PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE VALPARAISO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
ESCUELA CIENCIAS DEL MAR

Evaluación de la sustitución de alimento natural por alimento balanceado como una nueva alternativa de alimentación para el cultivo del abalón rojo (*Haliotis rufencens)*, en etapa de engorda

Proyecto para optar al titulo de Ingeniero Pesquero

por

Pía Daniela Rojas Pizarro

Valparaíso
2012

Comité de Titulación:

Profesor Guía:	Sra. María Isabel Toledo Donoso
Profesor:	Sr. Patricio Arana Espina
Profesor:	Sr. Guido Plaza Pastén

AUTORIZACIÓN DE USO

Al representar este Proyecto como último requisito para la obtención del título de Ingeniero Pesquero, autorizo a la biblioteca de la Escuela 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 para fines académicos.

_____

Pía Daniela Rojas Pizarro

A mi queridos padres, hermana y,
en especial, a mi hijo.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar mi inmensa gratitud a todos aquellos que con su apoyo hicieron posible el desarrollo de 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 Eliana Fellmer, Jefa de Departamento de Control y Estadística, Juan Carlos Orellana, Jefe de Centro Tres Quebradas, y Rafael Crisóstomo, Jefe de Proyecto abalón.

A mi profesora guía, Dr. María Isabel Toledo, 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: Patricio Arana E. y Guido Plaza P., por sus críticas, recomendaciones, por su tiempo y dedicación en la revisión y análisis.

A mi profesor Eleuterio Yáñez R. por su disposición, los consejos, el apoyo y el ánimo que me brindo, sobre todo en esta última etapa.

A mi familia, especialmente a mis padres Amanda y Leandro, gracias por su dedicación, su apoyo, cariño incondicional, por motivarme y recordarme día a día que siempre hay que terminar lo que se comienza. A mi hermana Karen por todo el cariño y apoyo brindado. Y por supuesto, no puedo dejar de mencionar a mi hijo, Vicente Eloy, que desde el primer día de su vida ha sido mi compañero más leal.

A Jorge Ramos, por apoyarme en esta última etapa de mi trabajo, pero una de las primeras etapa de vida juntos; por tu contención, voluntad, animo y amor incondicional.

A mis compañeros, y porque no decirlo, mis amigos de la Universidad por todos los momentos compartidos, paseos, juegos, carretes, estudios y todas aquellas caminatas a la hélice.

CONTENIDOS

	Pág.
Comité de Titulación	i
Autorización de uso	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimientos	iv
Contenidos	v
Listado de figuras	vii
Listado de tablas	viii
Resumen	1
Abstract	2
1. Introducción	3
2. Objetivos	4
2.1. Objetivo general	4
2.2. Objetivos específicos	4
3. Revisión bibliográfica	5
3.1. De la especie	5
3.1.1. Taxonomía	5
3.1.2. Generalidades	5
3.1.3. Distribución	6
3.2. Cultivo de abalón en Chile	6
3.2.1. Etapas de cultivo del abalón	7
3.3. Alimentación	9
3.3.1. Hábitos de alimentación	10
3.3.2. Tipos de alimentos	10
3.3.2.1. Alimento natural	10
3.3.2.1.1. *Lessonia trabeculata*	10
3.3.2.1.2. *Macrocystis integrifolia*	13
3.3.2.2. Alimento artificial	16
3.3.3. Conversión del alimento	19
3.3.4. Consumo	19
3.3.5. Frecuencia	20
3.4. Factores que influyen el crecimiento y sobrevivencia del abalón durante el cultivo	21
3.4.1. Nutrición y alimentación	21
3.4.1.1. Larvas y post- larvas	21
3.4.1.2. Juveniles y engorda	21

Pág.

3.4.2. Enfermedades 22
3.4.2.1. Síndrome de marchitamiento 22
3.4.2.2. *Vibriosis* 22
3.4.2.3. *Labyrinthuloides* 23
3.4.2.4. *Coccidiosis* 23
3.4.2.5. *Polydora* 23
3.4.3. Oxigenación 24

4. Materiales y Métodos 25
4.1. Estanque y refugio 25
4.2. Tipos de dieta 26
4.3. Frecuencia 27
4.4. Consumo 27
4.5. Lavado de estanque 28
4.6. Muestreos biológicos 28
4.7. Análisis de la información 29
4.7.1. Tasa de crecimiento 29
4.7.2. Incremento en peso 29
4.7.3. Conversión de la dieta 29
4.7.4. Mortalidad 29
4.7.5. Porcentaje de enfermedades y malformación de la concha 30
4.7.6. Definición del protocolo de alimentación 30
4.7.7. Análisis estadístico de los resultados 30

5. Resultados 32
5.1. Tallas y pesos promedios 32
5.2. Tasa de crecimiento 32
5.3. Incremento en peso 33
5.4. Porcentaje de incremento en peso 34
5.5. Conversión de la dieta 34
5.6. Mortalidad 35
5.7. Porcentaje de enfermedades y malformación de la concha 36
5.8. Protocolo de alimentación para abalones 37
5.9. Análisis estadísticos de los resultados 38

6. Discusión 40

7. Conclusión 42

8. Referencias bibliográficas 43

9. Anexos 48

LISTADO DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1	*Haliotis rufescens*	5
Figura 2	Cultivo de abalón en tierra en el norte de Chile	8
Figura 3	Cultivo de abalón en el sur de Chile	9
Figura 4	*Lessonia trabeculata*, llamado huiro palo	11
Figura 5	Variación porcentual de la procedencia de *L. trabeculata* en la Región de Atacama.	11
Figura 6	Consumo porcentual de la *L. trabeculata* por los centros de abalón de la Región de Atacama.	12
Figura 7	Desembarque de *L. trabeculata* en la Región de Atacama, entre los años 2000-2007	13
Figura 8	*Macrocystis integrifolia*	14
Figura 9	Variación porcentual de la procedencia de *Macrocystis integrifolia* de la Región de Atacama.	14
Figura 10	Consumo de *M. integrifolia* en los centros de cultivos de abalones en la Región de Atacama.	15
Figura 11	Desembarque de *M. integrifolia* en la Región de Atacama, entre los años 2000-2007.	16
Figura 12	Pellet tipo Dieta Engorde	18
Figura 13	Ejemplares de abalones con *Polydora* sp.	23
Figura 14	Estanque. a) canastos A, B y C; b) los siguientes canastos D, E y F; c) inicio del estanque y d) final de estanque.	25
Figura 15	Refugio utilizados para la alimentación con dietas balanceadas	26
Figura 16	Tallas promedios (mm) y pesos (g) para cada tipo de dieta	32
Figura 17	Tasa de crecimiento mensual para los tres tipos de dietas	33
Figura 18	Incremento en gramos del peso de los abalones alimentados con los tipos de dietas	33
Figura 19	Incremento porcentual de peso	34
Figura 20	Tasa de conversión acumulada	35
Figura 21	Mortalidad acumulada en porcentaje	35
Figura 22	Porcentajes promedios de pié chico	36
Figura 23	Aparición de individuos promedios con *Polydora* sp.	36
Figura 24	Individuos rechazados con los distintos tipos de dietas	37

LISTADO DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Composición proximal de alimento natural, *Macrocystis* sp. y dietas balanceadas en base seca	19
Tabla 2	Resumen de las enfermedades del abalón rojo	24
Tabla 3	Muestreo inicial	28
Tabla 4	Cantidad de pellet (Tipo engorde) y alga (*Macrocystis* sp.*)* utilizados durante la experiencia	38

RESUMEN

Esta experiencia surge ante la problemática de la disponibilidad de alimento natural por la que actualmente atraviesan las empresas abaloneras en Chile, en especial las de la zona norte del país, y la falta de aporte nutricional de las macroalgas utilizadas como alimento natural.

Con la finalidad de evaluar la sustitución alimento natural por alimento balanceado como una alternativa de alimentación para el cultivo del abalón rojo, *Haliotis rufescens*, en la etapa de engorda, se estudió durante los primeros tres meses de 2008, el comportamiento y crecimiento de 1993 ejemplares divididos en tres grupos. Al primer grupo se le suministró alimento balanceado, al segundo una mezcla de alimento balanceado y alimento natural y el último alimento natural (*Macrocystis integrifolia*), a modo de dieta control. Esta experiencia se realizó en condiciones reales de cultivo, en estanques en tierra, ubicados en la Región de Atacama.

Como indicadores de eficiencia se utilizó el incremento en peso, la tasa de crecimiento, la tasa de conversión, mortalidad y posibles apariciones de enfermedades. De los tres tipos de dietas probados se concluye que se puede sustituir el alimento natural por alimento balanceado y la dieta más adecuada es el tipo Mezcla, compuesto por pellet engorde y *Macrocystis integrifolia*, pues refleja una mayor tasa de crecimiento (1,8 mm) y una menor conversión (12,3). Este tipo de dieta surge como una alternativa de alimentación que soluciona en parte la problemática de la disponibilidad continua de alimento y los requerimientos nutricionales de la especie.

ABSTRACT

This experience happens in front of the problems of the availability of natural food that at present companies cross abaloneras at Chile for, specially give them the north zone of the country, and nutricional of the macroalgas utilized like natural food offends her of contribution.

With the purpose to evaluate the substitution wholefood for food balanced like an alternative of nutrition for the red abalón's cultivation, *Haliotis rufescens*, in the stage of fattening up, three months were studied during the first of the 2008, the behavior and growth of 1993 issues once groups were divided into three. To the first group supplied food balanced, to the second one to him a balanced- food and natural- food and the latter- wholefood mixture (*Macrocystis integrifolia*), like diet control. This experience came true in real conditions of cultivation, at ponds ashore, located at Atacama's Region.

The increment in weight, the growth rate, the conversion rate, mortality and possible appearings of diseases were utilized like indicators of efficiency. It is concluded that of the three types of proven diets the wholefood for balanced food can be substituted and the best-suited diet is the type Mezcla, compound for pellet fatten and *Macrocystis integrifolia*, because you reflect a bigger rate of growth (1.8 mm) and a minor conversion (12.3). This type of diet happens like an alternative of nutrition that the problems of the continuous availability of food and requests solve in part nutricionales of the sort.

1. INTRODUCCIÓN

En el área acuícola nacional, existe una actividad productiva que ha cobrado gran importancia mundial en los últimos años, esta es el cultivo de abalón rojo (*Haliotis rufescens*) el gastrópodo con mayor producción en el país (SERNAPESCA, 2009). El abalón no es una especie nativa de Chile, esta especie se introdujo en 1977 con unos adultos para la experimentación en sistemas cerrados de Fundación Chile. A pesar que el cultivo de abalón rojo se inicio una década más tarde que el resto de los competidores, Chile es el quinto productor después de China, Taiwán, Sudáfrica y Australia.

El cultivo de los abalones es una industria con un marcado crecimiento y con amplias perspectivas de desarrollo, dada las condiciones ambientales de nuestras costas y el gran mercado que ofrece (Augsburger, 2008). Pero uno de los principales problemas que enfrenta hoy la industria abalonera a nivel nacional es el suministro de alimento. Se utilizan las macroalgas como el principal item de alimentación en el cultivo, tanto en tierra como en sistemas suspendidos en mar. Esto ha llevado a sobreexplotar las praderas cercanas a los centros de cultivos, que son reducidas, sobre todo en la zona norte del país donde se ha impuesto restricciones a su extracción (Enríquez, 2008).

En la actualidad la industria abalonera nacional no cuenta con una fuente natural estable de alimento que sustente el cultivo durante todo el año, debido a la estacionalidad presentada por las praderas naturales de algas. El crecimiento adecuado del abalón depende, entre otros factores, del valor nutritivo del alimento proporcionado, en este caso, las algas. Sin embargo, estas presentan variaciones en su composición química, y por lo tanto también en su valor nutritivo.

Una alternativa para soslayar la carencia de macroalgas, es la utilización de alimento artificial, ya que la disponibilidad continua de alimento natural se pone en riesgo, provocando inestabilidad en cuanto al suministro de la dieta, agregando que el alimento natural no cumple totalmente con los requerimientos nutricionales del abalón.

Por lo anteriormente expuesto, el presente trabajo evalúa la utilización de otros tipos de dietas, buscando una alternativa en la alimentación de esta especie a fin de contribuir a la consolidación del cultivo de abalón rojo en Chile.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general:

Evaluar la sustitución de alimento natural por alimento balanceado, como una nueva alternativa de alimentación para el cultivo del abalón rojo (*Haliotis rufencens)*, en etapa de engorda.

2.2. Objetivos específicos:

1. Determinar la tasa de conversión de tres distintas dietas: control (*Macrocystis integrifolia*), dieta balanceada (pellet) y mezcla (alga y pellet).

2. Establecer la tasa de crecimiento en peso y en longitud de los ejemplares alimentados con los distintos tipos de dietas.

3. Evaluar la mortalidad y aparición de posibles enfermedades al suministrar los distintos tipos de dieta.

4. Definir un protocolo de alimentación para el abalón rojo (*Haliotis rufencens)*, en etapa de engorda.

3. REVISION BIBLIOGRAFICA

3.1. De la especie

3.1.1. Taxonomía

Reino:	Animal
Phylum:	Mollusca
Clase:	Gastropoda
Subclase:	Prosobranquia
Orden:	Archeogastropoda
Suborden:	Pleurotomaricea
Super familia:	Haliotidae
Género:	*Haliotis*
Especie:	*Haliotis rufescens*
Nombre común:	Abalón rojo, abalón californiano

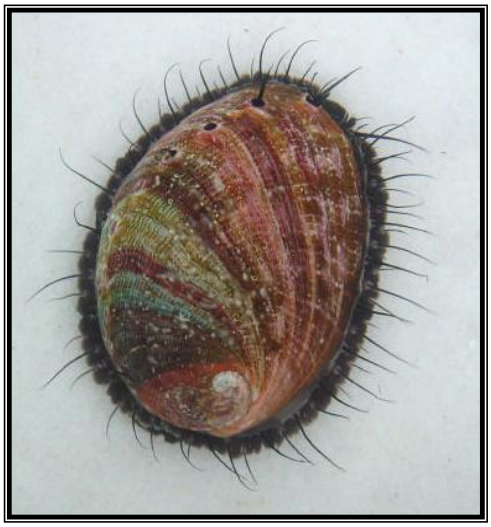


Figura 1. *Haliotis rufescens.*

3.1.2. Generalidades

El abalón es un molusco gasterópodo (caracoles marinos), que se caracteriza por tener una concha en forma de oreja, generalmente ovalada y con la superficie externa convexa y rugosa, arqueada en la región posterior y aplanada en la anterior, con una serie de perforaciones u orificios alineados sobre la región correspondiente a la cavidad respiratoria; el primero de ellos es el más grande (Anexo 1).

El abalón rojo (Fig. 1) es la especie que presenta la concha más grande en estado adulto (25 a 27 cm de longitud), y una concha gruesa y ovalada, siendo común de 15 a 20 cm. Su tamaño comercial fluctúa entre los 8 a 10 cm. La cara externa es de color rojizo, color que puede ser enmascarado por organismos incrustantes, y la parte interna iridiscente. Su hábitat es la zona intermareal y submareal, hasta los 20 m de profundidad.

En los abalones los sexos están separados y la producción de las células reproductoras está regulada principalmente, por el grado de madurez de las gónadas y la temperatura del medio. Las gónadas de las hembras son verde y la de los machos son de color amarillo; los productos sexuales son descargados 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. La época de reproducción cambia de acuerdo con la especie, geografía y las características fisicoquímicas del medio. En algunos lugares se presenta entre julio y septiembre, mientras que otras áreas desovan de febrero a abril. En el caso particular del *Haliotis rufescens*, los desoves pueden ocurrir durante todo el año.

3.1.3. Distribución

El abalón rojo silvestre se distribuye en el Océano Pacífico, en aguas frías, generalmente, del orden de 1 a 18°C, con salinidades de 34 a 36‰ en costas rocosas con fuerte acción de mareas y oleaje; también se encuentran en ensenadas y bahías protegidas durante la época de reproducción. De acuerdo con la edad, su localización cambia, ya que los adultos viven sobre las rocas, en tanto que los juveniles se adhieren debajo de éstas o bien se refugian en huecos. Aparentemente la distribución de estos animales está determinada por el tipo de sustrato, disponibilidad de alimento, época de reproducción, profundidad y posibilidades de protección.

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.

3.2. Cultivo de abalón en Chile

En la actualidad se cultivan dos especies de abalon en Chile: *Haliotis rufencens* (abalón rojo o californiano) y *Haliotis discos 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 desde la Región de Atacama hasta la Región de Valparaíso.

3.2.1. Etapas de cultivo del abalón

El abalón rojo tiene un ciclo reproductivo de 3 a 4 años y su ritmo de crecimiento en la zona de Chiloé fluctúa entre 1,8 mm/mes y 2 mm/mes. En la Región de Atacama, Coquimbo y Valparaíso el periodo de crecimiento se prolongada más debido a la mayor temperatura (Flores *et al*., 2003). Las etapas de cultivo para este recurso son cuatro, las que se detallan a continuación:

Producción de semillas: el cultivo de abalón comienza 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.

Esta etapa comprende una serie de subetapas, tales como:

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

Pre-engorda: esta etapa es el nexo entre el "destete" o desfijación de placas y la engorda. Habitualmente, esta etapa de cultivo se lleva a cabo en estanques de cultivo de juveniles, el cual comprende desde la talla inicial de 20 mm hasta 50 mm de longitud.

En esta etapa, al igual que la etapa de engorda, los estanques son similares 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**.** En ocasiones se suministra alimento formulado (pellet), el cual corresponde a un suministro de 1 a 3% del peso corporal diario. En estas condiciones, los abalones alcanzan su talla comercial en 3 años**.**

Engorda: esta etapa los abalones están acondicionados, por el desarrollo de su rádula, a la alimentación intensiva de macroalgas o alimento artificial, por lo que esta es la etapa de mayor crecimiento en tallas y en peso. Sus tallas fluctúan entre 50 mm hasta la talla comercial de 80 mm.

El sistema de cultivo se realiza en Chile en estanques en tierra en la zona norte y en canastos o tambores en el mar, en la zona sur (Región de Los Lagos). En la engorda en tierra, los estanques son de cemento o 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 distintos tipos de refugios como: placas revestidas de concreto, placas de plástico, PVC y placas de fibra de vidrio. Los materiales mas adecuados para usar dentro del estanque son placas de plástico. El propósito de los refugios es ofrecer la máxima superficie donde los abalones se puedan desarrollar, pero a su vez, que permitan un máximo flujo de agua.

El alimento es agregado dos veces por semana, en estos sistemas, requiere limpieza periódica y dependiendo del alimento usado y la temperatura, esta limpieza puede ser una vez por semana o hasta solamente una vez por mes.

La otra manera de cultivar los abalones es en el mar, en jaulas. El movimiento natural del mar remueve los desechos y provee la alimentación. 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 contenedor o jaula). La mayoría de los cultivos en la zona sur de Chile utilizan sistemas suspendidos, long-line en donde se le cuelgan jaulas, tambores u otros sistemas.

Estas dos últimas etapas, pre-engorda y engorda, están a cargo de empresas que compran estas semillas o las que tienen integración vertical, en donde la engorda puede ser en tierra, en el mar o utilizar una combinación de éstos (Figs. 2 y 3).

Figura 2. Cultivo de abalón en tierra, en el norte de Chile.

Figura 3. Cultivo de abalón en el mar, en el sur de Chile.
Fuente: Descripción de los aspectos mas relevantes del cultivo de abalón en los principales países productores del mundo y su aplicación al cultivo de abalón rojo *Haliotis rufencens* en Chile.

Cosecha: una vez alcanzada la talla comercial, los abalones son anestesiados y despegados de las placas a los cuales están adheridos.

3.3. ALIMENTACIÓN

El abalón necesita alimento para dos funciones vitales: proporcionar energía para el movimiento y proporcionar los suministros básicos para el crecimiento. Si ambas funciones no son satisfechos de manera óptima, el abalón tendrá un crecimiento bastante lento, lo que incide directamente en los costos por concepto de alimentación en un centro de cultivo (Viana, 2002).

Para lograr suplir estos requerimientos, el abalón varía su dieta según las diferentes etapas de su desarrollo. En los primeros estadios de vida, la larva de abalón es parte del plancton, y no necesitan comer. La larva después de un tiempo, se fija al suelo marino y comienza su alimentación exógena. En la siguiente etapa, las postlarvas, utiliza su pequeña rádula para raspar microalgas y bacterias que crecen en la superficie de las rocas donde se asienta.

Cuando los abalones crecen y llegan a su etapa adulta, su alimento cambia a macroalgas. Estas pueden estar flotando o adheridas a las rocas. Estos comen varios tipos de algas, sin embargo, tienen preferencias como grupo, comúnmente por las algas pardas, toleran las rodófitas y solo aceptan en contadas ocasiones las algas clorófitas. Esta preferencia alimentaria depende principalmente de la atracción química entre las algas y el abalón, aunque la textura y la dureza pueden generar un factor importante (Fleming *et al.*, 1996; Durazo *et al.*, 1998).

Shepherd & Steinberg cit. Corazani & Illanes (1998), identificaron tres factores que afectan a la selección de algas naturales por abalones: (1) los metabolitos químicos presentes en el alga, (2) la morfología del alga, refiriéndose a la dureza del alga, y (3) los valores nutritivos del alga, relativo a su contribución al organismo en etapas de desarrollo

Existen dos productos derivados de algas para la alimentación de abalones, en diferentes presentaciones; uno de ellos son las algas frescas, congeladas o deshidratadas, utilizadas en Asia y el otro, alimento artificial utilizado en Australia, Sudáfrica y en cultivos en Chile, México y Estados Unidos (Crisóstomo *et al.*, 2008).

3.3.1. Hábitos de alimentación

Los abalones viven adheridos al fondo, en el caso de los estanques de cultivo, se adosan a las paredes de éstos y para aumentar el área de superficie se utilizan refugios. 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, posición en la que pueden permanecer durante horas mientras se alimentan (Viana, 2002).

3.3.2. Tipos de alimentos sumistrados en el cultivo de abalón rojo

3.3.2.1. Alimento natural

Como alimento natural se entiende aquel que el organismo consume naturalmente y que no contiene componentes adicionales a los que entrega la naturaleza. Para los abalones, las macroalgas son su alimento natural.

Romero (2003), en la localidad de Huelmo, comuna 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; demostrando que los mejores resultados en todos y en cada índice (tipo de dieta, profundidad y frecuencia de alimentación) corresponde a una dieta mixta de *Glacilaria chilensis* y *Macrocystis* sp. En cambio, en la zona norte de nuestro país los abalones se alimentan con *Lessonia* spp., *Macrocystis integrifolia* y reducidas dosis de *Ulva* spp. *y Gracilaria* spp. (Ponce, 2005).

La forma de alimentar a los abalones cultivados es mediante la incorporación de alga fresca a: estanques (raceway) 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:

3.3.2.1.1. *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 se que continúan dividiendo igual. Las hojas son planas y de forma lanceoladas, anchas, con márgenes lisos y a veces denticulados (Tapia, 2002).

Lesonia trabeculata 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).

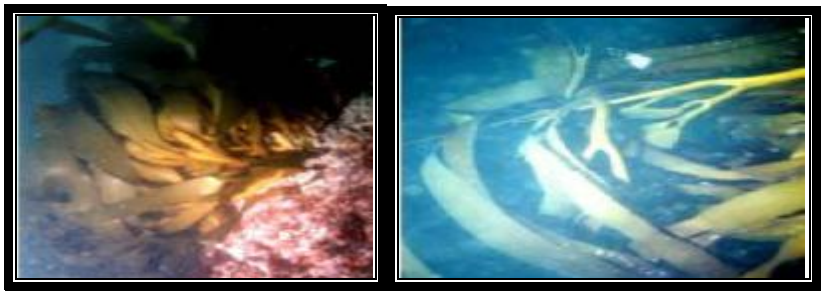


Figura 4. *Lessonia trabeculata*, llamado huiro palo.
Fuente: Guía de Biodiversidad

Específicamente, frentes a las costa de la Región de Atacama, estas algas provienen de praderas de Bahía Inglesa (Fig. 5), aportando 70% de la biomasa, contribuyendo en menor cantidad provenientes de Caldera, con solo 1%.

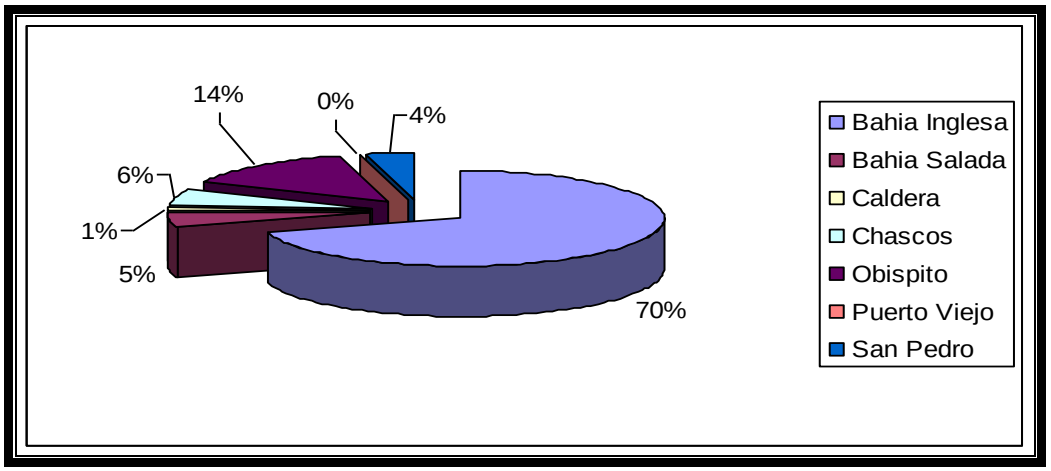


Figura 5. Variación porcentual de la procedencia de *L. trabeculata* en la Región de Atacama.

Fuente: Caracterización de las pesquerías de algas pardas de las regiones I a IV, 2005-2007. SUBPESCA, 2007.

Como se mencionó anteriormente, los centros de cultivos de la zona norte, requieren de dos tipos de macroalgas; sin embargo, *Lessonia trabeculata* es la alternativa más recurrente en la alimentación de los abalones, cuando *Macrocystis integrifolia* no se encuentra disponible.

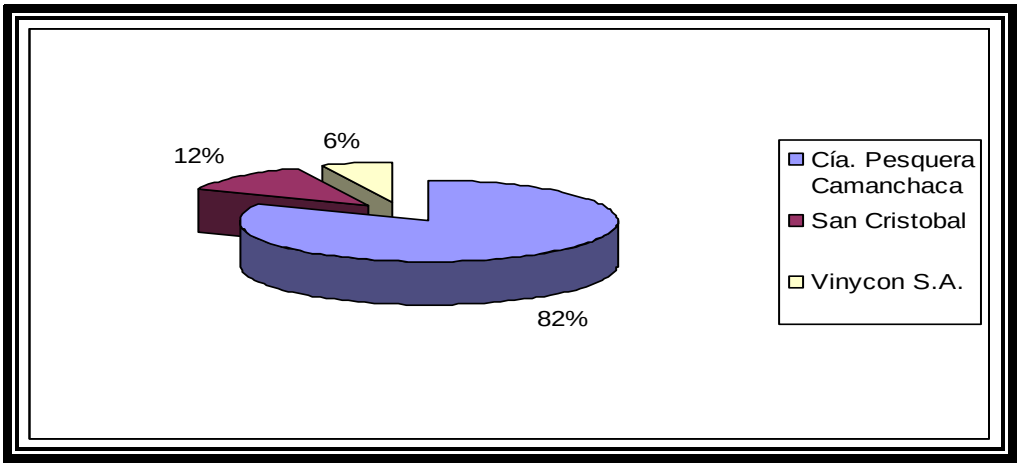


Figura 6. Consumo porcentual de la *L. trabeculata* por los centros de abalón de la Región de Atacama.
Fuente: Caracterización de las pesquerías de algas pardas de las regiones I a IV, 2005-2007. SUB PESCA, 2007.

Claramente se observa que la Compañía Pesquera Camanchaca demanda en mayor cantidad *L. trabeculata*, mientras que la empresa Vynicon 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, vale decir, la demanda de esta alga responde a los niveles de producción que tenga estos centros de cultivos (SUBPESCA, 2007).

Producción de *Lessonia trabeculata*

Los desembarques de *L. trabeculata* (Fig.7) en la Región de Atacama no han sufrido grandes variaciones en el transcurso de los años, a excepción de 2003 y 2005, en donde se observaron los mayores niveles de extracción de este recurso, superando las 20.000 ton (SERNAPESCA, 2000-2010).

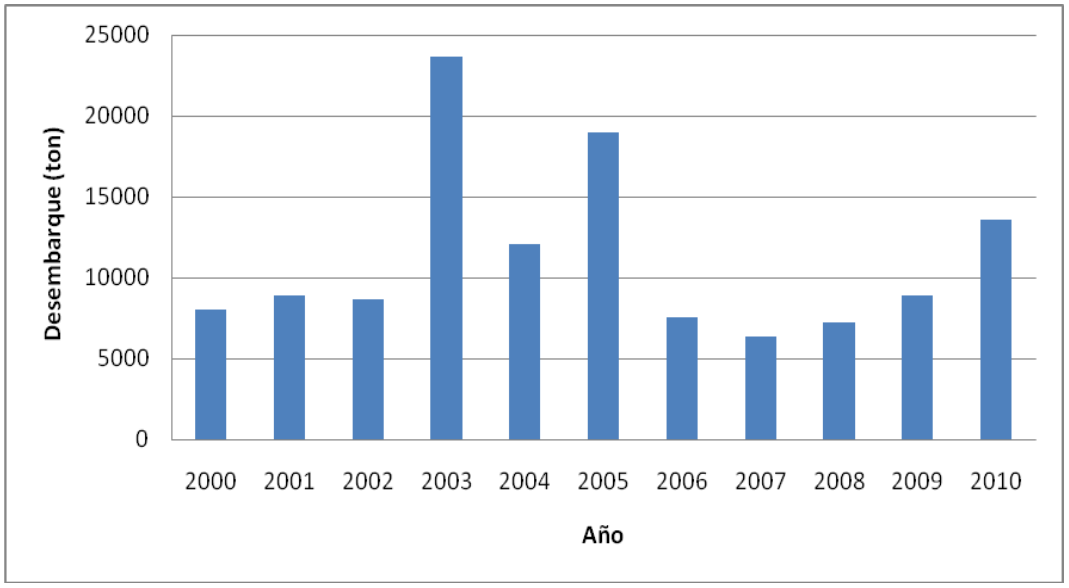


Figura 7. Desembarque de *L. trabeculata* en la Región de Atacama, entre 2000 y 2010. Fuente: Anuario Estadístico de Pesca, SERNAPESCA, 2000-2010.

En cuanto al precio de esta alga fresca, como alimento para los abalones, se han mantenido muy estables durante el tiempo. La Compañía Pesquera Camanchaca S.A. paga $ 60 el kilo en la actualidad (F. Morel, com. pers.[1])

3.3.2.1.2. *Macrocystis integrifolia*

Llamada comúnmente huiro canutillo (Fig. 8), planta (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.

[1] Francisco Morel, Jefe de Centro del Cultivo de abalones en etapa de engorda "Tres Quebradas". Compañía. Pesquera Camanchaca.

Históricamente, ha sido una de las algas más sensibles a los cambios de la temperatura superficial del mar (El Niño) (Vásquez, 2004).

Figura 8. *Macrocystis integrifolia.*
Fuente: www.algaspardas.cl

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.

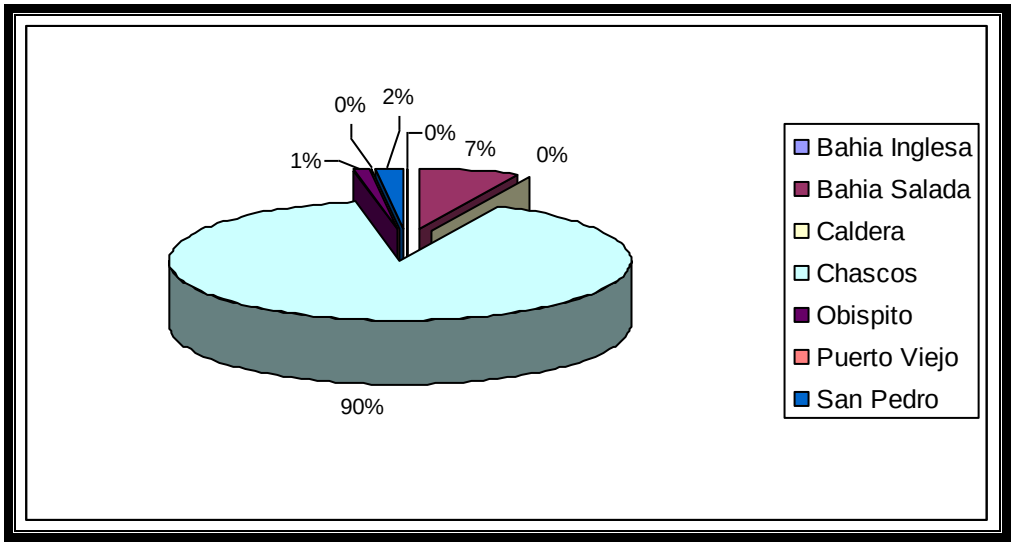


Figura 9. Variación porcentual de la procedencia *M. integrifolia* de en la Región de Atacama.

Fuente: Caracterización de las pesquerías de algas pardas de las regiones I a IV, 2005-2007. SUBPESCA, 2007.

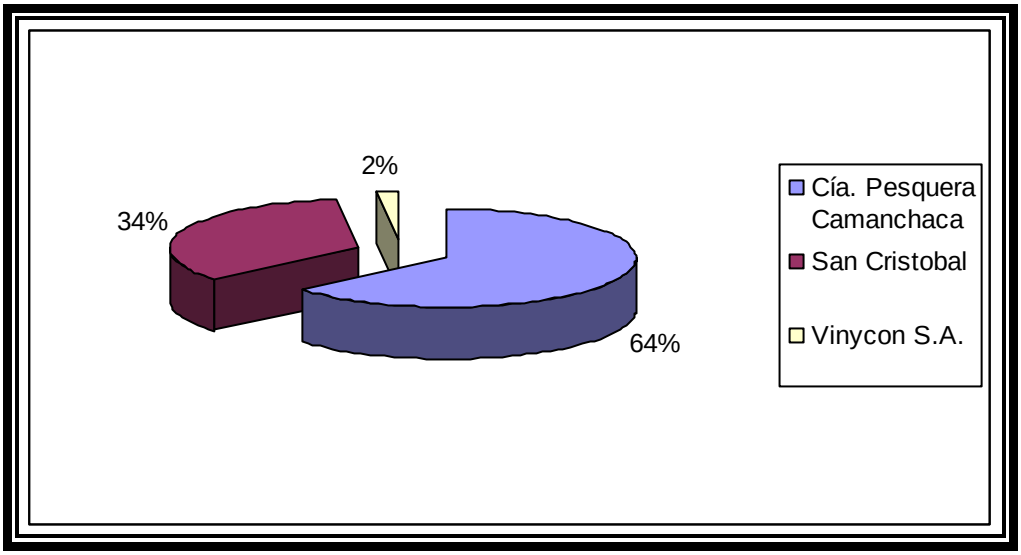


Figura 10. Consumo de *M. integrifolia* en los centros de cultivos de abalones en la Región de Atacama.
Fuente: Caracterización de las pesquerías de algas pardas de las regiones I a IV, 2005-2007. SUBPESCA, 2007.

En la Fig. 10 se muestra, al igual que *L. trabeculta*, el mayor consumo corresponde a la Compañía Pesquera Camanchaca, seguida por cultivos San Cristóbal, explicado por las primeras cosechas y exportaciones de ambas empresas productoras de este recurso.

Producción de *Macrocystis integrifolia*

Durante el periodo 2000-2007, existe variabilidad en los desembarques de *Macrocystis* sp. en la Región de Atacama, observando la menor producción en el año 2004 con 860 ton y las mayores producciones durante los años 2008 y 2009 con 4042 y 4786 ton respectivamente.

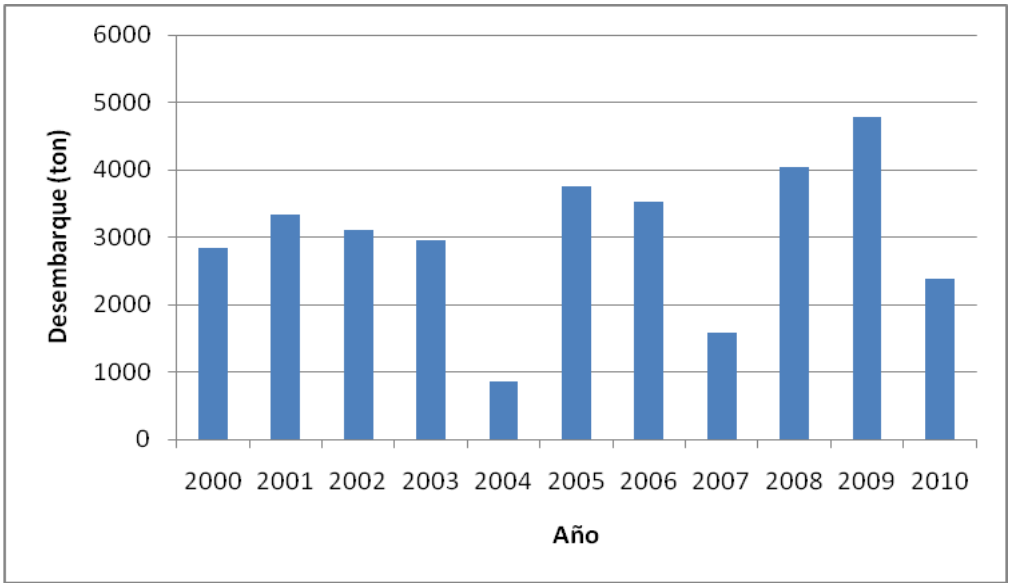


Figura 11. Desembarque de *M. integrifolia* en la Región de Atacama, entre 2000 y 2010.

Fuente: Anuario Estadístico de Pesca, SERNAPESCA, 2000-2010.

En lo que respecta al precio de esta alga fresca, como alimento para abalones, la Compañía Pesquera Camanchaca paga $60 el kilo.

3.3.2.2. Alimento artificial

El desarrollo de dietas balanceadas para abalones se debe canalizar en obtener niveles inevitables de proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas y otros nutrientes, necesarios para su óptimo crecimiento. El abalón se alimenta lentamente, por lo tanto, requiere que el alimento permanezca estable por varias horas. El alimento se debe conservar consistente, de manera que no se desintegre en el agua, para evitar la perdida de materia seca (estabilidad) y micronutrientes.

Además, es importante que el pellets presente una forma y textura similar a las de las frondas algales, con las que habitualmente se alimentan naturalmente. Debe ser capaz de soportar los movimientos mecánicos producidos por los abalones en el periodo de alimentación.

El crecimiento del *Haliotis fulgens* no han mostrado que existen alimento balanceado elaborado con un reemplazo de harina de pescado por harina de de vísceras de abalón y soja, en donde se observa mayor crecimiento en comparación con otra dieta comercial, pero tiene una menor estabilidad en el agua (Guzmán *et al.*, 1998). En el caso de la determinación de la calidad del alimento elaborado por ensilaje de pescado crudo y cocido para abalones juveniles de *Haliotis fulgens*, demuestra que el ensilaje de pescado crudo como fuente de proteína es mas estable en el agua, pero también un mayor lixiviado

de proteína soluble comparado con el ensilaje de pescado cocido. No se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos y se obtuvo la máxima eficiencia alimenticia con ensilaje crudo (1:1,6), seguido por el ensilaje cocido (1:1,1) (López *et al.*, 1995).

El Instituto de Investigación Oceanológica de la Universidad Autónoma de Baja California (México) ha desarrollado a lo largo de 11 años una serie de experimentos elaborando dietas balanceadas con ingredientes locales (harina de pescado, ensilaje de subproductos pesqueros de atún y de viseras de abalón y otros moluscos) comparando con fuentes comerciales de proteínas de optima calidad, como lo es la caseína y dietas comerciales para el abalón. Estos experimentos probaron en todos los casos que las tasas de crecimientos son mejores que los observado con la alimentación natural, en este caso, la macroalgas *Macrocystis pyrifera*. Sin embargo, se ha observado que las prácticas comerciales pueden dar lugar a diferentes resultados, por lo que resulta importante hacer pruebas comerciales antes de dar los resultados a nivel de investigación, ya que el tipo de sistema es de importancia para que una dieta balanceada este disponible para el organismo (Durazo *et al*., 2004).

En Japón, China, Corea, Tailandia, Australia, Nueva Zelanda, Sudáfrica, Canadá y Estados Unidos también se ha evaluado y utilizados diferentes fuentes, desde macroalgas hasta dietas artificiales con alto valor nutricional y un costo accesible; orientados a contribuir al desarrollo de alimentos adecuados para el cultivo de las diferentes etapas de desarrollo del abalón.

No hay que dejar de mencionar que en Chile, también se han realizado estudios sobre la producción de dietas balanceadas, realizas en institutos de investigación o en universidades, tales como: Instituto de Acuicultura de la Facultad de Pesquería y Oceanografía del Campus Puerto Montt de la Universidad Austral de Chile (UACH), con los investigadores doctora Ana Farías y Iker Uriarte y la Universidad Católica del Norte; y también por particulares, como la empresa de alimento de especies marinas “Sinequanon”.

La calidad del alimento en los abalones depende de la calidad nutricional de las materias primas seleccionadas utilizadas en la fabricación. Algunos de los insumos empleados para las fuentes proteicas son alimentos basados en algas, harina de soya, glutem de trigo y caseína, mientras que la harina de trigo, maíz y avena, son utilizados como fuentes de carbohidratos. Los subproductos como el almidón de maíz, trigo o arroz, son un punto clave tanto para el suministro de energía (fuente secundaria), como por su rol de agente enlazante o ligantes de las dietas.

Existen diferentes tipos de dietas que esta empresa pone a disposición de los compradores, estas varían en tamaño, color y formulación dependiendo de la etapa de de crecimiento en que se encuentre el abalón, entre ellas están:

- Dieta Weaning, destete.
- Dieta pre-engorde.

- Dieta engorde (Fig. 12).
- Broodstock.
- Dieta baja proteína, para verano.
- Dieta para sistema de recirculación.

Figura 12. Pellet tipo dieta engorde**.**

Hasta la fecha se sabe con claridad que las dietas balanceadas proporcionan mejores tasas de crecimientos que una dieta en base a alimento natural (macroalgas) en abalones cultivados en tierra. Sin embargo hay que evitar que los minerales, vitaminas y aminoácidos sean desprendidos del alimento antes de ser ingeridos (Fleming e*t al.*, 1996), lo que origina eficiencias alimentarias menores que las esperadas.

Algunas de las ventajas de utilizar este tipo de alimento en los cultivos de abalón (www.sinequanon.cl), son:

- ✓ Reduce el ciclo de cultivo.
- ✓ Reducción de los costos de producción, en 25%.
- ✓ Aumentos de tallas.
- ✓ Se logra abalones con más peso.
- ✓ Mayor rentabilidad de la inversión.
- ✓ Mayor rentabilidad del proyecto.
- ✓ Menor riesgo de inversión.
- ✓ Se eliminan los problemas de introducir patógenos que pueden venir con el alga.
- ✓ Mejora el rendimiento de la carne en los ejemplares.
- ✓ Puede ser usado como vehiculo para adicionar probioticos, pigmentos y medicamentos.

Actualmente el alimento balanceado elaborado en Chile se vende a US$2,8 el kilo, mientras que en Sudáfrica lo comercializa a US$2,5 el kilo, precio CIF. Cabe destacar que precio disminuye si se compra alimento en cantidades mayores (R. Crisóstomo, com. pers.[2]).

[2] Rafael Crisóstomo, Jefe Proyecto abalón, Cultivo norte. Empresa Compañía Pesquera Camanchaca S.A.

En síntesis, estos dos tipos de alimento, natural y balanceados, son los utilizados a nivel mundial en los centros de cultivos. En Sudáfrica, Australia y Japón, es 100% utilizado el alimento balanceado, mientras que en nuestro país recién se comienza a utilizar este tipo, lo que no descarta que en un futuro se sigan las mismas tendencias de los otros productores mundiales. En Sudáfrica el alimento balanceado es utilizado en combinación con alga fresca, y también lo utilizan en la etapa de engorda del abalón durante los últimos meses antes de ser cosechados (www.abfeed.com).

Tabla 1. Composición proximal de alimento natural, *Macrocystis* sp. y dietas balanceadas en base seca.

	Composición proximal en base seca	
	***Macrcystis* sp.**	**Dietas balanceadas**
Proteína	10,24%	32,61%
Lípido	0,84%	4,35%
Cenizas	9,92%	9,78%
Fibra	20,43%	6,52%
Carbohidratos	5,29%	46,74%

Tanto de las dietas balanceadas como del alimento natural, detalla gran diferencia en las cantidades de los macroelementos (Tabla I). El contenido de proteínas en las algas es bajísimo en comparación con el alimento artificial, sin dejar de mencionar los carbohidratos y los lípidos, en donde ocurre lo mismo. Cabe destacar, que los abalones tienen que consumir grandes cantidades de macroalgas, del orden de 10-30% de su peso corporal, por su alto contenido de agua y bajo contenido de proteínas.

3.3.3. Conversión del alimento

La conversión generalmente aceptada para los abalones en cultivos intensivos bordea la tasa de 30:1 con alga fresca en un promedio entre las tallas de 20 y 110 mm de largo. Sin embargo, la experiencia en Chile da valores de conversión de alga según la época del año y el tipo de alga de 15:1 a 25:1. Con relación a los alimentos balanceados, en la actualidad existen 2 ó 3 fórmulas de alimento balanceado que son utilizadas en el mundo con una conversión de 1,5: 1 (Crisóstomo, 2008).

3.3.4. Consumo

La cantidad ideal suministrada a los abalones es lo que puedan comer, ni más ni menos. Si se les entrega menos existirá un crecimiento más lento, si se entrega más el alimento se desperdicia y comprometemos la calidad del agua pero de acuerdo a la

experiencia se debe de alimentar con por lo menos 10% de su biomasa diaria en la zona norte, lo que cambia según temperatura y condición que tengan los abalones en el estanque.

Hoy en día, "la mejor manera de determinar si los abalones están comiendo lo suficientes ofrecer un abundante alimento y luego reducir la cantidad ofertada hasta que no exista alimento no consumido" (Crisóstomo, 2008).

3.3.5. Frecuencia

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

1.- 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.

2.- Descomposición de alimento en exceso, la cual compromete la calidad del agua, que esta 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.

Con dietas balanceadas, la frecuencia de alimentación dependerá de la velocidad de consumo y descomposición del alimento. Usualmente se alimentan tres veces por semana lo que dependerá del sistema de cultivo y de la formulación que tenga el pellets (Crisóstomo, 2008).

3.4. Factores que controlan el crecimiento y sobreviviencia del abalón rojo durante el cultivo

Para un exitoso ciclo productivo de los abalones, se deben tener en cuenta los factores que influyen directamente con su crecimiento y sobrevivencia, vale decir, nutrición y alimentación, enfermedades y oxigenación (Godoy, 2002).

3.4.1. Nutrición y alimentación

Los abalones tienen hábitos nocturnos, alimentándose desde el atardecer hasta el anochecer; sin embargo, esta especie es capaz de sobrevivir a largos periodos de inanición, utilizando el tejido proteico como fuente de energética para cubrir sus requerimientos de energía basal, mientras que los lípidos no son utilizados y utiliza bacteria para hacer mas eficiente su fisiología digestiva (Viana, 2002). Posee un sistema de digestión eficiente para degradar carbohidratos como celulosa, agar, alginato, carragenano y almidón, la ayuda de bacterias digestivas, las cuales posiblemente incluso, las utilice como fuentes de nutrientes (Viana, 2002).

3.4.1.1. Larvas y postlarvas

Las larvas son lecitotróficas, es decir, no requieren de alimentación directa, pero es sumamente importante la cantidad y el tipo de materia orgánica disuelta, ya que se a comprobado que existe absorción de importantes nutrientes a través del tejido, como aminoácidos y carbohidratos solubles (Viana, 2002).

En seguida, las postlarvas 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 (Viana, 2002). 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 raspadora ha adquirido una cierta dureza para raspar el alimento natural o balanceado.

3.4.1.2. Juveniles y engorda

En este periodo, cuando los abalones alcanza una talla de 10 mm, comienza a consumir diariamente macroalgas (alimento natural) en el orden de 10-30% de su peso corporal, dietas balanceada (alimento artificial) y/o una mezcla de éstas.

El alto contenido de alimentación es debido al alto contenido de agua y relativamente bajo contenido de proteínas en las algas. Así los abalones requieren grandes cantidades de algas frescas, principalmente algas laminariales (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 estos afectan negativamente al crecimiento del abalón (Fleming *et al*., 1996).

3.4.2. Enfermedades

3.4.2.1. Síndrome de marchitamiento o deshidratación

El agente causal es un nuevo género y una nueva especie de un procariota intracelular, en el epitelio del tracto digestivo, que ha sido identificada como *Candidatus xenohaliotis californiensis*. Estas bacterias infectan a las células epiteliales del tracto digestivo que provoca la atrofia de los divertículos digestivos y que resulta en una pérdida en la capacidad de absorción del alimento y por lo tanto en la inanición del abalón.

Es una enfermedad que afecta a todas las tallas del abalón y causa letargo, retracción de los tejidos viscerales y atrofia del músculo del pie (por lo tanto, reduce la capacidad del abalón para adherirse a un sustrato), además es letal, provocando mortalidades entre 1 y 10% (Godoy, 2002). El incremento en la temperatura acelera la enfermedad y disminuye su sobrevivencia. En temperaturas de 18 a 20ºC, la muerte ocurre usualmente al mes de que se presentan los síntomas clínicos.

3.4.2.2. Vibriosis

También se le conoce como necrosis bacilar o necrosis larval. Es una enfermedad que se presenta en los estadios larvales de la mayoría, si no es que en todos, los cultivo de moluscos.

La vibriosis es una enfermedad causada por patógenos oportunistas en las granjas de cultivo intensivo de moluscos. Se asocian a *Vibrio tubiashi*, *Vibrio anguillarum*, *Vibrio splendidus*, *Vibrio alginolyticus* y otros *Vibrio* spp.

La manifestación de la enfermedad se presenta como una infección sistémica en los tejidos blandos de semillas y larvas que resulta posteriormente en una necrosis del tejido. Las larvas enfermas presentan un rompimiento del velo y un nado anormalmente cercano al fondo del estanque de cultivo. El rompimiento del velo permite un crecimiento bacteriano a lo largo de la superficie interna de la concha hasta el manto, reduciendo la actividad metabólica en general y la alimentación. Esta enfermedad produce una mortalidad hasta un 80% (Godoy, 2002).

La vibriosis puede, aparentemente, presentarse en cualquier proceso del cultivo y se asocia su presencia a un inapropiado manejo del cultivo. Esta enfermedad al igual que el síndrome de marchitamiento son enfermedades bacterianas.

3.4.2.3. Labyrinthuloides

Esta enfermedad es conocida como *Labyrinthuloides* y se hospeda tanto en juveniles de *Holiotis rufescens* como también en *H. kamtschatkana*. Es producida por el agente *Labyrinthuloides haliotidis* (Careces *et al.*, 2003).

3.4.2.4. Coccidiosis

Infecta principalmente al abalón rojo (*Haliotis rufescens)*, aunque otras especies de coccidios se han reportado para moluscos bivalvos (ostiones, mejillones y almejas). El agente causal es *Margolisiella (Pseudoklossia haliotis)* (Careces *et al.*, 2003).

Este protozoario se encuentra alojado en los riñones del abalón. Puede causar hipertrofia de las células renales, aunque no se ha asociado con mortalidades en el abalón, aún cuando inicialmente, se pensó que este microorganismo pudiese ser el causante del Síndrome de Deshidratación.

3.4.2.5. *Polydora* sp.

Enfermedad producido por metazoos.

En el informe final "Status sanitarios de los moluscos de cultivos en relación a las enfermedades de alto riesgo", se indica que *Polydora* sp. se encuentra restringida a la concha de *H. rufescens*, aisladas de las partes blandas, además bajo un examen microscópico de las conchas reveló la presencia de numerosas perforaciones simples concentradas principalmente sobre la región central del molusco.

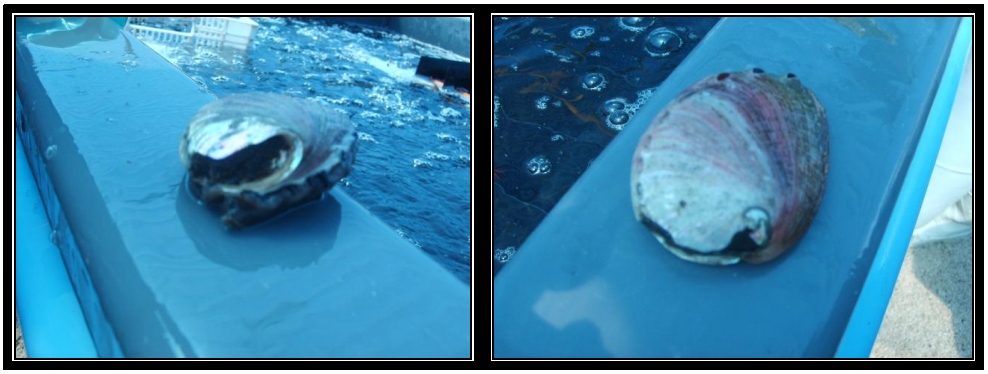


Figura 13. Ejemplares de abalones con *Polydora* sp.

Dentro de las enfermedades no infecciosas, se tiene:

- El abultamiento de la glándula digestiva o "bloat", causada por un disturbio de la flora intestinal debido a un rápido destete deformaciones de la concha. Produce mortalidades del orden de 3-4%.

- Las conchas abiertas ("split") causada por una mala absorción de calcio y otros minerales. Tiene un prevalencia de 3-20%.

- El síndrome de mortalidad aguda que afecta a semillas de abalón rojo, cabe destacar que ésta no se encuentra en estudio.

Tabla 2. Resumen de las enfermedades del abalón rojo.

Enfermedades infecciosas	✓ Síndrome de marchitamiento. ✓ *Vibriosis.* ✓ *Labyrinthuloides.* ✓ *Coccidiosis.* ✓ *Polydora* sp.
Enfermedades no infecciosas	✓ Abultamiento de la glándula digestiva. ✓ Conchas abiertas. ✓ Síndrome de mortalidad aguda.

3.4.3. Oxigenación

Es importante el análisis de este factor en los cultivos de abalón, ya que será determinante en el rendimiento de la producción. 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).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

La experiencia comenzó el 15 de enero del 2008, y se prolongaron por 74 días. Se realizó específicamente en el centro de cultivo de abalón rojo, "Tres Quebradas", ubicada en Tres Quebradas s/n, Bahía Inglesa, Comuna de Caldera, Región de Atacama en la empresa Compañía Pesquera Camanchaca S.A. Este centro se encarga de la etapa de engorda del abalón rojo (Anexo 2).

Se utilizaron 1993 ejemplares que fluctuaron entre 75-80 mm y un peso promedio de 91 ± 0,9 g.

4.1. Estanque y refugios

Los estanques del centro de cultivo utilizados fueron de forma rectangular de fibra de vidrio, con una capacidad total de 9 m cúbicos. Estos estanques contaron con seis unidades de cultivos independientes, llamados canastos; identificados con las letras, A, B, C, D, E y F, siendo este ultimo el mas cercano a la descarga del estanque.

En la experiencia, por ser un ensayo piloto, solamente se usaron los tres primeros (A, B y C), con aproximadamente 61.000 g de biomasa por canasto. Estos canastos se mantuvieron tapados con unas planchas de BHP (de color negro), con las mismas dimensiones de los canastos; sobre estas se colocaron pesos de forma cuadrada, construidas con PVC, rellenas de arena. Esta acción se realiza con el fin de mantener a los abalones en oscuridad.

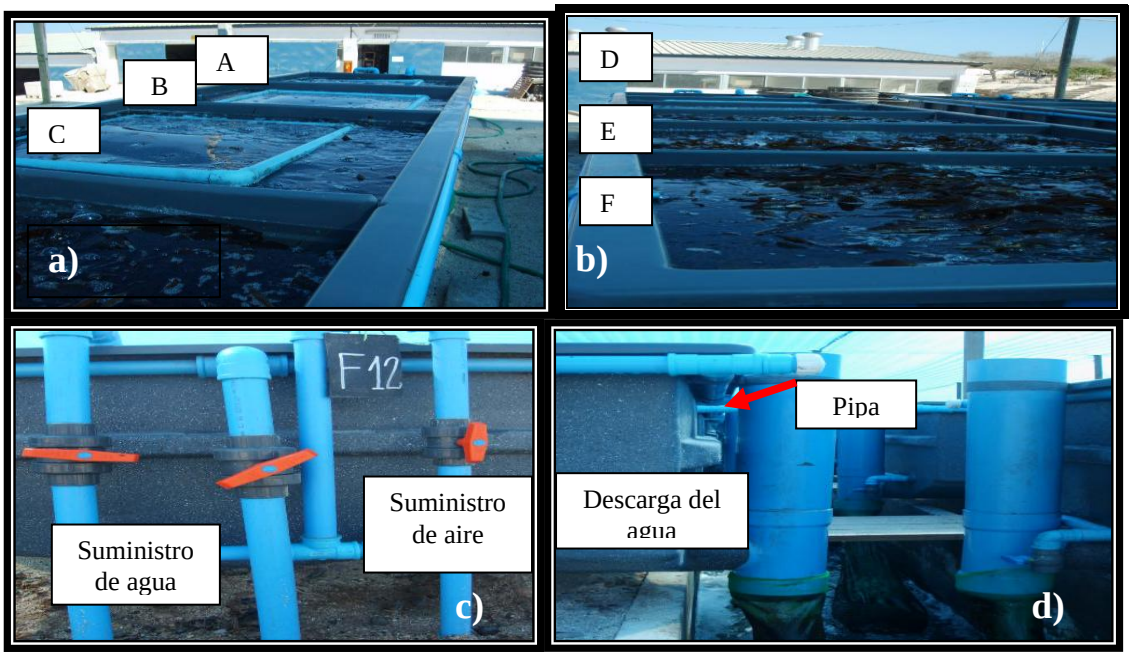


Figura 14. Estanque. a) canastos A, B y C; b) los siguientes canastos D, E y F; c) inicio del estanque y d) final de estanque.

Dentro de los estanques de cultivo es preciso disponer de refugios, que son los encargados de proporcionar la superficie para que los organismos de adhieran y mantener el alimento en la superficie. Este tipo de refugio, llamado zig-zag, presenta las siguientes características:

- Posee seis placas en forma vertical en las cuales se atraviesan otras placas más delgadas, todas enmarcadas en tubos de PVC.
- Las placas son de BHP, de color negro. Las placas que están en forma horizontal presentan orificios de 1 pulgada de diámetro.
- Las dimensiones de este refugio son de 40*60 cm.
- Por cada canasto hay ocho refugios, los cuales se disponen cuatro en la parte inferior de los canastos y sobre estos los cuatro restantes.

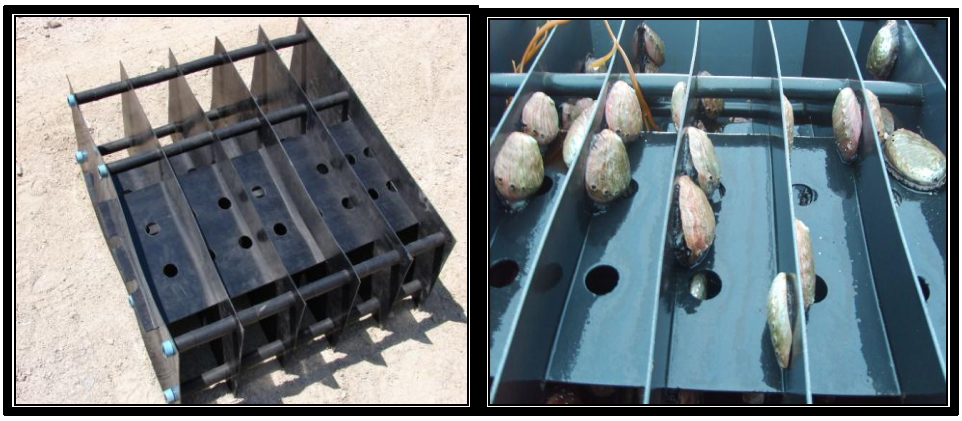


Figura 15. Refugio, tipo zigzag, utilizados para la alimentación con dietas balanceadas.

4.2. Tipos de dietas

A continuación se presenta los tres tipos de dietas que fueron evaluadas en ejemplares de abalones, distribuidos en los primeros tres canastos del estanque (A, B y C), respectivamente:

Pellet: dieta balanceada para ejemplares de abalones ubicados en el canasto A. Estos pellet son de calibre 2*2 cm, con un peso aproximado de 0,5 g para cada lámina.

Mezcla: dieta basada en algas naturales (*Macrocystis integrifolia*) y pellet, para ejemplares de abalones ubicados en el canasto B.

Alga: dieta basada en alga parda del genero de *Macrocystis* sp. provenientes de praderas naturales, zona de extracción “Chasco”, para ejemplares de abalones ubicados en el canasto C.

Para el caso de la alimentación con mezcla, en el primer mes, se alimentó con pellet de lunes a jueves y el día viernes se alimentó con alga. Para el resto de tiempo de la experiencia, se alimentó simultáneamente con pellet y alga.

Pasado los primeros 15 días, junto con el Jefe de Proyecto abalón se decidió cambiar el tipo pellet, pasando del tipo Extra engorda, el cual era de baja calidad en relación a la materia prima, al tipo Engorda, que utiliza materias primas de mayor calidad y, además contiene un atractante para los abalones; estas son diferencia de formulación. En relación con las diferencias visuales, este último es de color más oscuro y con de olor más fuerte que en anterior. Este cambio de pellet se efectúa para utilizar un alimento de mayor calidad y para que los abalones se acondicionaran con mayor rapidez a este nuevo tipo de alimento.

4.3. Frecuencia

La frecuencia de alimentación para los tres canastos en el primer mes fue en forma diaria, por aproximadamente 20 min. El tiempo restante de la experiencia, por materia operacional, se alimentó cada dos días (lunes, miércoles y viernes) la cual consistío en:

- Se pesó el pellet para el canasto A y B y luego en forma manual, se esparció uniformemente por toda la superficie del canasto, tratando que el pellet quede sobre los refugios. Esta actividad se realizó en la tarde ya que desde ese momento los abalones comenzaban a alimentarse con mayor regularidad y para que el pellet se mantuviera totalmente sobre los refugios, así el efecto de la circulación de agua durante el día no afecte a la distribución de pellet sobre los refugios.

- Para el canasto C, se pesó el alga que fue entregada y el alga sobrante. Esta actividad se realizó normalmente en la mañana en conjunto con los demás estanques del centro.

4.4. Consumo

La cantidad de alimento balanceado que se entregó en los dos canastos (A y B), fue siempre entregado a saciedad, obviamente bajo ciertas cantidades tabuladas utilizadas por otros países y recomendaciones por la misma empresa que elabora la dieta balanceada, Sinequanon S.A. Las raciones corresponden al 1-1,5% del peso total de la biomasa, para la dieta balanceada; mientras que para el alimento natural, se alimentó al 10% de peso de la biomasa.

Cabe destacar que el viernes es el último día de la semana que se alimentó, por ende, este día se proporciona cantidades correspondientes a tres días (viernes, sábado y domingo).

Las cantidades de alimento entregado en los tres canastos se registraron en una planilla especial (Anexo 3), diseñada para anotar en forma diaria dichas cantidades, alga retirada, al igual que la mortalidad retirada y el lavado del estanque.

4.5. Lavado del estanque

El lavado del estanque se efectúo una vez por semana, 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, al iniciar la jornada de trabajo, se hizo el flushing, que consiste en levantar la pipa de descarga del agua por unos 15 a 20 segundos, con el fin de mejorar la calidad de agua.

4.6. Muestreos biológicos

Los muestreos biológicos, durante los primeros dos meses, se realizaron cada 15 días con la intención de captar cualquier tipo de diferencia existente entre este tiempo (acondicionamiento de los abalones); para el resto de la experiencia se realizaron mensualmente.

Tabla 3. Muestreo inicial.

Canasto	Tipo de dieta	N	Peso promedio (g)	Talla promedio (mm)
A	Pellet	100	92,11 ± 17	84,05 ± 4,5
B	Mezcla	100	90,25 ± 15,06	82,08 ± 4.,11
C	Alga	100	91,22 ± 15,98	83,5 ± 3,31

Para la realización de los muestreos se procedió a la remoción normal de los 100 ejemplares del canasto, mediante una espátula de acero inoxidable. A estos abalones se les mide el largo total y ancho de la concha con un pie de metro de precisión ±0,01 mm y se registro el peso en forma individual en una balanza digital de precisión ±0,01 g. Esta actividad se realizó en el menor tiempo posible, ya que al exponer a los abalones por mucho tiempo fuera del agua, estos comienzan a deshidratarse rápidamente.

Los individuos muertos se descartaron y se registró el número por canastos. También se identificaron los individuos que presentaban alguna malformación de la concha (rechazados), individuos que tuvieran el pie chico y/o *Polydora* sp.

Las mediciones anteriormente mencionadas realizadas en cada muestreo se registraron en una planilla elaborada en conjunto con el Departamento de Control y Estadística del Cultivo de abalón (Anexo 4).

4.7. Análisis de la información

4.7.1. Tasa de crecimiento poblacional

Tasa crecimiento mensual = [(largo m – largo i) / N° de días] * 30

4.7.2. Incremento en peso

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

4.7.3. Conversión de la dieta

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

donde:

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.

4.7.4. Mortalidad

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

4.7.5. Porcentajes de enfermedades y malformación de la concha (rechazados)

% de Pie chico = (Nº abalones con de pie chico/ Nº de abalones) *100

% de Polydora = (Nº de abalones con polydora/ Nº de abalones) *100

% de Rechazados = (Nº de abalones rechazados/ Nº de abalones) *100

4.7.6. Definición del protocolo de alimentación para abalones

Para definir el protocolo de alimentación para abalones en etapa de engorda, se realizaron:

- Observaciones de 20 min todas las mañanas, al empezar la jornada laboral; con la finalidad de analizar el comportamiento de los abalones frente a las distintas dietas y al nuevo refugio utilizado para este estudio.

- Registro del consumo del alimento entregado. Se llevó un registro diario de consumo del alimento suministrado para cada dieta, con el objetivo de cuantificar éstas cantidades y frecuencia del alimento. Además, en los canastos A y C utilizados en este estudio, como unidades de cultivo, se entregaron 100% de pellet y 100% de algas respectivamente, pero en el canasto C, en donde estaban los abalones alimentados la dieta Mezcla (alga y pellet), los porcentajes de cada alimento se entregaban a saciedad, por ende, con esta metodología se logrará cuantificar las cantidades de pellet y alga para esta dieta.

4.7.7. Análisis estadísticos de los resultados

Análisis de varianzas (significancia)

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó un Análisis de Varianza del tipo de dieta, donde se evaluaron según los muestreos, en las tallas y pesos de los abalones en estudio.

Antes de comparar las medias, se verifico los supuestos de normalidad y de homogeneidad de las varianzas.

Hipótesis:

1. Normalidad

Ho: las tallas promedios de los abalones del grupo *i*, son iguales, cuando se les aplica los tres tipos de dietas diferentes.

donde *i* representara cada tipo de alimentación suministrada: alimento artificial, mezcla y alimento natural.

2. Homocedasticidad

Ho: Varianza i son iguales, cuando se les aplica los tres tipos de dietas diferentes.

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

Hipótesis:

Ho: las tallas medias i son iguales.
H1: al menos dos de las tallas medias no son iguales.

donde

i: representa los distintos tipos de dieta; Pellet, Mezcla y Alga.

Como el diseño es balanceado, vale decir, el número de muestra son iguales:

$$LsD = T_{\alpha/2,\ N-a} * \sqrt{2 * MSE / n}$$

Para la determinación de homogeneidad de varianzas, método LsD, indicadores de eficiencia, 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 Estadística 7.

5. RESULTADOS

5.1. Tallas y pesos promedios para cada tipo de dietas

Como primera aproximación, se graficó las medias de las tallas (mm) y pesos (g) durante los cuatros muestreos (Fig. 16), a fin de obtener una visión general del comportamiento del crecimiento durante la experiencia.

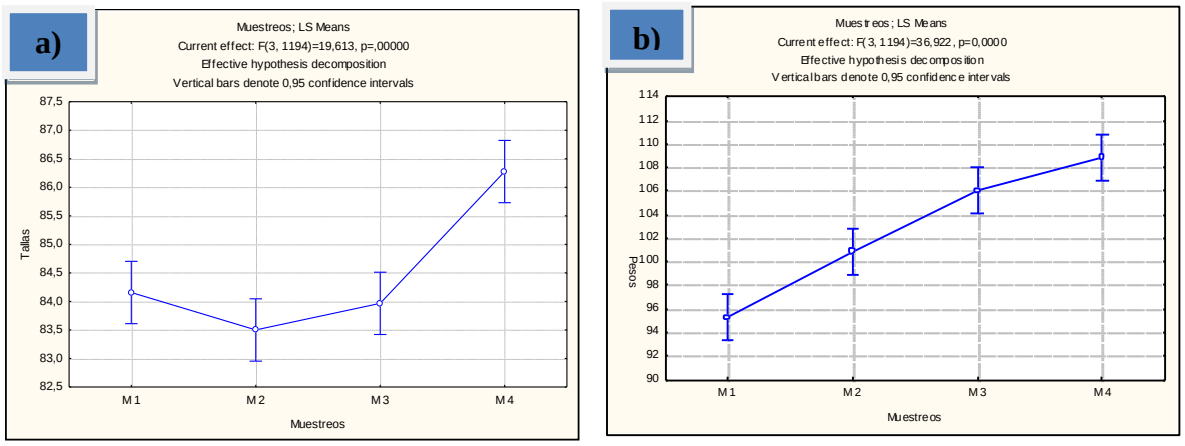


Figura 16. a) Tallas promedios (mm) y b) pesos (g) durante los muetreos.

Se observó una tendencia positiva del crecimiento tanto en talla como peso promedios, a excepción, de las tallas que durante el muestreo 2, que mostró un ligero descenso.

5.2. Tasa de crecimiento mensual

La tasa de crecimiento mensual del abalón rojo fueron superiores en los tipo de dieta Mezcla (1,80) (combinación de pellet con alga) y Alga (1,41) e inferior en el tipo de dieta Pellet (0,58). El tipo de dieta Mezcla presentó la mayor tasa de crecimiento mensual durante la experiencia (Fig. 17).

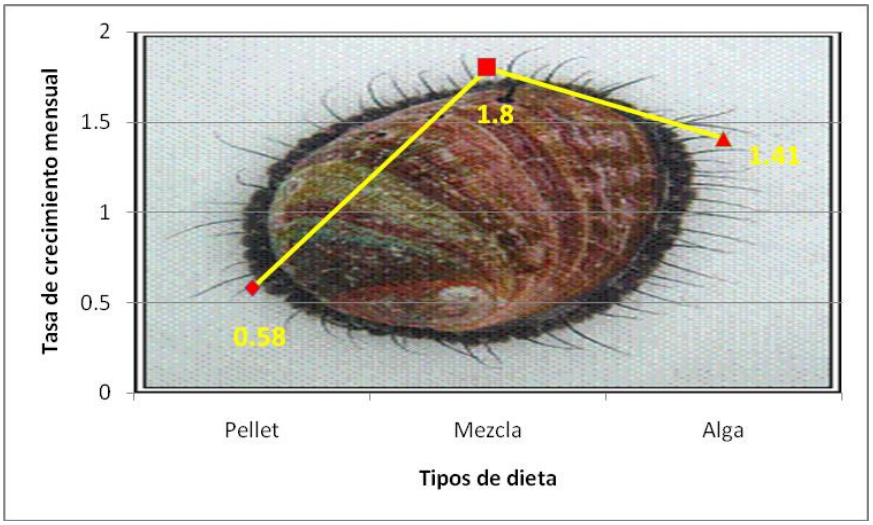


Figura 17. Tasa de crecimiento mensual para los tres tipos de dietas.

5.3. Incremento del peso

El menor incremento de peso en gramos, durante toda la experiencia, lo obtuvieron los abalones alimentados con el tipo de dieta Pellet (7,80), mientras que los mayores resultados fueron presentados por el tipo Mezcla y Algas, siendo el tipo de dieta Alga el mayor con 23,98 g en comparación con 21,13 g del tipo de dieta Mezcla (Fig. 18).

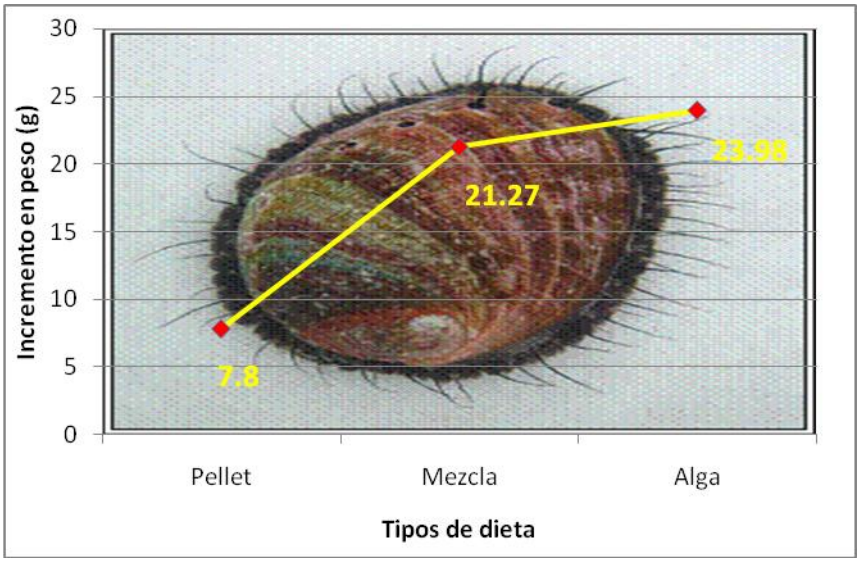


Figura 18. Incremento en gramos del peso de los abalones alimentados con los tipos de dietas.

5.4. Incremento en peso (%)

El porcentaje de incremento en peso por tipo de dietas, al final de la experiencia, mostró resultados variables, con mínimos valores en los abalones que se alimentaron con el tipo de dieta "Pellet" y los otros dos fueron mas elevados, siendo su diferencia entre ellos mínimas (Fig. 19).

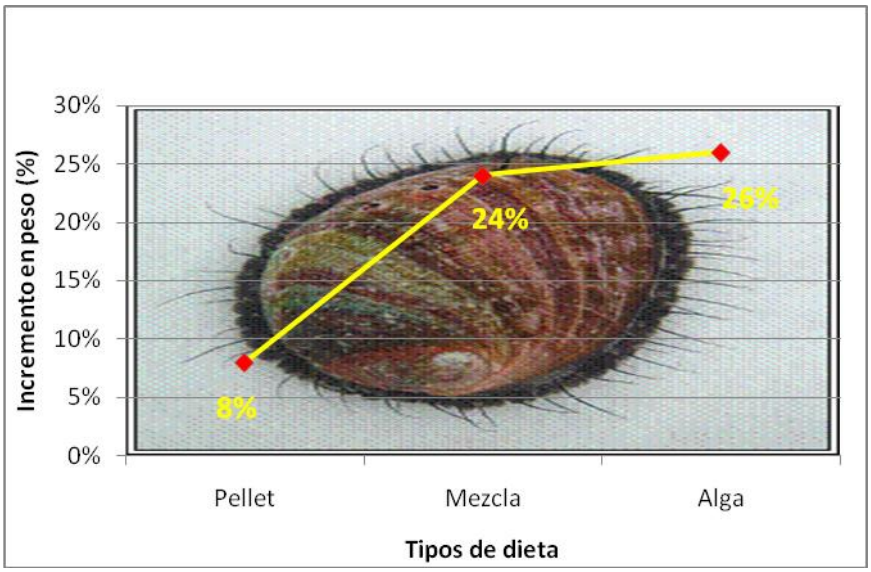


Figura 19. Incremento porcentual de peso

5.5. Conversión de la dieta

La tasa de conversión acumulada durante el periodo de la experiencia, en el tipo de dieta Pellet, mostró los menores valores (8,55), junto con el tipo de dieta Mezcla (12,3) para los distintos tipos de dietas (Fig. 20).

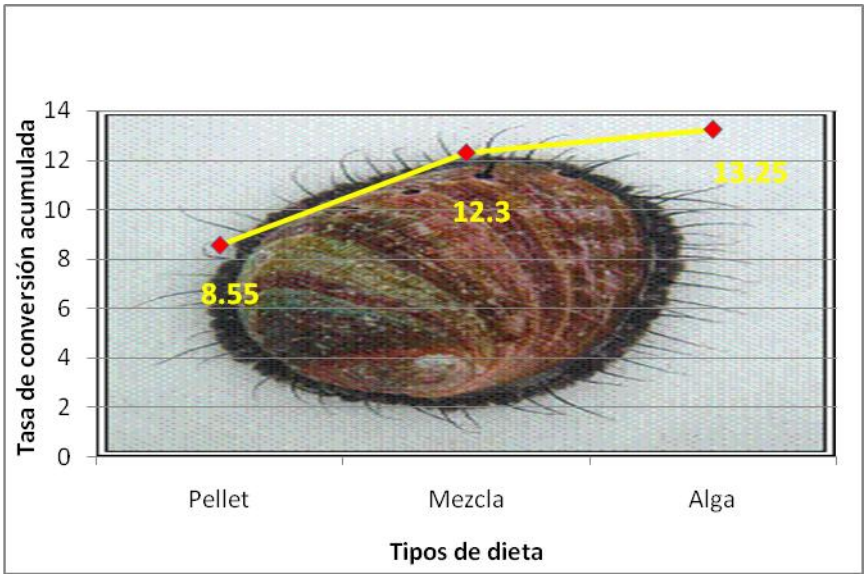


Figura 20. Tasa de conversión acumulada.

5.6. Mortalidad

La mortalidad acumulada fue medida durante el periodo de estudio y registrada según los tipos de dietas, infiriendo que los tres tipos de dietas mostraron bajos porcentajes de mortalidad (2 y 3%) (Fig. 21).

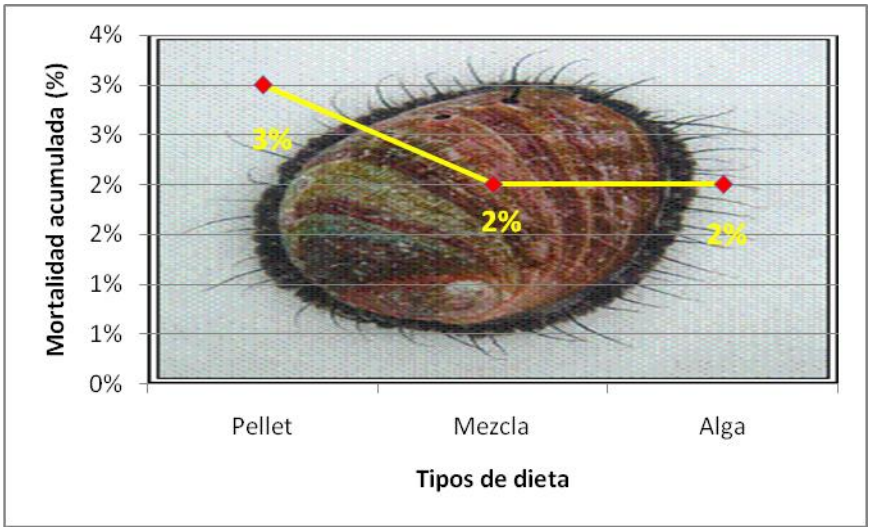


Figura 21. Mortalidad acumulada en porcentaje.

5.7. Porcentajes de enfermedades y malformación de la concha

Pie chico (*Candidatus Xenohaliotis californiensis)*

Los abalones con Pie chico fueron medidos en todos los muestreos para los distintos tipos de dietas. Estos porcentajes fueron variables, mostrando los abalones alimentados con Alga mayores valores (7%), en contraste con los abalones alimentados con Mezcla, el cual fue menor (4%) (Fig. 22).

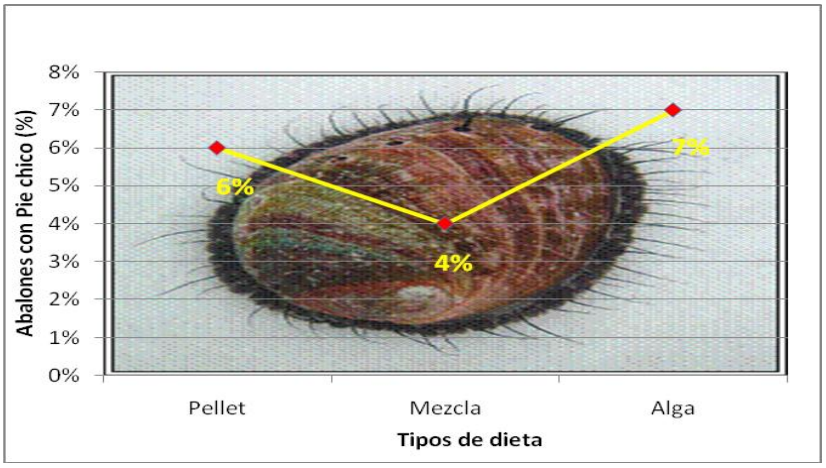


Figura 22. Porcentajes promedios de Pie chico para los distintos tipos de dietas.

***Polydora* sp.**

La aparición de *Polydora* sp. se registró durante todos los muestreos para cada tipo de dieta, mostrando valores mínimos y constante (1%) los abalones alimentados con el tipo de dieta Pellet (Fig. 23).

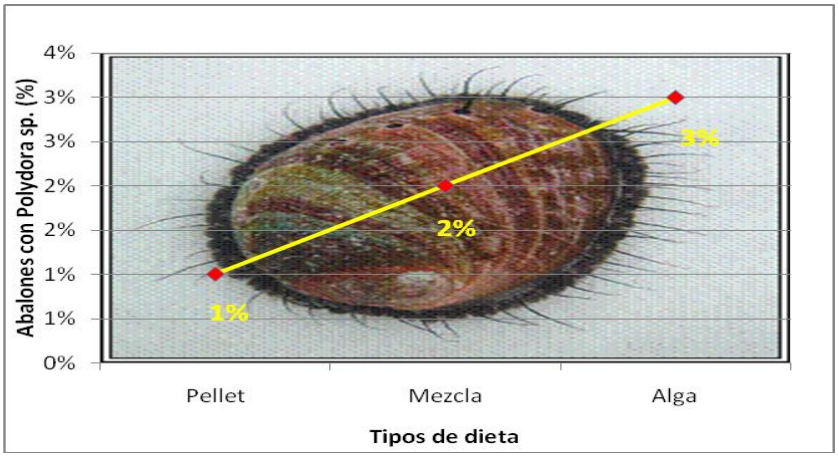


Figura 23. Aparición de individuos promedios con *Polydora* sp.

Malformación de la concha

Los abalones denominados Rechazados, fueron medidos durante el periodo de estudio y registrada según los tipos de dietas, infiriendo que los tres tipos de dietas mostraron bajos porcentajes (8 y 9%) (Fig. 24).

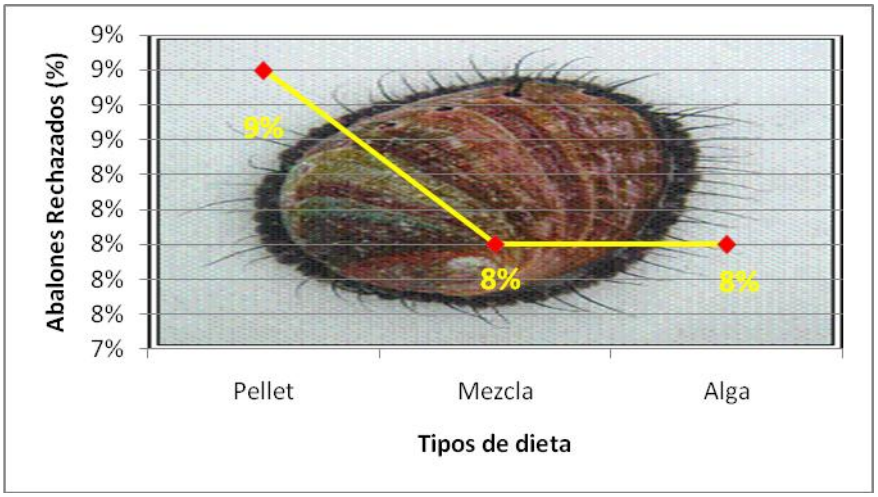


Figura 24. Individuos rechazados con los distintos tipos de dietas.

5.8. Protocolo de alimentación para abalones

Comportamiento del abalón

Se observó que los animales de la experiencia no presentaron una distribución homogénea en los refugios según el tipo de dieta. Los abalones alimentados con dieta tipo Pellet siempre se encontraban en la parte inferior de los refugios, los alimentados con dieta tipo Mezcla, primeramente se encontraban en la parte inferior, pero al pasar los días estos comenzaron a encontrarse cada vez mas arriba, y los alimentados con la dieta tipo Alga siempre se encontraron en la parte superior de los refugios.

Alimentación

La cantidad de alimento entregado de los tres tipos de dietas para cada canasto se resume en la siguiente tabla.

Tabla 4 Cantidad de pellet (Tipo Engorde) y alga (*Macrocystis* sp.*)* utilizados durante la experiencia

	Tipos de dietas		
	Pellet	Mezcla	Alga
Pellet (g)	38760	24190	0
Alga (g)	0	133035	243345

Se determinó que los abalones alimentados con el tipo de dieta Mezcla se alimentaron con 15% de pellet "Engorde" y el resto de alga (*Macrocystis integrifolia).* Para las dieta Pellet y Alga se entrego 100% de pellet Engorde y 100% de *Macrocystis integrifolia* respectivamente.

Protocolo de alimentación

La alimentación se realizó tres veces a la semana, idealmente lunes, miércoles y viernes. El último día se alimentó por los tres días (viernes, sábado y domingo).

- ✓ Pellet: Se alimentó con dieta para engorda, con una ración de alimento de 3% de la biomasa por los días recomendados anteriormente.

- ✓ Mezcla: Se alimentó con una mezcla de algas frescas y dieta balanceada (Pellet Engorde). En el caso del alga entregada fue de 6% de la biomasa y para el alimento balanceado 1% de la biomasa (fracción diaria).

- ✓ Alga: se alimentó con algas pardas del género *Macrocystis* sp. Se extrajo y pesó el alga sobrante, antes de pesar y administrar el alga fresca. En base al alga sobrante se dosificó la ración siguiente, aproximadamente un 15% del peso de la biomasa por ración.

El lavado del estanque se realizó una vez por semana (lunes), al igual que el retiro de abalones muertos y conchas. En cuanto al flushing, se realizó todos los días al iniciar las actividades.

5.9. Análisis estadístico de los resultados

Crecimiento del abalón rojo

Se determinó que existieron diferencias significativas en las respuestas en los pesos de los abalones alimentados con los tres tipos de dietas ($p = 0{,}008$), pero en cuanto a las tallas, no se observaron diferencias significativas durante la experiencia ($p = 0{,}075$). Durante los primeros 15 días no se observaron incremento en las tallas de los abalones alimentados con el tipo de dieta Pellet, ya que durante este periodo los abalones se

adaptaron fisiológicamente a la nueva dieta (Anexo 7).

En cuanto a las respuestas de los abalones, tanto en tallas como en pesos, durante los cuatros muestreos, se determinó que existe diferencias significativas ($p < 0,05$).

Utilizando el método de las diferencias significativas mínimas (LsD) de Fisher, con un $\alpha = 0,055$, se reveló que no existen diferencias significativas en el tercer muestreo, de tallas y pesos, con los distintos tipos de dietas. Sin embargo, en las medias de las tallas y pesos de los abalones de los otros muestreos, se determinó que la mayor diferencia significativa esta en los abalones alimentados con el tipo de dieta Pellet y Alga.

En relación a la tasa de crecimiento, porcentaje de incremento en peso y la conversión del alimento, el test de significancia reveló que no existen diferencias significativas ($p > 0,05$) en los resultados del tipo de dietas y muestreos (Anexo 8).

Mortalidad

Realizado el ANOVA, con un 95% de confianza, demostró que no existe diferencias significativas en las cantidades de individuos muertos al utilizar los distintos tipos de dietas ($p = 0,95$); sin embargo existe diferencias significativas entre cada muestreos ($p=0,04$) (Anexo 9).

Posibles apariciones de enfermedades

Se realizó el análisis de varianzas en las posibles apariciones de las tres enfermedades (Rechazados, Pie chico y Pol*ydora* sp.), y se demostró que no existe diferencias significativas ($p > 0,05$) en los resultados de estas enfermedades, al suministrar los tres tipos de dietas. En cuanto a los resultados de cada muestreos se obtuvo que la aparición de abalones con *Polydora* sp. no es significativo ($p = 0,12$), pero en los abalones rechazados (por malformación y quiebre de su concha) y Pie chico, existe diferencias significativas entre cada muestreo ($p < 0,05$) (Anexo 10).

6. DISCUSIÓN

En los primeros 15 días los abalones alimentados con dieta tipo Pellet no incrementaron su longitud, debido a que esto corresponde al periodo que el abalón se adapta fisiológicamente al nuevo tipo de alimento. Este tipo de dieta balanceada, usada primeramente, no tiene atractante, factor que influye en la preferencia alimenticia del abalón. (Allen *et al.*, 2006). El tiempo restante de la experiencia se utilizó otro tipo de dieta, Pellet Engorde, con atractante; con esta inclusión se obtuvo una mayor ingesta de este alimento por los ejemplares. El empleo de atractantes para aumentar la ingesta del alimento y el crecimiento de los abalones no es una nueva idea (Fleming *et al.*, 1996). A pesar de utilizar atractante en la dieta, en el presente estudio el menor consumo por los abalones se obtuvo con este tipo de dieta, Pellet, al igual que estudios similares, donde la menor ingesta se obtuvo con la basada exclusivamente en pellet (Allen *et al*., 2006).

Con respecto a la dieta tipo Mezcla, la cual esta compuesta por *Macrocystis integrifolia* y Pellet, el consumo fue mayor. Allen *et al.* (2006), obtuvo en el estudio de los efectos estimulantes táctiles sobre alimentación, crecimiento, comportamiento y calidad de la carne en la especie *Haliotis iris*, que suministrando dietas que contenían partículas sintéticas, mezclas de pellet AbFeed con partículas de algas, y solamente pellet, las mejores ingesta eran producidas por la mezcla entre pellet y partículas de algas (*Glacilaria* y *Macrocystis* sp.*).*

En relación al comportamiento de los ejemplares en estudio se observó una distribución heterogénea de los abalones en los refugios con los distintos tipos de dieta. Esto se genera por dos factores: uno de ellos es la oscuridad provocada por el tipo de alimento, el alga genera mayor oscuridad que los otros tipos de dietas, por ende, hace que los abalones comiencen a subir a buscar el alimento que permanece arriba, simulando los hábitos nocturnos de la especie; el otro factor es la disposición de las placas ubicadas en los nuevos refugios utilizados para esta experiencia. Antes de este estudio, los abalones se adosaban en refugios que solamente tenían placas verticales, sin embargo, durante el experimento éstos se ven enfrentados a nuevos refugios que contienen además placas horizontales con el objetivo de retener el alimento balanceado en la parte superior de los refugios, debido a esto se cree que existe una energía adicional utilizada por esta especie para poder desplazarse hacia arriba para comenzar a alimentarse (R. Crisóstomo, com. pers).

Los resultados de incremento en talla de esta experiencia coinciden con los de estos autores. Corazani *et al.* (1998) notó que los mejores resultados, con el abalón rojo, eran obtenidos con dieta basadas en Alga (*Macrosistis integrifolia)* en comparación con una dieta artificial (Pellet). Capinpin *et al.* (1996) obtuvo que después de los 90 días de estudio la tasa de crecimiento más rápido en juveniles de *Haliotis asinina* se obtuvo con un alimento natural (*Glacilariopsis heteroclada)* que con alimento artificial.

El crecimiento mas bajo en talla y peso de los ejemplares en estudio fue obtenido con la dieta tipo Pellet, a pesar de la morfología del pellet (plana), textura suave y su

estabilidad en el agua (Durazo *et al.*, 2001). Este resultado también fue observado en el estudio de Corazani e Illanes (1998) para la misma especie, que probó varias dietas, entre ellas *Macrocystis* sp. y alimento artificial, en donde el crecimiento en talla y peso fue menor en abalones alimentados con alimento balanceado en comparación con una dieta en base a *Macrocystis* sp.

Un número de estudios han reportados un crecimiento en talla y peso positivo en abalones alimentados con dietas monoespecíficas de algas *Glacilaria chilensis y Macrocystis pyrifera*, en donde al comparar el resultados se obtiene un crecimiento relativo mayor del 40% en abalones alimentados con *Glacilaria chilensis* en comparación con *Macrocystis pyrifera* (Stuart *et al.*, 1994). Sin embargo este mismo autor, también expone resultados favorables en el crecimiento utilizando dietas basadas en mezcla de algas. Estos resultados son coincidentes a los obtenidos en nuestro estudio, ya que el mayor incremento en peso se obtuvo con dieta tipo Mezcla y Alga y, además, el mayor crecimiento mensual se alcanzó en abalones alimentados con dieta Mezcla.

La tasa de conversión, el tipo de dieta Pellet representa una de las menores valores, junto con el tipo de dieta Mezcla, por lo tanto, se puede afirmar que al utilizar el componente pellet en las dietas de los abalones en etapa de engorda, mejoran la tasa de conversión, disminuyéndola en comparación al utilizar una dieta compuesta solamente de algas naturales.

Marifeed (Pty), fabricante de AbFeed alimento balanceado producido en Sudáfrica, asegura que éste alimento utilizado en combinación con alga fresca, es preferido por algunos cultivadores asiáticos y sudafricanos, y además puede ser suministrado en etapa de engorda del abalón, durante los últimos meses antes de ser cosechados.

Con respecto a la mortalidad, es destacable los bajos porcentaje obtenidos durante el estudio. Los porcentajes más bajos (2%) fueron registrados para el tipo de dieta Alga y Mezcla. Éstos son equivalentes a los porcentajes de mortalidad obtenidos por el centro de cultivo donde se realizó la experiencia (F. Morel, com. pers.).

En relación a las posibles apariciones de enfermedades (Pie chico y *Polydora* sp.), ambas, se presentaron en mayor porcentaje en el tipo de dieta Alga, infiriendo que al sumistrar otro tipo de dieta que no sea solamente a base de algas no aumentan los porcentajes de estas dos enfermedades. Cabe destacar que no existieron diferencias significativas en los índices de mortalidad, ni el las posibles apariciones de enfermedades y malformación de la concha, al utilizar los distintos tipos de dietas (Pellet, Mezcla y Alga).

Las ventajas al utilizar una dieta alternativa a las tradicionales son altas. Existe la necesidad de reducir el período de crecimiento de los abalones, y por ende, al obtener mayores tasas de crecimiento e incremento en peso con una dieta alternativa, como es el caso de la dieta Mezcla, el ciclo de cultivo se acorta, logrando un crecimiento sostenido y planificado.

7. CONCLUSIÓN

Los resultados de la presente investigación, sugiere que es posible la sustitución de alimento natural por alimento balanceado, siendo la mejor dieta la Mezcla (*Macrocystis integrifolia* y pellet tipo Engorde), ya que sus resultados son similares o mejores a los que tiene con una alimentación natural.

De esta manera se obtiene una alternativa de alimentación para el abalón rojo en la Compañía Pesquera Camanchaca S.A., tendientes a producir mejoras en la disponibilidad del alimento y que cumpla con los requerimientos nutricionales de la especie.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- **Allen, V., I. Mariden, N. Ragg & S. Gieseg. 2006.** The effects of tactile stimulants on feeding, growth, behavior, and meat quality of culture blackfoot abalone, *Haliotis iris.* Aquaculture, 257 (1-4): 294-308.

- **Augsburger, A. 2005.** Prospección y evaluación de productos vegetales como nueva alternativa de alimento para el cultivo intensivo del abalón rojo. Proyecto Fondef D 05I10224: 154 pp.

- **Barnes, R. 1997.** Zoología de los invertebrados. Ed. Interamericano, México, 960 pp.

- **Cáceres, J. & R. Vásquez. 2003.** Enfermedades de moluscos cultivados en el Noreste de México. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Laboratorio de Biología y Patología de Organismos Acuáticos, Baja California, México, 87 pp.

- **Campalans, M. 2003**. Status sanitario de los moluscos de cultivo en relación a las enfermedades de alta riesgo. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Recursos Naturales, 1995 pp.

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

- **Cifuentes, J., P. Torres-García & M. Frías. 1997.** El océano y sus recursos. XI Acuicultura. Segundo edición “Ciencias para todos”, México, 135 pp.

- **Coll, M. 1991**. Acuacultura marina. Instituto de Ciencias Hidrobiológicas de Madrid, 513 pp.

- **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.

- **Crisóstomo, R. 2008.** Descripción de los aspectos mas 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.

- **Espinosa de los Monteros, J. & U. Labarta. 1987.** Nutrición en Acuicultura II. Plan de Formación de Técnicos Superiores en Acuicultura, 2: 291-300.

- **Fallu, R. 1991.** Abalone farming. Fishing New Books, Oxford, 540 pp.

- **FitzGerald, A. 2008.** Abalone feed requeriments. South west abalone growers association. Final report for Seafish, 58 pp.

- **Fleming, A., R. Van Barneveld & P. Hone. 1996.** The development of artificial diets for abalone: a review and future directions. Aquaculture, 140 (1-2): 5-53.

- **Fleming, A. 1998.** Growth, intake, feed conversion efficiency and chemosensory preference of the Australian abalone, *Haliotis rubra*. Aquaculture, 132 (3-4): 297-311.

- **Flores, R. 2000.** Estado actual del cultivo de abalón en México. "El cultivo de abalón en Chile: Situación Actual y Perspectivas". Puerto Montt, mayo 2000, 33 pp.

- **Flores, R. & M. Aguilar. 2003.** Pre-proyecto comercial de cultivo de abalón en el mar en el sur de Chile. Fundación Chile, Puerto Montt, 145 pp.

- **García-Exquivel, Z. & H. Felbeck. 2006.** Activity of digestive enzymes along the gut of juvenile red abalone, *H. Rufescens*, fed natural and balanced diets. Aquaculture, 261 (2): 615-625.

- **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.

- **Guzman, J. & M. Viana. 1998.** Growth of abalone *Haliotis fulgens* fed diets with and without fish meal, compared to a commercial diet. Aquaculture, 165 (3-4): 321-331.

- **Hahn, K. 1989.** Handbook of culture of abalone and other marine gastropods. CRS Press. Boca Ratón, Florida, 113-128 pp.

- **López, L. & M**. **Viana 1995.** Determinación de la calidad de alimento elaborado con ensilajes de pescado crudo y cocidos, para abulones juveniles de *Haliotis fulgens*. Ciencias Marinas, 21 (03): 67 pp.

- **Montgomery, C. 2002.** Diseño y análisis de experimentos. Limusa, Cuidad de México, 99 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.

- **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.

- **Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA).** Anuario Estadístico de Pesca, año 1998 al 2009.

- **Stevens, M. 2003.** Cultured abalone *(Haliotis* spp.). Final report, Fisheries Research Analyst. Monterey Bay Aquarium, 40 pp.

- **Stuart, M. & M.T. Brown. 1994.** Growth and diet of cultivated black-footed abalone, *Haliotis iris* (Martyn). Aquaculture, 127 (4): 329-337.

- **Subsecretaría de Pesca (SUBPESCA). 2007.** Pesca de Investigación. Caracterización de la pesquería de algas pardas de las regiones I a IV, 2005-2007, 78 pp.

- **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.

- **Viana, M. 2002.** Avances en la nutrición, fisiología digestiva y metabolismo del abalón. Instituto de investigaciones oceanográficas, Universidad Autónoma de Baja California, California, 50 pp.

- **Viana, M., L. López & A. Salas. 1993.** Diet development for juvenile abalone, *Haliotis fulgens*, evaluation of two artificial diets and macroalgae. Aquaculture, 117: 149-156.

- **Viant, M. 2006.** Metabolómica ambiental: El estudio de enfermedades y de la toxicidad de la vida silvestre. México, 204 pp.

- **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), 87 pp.

- **Zúñiga, C. & M. Acuña. 2002.** Informe final de estudio de identificación y caracterización de las oportunidades de inversión en el sector acuícola de la Región de Atacama. Universidad Católica del Norte, Coquimbo, 70 pp.

ANEXOS

ANEXO 1: Antecedentes de abalón

Producción

Existen mas de 15 especies de importancia comercial a nivel mundial, en Chile solo se comercializa dos especies de abalón: *Haliotis rufescens* (abalón rojo) y *Haliotis discus hannai* (abalón japonés); estas especies se cultivan en la Región de Atacama, Coquimbo y Valparaíso, para el caso del abalón rojo y japonés, y en la Región de los Lagos sólo para el abalón rojo. Los productos que generalmente se comercializan desde nuestro país son el producto fresco vivo, enfriado, congelado, deshidratado y en conserva, siendo las tallas de cosecha entre los 80-90 mm.

En 1995, en Chile, se comenzaron las primeras exportaciones a pequeña escala del abalón hacia el mercado estadounidense. Luego en 1999, se exporta por primera vez 47 ton al mercado japonés, vendiéndose principalmente como producto entero congelado, en calibres de 80-90 mm. En 2007 se desembarcaron 357 ton de abalón rojo, donde el mayor desembarque lo aporta la Región de los Lagos, con 148 ton, seguido por la Región de Atacama y Valparaíso, con 100 y 100 ton respectivamente, y por último la Región de los Ríos con 9 ton (SERNAPESCA, 2007).

Si bien en nuestro país de cultivas dos tipos de especies: abalón rojo *(Haliotis rufescens)* y abalón japonés *(Haliotis discus hannai)*, las mayores producciones son del abalón rojo (Fig. 1).

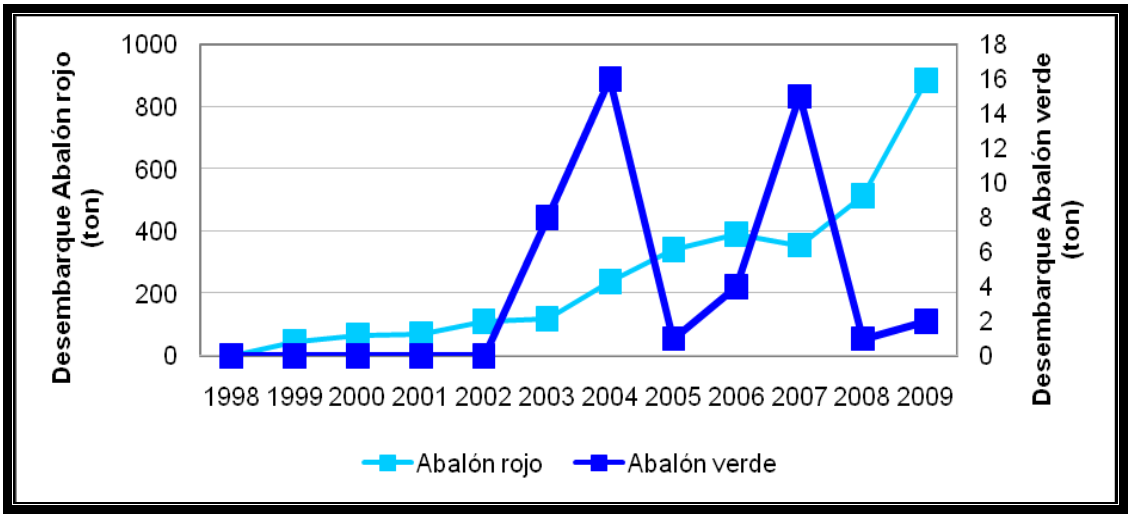


Figura 1. Desembarque en toneladas de dos especies de abalón cultivadas en Chile. Fuente: Anuario Estadístico del 1998 hasta 2009 (SERNAPESCA).

La industria tiene gran producción, sobre todo en el norte de nuestro país,

mostrando una clara tendencia de expansión. También el mercado se ha mantenido estable, a si como los precios, donde el producto IQF continúa sobre los US$24 kilo, según la estadística de exportación.

Biología del abalón

Concha

La concha del abalón tiene un espiral (este se puede ver claramente desde el interior), aunque esto no sea obvio ya que la concha está aplanada. La relación largo-alto es de solo un quinto de su largo. Posee una corrido de orificios en la parte izquierdo de la concha llegando hasta la cabeza. Los orificios anteriores son los más grandes, los cuales lo utilizan para la respiración, desove y remoción del excremento (Fallu, 1991).

La concha del abalón crece mediante la adición de nuevo material al lado derecho del borde anterior. El tamaño de la concha es fácil de medir y es uno de los parámetros más utilizados para determinar el crecimiento. Determinar la edad de un abalón individual es difícil. A diferencia de las partes duras de otros animales, la concha de los abalones no presenta marcas o bandas atribuibles al crecimiento. Normalmente existe una relación entre el peso corporal y el tamaño de la concha, sin embargo, por la dificultad y estrés que significa desprender a un abalón de su sustrato, la medición de la concha es el elemento más usa

Pie

El pie en los abalones es un músculo plano de forma oval, provisto de numerosos surcos transversales que permiten la fijación del organismo al sustrato; este músculo es grueso y llega a alcanzar hasta 20 ó 25 cm de longitud; esta parte es la de consumo humano. Este esta cubierto parcial o completamente por la concha, pero es visible cuando se invierte el animal (Fig. 2).

Figura 2. Pie del abalón.

La parte del pie que no queda cubierta por la concha es similar a un par de labios.

Estos labios están cubiertos por una piel dura que sirve como barrera a los predadores. Normalmente estos labios, en el abalón rojo, son de color gris oscuro o negro. Por la parte exterior del pie, extendiéndose desde la parte superior de los labios, hay una serie de tentáculos, que detectan espacialmente la comida y predadores (Fallu, 1991).

Cabeza

La cabeza se ubica en la parte anterior del pie, posee tentáculos al igual que los labios (Fig. 3). La boca esta en la base de la cabeza debajo de los labios. Es un orificio circular en el medio de un pedazo circular de carne llamado el disco oral. No existen los dientes pero dentro de la boca existe un órgano en forma de lengua que está lleno de dientes, la rádula. Este órgano es el encargado de raspar la comida (Fallu, 1991).

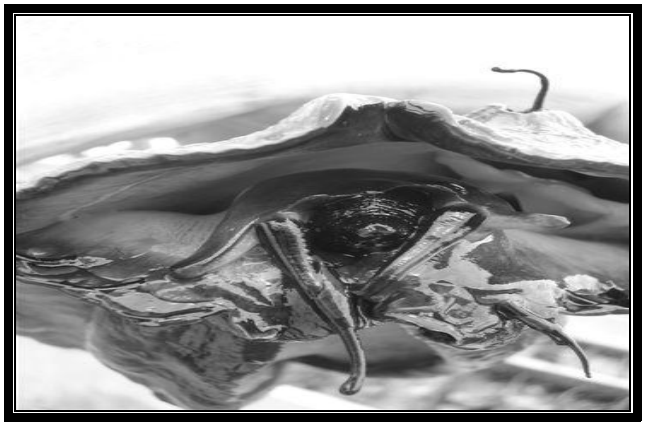


Figura 3. Aspecto de la cabeza y el par de tentáculos cefálicos.
Fuente: Descripción de los aspectos mas relevantes del cultivo de abalón en los principales países productores del mundo y su aplicación al cultivo de abalón rojo "*Haliotis rufencens*" en Chile.

Branquias

Las branquias se ubican en la cavidad del manto, bajo la serie de orificios en la concha. El agua de mar es succionada a la cavidad anterior, pasada por las branquias y luego expulsada por los orificios en la concha (Fallu, 1991).

La cavidad del manto tiene otras funciones:

- Allí se encuentran la salida del riñón y el ano.
- Las glándulas reproductivas también se vacían en la cavidad del manto cuando son expulsados los gametos.

- Expulsión de los desechos metabólicos, cuando se expulsa el agua de esta cavidad.

Estómago

Esta ubicado sobre el pie. El pie se extiende hacia arriba y se sujeta al centro de la concha. El estómago se encuentra enroscado entre el pie y el borde de la concha.

Glándulas reproductivas

La glándula reproductiva o gónada se ubica sobre el estómago y juntos forman un apéndice en forma de cono, entre el pie y la concha. El color de las gónadas indica el sexo del abalón:

- Machos: las gónadas son de color crema o marfil (Fig. 4a).
- Hembras: óvulos maduros son de color azul, verde o café (Fig. 4b).

Figura 4. a: Abalón macho. b: Abalón hembra.
Fuente: Descripción de los aspectos mas relevantes del cultivo de abalón en los principales países productores del mundo y su aplicación al cultivo de abalón rojo "*Haliotis rufencens*" en Chile.

Sistema circulatorio

La sangre del abalón contiene el pigmento respiratorio hemocianina, que es azul cuando está altamente oxigenado, pero incoloro cuando el oxígeno no está presente.

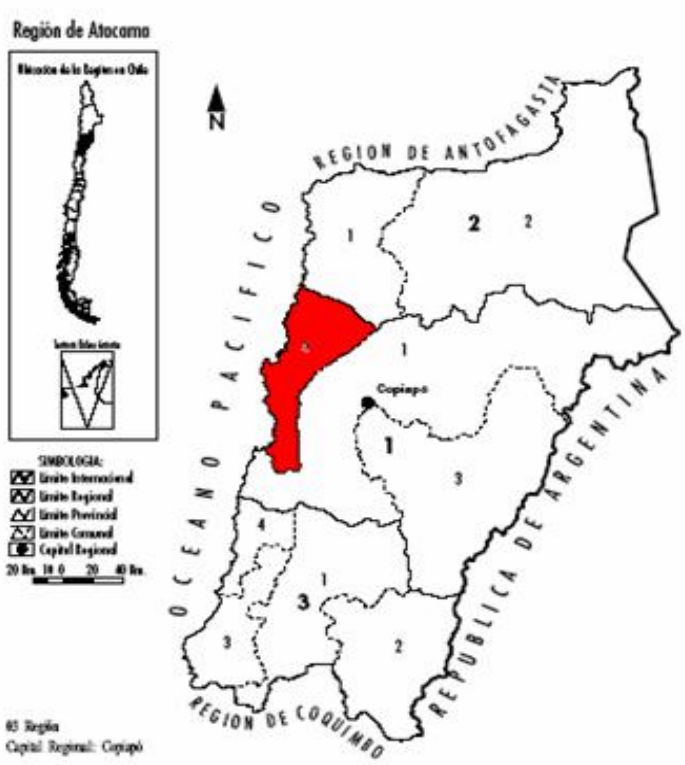
El corazón del abalón bombea sangre oxigenada desde las branquias hacia el pie en dos conductos centrales que a su vez se subdividen en unos más pequeños y que luego son recolectados en una cavidad central en el pie que a su vez lo devuelve a las branquias para ser oxigenada.

Ciclo de vida

Su ciclo de vida incluye una fase larval pelágica, este periodo es de corta duración y comienza entre 12 y 18 h después de la fertilización con el desarrollo de la larva trocófora, que nada libremente mediante movimiento ciliar. Después de 6 a 12 h se desarrolla una estructura natatoria llamada velum, lo que marca la transformación de la trocófora al siguiente estadio larval típico de los moluscos, la véliger. Durante esta fase, aparecen el "pie", la protoconcha y el opérculo, y la masa cefalo-pedálica pasa por dos etapas de torsión con lo cual se reorienta dentro de la concha larval. Al final de este estadio, entre seis y ocho días después de la fertilización aparecen en la véliger las manchas oculares y la larva muestra fototaxismo negativo, tendiendo a permanecer cerca del substrato. En esta fase, se desarrolla el cuarto túbulo en los tentáculos cefálicos. Es entonces cuando la véliger se vuelve competente, es decir, adquiere la capacidad de adherirse al substrato e iniciar la metamorfosis.

La metamorfosis comienza con la pérdida del velum y el opérculo de la concha larval. Una vez iniciada la metamorfosis, empieza la depositación de la nueva concha y el desarrollo de la boca, la rádula y el sistema digestivo definitivo. Esta etapa postlarval, en la que los cambios morfológicos incluyen el desarrollo de los ojos pedunculados, el manto ciliado, las ctenidias y el primer par de poros respiratorios, se completa en un período de 20-30 días después de la fertilización. A partir de aquí, se considera el inicio del estadio juvenil. Esta etapa se extiende hasta el inicio de la primera madurez sexual, a los dos años de edad (talla 40-60 mm). La madurez sexual se alcanza entre los tres y cuatro años de edad (talla 120-150 mm), aunque esto varía dependiendo de la especie y de los factores ambientales.

ANEXO 2: Localización del centro de engorda de abalón rojo “Tres Quebradas”, Caldera.



ANEXO 3: Bitácora de alimentación y mortalidad

ALIMENTACION					**MORTALIDAD**		
Fecha	Día	Tipo	Cantidad incorporada	Cantidad retirada	Mortalidad retirada	Lavado	Observaciones

ANEXO 4: Planilla de muestreo biológico.

Departamento de Control y Estadística
Camanchaca S.A.

Cultivo Norte

Muestreo Biológico
Experiencia Pellet

Fecha: _____ Responsable: _____

	Po	P	R	Largo	Ancho	Peso
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
45						
46						
47						
48						
49						
50						

	Po	P	R	Largo	Ancho	Peso
51						
52						
53						
54						
55						
56						
57						
58						
59						
60						
61						
62						
63						
64						
65						
66						
67						
68						
69						
70						
71						
72						
73						
74						
75						
76						
77						
78						
79						
80						
81						
82						
83						
84						
85						
86						
87						
88						
89						
90						
91						
92						
93						
94						
95						
96						
97						
98						
99						
100						

Po: Polydora P: Pie chico R: Rechazado

ANEXO 5: Resumen de datos extraídos de los muestreos.

Primer Muestreo : 31 de enero de 2008

	Tipos de dietas		
	Pellet	Mezcla	Alga
Largo promedio (mm)	84,82	84,26	83,39
Peso promedio (g)	96,75	96	93,05
Mortalidad (individuos)	6	9	10
Rechazados (individuos)	4	11	8
Pie chico (individuos)	0	0	1
Polydora sp.(individuos)	1	5	3

Segundo Muestreo: 15 de febrero de 2008

	Tipos de dietas		
	Pellet	**Mezcla**	**Alga**
Largo promedio (mm)	83,98	83,65	82,87
Peso promedio (g)	102,12	102,66	98,27
Mortalidad (individuos)	8	4	1
Rechazados (individuos)	13	8	12
Pie chico (individuos)	13	7	7
Polydora sp. (individuos)	1	1	4

Tercer Muestreo: 28 de febrero de 2008

	Tipos de dietas		
	Pellet	**Mezcla**	**Alga**
Largo promedio (mm)	85,28	83,34	83,28
Peso promedio (g)	104,3	107	106,85
Mortalidad (individuos)	0	0	2
Rechazados (individuos)	18	12	12
Pie chico (individuos)	9	8	15
Polydora sp. (individuos)	1	3	4

Cuarto Muestreo: 28 de marzo de 2008

	Tipos de dietas		
	Pellet	**Mezcla**	**Alga**
Largo promedio (mm)	85,46	86,45	86,92
Peso promedio (g)	99,91	111,51	115,2
Mortalidad (individuos)	1	2	4
Rechazados (individuos)	2	1	1
Pie chico (individuos)	0	0	4
Polydora sp. (individuos)	0	0	1

ANEXO 6: Resumen de los indicadores de eficiencia por muestreos.

Primer Muestreo : 31 de enero de 2008

Días	16		
% Incremento peso	5%	6%	2%
Tasa Crecimiento Mensual	1,44	4,09	- 0,21
Consumo PELLET [3]	6130	4.810	0
Consumo ALGA [4]	0	20.185	55.940
Tasa de Conversión	2,16	7,16	50,33
% PELLET	100%	19%	0%

Segundo Muestreo: 15 de febrero de 2008

Días	15		
% Incremento peso	5%	7%	6%
Tasa Crecimiento Mensual	- 1,68	- 1,23	- 1,04
Consumo PELLET	12390	4990	0
Consumo ALGA	0	31855	53.860
Tasa de Conversión	4,16	9,17	17,05
% PELLET	100%	14%	0%

Tercer Muestreo: 28 de febrero de 2008

Días	13		
% Incremento peso	3%	4%	9%
Tasa Crecimiento Mensual	3,00	- 0,71	0,95
Consumo PELLET	12390	4990	0
Consumo ALGA	0	31855	53.860
Tasa de Conversión	7,84	13,87	10,24
% PELLET	100%	14%	0%

Cuarto Muestreo: 28 de marzo de 2008

Días	29		
% Incremento peso	-4%	4%	8%
Tasa Crecimiento Mensual	0,19	3,22	3,77
Consumo PELLET	7.850	9.400	0
Consumo ALGA	0	49.140	79.685
Tasa de Conversión	- 3,08	21,60	12,46
% PELLET	100%	16%	0%

[3] Consumo Pellet es la cantidad de alimento balanceado consumido por los abalones en estudio. Este tipo utilizado es Pellet Engorde, abastecido por la empresa Sinequanon S.A.

[4] Consumo Alga es el alimento natural consumido por los abalones en estudio; esta alga es *Macrocystis integrifolia*, abastecida por algueros de la zona.

ANEXO 7: Tablas ANDEVA de tallas y pesos de los abalones en estudio.

Tabla 1: ANDEVA de las tallas (mm) de los abalones durante la experiencia.

	SS	Grados de libertad	MS	F	p
Intercepto	8563231	1	8563231	368606,3	0,000000
Tratamientos	120	2	60	2,6	0,075861
Muestreos	1367	3	456	19,6	0,000000
Error	27738	1194	23		

Tabla 2: Tabla ANDEVA de los pesos (g) de los abalones durante la experiencia.

	SS	Grados de libertad	MS	F	p
Intercepto	12670103	1	12670103	43489,99	0,000000
Tratamientos	2814	2	1407	4,83	0,008150
Muestreos	32270	3	10757	36,92	0,000000
Error	347852	1194	291		

ANEXO 8: ANDEVA de la tasa de crecimiento, 5% incremento en peso y conversión del alimento.

Tabla 1: Tabla ANDEVA de la tasa de crecimientote los abalones durante la experiencia.

	SS	Grados de libertad	MS	F	p
Intercepto	11,565	1	11,565	2,997	0,134
Tipos de dietas	0,816	2	0,408	0,106	0,901
Muestreos	23,711	3	7,904	2,048	0,209
Error	23,150	6	3,858		

Tabla 2: Tabla ANDEVA del % de incremento en peso de los abalones en estudio.

	SS	Grados de libertad	MS	F	p
Intercepto	0,0252	1	0,0252	21,2033	0,0037
Tipos de dietas	0,0035	2	0,0017	1,4579	0,3048
Muestreos	0,0019	3	0,0006	0,5304	0,6779
Error	0,0071	6	0,0012		

Tabla 3: Tabla Andeva de la conversión del alimento de los abalones en estudio.

	SS	Grados de libertad	MS	F	p
Intercepto	1950,05	1	1950,05	11,28	0,02
Tipos de dietas	780,58	2	390,29	2,26	0,19
Muestreos	204,11	3	68,04	0,39	0,76
Error	1036,85	6	172,81		

ANEXO 9: ANDEVA de Mortalidad

Tabla 1: Tabla ANDEVA de mortalidad.

	SS	Grados de libertad	MS	F	p
Intercepto	184,0833	1	184,0833	27,61250	0,001911
Tipos de dietas	0,6667	2	0,3333	0,05000	0,951622
Muestreos	98,2500	3	32,7500	4,91250	0,046854
Error	40,0000	6	6,6667		

ANEXO 10: ANDEVA de la malformación de la concha, posibles apariciones de enfermedades y mortalidad durante el estudio

Tabla 1: Tablas ANDEVA de la malformación de la concha.

	SS	Grados de libertad	MS	F	p
Intercepto	867,0000	1	867,0000	86,94150	0,000086
Tipos de dietas	3,5000	2	1,7500	0,17549	0,843204
Muestreos	265,6667	3	88,5556	8,88022	0,012613
Error	59,8333	6	9,9722		

Tabla 2: Tablas ANDEVA de Pie chico.

	SS	Grados de libertad	MS	F	p
Intercept	341,3333	1	341,3333	44,68364	0,000543
Tipos de dietas	18,1667	2	9,0833	1,18909	0,367286
Muestreos	248,6667	3	82,8889	10,85091	0,007749
Error	45,8333	6	7,6389		

Tabla 3: Tablas ANDEVA de *Polydora* sp.

	SS	Grados de libertad	MS	F	p
Intercepto	48,00000	1	48,00000	32,60377	0,001249
Tipos de dietas	10,50000	2	5,25000	3,56604	0,095379
Muestreos	12,66667	3	4,22222	2,86792	0,125987
Error	8,83333	6	1,47222		

ANEXO 11: Gráficos de la tasa de crecimiento, % incremento en peso y conversión del alimento, por tipos de dietas y muestreos

Figura 1. Tasa de crecimiento de los abalones, por tipo de dieta y muestreos.

Figura 2. Porcentaje de incremento en peso de los abalones, por tipo de dieta y muestreos.

Figura 3. Conversión del alimento, por tipo de dieta y muestreos.

ANEXO 12: Gráficos de los abalones con malformación de la concha o enfermedades y mortalidad por tipo de dieta y muestreos

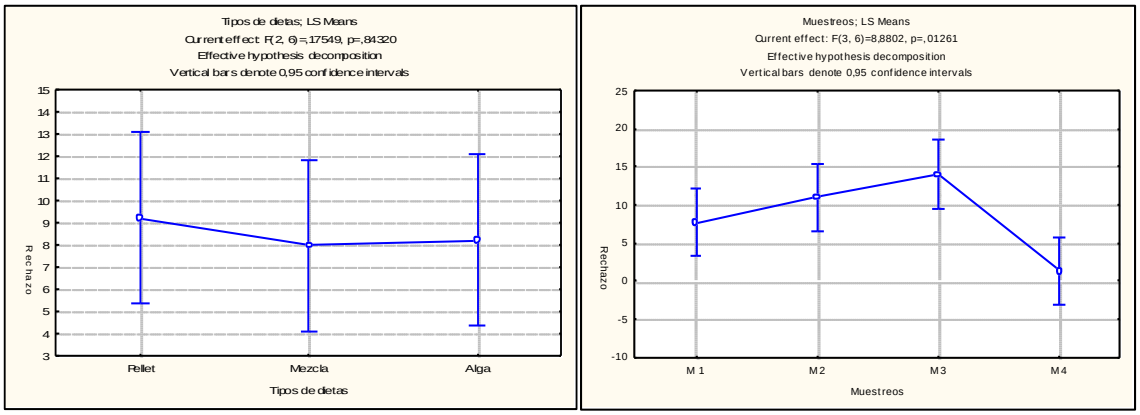


Figura 1. Abalones Rechazados, por tipo de dieta y muestreos durante el estudio.

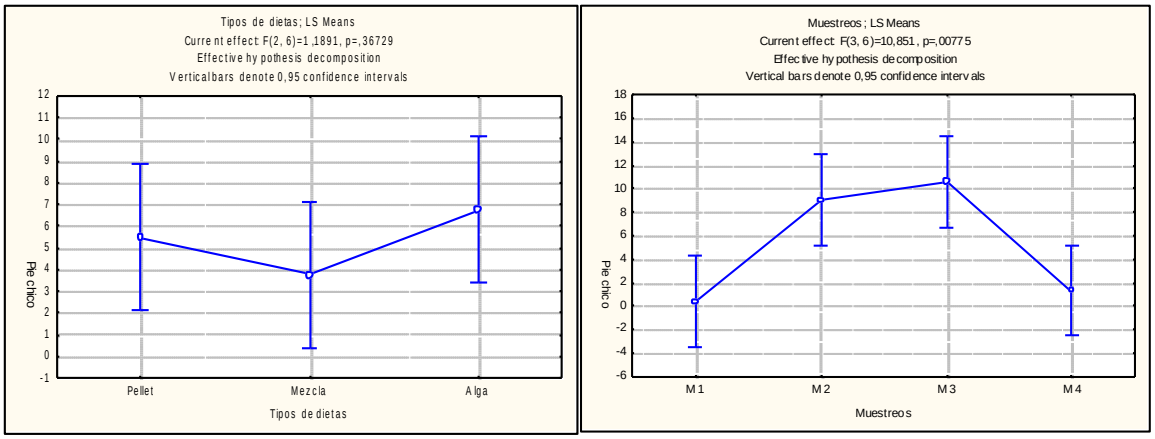


Figura 2. Abalones con Pie Chico, por tipo de dieta y muestreos durante el estudio.

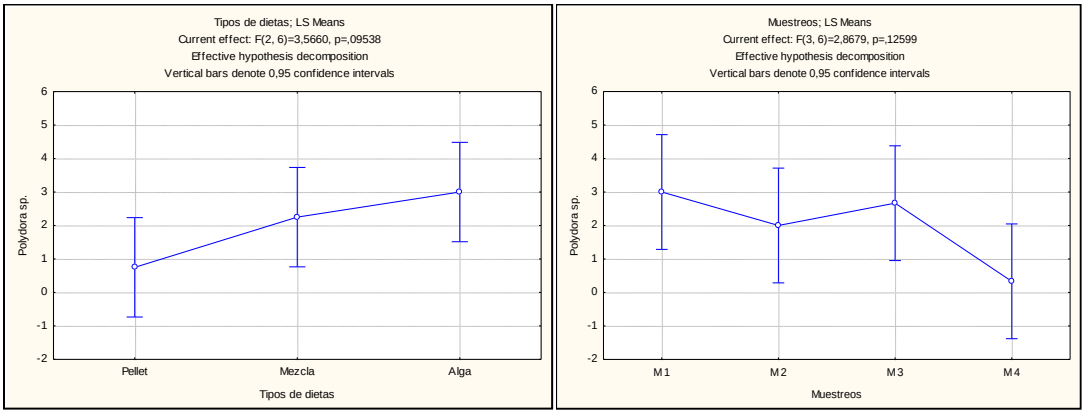


Figura 3. Abalones con *Polydora* sp., por tipo de dieta y muestreos durante el estudio.

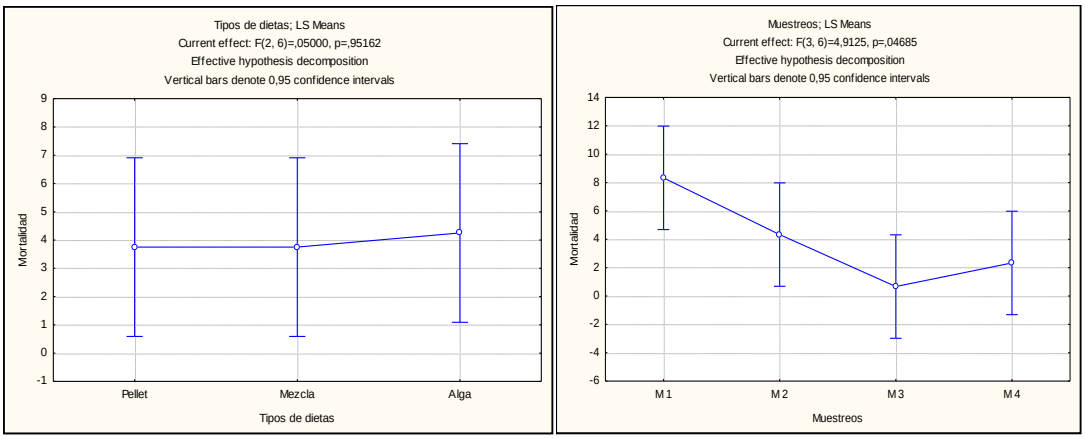


Figura 4. Mortalidad por tipo de dieta y muestreos durante el estudio.

ANEXO 13: Evaluación de costos

Al determinar los costos de cada dieta probada en el abalón rojo, en etapa de engorda, se observa una relación directa entre el aumento o inclusión del alimento balanceado, pellet, y el aumento del costo.

Al incorporar el análisis de la tasa de conversión de la dieta, se observa que el menor costo de producir 1 kg de abalón rojo se obtiene con la dieta Alga, luego la dieta Mezcla y por último la dieta Pellet.

Tabla 1: Tasa de conversión de los abalones alimentados con pellet y precio promedio del alimento.

Pellet "Tipo Engorde" (peso seco)	
Tasa de conversión	8,56
Precio promedio ($)	1632

Por lo tanto los costos de alimentación para producir un kilo de abalón alimentado solamente con pellet es $13.969.

Tabla 2: Tasa de conversión de los abalones alimentados con mezcla (pellet y alga) y precio promedio del alimento.

Mezcla	
Tasa de conversión	12,38
Precio promedio ($)	297

Para producir un kilo de abalones alimentados con mezcla, donde se utilizó alga fresca y pellet, se necesitan $3.677.

Tabla 3: Tasa de conversión de los abalones alimentados con algas y precio promedio del alimento.

Alga (peso húmedo)	
Tasa de conversión	13,25
Precio promedio ($)	60

Por último, los costos de alimentación para producir un kilo de abalón, alimentado con alga fresca, es de $795.

En la evaluación de los costos en la alimentación de abalones, se obtiene que al utilizar una dieta basada en algas frescas se logra el menor costo y, por el contrario, al utilizar una dieta balanceada (Pellet) se obtienen, con gran diferencia, el mayor costo de

alimentación. Es importante destacar que en esta evaluación de costos no se considera la cantidad de trabajo requerido para alimentar con cada uno de los tipos de dietas, ya que al utilizar en la dieta el alimento balanceado o en una mezcla con algas frescas es indudablemente menor la cantidad de trabajo demandado. Esto es en parte debido a la diferencia en la masa de alimento. Por otra parte, tampoco se considera el costo de instalación de bodegas para el almacenamiento de alimento balanceado.