió con los obtenidos por Corazani & Illanes (1998). Estos autores observaron que los mejores resultados de crecimiento en el abalón rojo, se lograron con dietas basadas con *Macrocystis sp.*, en comparación con otro tipo de algas como *Gracilaria chilensis* y *Ulva lactuca*. En el ensayo de Corazani & Illanes (1998) se logró un aumento del 70,4% similar a los porcentajes logrados en esta experiencia (62,3 % en *Lessonia trabeculata*, 69,7 % en *Macrocystis integrifolia*). En esta experiencia las algas utilizadas poseen un porcentaje de proteínas de entre 14 a 16% (Toledo et al, 2004) lo cual ayuda a que el abalón tenga un buen rendimiento en su crecimiento según lo recomendado por Fleming et. al. (1996), quién que llegó a la conclusión de que el alga con que se alimenta a los abalones debe tener un porcentaje de entre 13 a 30% de proteínas.

Según la investigación de Viana y Durazo (2001) el crecimiento de abalones se diferenció entre *Macrocystis integrifolia* y *Lessonia trabeculata* debido a que la dureza es mayor en el caso de *Lessonia trabeculata*, lo cual dificultó la ingesta de los juveniles. En la experiencia se evidencia que los abalones demoraron más tiempo (dos días) en alimentarse por completo de la *Lessonia trabeculata*, lo cual nos indicaría que la dureza de esta alga es mayor que la *Macrocystis integrifolia*. La eficacia de la rádula está fuertemente influenciada por la forma y la dureza del alga. La estructura morfológica de la rádula permite *Haliotis discus hannai* a pastar las hojas de *Laminaria japónica* más eficazmente que las algas filamentosas *Lemaneiformis Gellidium* y *Sargassum pallidum* (Kawamura et al, 2001). El bajo consumo de alimento de *Sargassum pallidum* puede ser causado por la tenacidad de la estipe. Durante la experiencia realizada, sólo las hojas tiernas de *Lessonia trabeculata* fueron consumidas, mientras que los estipes se descartaron, por el contrario en el caso de *Macrocystis integrifolia* solo quedo una baja cantidad de residuos de alga.

En relación a la tasa de crecimiento Capinpin & Corre (1996) demostraron que después de los 90 días de estudio, esta disminuye considerablemente con respecto al tiempo en juveniles de *Haliotis asinina.* En esta investigación este comportamiento también fue observado en los juveniles de abalones al ser alimentados tanto con *Macrocystis integrifolia* como con *Lessonia trabeculata.*

A su vez, en una investigación de 24 semanas con *Haliotis rufescens*, Westermeier (2009) observó una tasa de crecimiento de 0,49 mm por semana, sin embargo otros autores obtuvieron tasas de 0,35 mm por semana en otras especies de abalón (Guzmán & Viana, 1998). Las tasas de crecimiento bajo condiciones experimentales y/o bajo condiciones comerciales son del orden de 0,56 mm por semana (Gómez-Montes *et al.* (2003), lo que se cumple en la experiencia realizada, ya que la tasa de crecimiento diario no fue menor a los valores mencionados anteriormente, en abalones alimentados con *Macrocystis integrifolia* la tasa de crecimiento fue 0,62 mm por semana y para abalones que se alimentaron con *Lessonia trabeculata* la tasa tuvo un valor de 0,56 mm por semana. Más aun, la tasa de crecimiento lograda en la experiencia fue similar a la que se manejaba en el cultivo, la cual

es en promedio de un 2,7 mm, durante la fase de semilla (6 meses) (Rodrigo Sepúlveda, com.pers., 2013).

Los resultados de mortalidad en el estanque alimentado con *Lessonia trabeculata* fue alta en el primer mes de la experiencia, esta podría deberse a que el aparato bucal de los juveniles no estuviera lo suficientemente desarrollado como para ramonear sobre la fronda de *Lessonia.* Como se mencionó anteriormente, en la experiencia realizada por Viana y Durazo (2001), la macroalga *Lessonia* sp., tendría una dureza mayor, lo cual provocaría problemas al abalón para alimentarse de ella, ya que su rádula no estaría lo suficientemente apta para alimentarse de esta macroalga. El *peak* de mortalidad observado en el mes de mayo, para ambos grupos de abalones, se podría deber a que en ese mes ocurrieron marejadas que impidieron a los pescadores poder recolectar algas frescas, en consecuencia se utilizó como alternativa el alga varada en la playa y con cierto grado de descomposición. Lo que habría afectado calidad del agua del cultivo, incidiendo directamente a los abalones.

Los costos por alimentación fueron más bajos al alimentar con *Lessonia trabeculata* ($ 141.752 pesos), que al alimentar con *Macrocystis integrifolia* ($ 164.762 pesos). Sin embargo, al calcular el costo por mortalidad este resultó mayor al alimentar con *Lessonia trabeculata* ($ 1.158.364 pesos) que con *Macrocystis integrifolia* ($ 724.714 pesos). En consecuencia, por esta razón es preferible alimentar a los abalones desde un inicio con *Lessonia trabeculat*a o bien mezclar con *Macrocystis integrifolia*, hasta que la rádula este apta y así se evitar la inanición.

7. CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos en la experiencia, indican que con ambos alimentos el abalón crece tanto en talla como en peso, a la citada en bibliografía, sin arrojar diferencias significativas, siendo similar a la que se logra en el cultivo de la Empresa.

La tasa de conversión y la mortalidad de los abalones resultaron estadísticamente diferentes, entre las dos macroalgas utilizadas como alimento. Siendo más conveniente la *Macrocystis integrifolia* en términos de los parámetros de producción.

En consecuencia, si bien los abalones crecen con *Lessonia trabeculata*, esta no se debería utilizar en la etapa de pre engorda por la alta mortalidad que se registró a lo largo de la experiencia, lo que provocaría pérdidas monetarias importantes para la empresa.

8. BIBLIOGRAFIA

Abimar, 2012. Evaluación de biomasa y análisis del estado de explotación de las praderas naturales de algas pardas en zonas de libre acceso de la III y IV Región. Informe pre-final.

Britz P.J., 1996. Effect of dietary protein level on growth performance of South African abalone *Haliotis midae*, fed fish meal based semi-purified diets. Aquaculture 140: 55–61.

Cáceres, J. 2000. Enfermedades de los abalones. En: Seminario: El cultivo del abalón en Chile, situación actual y perspectivas, Fundación Chile. Puerto Montt, Chile.

Capinpin, E. & K. Corre. 1996. Growth rate of the Philippine abalone, *Haliotis asinine* fed an artificial diet and macroalgae. Aquaculture, 144 (1-3): 81-89.

Coote A., Hone P.W., Van Barneveld, R.J. & G.B. MAGUIRE, 2000. Optimal protein level in a semipuried® diet for juvenile green lip abalone *Haliotis laevigata*. Aquaculture Nutrition 6: 213-220.

Corazani, D. & J.E. Illanes. 1998. Growth of juvenile abalone, *Haliotis discus hannai* Ino 1953 and *Haliotis rufencens.* Swainson 1822, feed with different diets. J. Shellfish Res., 17 (3): 663-666

Correa, T, Flores, R, Gutierrez, A, Buschman, A, & Cornejo, P. 2002. Cultivo industrial de *Macrosystis pyrifera* para alimento del abalón rojo *Haliotis rufescens* en el sur de chile. Centro de investigación y desarrollo de recursos y ambientes costeros. Universidad de los lagos.

Crisóstomo, R. 2008. Descripción de los aspectos más relevantes del cultivo de abalón en los principales países productores del mundo y su aplicación al cultivo de abalón rojo "*Haliotis rufencens*" en Chile. Tesis Departamento de Acuicultura. Universidad Católica del Norte, 75 pp.

Durazo, E. & M. Viana. 2001. Efecto de la concentración de agar, alginato y carregenano en la estabilidad, dureza y lavado de nutrientes en alimentos en alimento balanceados para adulón. Ciencias Marinas, 27 (01): 1-19.

Enríquez, R. & R. Villagrán. 2008. La Experiencia del desarrollo del cultivo del abalón (*Haliotis spp.*) en Chile: oportunidades y desafíos. Rev. Sci. tech. Off. Int. Epiz. 27 (1): 103-112

Fleming, A., R. Van Barneveld& P. Hone. 1996. The development of artificial diets for abalone: a review and future directions. Aquaculture, 140 (1-2): 1-53.

Gomez-Montez, L., Garcia-Esquivel, Z., DV Aabramo, L.R., Shimada, A., Vasquez-Pelaez, C., Viana, M.T., 2003. Effect of dietary protein: energyratio on intake, growth and metabolism of juvenile green abalone *Haliotis fulgens*. Aquaculture, 220, 769–780.

Guzman, J.M., Viana, M.T., 1998. Growth of abalone Haliotis fulgens fed diets with and without fish meal compared to a commercial diet. Aquaculture, 165, 321– 331.

Godoy, M. 2002. Programa de manejo sanitario. Su importancia en la gestión productiva de moluscos. Servicio de Ictiopatología. Aquasur, Conferencia internacional. Aquagestión y Fundación Chile, 54 pp.

IFOP. 2000. Estrategias de explotación sustentable algas pardas en la zona norte de Chile. Informe Final FIP Nº 2000-19.

Illanes, 1999. Tecnología de Cultivo en Hatchery de Semillas de Abalón Japonés. Taller*: "Cultivo de Abalón Japonés"*. En el marco del Proyecto Fondef D96-I1102. Universidad Católica del Noreste de Coquimbo. La Serena. Chile.

Kawamura, T., Takami, H., Roberts, R.D., Yamashita, Y., 2001. Radula development in abalone Haliotis discus hannai from larval to adult in relation to feeding transitions. Fish. Sci. 67, 596– 605.

Mai, K., Mercer, J.P., Donlon, J., 1996. Comparative studies on the nutrition of two species of abalone, Haliotis tuberculata L. and Haliotis discus hannai Ino. IV. Optimum dietary protein level for growth. Aquaculture, 136: 165-180.

Mercer, J.P., Mai, K.S., Donlon, J., 1993. Comparative studies on the nutrition of two species of abalone, *Haliotis tuberculata Linneaus* and *Haliotis discus hannai*. I. Effects of Algal Diets on Growth and Biochemical Composition. Invert. Reprod. Dev., vol. 23, pp. 75–88.

Moyano, A. 1997. Estudio descriptivo de tres productos anestésicos en Salmón del Atlántico (Salmo Salar). Facultad de Ciencias Veterinarias Instituto de Patología Animal Ictiopatología, Universidad Austral de Chile.

Ogino, C., Kato, N., 1964. Studies on the nutrition of abalone – II. Protein requirements for growth of abalone, Haliotis discus Reeve with artificial diets. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 29: 691-694.

Ortiz, J. 2011. Composición Nutricional y Funcional de Algas Pardas Chilenas *Macrocystis pyrifira y Durvillaea* antárctica. Laboratorio de Química y Análisis de Alimentos, Departamento de Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química. Universidad de Chile. 17 – 25 pp.

Ponce, **C. 2005.** Comparación, a nivel de perfil económico la utilización de microalgas nativas versus dietas balanceadas como aliento para abalón rojo *(Haliotis rufescens).* Tesis, Escuela de Ciencias del Mar, PUCV, Valparaíso**,** 60 pp.

Rojas, P. 2012. Evaluación de la sustitución de alimento natural por alimento balanceado como una nueva alternativa de alimentación para el cultivo del abalón rojo (*Haliotis rufescens)*, en etapa de engorda. Proyecto para optar al título de Ingeniero Acuicultor. Valparaíso. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Recursos Naturales. 9 – 21 pp.

Romero, F. 2003. Diseño de un plan de manejo alimentario para el cultivo de abalón rojo *(Haliotis rufescens*). Tesis, Escuela de Ciencias del Mar, PUCV, Valparaíso, 53 pp.

Sales J., Truter P. J., Britz P. J., 2003. Optimum dietary crude protein level for growth in South African abalone (*Haliotis midae*). Aquaculture Nutrition 9: 85–89

Santelices, B.1982. Bases biológicas para el manejo de ***Lessonia nigrescens*** (*Phaeophyta*; Laminariales) en Chile central. Monografías Biológicas (Chile). 2: 135-150.

Taller cultivo de moluscos, 2013. Universidad Católica de Norte. Uso de dietas balanceadas en cultivo de abalón. Abalones chile S.A. [http://www.acuiculturaucn.com/wp-content/uploads/2012/07/Alimentacion-Abalones-Taller-Moluscos-UCN-Victor-Tapia.pdf]. Revisado: 24 junio 2014.

Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA). Anuario Estadístico de Pesca, año 1998 al 2012.

Sokal, R.R. 1998. Biometry. Freeman and Co. 776 pp.

Subsecretaría de Pesca (SUBPESCA). 2007. Pesca de Investigación. Informe técnico. Caracterización de la pesquería de algas pardas de las regiones I a IV, 2005-2007.

Subsecretaría de Pesca (SUBPESCA). 2010. Informe sectorial. Medidas Administrativas para la especie del genero Lessonia (*Lessonia nigrescens, Lessonia trabeculata*) en zona de libre acceso de las regiones de los ríos y lagos.

Subsecretaria de pesca (SUBPESCA), 2010. D.S. N° 268-2010 Modifica D.S. N° 231-05 Establece condiciones Especiales para el Cultivo de Abalón rojo y Abalón verde. (FDO 10-01-2011)

Tala, F., M. Edding& J. Vásquez, 2004. Aspects of the reproductive phenology of the *Lessonia trabeculata* (Laminariales: *Phaeophyceae*) from three populations in Northern Chile. J. Mar. Freshw. Res., 38: 255-266.

Tapia, L. 2002. Guía de biodiversidad Volumen I: Macrofauna y algas marinas. Departamento de Acuicultura, Facultad de Recursos del Mar, Universidad de Antofagasta, 23-24.

Taylor, B., 1997. Abalone nutrition: Optimal protein level in artificial diets for *Haliotis kamtschatkana*. J. Shell fish Res., 11: 556.

Toledo, M.I. M. Avila, G. Olivares & A. Manríquez. 2004. Generación de fuentes alternativas de materias primas para la alimentación de especies acuícolas, basadas en productos algales: I Peces. Informe final proyecto FONDEF.

Uki, N., Kemuyama, A., Watanabe, T., 1986. Optimum protein level in diets for abalone. Bull. Japan Soc. Sci. Fish., 52: 1005-1012.

Vásquez, J. 2008. Proyecto Fip nº 2005-22, Informe final, Bases ecológicas y evaluación de usos alternativos para el manejo de praderas de algas pardas de la III y IV regiones. Universidad católica del norte. Departamento de Biología Marina.

Vásquez, J. 2004. Evaluación de la biomasa de macroalgas pardas ("huiros") en la costa de la III y IV Región, norte de Chile. Informe final pesca de investigación. Comité de Productores de Algas Marinas (COPRAM) de la Sociedad Nacional de Pesca (SONAPESCA).

Viana, M. 2002. Avances en la nutrición, fisiología digestiva y metabolismo del abalón. Instituto de Investigaciones Oceanográficas, Universidad Autónoma de Baja California, California.

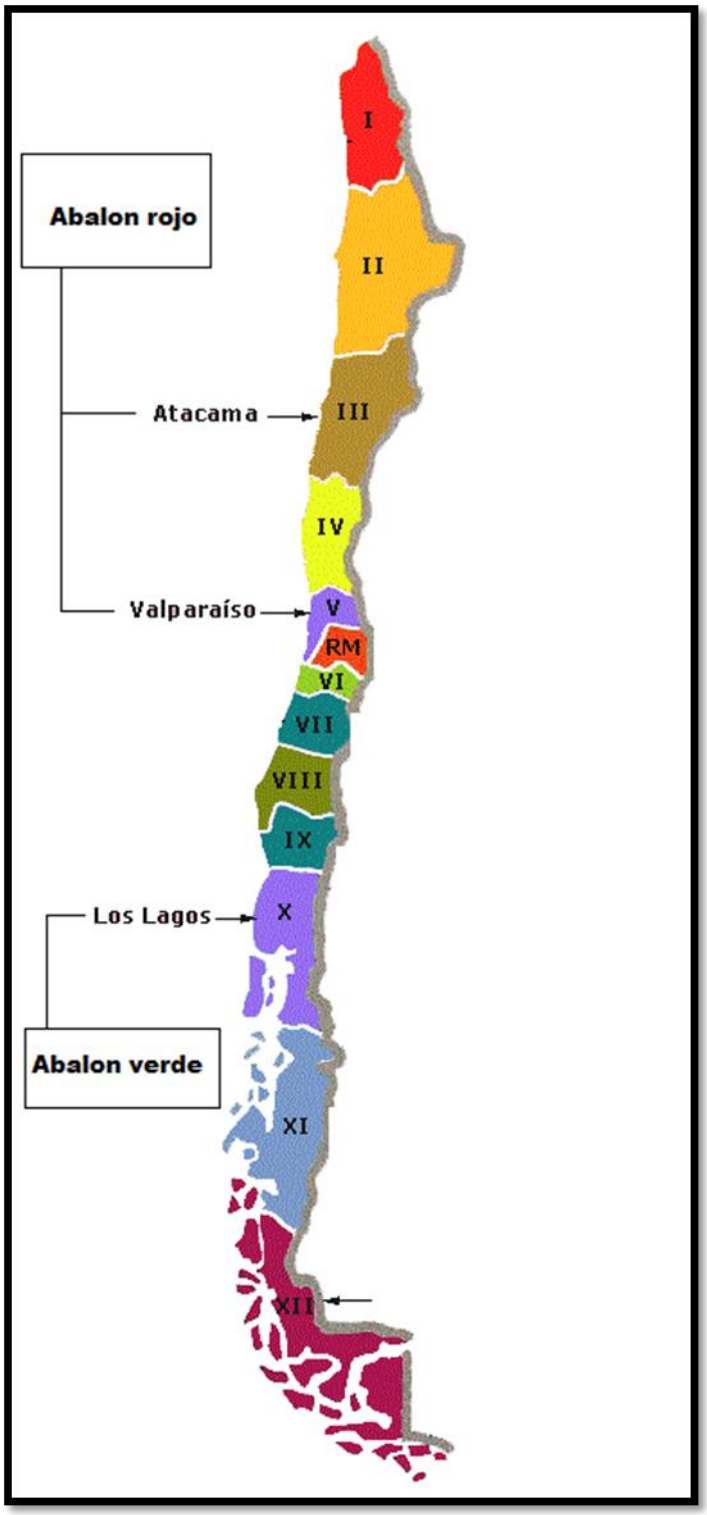
Westermeier, R., Muñoz, L., 2009. Variedades mejoradas de *Macrocystis pyrifera* y *Macrocystis integrifolia* y la su utilización en la alimentación del abalón rojo (*Haliotis rufescens)*. Proyecto para optar al título de Ingeniero Acuicultor. Universidad Austral de Chile. Escuela de Acuicultura y Pesquerías. 15 -27 pp.

9. ANEXO

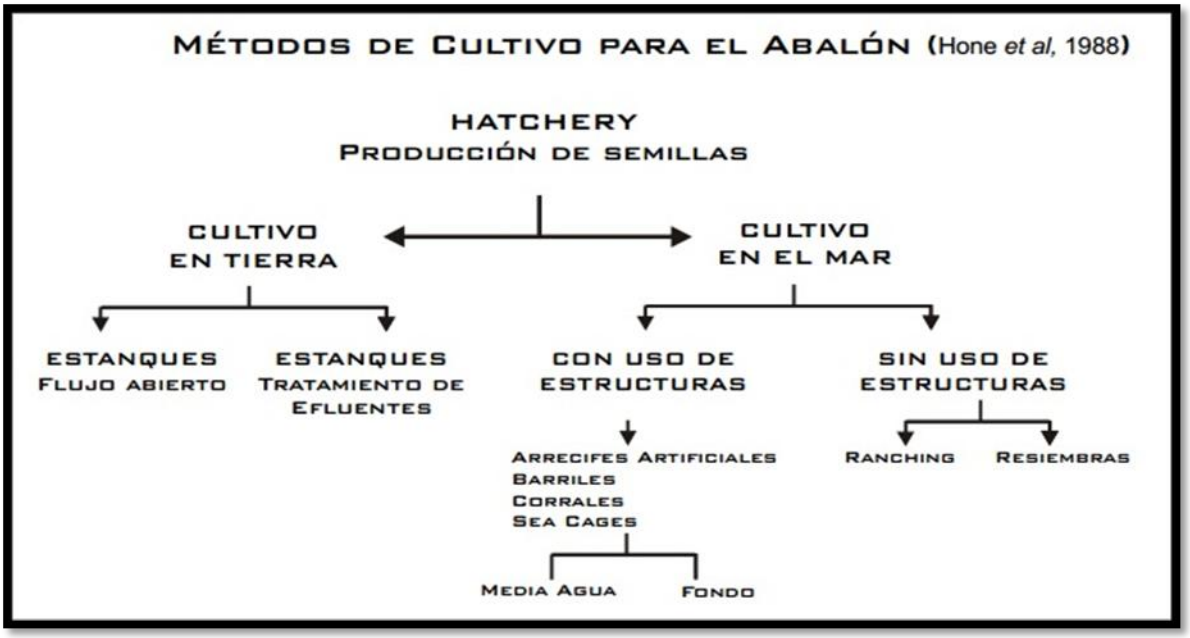
Anexo 1: Ubicación geográfica del centro.

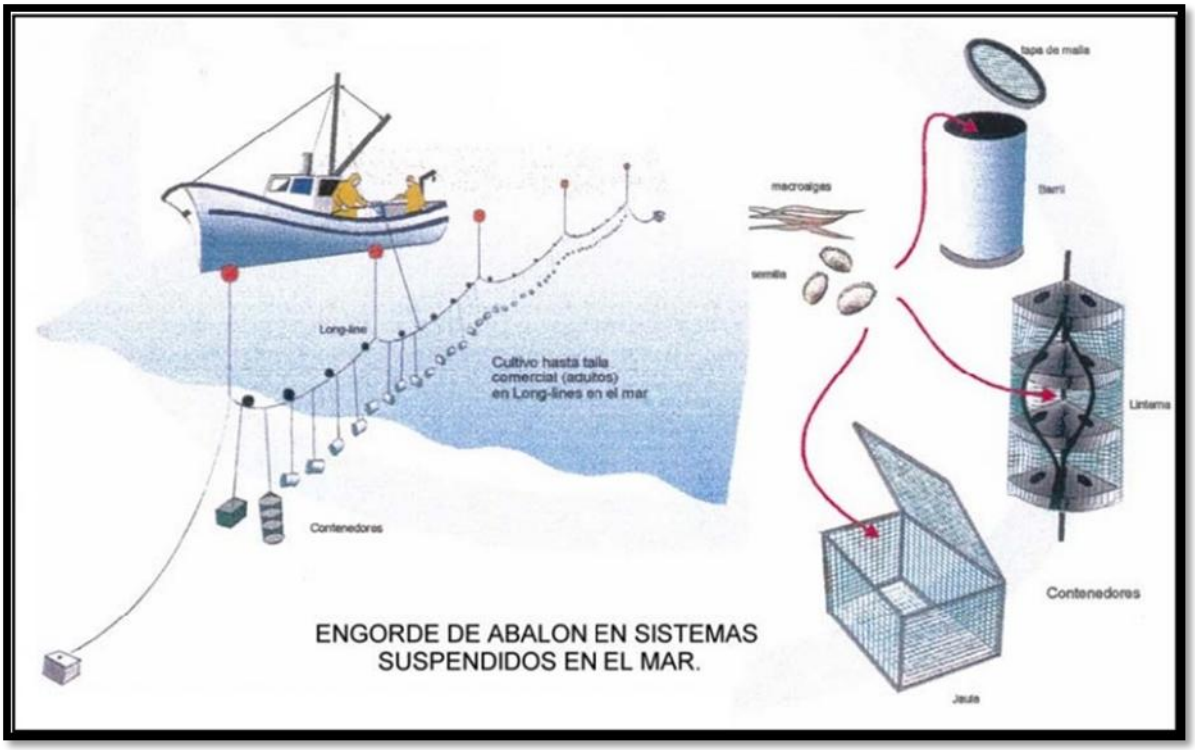
El centro Caldereta de la Empresa Camanchaca S.A se encuentra ubicada en la III Región de Atacama. El cultivo lleva su nombre por el lugar donde se encuentra ubicado. Sus coordenadas son Latitud: -27.087897° y Longitud: -70.861775°.

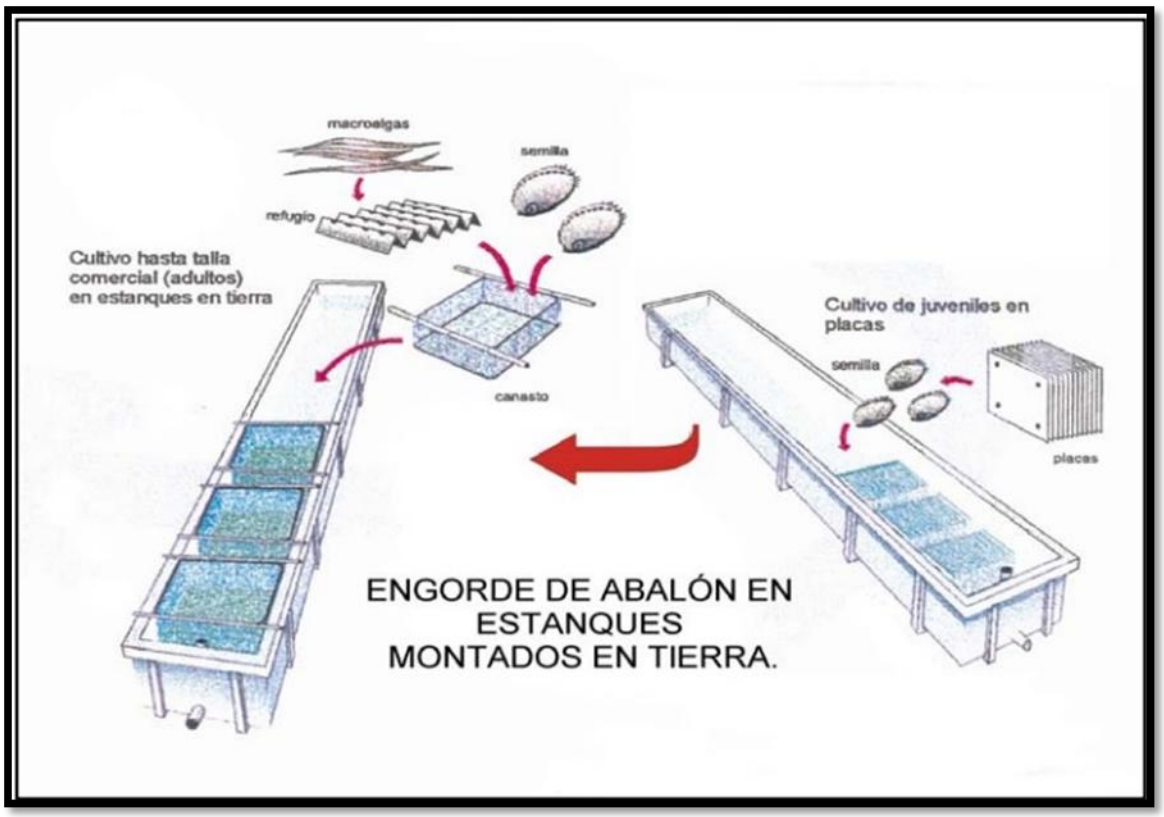
Anexo 2: Regiones en Chile donde hay cultivos de abalón.



Anexo 3: Métodos de cultivo






macroalgas
semilla
refugio
Cultivo hasta talla comercial (adultos) en estanques en tierra
canasto
Cultivo de juveniles en placas
semilla
placas
ENGORDE DE ABALÓN EN ESTANQUES MONTADOS EN TIERRA.

Anexo 4: Resumen de datos extraídos en los muestreos.

Datos de Crecimiento talla (mm), peso (gr), tasa crecimiento, tasa conversión y mortalidad.

Tabla 1: Datos de talla (mm).

Meses	M. integrifolia	L. trabeculata
inicio	21,5	21,5
marzo	23,8	24,9
abril	25,5	26,1
mayo	29,7	30,6
junio	32,3	31,5
julio	35,3	33,7
agosto	36,5	34,9

Tabla 2: Datos de pesos (gr).

Meses	M. integrifolia	L. trabeculata
inicio	1,5	1,5
Marzo	2,1	2,3
Abril	2,6	2,8
Mayo	4,3	4,1
Junio	4,9	4,4
Julio	6,6	6,4
Agosto	7,3	6,9

Tabla 3: Datos tasa crecimiento en peso.

Meses	*M. integrifolia*	*L. trabeculata*
Marzo	1,21	1,08
Abril	1,46	1,15
Mayo	1,11	0,87
Junio	1,08	0,95
Julio	0,93	0,82

Tabla 4: Datos tasa de conversión.

		M. integrifolia	L. trabeculata
peso gr	peso inicial	2,1	2,3
peso gr	peso final	7,3	6,9
	Numero individuos	8000	8000
	Consumo (alimento entregado)	438	438
	Mortalidad	4477	6434
	Tasa Conversión	0,024	0,061
		2,39	6,08

Tabla 5: Datos mortalidad.

	Estanques	
Meses	M. integrifolia	L. trabeculata
Marzo	14%	19%
Abril	12%	17%
Mayo	13%	24%
Junio	11%	16%
Julio	4%	12%
Agosto	2%	9%

Anexo 5: Tablas ANOVA del análisis de crecimiento:

Tabla 6: Talla (mm)

Analysis of Variance					
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F ratio	P-value
ESTANQUE	119,286	1	119,286	3,032	0,082
Error	235.970,30	5.998	39,341		

Tabla 7: Peso (gr)

Analysis of Variance					
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F ratio	p-Value
ESTANQUE	0,07	1	0,07	0,015	0,904
Error	54,993	12	4,583		

Tabla 8: Tasa crecimiento

Analysis of Variance					
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-Ratio	p-Value
ESTANQUE	0,086	1	0,086	2,923	0,126
Error	0,235	8	0,029		

Tabla 9: Tasa conversión

Analysis of Variance					
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F ratio	p-Value
Estanque	0,185	1	0,185	14,016	0,006
Error	0,105	8	0,013		

Tabla 10: Mortalidad

Analysis of Variance					
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F ratio	p-Value
Regression	744.312,66	1	744.312,66	6,907	0,03
Residual	862.074,46	8	107.759,31		