

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TEMUCO  
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES  
ESCUELA DE ACUICULTURA



**TESIS DE GRADO**  
**DESARROLLO DEL ENSILADO DEL ALGA *Gracilaria chilensis***  
**PARA LA ALIMENTACION DE ABALÓN ROJO**  
***Haliotis rufescens*, (Swainson, 1822).**

Tesis presentada como parte de  
los requisitos para optar al grado  
de Licenciado en Ciencias de la Acuicultura.

Alumno: Rodrigo Alexis Cordero Canales

Temuco - Chile

2005

La fe, el esfuerzo y optimismo dedicado a lo largo de los años de estudio, son el fruto de la gente que creyó en mi persona, apoyándome en todo sentido dándome la mano a través de la educación. Es por ello que este trabajo esta dedicado a las personas que a lo largo de mi vida me han dado la formación de ser persona.

Con mucho cariño a ti abuelo, que me escuchaste y aconsejaste hasta el último minuto, a ti abuela que siempre me diste el gusto en todo, a ti mamá que pusiste la mano dura pero suave, a ti tía que me motivaste y a Jazmín que estuvo a mi lado.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los agradecimientos están dirigidos a todas las personas y entidades que hicieron posible la realización exitosa de esta investigación, principalmente se agradece a mis abuelos, madre, tía y Jazmín por el apoyo y motivación entregada.

También se agradece a los docentes de la Universidad Católica de Temuco por lo conocimientos compartidos y enseñados para mi desarrollo profesional, en especial a Don Alfonso Mardones Lazcano más que un profesor un amigo.

Se agradece a la Escuela de Acuicultura de la Universidad Católica de Temuco y a Fundación Chile Estación Quillaype, por facilitar sus instalaciones para llevar a cabo este estudio.

## INDICE

	<b>Pagina</b>
INDICE DE CONTENIDOS	i
INDICE DE FIGURAS	ii
INDICE DE TABLAS	iii
RESUMEN	iv
SUMMARY	v
<b>I. INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
1.1 Problemática	3
1.2 El ensilado como solución a la problemática	7
1.3 El alga	16
1.4 El abalón	19
<b>II. OBJETIVOS</b>	<b>24</b>
<b>III. MATERIALES Y METODOS</b>	<b>26</b>
3.1 Preparación del silo	26
3.2 Recolección de <i>Gracilaria chilensis</i>	29
3.3 Premarchito ó presecado	30
3.4 Proceso de ensilado	31
3.5 Recolección de fluidos	33
3.6 Apertura de los silos, análisis proximal y ácidos Grasos	34
3.7 Consumo del ensilado	34
3.8 Preferencia del ensilado	36

---

3.9 Análisis estadístico	38
<b>IV. RESULTADOS</b>	<b>39</b>
4.1 Los silos	39
4.2 El ensilado	40
4.2.1 Grupo control (C)	40
4.2.2 Tratamiento 1 (T-1)	41
4.2.3 Tratamiento 2 (T-2)	42
4.3 Recolección de fluidos	43
4.4 Análisis proximal	45
4.5 Ácidos grasos del ensilado de Gracilaria	48
4.5.1 Ácidos grasos saturados	49
4.5.2 Ácidos grasos monoinsaturados	50
4.5.3 Ácidos grasos poliinsaturados	51
4.6 Consumo del ensilado	52
4.7 Preferencia del ensilado	53
<b>V. DISCUSIÓN</b>	<b>55</b>
5.1 Los silos	56
5.2 Generación de fluidos	58
5.3 Composición proximal	59
5.4 Ácidos grasos	64
5.5 Consumo del ensilado	68
5.6 Preferencia de consumo del ensilado	69
<b>VI. CONCLUSIÓN</b>	<b>72</b>

<b>VII. RECOMENDACIONES</b>	<b>74</b>
<b>VIII. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>75</b>

---

**INDICE DE FIGURAS**

<b>Figura N°</b>	<b>Pagina</b>
1 Tipo de silo utilizado en la experiencia	27
2 Tipo de evacuación de fluidos	28
3 Etapa final de llenado del silo	29
4 Proceso de premarchito	30
5 Proceso de presellado del silo	32
6 Silo sellado y listo para ser puesto en reposo	33
7 Jaula experimental	35
8 posición de la jaula dentro del estanque con abalones	35
9 Posición de las jaulas en la prueba de preferencia	36
10 Ensilados del tratamiento C	41
11 Ensilados del tratamiento T-1	41
12 Ensilados del tratamiento T-2	42
13 Alga después de haber sido ensilada	43
14 Variación de efluentes por tratamientos	44
15 Variación que presenta el análisis proximal por tratamientos	45
16 Variación de ácidos grasos saturados por tratamientos	48
17 Variación de ácidos grasos monoinsaturados de tratamientos	49
18 Variación de ácidos grasos poliinsaturados por tratamientos	50
19 Porcentaje de ensilado de Gracilaria consumido diariamente	51
20 Consumo de ensilado de Gracilaria v/s alga fresca	52

21	Preferencia total del abalón rojo por distintos ensilados de alga	53
22	Preferencia del ensilado de Gracilaria v/s diferentes ensilados de alga	54

**COMISION TESIS.**

Este Examen de Grado ha sido realizado en la Escuela de Acuicultura

Ministro de Fé: .....

Denis Alfaro Castillo  
Secretario Académico  
Universidad Católica de Temuco

Profesor Guía: .....

Alfonso Mardones Lazcano  
Ingeniero en Acuicultura de la Escuela de Acuicultura  
Universidad Católica de Temuco

Profesor Informante 1: .....

Marcelo Toneatti Bastidas  
Ingeniero en Agronomía de la Escuela de Agronomía  
Universidad Católica de Temuco

Profesor Informante 2: .....

Alberto Augsburguer Bachmann  
Biólogo Marino  
Fundación Chile

Temuco, septiembre 2005

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla N°</b>	<b>Pagina</b>
1 Las ventajas y desventajas del ensilado de praderas	15
2 Composición proximal del alga fresca y tratamientos	45
3 Ácidos grasos del ensilado de Gracilaria	47

## RESUMEN

Se utilizó la técnica de ensilado para algas, adaptada desde la experiencia del área agrícola y que fue utilizada con anterioridad por Pizarro (2003), cuyo estudio se basó en el alga *Macrocystis pyrifera*. Para esto se ocupó un silo experimental, construido de PVC, usando como material a ensilar el alga *Gracilaria chilensis*. Se evaluaron dos tratamientos con distintos niveles de pre-marchito: T-1 (3 días), T-2 (6 días), además de el un grupo control C (0 días), que fue ensilado directamente sin previo pre-marchito. Se analizó la diferencia entre los proximales del alga fresca y los productos ensilados (materia seca, proteína, extracto etéreo, fibra, cenizas y extracto no nitrogenado). Los silos fueron abiertos a los 70 días, asumiendo que la estabilización del proceso estaría completada. Se encontró que es factible ensilar el alga *Gracilaria chilensis* obteniendo la mejor apariencia cuando se aplica un pre-marchito de hasta 3 días. Al analizar las diferencias entre los proximales del alga fresca y los tratamientos se encontró que éstas fueron significativas ( $p > 0,05$ ) para todos los casos, excepto para el extracto etéreo. También se realizaron observaciones del ensilado con respecto a la determinación de la cantidad de fluido generado en cada tratamiento, determinación de los ácidos grasos encontrados, consumo y preferencia por parte del abalón rojo *Haliotis rufescens* sobre otros ensilados de algas.

## SUMMARY

The ensiled technique was used for seaweed, adapted from the experience of the agricultural area and that it was used previously by Pizarro (2003), whose study was based on the seaweed *Macrocystis pyrifera*. For this he was in charge of an experimental silo, built of PVC, using as material to ensile the seaweed *Gracilaria chilensis*. Two treatments were evaluated with different levels of pre-withered: T-1 (3 days), T-2 (6 days), besides a group control C (0 days) that was ensiled directly without previous pre-withered. The difference was analyzed between the proximal of the fresh seaweed and the products ensiled (dry matter, protein, ethereal extract, and fiber, ash and extract non nitrogen). The silage went open to the 70 days, assuming that the stabilization of the process would be completed. It was found that it is feasible ensiled the seaweed *Gracilaria chilensis* obtaining the best appearance when a pre-withered one is applied of up to 3 days. When analyzing the differences between the proximal of the fresh seaweed and the treatments it was found that these were significant ( $p > 0.05$ ) for all the cases, except for the ethereal extract. They were also carried out observations of the ensiled with regard to the determination of the flowed quantity rescued in each treatment, determination of the main fatty acids, consumption and preference on the part of the red abalone *Haliotis rufescens* on other seaweed ensiled.

## I. INTRODUCCIÓN

La salmonicultura aunque sea el rostro más visible de la acuicultura en Chile, no es la única actividad en los últimos años, otras áreas de la acuicultura han contribuido al desarrollo de ésta, como son los centros de producción de moluscos y algas.

En el último tiempo la acuicultura ha ido evolucionando, contribuyendo en la producción de alimento de origen acuático con un 30% de la totalidad de la producción mundial (Aquanoticias, 2000). Por ello es necesario buscar nuevas alternativas, ya sean productos o tecnologías de producción, o expandir el rango de especies que forman parte de la oferta de productos acuícola chilenos.

En el área acuícola de Chile, existe una actividad productiva que ha cobrado gran relevancia mundial en los últimos años, éste es el cultivo del abalón, con aproximadamente 15 especies de importancia comercial (SERNAPESCA, 2005). El abalón no es una especie nativa de Chile, siendo introducida en la década del 80, tiempo donde se desarrollaron los primeros ensayos de cultivo, los que continuaron en una fase de desarrollo experimental, que dio paso a la transferencia tecnológica, iniciándose en la década del 90 el cultivo comercial (Saltarini, 2001).

Actualmente, Chile cultiva en forma exitosa dos especies de abalón, *Haliotis rufescens* (abalón rojo o californiano) y *Haliotis discus hannai* (abalón verde o japonés) (Saltarini, 2001). Así, Chile es el único país de Sudamérica que realiza cultivos de este recurso introducido en la Zona Norte (III y IV región) y en la Zona Sur (desde la Isla de Chiloé, por el norte hasta el Golfo de Penas por el sur) (Suzuki, 2001).

En la actualidad, se presenta la problemática para las fuentes de alimentación en el cultivo del abalón, ya que todo nuevo cultivo demanda una búsqueda de insumos baratos, y la alimentación es el insumo más importante. Este debe cumplir con unas exigencias mínimas, como ser de buena calidad, poseer un fácil manejo, tener durabilidad, capaz de almacenarlo y que cumpla con todos los requerimientos nutricionales de la especie de cultivo (Salmonicultura, 2001). Usualmente, la engorda es la fase más costosa del cultivo de abalón; los costos de partida son altos y es la etapa con el mayor tiempo de duración. Es importante para la reducción de costos, el rápido crecimiento y para lograr esto, la clave son la temperatura y la alimentación (Fallu, 1991).

El desarrollo experimental de este estudio, consistió en dos etapas, la primera fue la realización de un ensilado del alga *Gracilaria chilensis*, el que se estructuró para determinar la composición proximal, la cantidad de fluidos y de ácidos grasos. Determinando así, las propiedades nutricionales del alga fresca y las alga ensilada. En una segunda etapa, se evaluó la aceptabilidad, consumo

y preferencia por parte del abalón rojo, del ensilado siendo la etapa final de la investigación.

## **1.1 La problemática**

La alimentación de especies en un cultivo intensivo, es un punto crítico e importante en los costos de producción, ya que es el insumo que más se demanda diariamente para el alcance de metas productivas con un óptimo crecimiento. Es por ello que el manejo de cultivos intensivos requiere de un balance económico entre un máximo crecimiento acompañado del manejo eficaz de los costos de alimentación (Pizarro, 2003).

Vale destacar los países que cuentan con una larga experiencia en el cultivo del abalón, utilizan principalmente el pellet como base para la alimentación, aspecto que no se ha expandido aún en el ámbito nacional. En Chile, el principal insumo usado como alimento para abalones son las macroalgas. En la Zona Norte se alimenta principalmente con *Lessonia spp* y *Macrocystis integrifolia* y en menor cantidad se usa *Gracilaria spp* y *Ulva spp*, mientras que en la Zona Sur se alimenta con *Gracilaria chilensis* y *Macrocystis pyrifera* (Aquanoticias, 2003). Para el caso de *Gracilaria chilensis* y *Macrocystis pyrifera*, estas macroalgas experimentan una notable baja de disponibilidad en los meses de invierno, lo cual trae consigo un aumento considerable en los costos, al tener que depender

del abastecimiento desde áreas específicas del país, cada vez más alejadas de los centros de cultivo de abalones (Pizarro, 2003).

Para el caso de Japón, usar macroalgas como principal alimento en la dieta es de alto valor económico, porque esto requiere de una gran labor de cosecha, un trabajo de secado del alga y gasto en electricidad para refrigerarla, además de tener un bajo contenido de proteína (5%) y una alta cantidad de agua (40%) (Hahn, 1989).

La metodología usada para la alimentación de abalones en Chile, consiste para el caso de los cultivos en tierra depositar el alga en los estanques, pero en los cultivos suspendidos, ésta debe ser depositada dentro de los sistemas de confinamiento utilizados, una o dos veces por semana, por lo que un determinado alimento debe responder a cierto tiempo de permanencia en el agua (Pizarro, 2003).

El principal problema del alimento artificial es su costo, al igual que su duración y permanencia en el agua, lo que dificulta las operaciones y el manejo en la alimentación. También es importante y decisivo el mayor precio que alcanza el abalón cuando es alimentado con dietas naturales, así, el alga sigue siendo el principal insumo alimenticio en los cultivos de abalón en nuestro país (Pizarro, 2003).

Hoy en día el alimento balanceado para abalón a nivel comercial existe en varios países como Japón, Australia, Nueva Zelanda y Sudáfrica. Estas dietas si bien están dando buenos resultados, su costo, incluyendo producción y envío, hace imposible su utilización en otras áreas (Viana, 2002).

En general las dietas balanceadas muestran un alto contenido de proteínas (20 - 50 %), carbohidratos (30 - 60 %), bajo en lípidos (1,5 – 5,3 %), fibra (0 – 6 %), con una alta cantidad de mezcla de minerales (4 – 5 %) y vitaminas (0,5 – 2 %) (Fleming *et al.*, 1996; fide Viana, 2002). Siendo las proteínas el nutriente más caro en una dieta balanceada, esenciales en el crecimiento del tejido suave del abalón (Viana, 2002).

Algunos alimentos para abalones son demasiado caros; formulaciones de alimento de origen japonés muchas veces superan los US\$ 5000 por tonelada, esto es diez veces más que el costo de una buena formulación de alimento para pollo (Fallu, 1991).

El desarrollo de un alimento artificial óptimo, se ha tornado en un factor clave, siendo uno de sus puntos críticos, la permanencia en el agua; sin que se modifiquen sus características físico-químicas (Von Stillfried, 2000).

Fallu (1991), señala que cuando disminuye la disponibilidad de algas que comúnmente son utilizadas en la alimentación de abalones, los productores

deben utilizar otras algas que estén presentes, los cuales alteran los componentes nutritivos e incluso pueden mejorar la dieta. En este sentido varios autores coinciden en la utilización alternativa de varias especies de algas como: *Gracilaria spp.*, *Porphyra spp* y *Ulva spp.* (Aquanoticias, 2003; Hahn, 1989; Shepherd, *et al.* 1996; Viana, 2002).

Actualmente, existe una oferta internacional de pellet, con valores elevados de importación (precio FOB de US\$ 2/K.) y con factores de conversión en el abalón japonés *Haliotis midae* cercanos a 2. Este valor impacta fuertemente en los costos de producción, si se compara con el alimento de salmón que cuesta en promedio US\$ 0,9 / K. para un factor de conversión en promedio de 1.3 (Von Stillfried, 2000).

Por otro lado la zona sur de Chile ofrece excelentes condiciones naturales para el cultivo de *Gracilaria chilensis*, ya que cuenta con comunidades costeras, existiendo conocimientos eficientes de cultivo. Al ser esta alga de interés e importancia comercial, ayudaría con la diversificación del sector, no sólo por tener importancia económica, sino que también un gran impacto social.

La utilización de *Gracilaria chilensis*, unido al desarrollo, mejoramiento y adaptación de técnicas de preservación de alimentos utilizadas principalmente en el área agrícola, sería una herramienta clave para el crecimiento de la industria abalonera, potenciando el desarrollo de cultivos de otras especies

marinas herbívoras, ya que la disponibilidad de algas es un factor crítico de éxito, que deberá ser solucionado a través del desarrollo de cultivos masivos de macroalgas, acompañado con el desarrollo de tecnologías que permitan disponer de este recurso fuera de temporada.

## **1.2 El ensilado como solución a la problemática**

Las praderas naturales de pastos y algas, se caracterizan por una marcada estacionalidad en su tasa de crecimiento, lo que se ve reflejado en la alta disponibilidad de alimento en algunas estaciones del año y escasa en otras.

Como los requerimientos alimenticios de los animales son relativamente constantes a lo largo del año, se hace necesario suplir esta escasez de alimento, recolectando el insumo en las temporadas de alto crecimiento de las praderas, para conservarlo por algún medio y entregarlo en la época de baja productividad (Pizarro, 2003).

Por lo anterior, en el presente experimento, se optó por ensilar el alga *Gracilaria chilensis*, mediante una metodología comúnmente usada en la agricultura tradicional y que permite la preservación y conservación de forrajes por un periodo de tiempo, siendo este utilizado cuando se estime conveniente.

Por lo tanto, se recomienda el ensilaje de praderas para aquellas zonas donde el ambiente es de temperatura fresca, aire húmedo, con inestabilidad atmosférica y lloviznas alternadas con períodos cortos o largos de buen tiempo (Aguila, 1997).

De acuerdo a la experiencia del área agrícola, lo más indicado para la conservación de forrajes es la henificación o secado natural, si es que se cuenta con un clima adecuado y estable (com. pers., M. Toneatti y C. Pizarro). La Zona Sur de Chile, no presenta las mejores condiciones climáticas para henificar, principalmente debido a la inestabilidad climática, generalmente expresada en forma de constantes lluvias, optándose por la posibilidad del ensilaje.

Según Buxadé (1995), define al ensilado como un método para la conservación de forrajes (u otros alimentos), con elevado contenido de humedad, protegido del aire, luz y de la humedad exterior, obteniendo así, un mínimo de pérdidas en materia seca y valor nutritivo, con buena palatabilidad y sin productos tóxicos para los animales.

El ensilaje que se emplea en las praderas, es un tipo de forraje conservado que se obtiene por fermentación parcial de plantas apropiadas, con la elevación de la acidez y que retiene un elevado porcentaje de humedad. En este sentido el ensilaje es el forraje que más acerca a la planta al estado verde (Hiriart, 1998).

Por consiguiente la presente investigación con algas marinas, se basará en información disponible para ensilaje de praderas, ya que es lo más semejante a las condiciones posibles de experimentar.

Respecto de las reacciones bioquímicas que se producen en la biomasa vegetal; el proceso de ensilaje se divide en varias etapas claramente definidas (Pizarro, 2003). Básicamente el silo pasará por tres fases, de las cuales, dependen todos los procesos que ocurren dentro del silo. La primera fase llamada aeróbica (en presencia de oxígeno, presente en el aire intersticial que contiene el silo), donde los carbohidratos solubles de la planta (azúcares) serán metabolizados por las propias células de la planta y por organismos epífitos aeróbicos (que viven sobre la planta) y convertidos en CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), agua y calor (productos metabólicos). Este proceso se mantiene hasta que se hayan agotado los carbohidratos o bien el oxígeno, y se extiende desde el corte del forraje hasta algunas horas después que el silo se ha sellado. Esta fase en condiciones correctas dura pocas horas (Buxadé, 1995; UACH, 1987; Pizarro, 2003).

Luego que la respiración celular y la actividad de los microorganismos aeróbicos han agotado el oxígeno atrapado en el silo, se inicia la segunda fase, la anaeróbica o fase fermentativa (sin presencia de oxígeno), en donde comienza la fermentación caracterizada por el crecimiento de bacterias que producen ácido acético (otras cepas heterofermentativas de bacterias),

liberando así, por fermentación de hexosas (glucosa y fructosa) y pentosas (xilosa y ribosa), ácido acético, etanol, ácido láctico y CO<sub>2</sub> (Hiriart, 1998).

El descenso en el pH por debajo de 5, inhibe posteriormente el crecimiento de estas bacterias, esto señala el fin de esta fase que generalmente no dura más de 24 a 72 horas. Luego le sigue una fase de estabilización del proceso, la cual tiene un proceso de tiempo indefinido de preservación, siempre que conserve el medio anaeróbico. La fase final comienza al abrir el silo, es decir, se estaría frente a la segunda etapa aeróbica del proceso; lo que es difícil de controlar, afectando la estabilidad y la utilización posterior del ensilaje (Hiriart, 1998; UACH, 1987; Pizarro, 2003).

En la fase anaeróbica o de fermentación, actúan tres grupos de microorganismos: bacterias lácticas (*Lactobacillus casei* - *Streptococcus faecium*), bacterias del género *Clostridium* (*Clostridium spp.*) y levaduras, todas compitiendo entre sí por las fuentes energéticas presentes en el ensilaje. Por lo tanto es de vital importancia el resultado de la competencia, para la calidad final del producto (Buxadé, 1995; UACH, 1987; Pizarro, 2003).

La fermentación del ensilado la define Hiriart (1998) puntualmente en cinco fases:

**1º Fase:** Empieza cuando se corta el forraje y se coloca en el silo. Esta incluye la respiración final de las células con producción de calor y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

**2º Fase:** Es el Final de la respiración en las células y principio de la producción de ácido acético.

**3º Fase:** El ácido acético actúa disminuyendo el pH lo suficiente para impedir el crecimiento de bacterias indeseadas. Cuando las bacterias ácido acéticas (géneros *Leuconostoc*, *Pediococcus*, entre otras), que producen ácido acético comienzan a disminuir, por no tolerar pH ácidos, se inicia el crecimiento de las bacterias lácticas productoras de ácido láctico. Aquí ocurre el asentamiento del forraje en el silo, acompañado de una abundante salida de lixiviados (fluidos). Esta etapa tendrá una duración máxima de 4 a 5 días.

**4º Fase:** La etapa de la fermentación láctica. Comienza entre el 3<sup>er</sup> y 5<sup>to</sup> día; requiriendo de 15 a 20 días para completarse. La etapa es dominada por bacterias ácido lácticas, produciendo un aumento en la acidez e interrumpiendo la acción bacteriana posterior.

**5º Fase:** Periodo Indefinido. Si se creó suficiente ácido láctico y acético para impedir la actividad bacteriana, la fase sería estable por un periodo de tiempo no determinado.

De acuerdo a lo anterior, las cinco fases son afectadas por la temperatura del ensilado, el contenido de materia seca del forraje original, el pH y la cantidad de carbohidratos solubles necesarios para la fermentación del vegetal (Buxadé, 1995; Pizarro, 2003). Por lo que un ensilaje bien hecho conserva en gran medida las características de la planta que se ha utilizado en su elaboración: su color verde, valor alimenticio, contenido de humedad, pero se diferencia por su mayor grado de acidez (Hiriart, 1998).

El proceso de fermentación en el ensilaje de pradera, en general, está dado por tres puntos críticos:

1. Cantidad de Carbohidratos Solubles en el Forraje.
2. Porcentaje de Materia Seca del Forraje.
3. Capacidad Buffer que Presenta el Forraje.

En resumen una alta cantidad de carbohidratos solubles disponibles, un alto porcentaje de materia seca en el forraje y una baja capacidad buffer ayudarán a que el ensilaje resulte exitoso (Marsh, 1979, fide UACH, 1987; Pizarro, 2003).

Aplicar un presecado o premarchito al forraje, aumenta el contenido de carbohidratos solubles en la materia seca del ensilaje y eleva la concentración de ácido láctico del total de ácidos en el proceso (Buxadé, 1995; Hiriart, 1998; Pizarro, 2003; UACH, 1987).

El premarchito previene la generación abundante de efluentes, los que se relacionan con importantes pérdidas nutritivas del forraje, principalmente sustancias nitrogenadas, ácidos orgánicos, minerales y carbohidratos solubles (Alomar, 1993).

El proceso de conservación de forrajes, presenta pérdidas de masa vegetal y un deterioro del valor nutritivo que son inevitables, por lo tanto, los principales objetivos que orienta la preservación, son reducir las pérdidas en materia seca y minimizar las pérdidas en valor nutritivo del forraje (Buxadé, 1995; Pizarro, 2003; Ruiz, 1996).

Las pérdidas en el ensilaje de pradera se pueden clasificar en (Ruiz, 1996; Pizarro, 2003):

- a. Pérdidas de Campo:** Se refiere al material que es perdido cuando se corta el material vegetal, en el premarchito y al momento del transporte.

**b. Pérdidas de Respiración y Descomposición Aeróbica:** Son causadas por presencia de oxígeno, siendo llamadas pérdidas de oxidación. Una vez que el material a ensilar está dentro del silo, permanece una cantidad de oxígeno que debe ser consumida, eventualmente ingresará oxígeno al sistema por las orillas y superficie del silo, produciendo la descomposición o putrefacción del material ensilado.

**c. Pérdidas de Fermentación:** Serán variables dependiendo de los nutrientes fermentados y los microorganismos que se vean involucrados (Buxadé, 1995; Pizarro, 2003). Las bacterias ácido lácticas convertirán los azúcares en ácidos, resultando pérdidas de materia seca fermentada entre 0 y 33 % (Pizarro, 2003). Por lo demás, las bacterias clostrídicas y levaduras pueden producir pérdidas de mayor magnitud, debido a la marcada producción de hidrógeno, etanol y anhídrido carbónico. Además, en conjunto con lo anterior, las bacterias *Clostridium spp* atacan a los aminoácidos mediante la deaminación y descarboxilación (McDonald *et al*, 1991, fide Ruiz, 1996). También se sabe que las pérdidas por fermentación, pueden llevar a bajas en el orden del 1 al 10% de la materia seca (Ruiz, 1996).

**d. Pérdidas por Lixiviación:** Se relaciona con pérdidas en la eliminación de fluidos y dependerá del contenido de humedad del material, incluyendo la técnica de compactación, tipo de silo y del pretratamiento de los

vegetales. El fluido puede acarrear nutrientes de alta calidad como carbohidratos y proteínas solubles, ácidos orgánicos y minerales, por lo que este tipo de pérdida podría llegar a ser trascendental. Asimismo se debe considerar la potencial contaminación que pueden provocar estos efluentes al ensilado.

Con respecto al ensilaje de pradera, de manera general y realizado en base al trabajo de la Universidad Austral de Chile, se pueden resumir en el Cuadro nº 1 las ventajas y desventajas de su utilización:

**Cuadro nº 1:** Ventajas y desventajas del ensilado de praderas

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Apto para ser usado en zonas con clima inapropiado para henificar, debido a condiciones pasajeras o permanentes.	Una vez expuesto al aire sufre una rápida descomposición.
Si se emplean técnicas y equipos apropiados las pérdidas son mínimas.	Cuando se emplean técnicas defectuosas, especialmente en el ensilaje de pastos, puede llegarse a una pérdida total del forraje elaborado.
Diversas plantas pueden ensilarse, sean forrajeras típicas o no.	

Un ensilaje bien hecho es consumido con agrado por todo tipo de ganado.	
No se requiere de construcciones especiales, ni caras para almacenarlo.	
No hay peligro de combustiones espontáneas o incendios.	

Fuente: Trabajo de Investigación del Ensilado de Praderas de la Universidad Austral (1987).

Se han diseñado silos experimentales, de volumen reducido, que permiten controlar los factores que intervienen en el proceso de ensilado (Alomar, 1991). Los tipos de silos que han presentado buenos resultados son los fabricados con bolsas de polietileno. Una particularidad más acabada de silos de laboratorio, consiste en tubos plásticos (PVC), de 75 a 100 cm. de largo y 10,5 cm. de diámetro (Parker *et al*, 1978, fide Hargreaves 1986; Pizarro, 2003). El modelo de silo utilizado en este estudio está basado en características antes mencionadas.

### 1.3 El alga

La posibilidad de elaborar un ensilado con el alga *Gracilaria chilensis*, en base a una metodología agrícola tiene por objetivo producir un alimento que sea económicamente accesible, de bajo costo, que cumpla con ciertas

características básicas, que compita con los alimentos que actualmente son elaborados para el abalón rojo (*Haliotis rufescens*), y sobre todo, que sea un suplemento de los alimentos que comúnmente se les administra en los meses donde bajan las cantidades de algas frescas

Hahn (1989), se refiere al uso de las macroalgas en los cultivos en Australia y U.S.A. como un suplemento alimenticio en las dietas de abalón, incluyendo algas rojas, pardas y verdes. Los abalones prefieren usualmente algas pardas, pero existen algunas excepciones, como en el caso de algunos abalones en California que prefieren algas pardas (*Macrocystis spp.*, *Nereocystis spp.*, *Egregia spp.* y *Eisenia spp.*), algas rojas (*Gigartina spp.*, *Gelidium spp.* y *Plocamium spp.*) y algas verdes (*Ulva spp.*), (Hahn, 1989). El mismo autor, señala para abalones de Nueva Zelandia (*H. iris* y *H. australis*), en orden de preferencia las siguientes especies de algas: *Gracilaria sp.*, *Glossophora sp.*, *M. pyrifera*, *Lessonia variegata*, *Champia sp.*, *Ulva lactuca* y *Pterocladia sp.*

*Gracilaria chilensis*, es una especie endémica de Chile, distinguida con el nombre vernacular de Pelillo, conocida internacionalmente como chilean selly weed, perteneciente a la división Rhodophyta, más conocida como algas rojas (IFOP, 2004). Es un alga de talos cilíndricos filamentosos, de color pardo rojizo y a veces amarillento, midiendo entre uno a dos milímetros y hasta dos metros de largo, formado por uno o varios ejes alargados ramificados. Crece en grupos

de forma alternada, en ambientes protegidos, tanto en la zona intermareal como submareal, enterrados en la arena, sobre rocas o bolones (IFOP, 2004).

En el país se distribuye entre Bahía Inglesa, III región de Atacama, sectores expuestos y semi protegidos, hasta Coyhaique, XI región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo, en estuarios (IFOP, 2004).

La Clasificación Sistemática del Pelillo es:

División: Rhodophyta

Clase: Rhodophyceae.

Orden: Gracilariales.

Familia: Gracilariaceae.

Genero: *Gracilaria* Greville, 1830.

Especie: *Gracilaria chilensis* C. J. Bird, McLachlan & E. C. Oliveira.

La *Gracilaria chilensis* es una macroalga marina de importancia económica, que se comercializa como materia prima para la producción del ficocoloide conocido como agar. Se explota desde los años 60, teniendo un rol social en las actividades de explotación y en la acuicultura de recursos marinos en la X Región. En la década de los 80, como consecuencia de la sobreexplotación de la praderas naturales, se inició y masificó su cultivo (Bioplanet, 2005).

En los años 90, los cultivos de *Gracilaria* se consolidan como una actividad económica, llegando a constituir aproximadamente, el 90 % de los desembarques de este recurso a nivel nacional. La X Región concentra el 89 % de los centros de cultivo, los cuales producen alrededor de 31.278 toneladas húmedas anuales para la industria nacional e internacional (Infante, 2002).

El agar de *Gracilaria chilensis*, es de alta demanda en el mercado internacional por las características de alta resistencia y calidad del gel. El principal mercado de destino es Japón, seguido por Estados Unidos y más atrás por Rusia, Singapur y Tailandia (Infante, 2002).

La cantidad de exportación registrada por el Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA) en el año 2004, indican que se produjo un total de 20.266 toneladas a un valor promedio por kilo de US\$ 0,8 (SERNAPESCA, 2005).

#### **1.4 El abalón**

El Abalón Rojo es un molusco gastrópodo, originario del estado de California, en Estados Unidos (Hahn, 1989). Se encuentra naturalmente en el Pacífico Nororiental a lo largo de la costa de California, desde la región sur de Oregon (Subset Bay), hasta la parte central de Baja California (Punta Concepción), México (Hahn, 1989).

El Abalón Rojo corresponde a la especie más grande del mundo, dentro de su género, llegando a medir 27,5 cm. de largo y un peso de 1,7 K. Es un gastrópodo herbívoro de concha oval, delgada con el borde interno angosto y superficie interna nacarada. La superficie dorsal de la concha presenta rugosidades, es de color rojo producto de la presencia de pigmento en el periostraco, tiene de 3 a 4 poros respiratorios abiertos, ubicados al costado izquierdo, el pie es de color negro y se encuentra retraído al interior de la concha (Hahn, 1989).

Vive en sustratos rocosos desde la zona intermareal, encontrándose generalmente entre los 7 y 20 metros bajo la superficie del mar, aunque puede llegar a los 200 metros de profundidad. Prefiere zonas protegidas de marejadas, vientos y corrientes, con una temperatura óptima entre 7 y 16 ° C (Hahn, 1989).

La clasificación sistemática del abalón rojo es la que se describe a continuación:

Phylum: Mollusca

Clase: Gastropoda

Orden: Archeogastropoda

Familia: Haliotidae

Género: Haliotis

Especie: *Haliotis rufescens* (Swainson, 1822)

El abalón tiene hábitos nocturnos y se alimenta naturalmente de algas. Los juveniles cuando alcanzan una talla de diez milímetros, comienzan a consumir diariamente macroalgas en orden del 10 al 30% de su peso corporal. Esto principalmente por el alto contenido en agua y bajo contenido proteico de las algas (Hahn, 1989; Pizarro, 2003).

El abalón es una especie capaz de sobrevivir por largos periodos en inanición, utilizando el tejido proteico como fuente energética para cubrir sus requerimientos de energía basal, mientras que los lípidos no son utilizados y utiliza bacterias para hacer más eficiente su fisiología digestiva (Viana, 2002). Posee un sistema de digestión eficiente para degradar carbohidratos como celulosa, agar, alginato, carragenano y almidón, con la ayuda de bacterias digestivas, de las cuales posiblemente incluso, las utilice como fuentes de nutrientes (Viana, 2002).

Por lo tanto, se hace necesario disponer de grandes cantidades de este suministro para mantener un cultivo, aunque para algunas especies se ha llegado a la dependencia completa de las dietas artificiales (Hahn, 1989). Para los países con una vasta trayectoria en el cultivo de abalones, el pellet es el tipo de alimento que predomina (Pizarro, 2003).

El cultivo de abalón en Chile, se puede decir que se inició desde hace más de 10 años gracias a la compra de la tecnología de los Estados Unidos a través de

Fundación Chile. Así, la acuicultura de abalón se basa principalmente con tecnología en estanques circulares de 200 lt para el asentamiento y metamorfosis, con estanquería rectangular para la pre engorda y cultivos marinos con barriles o cajas sumergidas en el mar.

La tecnología de cultivo del abalón rojo esta bastante conocida para las dos fases productivas, como son las semillas y el engorde. La primera fase se desarrolla exclusivamente en tierra firme y la segunda, es factible de realizar en tierra y mar, ya que esta especie cuenta con la autorización para ser cultivada en el mar del sur de Chile (Suzuki, 2001).

El proceso de engorde del abalón rojo se desarrolla en el medio ambiente natural en una extensa zona marina en el sur de Chile, entre las latitudes 41°50'S y 46°00'S, que corresponden, desde el norte de la Isla de Chiloé por el norte y el Golfo de Penas por el sur. En áreas ubicadas más al norte, el cultivo debe realizarse en estanques emplazados en tierra (Aquanoticias, 2000; Acevedo, 2000).

Actualmente el cultivo del abalón rojo y japonés se realiza en la III, IV y V regiones del país; y en la X región sólo el abalón rojo. El ciclo productivo va desde los 3-4 años, para la Zona Sur en Chiloé, a un ritmo de crecimiento que va desde los 1,8 a 2,0 milímetros por mes, dándose en la zona norte un poco mayor debido a la temperatura (Aquanoticias, 2000).

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 milímetros (Aquanoticias, 2003; Pizarro, 2003).

En el año 1995, se iniciaron las primeras exportaciones a pequeña escala del abalón hacia el mercado norteamericano. En el año 1999, se exportó por primera vez 47 toneladas al mercado japonés, vendiéndose principalmente como producto entero congelado, en calibres de 80 - 90 milímetros. Hoy, unas catorce empresas se dedican al cultivo del abalón en nuestro país, algunas de las cuales cuentan con todo el ciclo productivo de la especie.

La cantidad de exportación registrada por el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura en el año 2004, indican que se produjo un total de 241 toneladas de abalón rojo a un valor promedio por kilo de US\$ 27 (SERNAPESCA, 2005).

## II. OBJETIVOS

### Objetivo General:

- Elaborar y evaluar un ensilado del alga *Gracilaria chilensis* para la alimentación de abalón rojo (*Haliotis rufescens*), usando un procedimiento agrícola para ensilar.

### Objetivos Específicos:

- Evaluar la factibilidad de ensilar el alga *Gracilaria chilensis*.
- Determinar la cantidad de fluidos generados durante el proceso de ensilado.
- Conocer el cambio en la composición proximal del alga *Gracilaria chilensis*.
- Determinar la cantidad de ácidos grasos del ensilado de *Gracilaria chilensis*.
- Determinar la preferencia del abalón rojo (*Haliotis rufescens*) por ensilado de *Gracilaria chilensis* y medir el consumo por parte de este.

## Hipótesis de Trabajo

El crecimiento del país en ámbitos como son la industria del abalón, la investigación y el desarrollo de cultivos marinos de especies herbívoras, tienen la necesidad de disponer en forma permanente de algas, ya que es fuente principal de alimento para estas especies. Es por esto que se han buscado caminos alternos para proveer de dicho recurso.

La posibilidad de utilizar algazos, que en cierta época del año son muy abundantes, da una alternativa de ensilar algas usando técnicas del área agrícola para su preservación, con el propósito de dar una solución a la estacionalidad que presenta el recurso y la disponibilidad del alimento para herbívoros marinos durante todo el año.

**Ho:** El alga *Gracilaria chilensis* no es de factible ensilar, con los propósitos de preservarla para los meses de escasez en la alimentación del abalón rojo (*Haliotis rufescens*).

**Ha:** El alga *Gracilaria chilensis* es factible de ensilar, con los propósitos de preservarla para los meses de escasez en la alimentación del abalón rojo (*Haliotis rufescens*).

### III. MATERIALES Y METODOS

La metodología usada en la experimentación con los silos de algas, ha sido adoptada del área de ensilaje de praderas, proveniente de estudios de investigación y desarrollo agrícola. El trabajo de investigación consta de dos etapas, la primera realizada en la Escuela de Acuicultura de la Universidad Católica de Temuco, IX región, entre septiembre y diciembre del año 2003, aquí, se llevaron a cabo el presecado, el ensilado del alga *Gracilaria chilensis* y los análisis de laboratorios, que correspondieron a la caracterización proximal y de ácidos grasos del alga fresca y el alga ensilada.

La segunda etapa, se realizó en uno de los centros experimentales de Fundación Chile, en la estación experimental Quillaípe, X región, en el mes de enero del año 2004, aquí se empleó el mejor ensilado en función del porcentaje de proteína, olor, consistencia, textura y mantención, para suministrárselo a un grupo de abalones californianos.

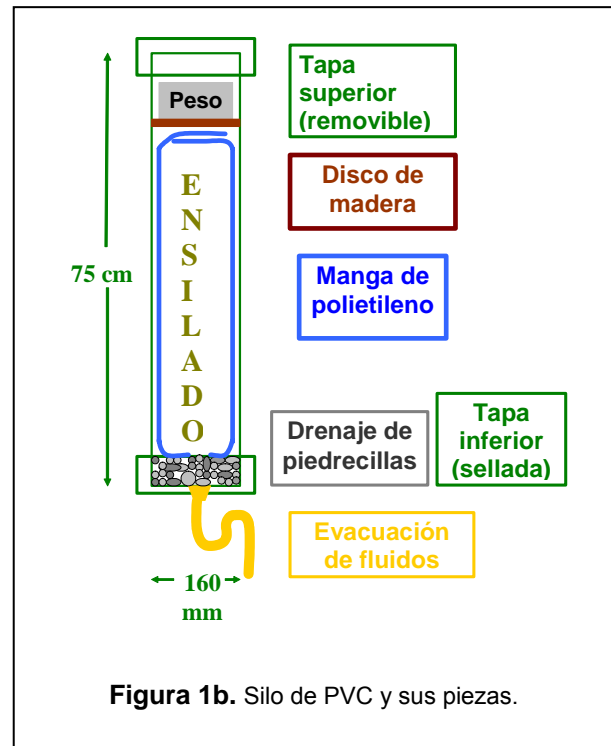
#### 3.1. Preparación del silo

El modelo de silo usado, fue una adaptación de un silo experimental propuesto por Hargreaves *et al.* (1986), que describe la comparación entre dos silos experimentales para la investigación de ensilaje de pradera (Pizarro, 2003).

El silo fue construido en base a tubos de PVC de 160 milímetros de diámetro por 75 centímetros de altura (Figura 1a y 1b). En los extremos se usaron tapas de PVC, siendo la tapa superior removible y la tapa inferior sellada con pegamento de PVC.



**Figura 1a.** Silo de PVC y sus piezas.



**Figura 1b.** Silo de PVC y sus piezas.

En la tapa inferior, fueron hechos múltiples orificios de 3 milímetros dentro de una circunferencia de 2 centímetros de diámetro (Figura 2a).

En la parte inferior del tubo de PVC, fue adherida exteriormente una cánula para la futura evacuación de fluidos (Alomar, 1993) (Figura 2b). La cánula en la

parte del medio, lleva una llave de paso, para evitar la entrada de oxígeno (Figura 2c).

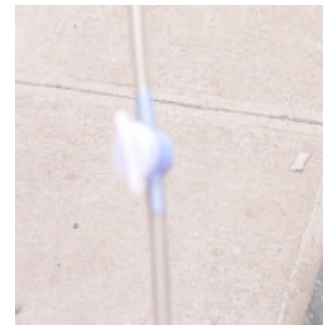
Ya dentro del silo en la parte inferior, se colocaron piedrecillas de un centímetro de diámetro aproximadamente, dispuestas sobre los orificios (Figura 2a) para el drenaje, evitando que el alga obstaculizara la salida de los fluidos. Las piedras fueron desinfectadas con cloro diluido al 10%. Se instaló una manga plástica de 1 m de alto, 20 cm de diámetro y 0,25mm de espesor, para revestir las paredes al interior del silo, en el cual van las algas (Figura 2a).



**Figura 2a.** Tapa inferior con orificios en el centro.



**Figura 2b.** Cánula plástica para los fluidos.



**Figura 2c.** Llave de paso en la cánula.

Sobre las algas un disco de madera (Figura 3a) de 1 ½ pulgadas de grosor y del mismo diámetro del tubo de PVC se introdujo dentro de éste, con la función de homogenizar el peso aplicado sobre el ensilado, cumpliendo también una

función de sellado. Este disco fue cortado con una sierra eléctrica de precisión, de modo que el disco fuera del diámetro exacto para que entrara en el tubo.

El peso que presiona el ensilado, estará formado por bolones (Figura 3b) que hacen un total de 4 k. aproximadamente (también desinfectadas con cloro al 10%), puestos sobre el disco de madera cuando el silo es sellado con silicona. Se fabricaron 9 silos y una vez sellados fueron colocados en un mesón de madera adaptado para tal efecto (Figura 3c).



**Figura 3a.** Disco de madera.



**Figura 3b.** Bolones.



**Figura 3c.** Mesón con silos.

### **3.2. Recolección de *Gracilaria chilensis***

El alga fue comprada a pescadores que la extrajeron de la ribera sur del río Pudeto, sector Pajarera, en la localidad de Ancud en Chiloé, X región. Desde donde se transportó hasta la Escuela de Acuicultura de la Universidad Católica de Temuco, IX región.

### 3.3. Premarchito ó presecado

La metodología usada consistió en extender el alga en un suelo de cemento, bajo la protección de un techo, dispuestas en un lugar donde circulara bastante corriente de aire, ya que por las condiciones climáticas inestables del sur del país fue imposible secar el alga a la intemperie y con la energía del sol; esto es lo que se preferiría para el modelo de producción (Figura 4).



**Figura 4.** Premarchito en el Hatchery de la Escuela de Acuicultura de la UCT.

Se dejaron secando por un periodo de 6 días, el cual se subdividió en diferencia de 3 días. Durante todo el período del presecado se homogenizaban las algas, para que la *Gracilaria chilensis* que estuviera en la parte inferior pasara a la parte superior, así poder deshidratar toda el alga que estaba en contacto con el suelo.

### 3.4 Proceso de ensilado

Se ensilaron las algas de la siguiente forma:

- ◆ Grupo Control (C): sin premarchito con un 15% materia seca.
- ◆ Tratamiento 1 (T-1): con un premarchito de tres días 20 % materia seca.
- ◆ Tratamiento 2 (T-2): con un premarchito de seis días 23% materia seca.

Cada tratamiento contó con tres réplicas.

El proceso de ensilado de algas, se realizó mediante las recomendaciones de UACH (1987) y Pizarro (2003), detalladas a continuación:

- ◆ **Tamaño del picado:** El picado del alga fue realizado usando un machete común y una tijera de cortar pasto, pero el picado no fue muy determinante, ya que el alga *Gracilaria* es muy fina y no requiere de mayor corte. Lo principal es limpiar los epifitos y restos de basura que contenga, entre sus talos filamentosos.
- ◆ **Velocidad de llenado:** El proceso fue realizado en un tiempo de media hora por cada tratamiento.
- ◆ **Compactación y sellado:** El alga se colocó por capas, y se ejerció presión manual, repitiendo el proceso hasta que el silo se llenara. Una vez

que el silo tenía la cantidad suficiente de alga, aproximadamente 6 K., se procedió a doblar la manga plástica en pliegues (Figura 5a) y posteriormente se dispuso el disco de madera (Figura 5b), al que se le aplicó presión manual, luego se ejerció una mayor presión usando un tubo de PVC de 10 centímetro de diámetro y 1 metro de largo.



**Figura 5a.** Manga plástica en pliegues.



**Figura 5b.** Disco de madera sobre la manga.

Una vez que el alga del silo estuvo bastante compactada se puso el peso de 4 K. de bolones, que asimismo fueron sometidas a presión manual; finalmente se puso la tapa del silo y se selló con silicona para ser puesta en el mesón de soporte (Figura 6).



**Figura 6.** Silo sellado listo para dejar en reposo.

Una vez que el silo estuvo lleno y sellado pesó aproximadamente 12 K. (2 K. de silo, 4 K. de peso en piedras y 6 K. de algas) y se permitió un período de 70 días para la estabilización del proceso.

### **3.5. Recolección de fluidos**

Esta recolección se realizó durante 15 días post sellado del silo, consistiendo principalmente en registrar la cantidad de fluidos que se eliminarían de los silos. La experiencia, se realizó cada tres días, por un periodo de 15 días; utilizando una probeta de 500 ml, graduada de 5 en 5 ml. Además se hizo una medición de pH, utilizando un pHchmetro WTN pH 330i.

### **3.6. Apertura de silos, análisis proximal y ácidos grasos**

Los silos fueron abiertos 70 días después de haber iniciado el proceso. Una muestra de cada silo fue puesta en bolsas esterilizadas y después enviadas al laboratorio de la Escuela de Acuicultura para el análisis proximal y de ácidos grasos. El resto del producto ensilado se congeló para ser usado en la evaluación de la segunda etapa de la experimentación. El tratamiento que obtuvo los mejores resultados de proteína, apariencia, olor, forma y consistencia fue, utilizado para las evaluaciones posteriores.

### **3.7. Consumo del ensilado**

Con el objeto de evaluar la aceptación del producto ensilado por los abalones, se observó durante cinco días el consumo del ensilado de *Gracilaria chilensis* y el alga fresca de *Macrocystes pyrifera*.

Las estructuras de confinamiento tipo jaulas fueron hechas de rejilla plástica con una abertura de malla de 1 cm<sup>2</sup>. Tenían una dimensión de 18 cm de ancho; 25 cm de alto y 27 cm de largo; en el medio se le realizó una abertura de 19 cm de largo por 15 de ancho, la que tenía por objeto que los abalones tuvieran una entrada, para cuando se evaluó la preferencia con respecto a los otros silos de algas. Pero cuando se midió la cantidad de ensilado de algas que consumían se selló con hilo de perlón (Figura 7).



**Figura 7.** Jaula Experimental.

Se utilizó un estanque circular cuyas dimensiones fueron de 1,5 m. de diámetro, con altura de 0,9 m. y una columna de agua de 0,8 m. con un flujo de 20 lt/min; registrando una temperatura media del agua de 18 °C. En la mitad se instaló un fierro de 3,5 m. para impedir que los demás abalones se trepan; las jaulas fueron colgadas de este fierro (Figura 8).



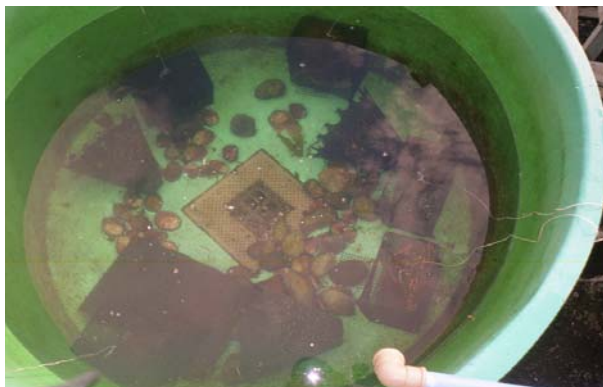
**Figura 8.** Estanque de Prueba del Ensilado con Abalones

El consumo fue observado para el mejor de los tratamientos de ensilados (T-1), más un grupo control que consistió en algas frescas. Previamente los abalones fueron sometidos a una etapa de ayuno que duró una semana.

El consumo fue evaluado durante 5 noches por un período de 12 horas, el cual consistió en dejar 10 abalones encerrados dentro de la jaula con 400 gr de alimento ensilado. Para el peso del alimento se utilizó una balanza marca Sartorius, modelo BL 310, con una capacidad máxima de 310 gr y un error de 0,01 gr. Después de completado el tiempo se procedió a calcular la diferencia porcentual del alimento residual v/s el suministrado.

### 3.8. Preferencia del ensilado

Se utilizó el mismo estanque y jaula experimental que en la prueba de consumo del ensilado (Figura 7 y 8), pero, a diferencia de la prueba anterior se les dejaron abiertas a los abalones (Figura 9).



**Figura 9.** Posición de las jaulas en el estanque experimental para preferencia de algas.

Se utilizaron 152 abalones, los cuales se encontraban dispersos al interior del estanque experimental.

Se colocaron distintos alimentos experimentales en un mismo estanque y diferentes jaulas con ensilados de *Ulva lactuca*, de *Macrocystes pyrifera*, de *Durvillaea antarctica*, de *Gracilaria chilensis* y una jaula con alga fresca *Macrocystes pyrifera*.

La experimentación tuvo una duración de 5 noches cada 3 horas, por un periodo de 12 horas; consistente en evaluar la cantidad de abalones que entraban o estaban comiendo de las respectivas jaulas. Después de finalizada la experiencia, se procedió a calcular en forma porcentual la preferencia por el alimento.

### **3.9. Análisis estadístico.**

Los resultados del análisis proximal del ensilado, se transformaron de valores porcentuales; mediante la función arco seno, donde  $f(x)=\text{sen}^{-1}\sqrt{1-x}$  (Sokal & Rohlf, 1969), para homogenizar los datos.

Previa verificación del cumplimiento de los supuestos de normalidad, se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA) y para determinar la existencia de diferencias significativas entre las medias de los tratamientos, mediante el Test de Tuckey con un 95% de confianza (Canavos, 2001).

Para realizar los cálculos de la función arco seno, homogeneidad de varianzas, Test de Tukey y la creación de los gráficos, se utilizaron los programas computacionales Excel XP y StatMost 3.0.

---

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Los silos

El comportamiento de los silos fue satisfactorio, respecto a lo descrito por Pizarro (2003) y Hargreaves *et al.* (1986), y que no se manifestó, ni detectó descomposición aeróbica en el alga ensilada. Los silos manifestaron impedir eficientemente el ingreso de oxígeno al interior del mismo.

Las piedras como drenaje funcionan adecuadamente, ayudando de forma segura al material ensilado, para que no se bloquee la evacuación de fluidos, pudiendo ser liberados completamente.

La bolsa plástica o manga de polietileno, sumada con el disco de madera, efectuaron la tarea de aislar por completo el material del medio aeróbico. También, el disco de madera sirvió para distribuir homogéneamente el peso, sobre la estructura ensilada, cumpliendo la función de una prensa, además, impidió que los pliegues de la manga estuvieran expuestos a la entrada de oxígeno.

Respecto al material usado como peso, bolones, no se observó señal de contacto con el alga, ya sea a través de fluidos o de humedad que pudiesen

causar contaminación del material ensilado, por fermentación del alga que pudiera haber escurrido.

## **4.2 El ensilado**

Los silos fueron abiertos los días 7, 10 y 13 de diciembre del año 2003, cumpliendo así, un periodo de 70 días, desde que fueron sellados. A continuación se muestra una descripción detallada del control y cada tratamiento:

### **4.2.1 Grupo control C (C).**

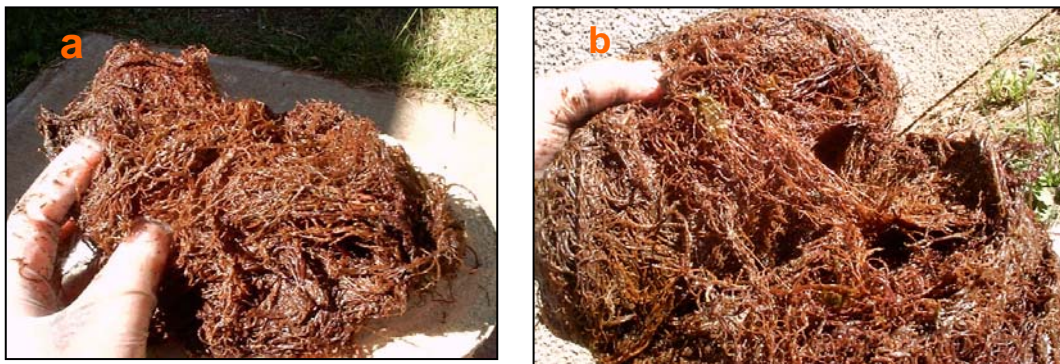
Presentó un olor dulce - ácido suave. Poseía una textura muy parecida al alga fresca, consistente, de muy buen aspecto con un color más oscuro. Este tratamiento sin premarchito, generó una abundante evacuación de fluidos, durante la evaluación post sellado de 15 días (Figura 10, a y b).



**Figura 10.** a y b ensilados del tratamiento C

#### 4.2.2 Tratamiento 1 (T-1).

Fue el tratamiento que presentó la mejor apariencia en cuanto a textura, olor dulce - ácido suave, con una consistencia parecida al alga fresca. Presentando la misma estructura desde el momento que fue sellado dentro del silo, teniendo sólo algo de mucosidad. El escurrimiento fue de menor cantidad 646 ml, durante la evaluación post sellado (Figura 11, a y b).



**Figura 11.** a y b ensilados del Tratamiento 1

### 4.2.3 Tratamiento 2 (T-2).

Presentó un olor más fuerte, diferente al C y T-1, se sigue conservando la característica de olor ácido, pero no tan dulce, más bien pastosa, poco consistente, se despedaza y desintegra fácilmente. El escurrimiento fue casi nulo con una cantidad de 25 ml (Figura 12, a y b).



**Figura 12.** a y b ensilados del Tratamiento 2

Una vez abierto el silo, en la figura 13, se muestra el aspecto de *Gracilaria chilensis* después de haber sido ensilada, lista para ser congelada, para así, comenzar la segunda etapa de la experimentación, que corresponde a la observación del consumo y preferencia por parte de abalón rojo.



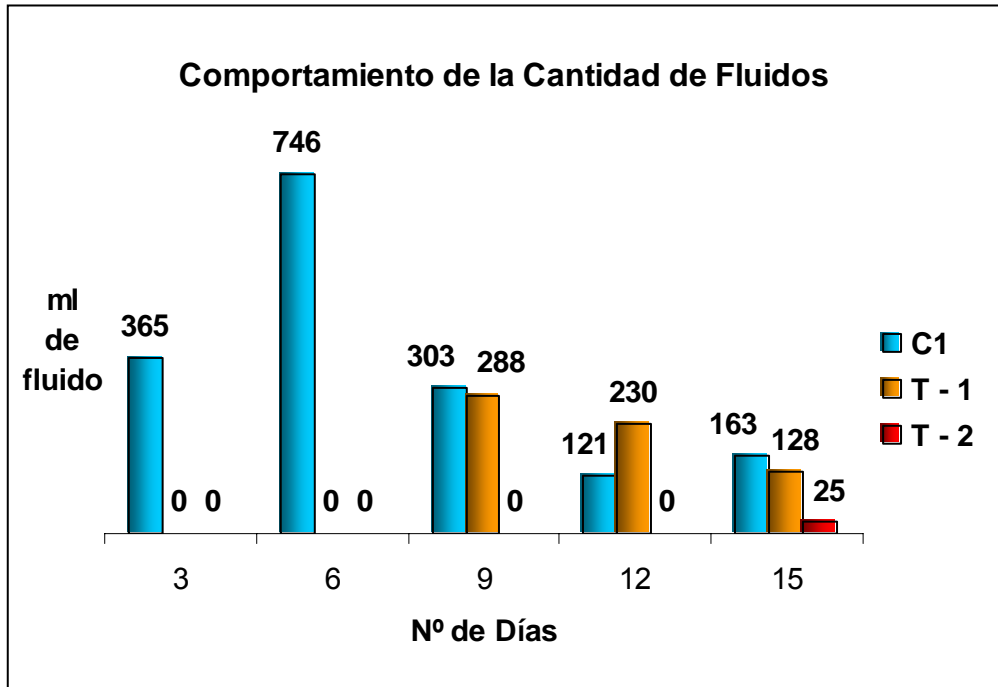
**Figura 13.** Muestra el aspecto que resulta del alga después de ser ensilada.

#### 4.3. Fluidos residuales del ensilado

De forma general para todos los fluidos de la experimentación, fueron de color betarraga rojiza, con un tono violeta al inicio del ensilaje, por el contrario al transcurrir el proceso dio un color rojizo- ladrillo. La consistencia del fluido fue líquida en los primeros días, para luego transformarse en un líquido cada vez más espeso.

El tratamiento C, generó la mayor cantidad de fluidos, con un total de 1648 ml; ya que para el tratamiento T-1, sólo comenzó a escurrir el fluido a partir del día ocho post sellado, registrándose para el noveno día la cantidad de 288 ml, con un total acumulado en los quince días de 646 ml.

Para el T-2, no fue muy significativo ya que sólo a partir del día 14 eliminó fluido, que más bien era mucus, en una cantidad de 25 ml (Figura 14).



Figur

**a 14.** Variación que presentaron los Fluidos por tratamiento

Con respecto a la evaluación de pH, podemos decir que durante los primeros días para el tratamiento C, el fluido evacuado fue cada vez más ácido, llagándose a registrar un pH máximo de 5,71 al tercer día y un mínimo de 4,89 al quinceavo día, post sellado.

Para el tratamiento T-1 el registro de fluidos se comportó también de manera descendente, pero muy poco variable, con un pH máximo de 4,97 al noveno día y un mínimo de 4,85 al quinceavo día post sellado.

#### 4.4 Análisis proximal

La composición proximal de los ensilados y las diferencias estadísticas encontradas ( $p > 0,05$ ), se muestran en la Tabla 2.

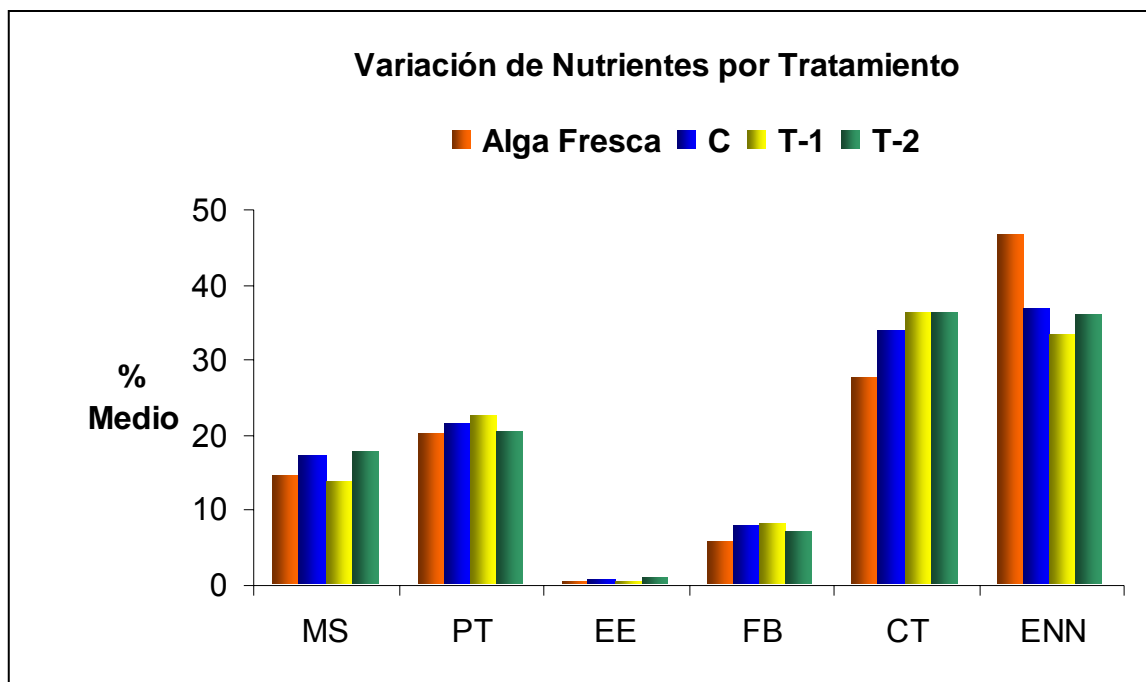
**Tabla 2. Composición proximal de los ensilajes (% base seca)**

Composición Proximal (%)	Alga Fresca	C	T-1	T-2
Materia Seca (MS)	14,2500 ± 0,0000 <sup>a</sup>	16,9567 ± 0,0016 <sup>b</sup>	13,6800 ± 0,0050 <sup>b</sup>	17,4967 ± 0,0086 <sup>c</sup>
Proteína (PT)	19,9700 ± 0,0023 <sup>a</sup>	21,2274 ± 0,0104 <sup>b</sup>	22,2243 ± 0,0085 <sup>b</sup>	20,1855 ± 0,0078 <sup>ab</sup>
Extracto Etéreo (EE)	0,3200 ± 0,0006 <sup>a</sup>	0,5978 ± 0,0048 <sup>a</sup>	0,3277 ± 0,0049 <sup>a</sup>	0,7645 ± 0,0028 <sup>a</sup>
Fibra (FB)	5,6500 ± 0,0008 <sup>a</sup>	7,8450 ± 0,0037 <sup>b</sup>	7,9369 ± 0,0052 <sup>b</sup>	6,9463 ± 0,0070 <sup>c</sup>
Cenizas Totales (CT)	27,4700 ± 0,0044 <sup>a</sup>	33,7471 ± 0,0039 <sup>b</sup>	36,1447 ± 0,0128 <sup>a</sup>	36,2498 ± 0,0081 <sup>b</sup>
Extracto No Nitrogenado (ENN)	46,5900 ± 0,0081 <sup>a</sup>	36,5950 ± 0,0103 <sup>b</sup>	33,3664 ± 0,0120 <sup>a</sup>	35,8540 ± 0,0015 <sup>b</sup>

Los valores corresponden a la media con la desviación estándar (n = 3 réplicas).

Letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre tratamientos ( $p > 0,05$ ).

Las variaciones que presentaron los nutrientes, de acuerdo al tratamiento aplicado y al análisis proximal en la Figura 15, muestran lo siguiente:



**Figura 15.** Variación que presentó el Análisis Proximal por cada tratamiento.

La materia seca (MS) en general, aumentó con el tiempo de secado del alga, alcanzando su mayor valor en T-2 con 17,49%, en base seca, siendo la menor cantidad registrada para el T-1, de 13,68%. Las diferencias fueron significativas ( $p>0,05$ ) cuando se comparó el alga fresca con los tratamientos.

Para las proteínas se observaron diferencias significativas ( $p>0,05$ ) entre el alga fresca y todos los tratamientos. El valor máximo correspondió al T-1, con 22,22% (base seca), y un valor mínimo para el alga fresca de 19,97%.

Para el caso del extracto etéreo (EE), no se encontraron diferencias significativas ( $p>0,05$ ) entre el alga fresca y los tratamientos.

Para la fibra, se observaron diferencias significativas ( $p>0,05$ ) al comparar el alga fresca con los tratamientos, siendo el alga fresca quien mostró un menor valor (5,65%), mientras que T-1 alcanzó el mayor porcentaje con 7,93%, debido al porcentaje de humedad con que se inician los tratamientos de ensilajes.

En cenizas y extracto no nitrogenado (ENN) no se observaron diferencias ( $p>0,05$ ) significativas entre el alga fresca y T-1 y C con T-2.

#### **4.5. Ácidos grasos del ensilado de Gracilaria.**

El porcentaje de lípidos en el análisis proximal es de 0,50 % total y los ácidos grasos presentes en el ensilado de Gracilaria y las diferencias estadísticas encontradas ( $p > 0,05$ ), se muestran en la Tabla 3.

**Tabla 3. Ácidos grasos del ensilado de Gracilaria**

Ácidos Grasos (%)	Alga Fresca	C	T-1	T-2
<b>Saturados (SAFAs)</b>	59,6400 ± 0,0000 <sup>a</sup>	52,9300 ± 0,0370 <sup>a</sup>	55,4000 ± 0,0697 <sup>a</sup>	48,3300 ± 0,0302 <sup>a</sup>
<b>Monoinsaturados (MUFAs)</b>	39,2600 ± 0,0000 <sup>a</sup>	43,1300 ± 0,0704 <sup>a</sup>	39,4000 ± 0,1534 <sup>a</sup>	49,8200 ± 0,0436 <sup>a</sup>
<b>Poliinsaturados (PUFAs)</b>	1,1000 ± 0,0000 <sup>a</sup>	3,9300 ± 0,0168 <sup>b</sup>	5,2000 ± 0,0787 <sup>bc</sup>	1,8500 ± 0,0359 <sup>ab</sup>
<b>Total Lípidos</b>	1,3800 ± 0,0000 <sup>a</sup>	0,8900 ± 0,0123 <sup>b</sup>	1,0500 ± 0,0071 <sup>b</sup>	1,1100 ± 0,0019 <sup>b</sup>

Los valores corresponden a la media con la desviación estándar (n = 3 réplicas).

Letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre tratamientos ( $p > 0,05$ ).

El mayor valor de los SAFAs fue para el alga fresca con un 59,64%, siendo el tratamiento T-2 con el menos porcentaje de un 48,33% y el tratamiento T-1 con un 55,40 y el tratamiento control con un 52,91%. Las diferencias no fueron significativas ( $p > 0,05$ ) cuando se comparó el alga fresca con los tratamientos.

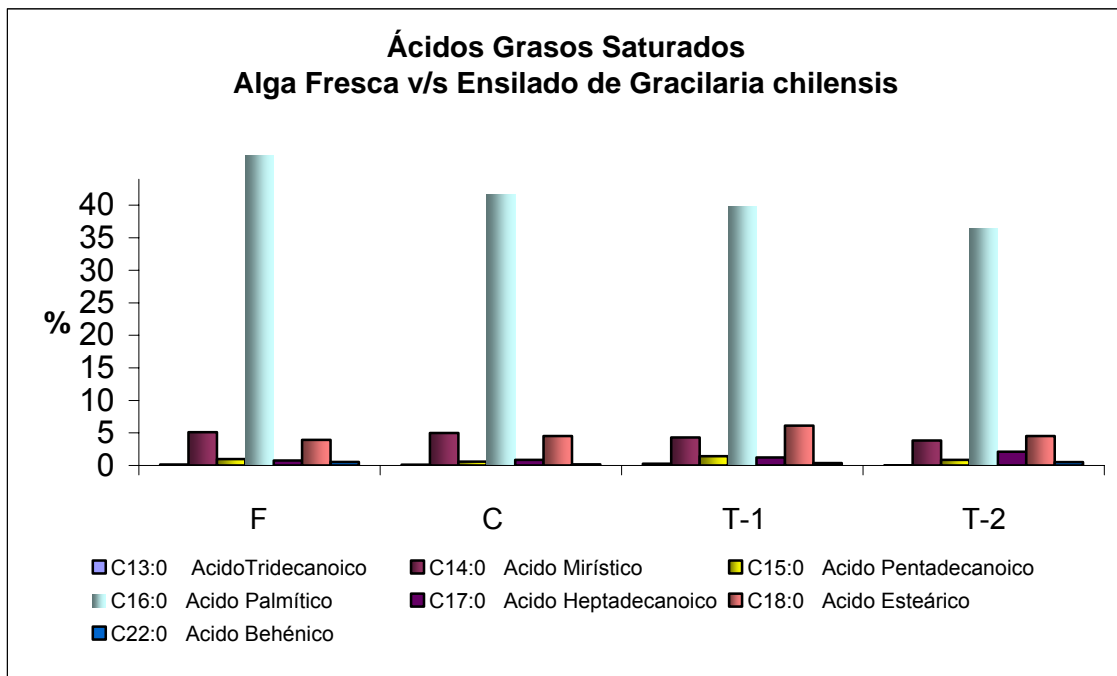
El mayor valor de los MUFAs fue para el tratamiento T-2 con un 49,82%, siendo el alga fresca con el menos porcentaje de un 39,26%, el tratamiento T-1 con un 39,40 y el tratamiento control con un 43,13%. Las diferencias no fueron significativas ( $p > 0,05$ ) cuando se comparó el alga fresca con los tratamientos.

El mayor valor de los PUFAs fue para el tratamiento T-1 con un 5,20%, siendo el alga fresca con el menos porcentaje de un 1,10%, el tratamiento T-2 con un 1,85 y el tratamiento control con un 3,94%. Las diferencias fueron significativas ( $p > 0,05$ ) cuando se comparó el alga fresca con los tratamientos.

El mayor porcentaje total de lípidos encontrado para el alga fresca fue de 1,38%, y el menor porcentaje fue para el tratamiento control con un 0,89%. Las diferencias fueron significativas ( $p > 0,05$ ) cuando se comparó el alga fresca con los tratamientos.

#### 4.5.1. Ácidos grasos saturados (SAFAs)

En la figura 16 se representa gráficamente el total de los ácidos grasos saturados que se encontraron en el alga fresca y los tratamientos:

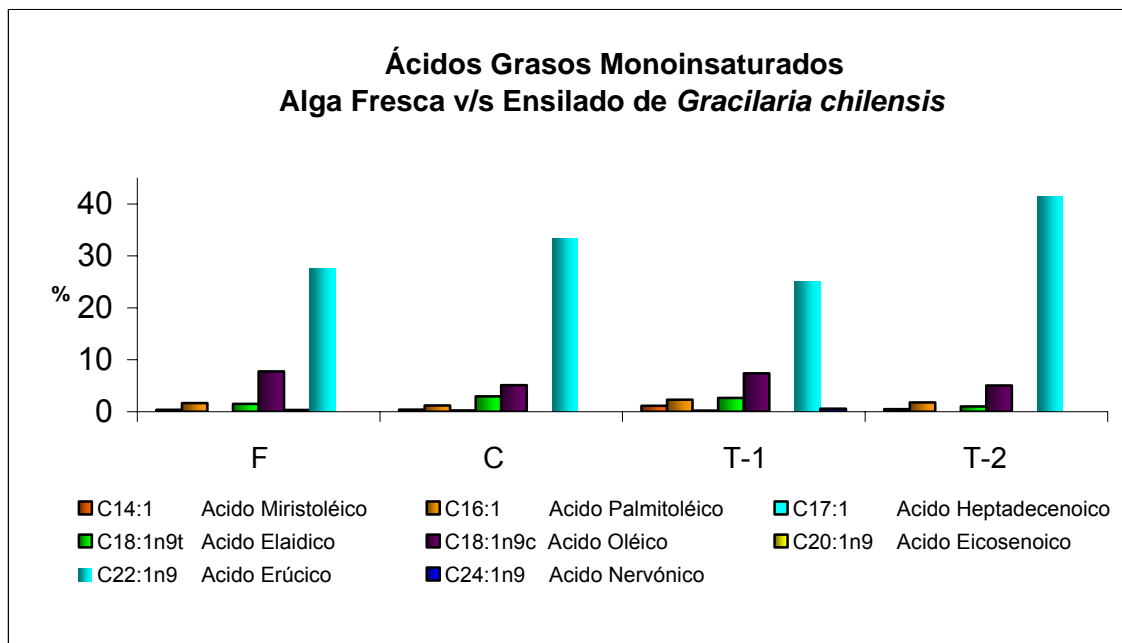


**Figura 16.** Variación de Ácidos Grasos Saturados por cada tratamiento.

Dentro de estos, el mayor dato obtenido fue para el Ácido Palmítico (C16:0) con máximo para el alga fresca de un 47,61%, siendo el tratamiento T-2 el menor con un 36,41%.

#### 4.5.2 Ácidos grasos monoinsaturados (MUFAs)

En la figura 17 se representa gráficamente el total de los Ácidos Grasos Monoinsaturados que se encontraron en el alga fresca y los tratamientos:

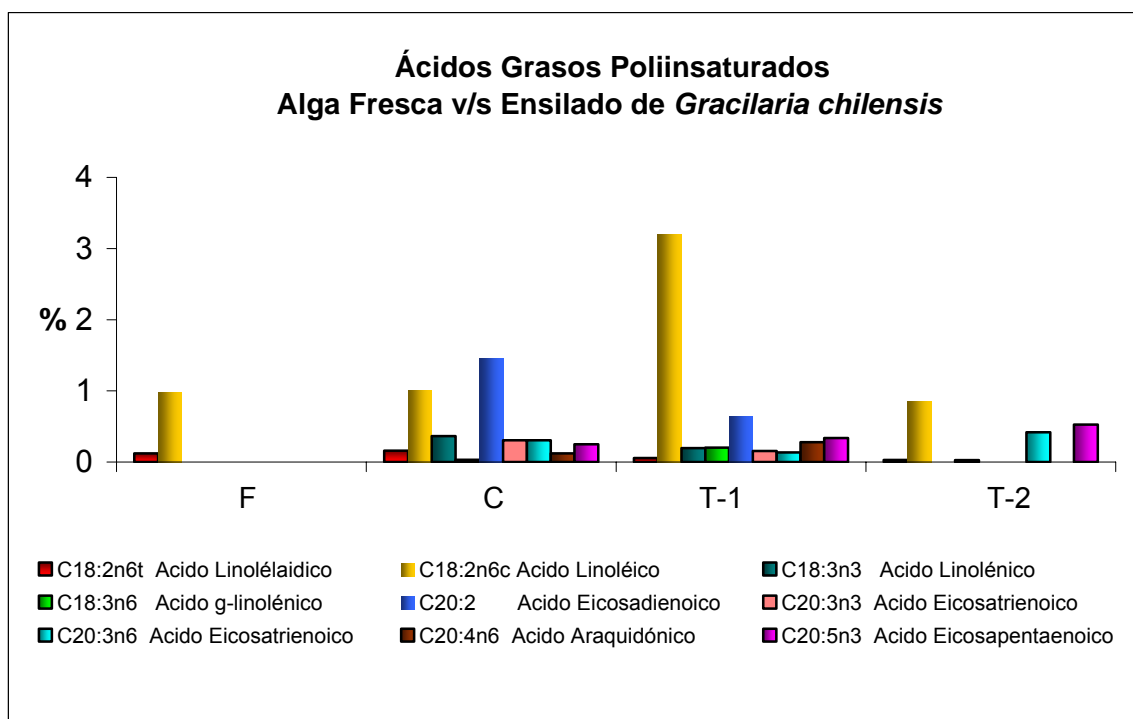


**Figura 17.** Variación de Ácidos Grasos Monoinsaturados por cada tratamiento.

Dentro de estos, el mayor dato obtenido fue para el Ácido Erúxico (C22:1n9) con máximo para el tratamiento T-2 con un 41,48%, siendo el tratamiento T-1 el menor con un 36,41%.

#### 4.5.3. Ácidos grasos poliinsaturados (PUFAs)

En la figura 18 se representa gráficamente el total de los Ácidos Grasos Poliinsaturados que se encontraron en el alga fresca y lo tratamientos:

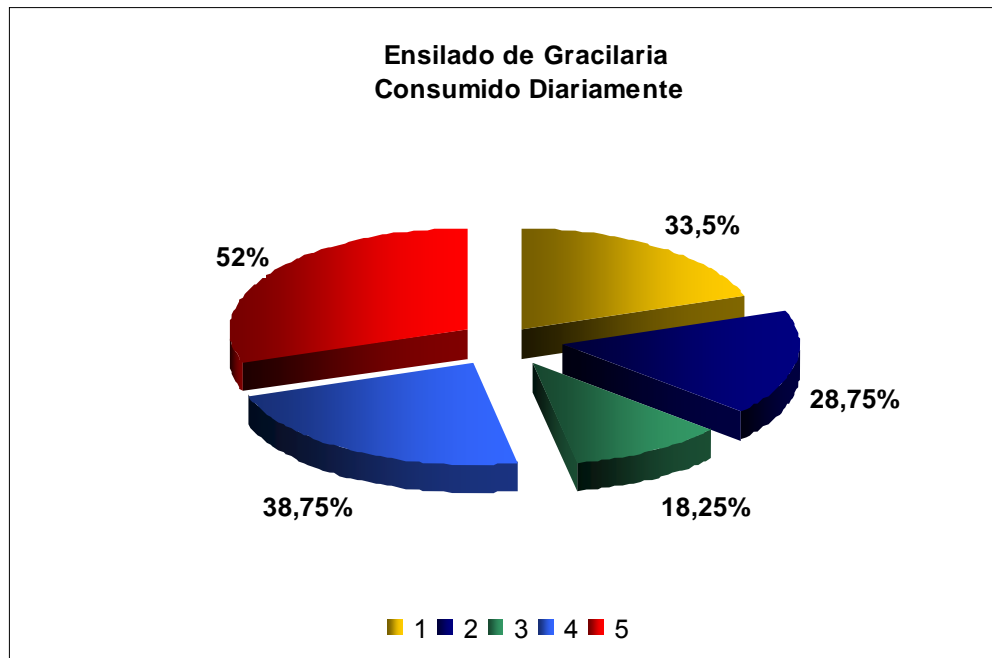


**Figura 18.** Variación de Ácidos Grasos Poliinsaturados por cada tratamiento.

Dentro de estos, el mayor dato obtenido fue para el Ácido Linoléico (C18:2n6c) con máximo para el tratamiento T-1 con un 3,19%, siendo el tratamiento T-2 el menor con un 0,84%.

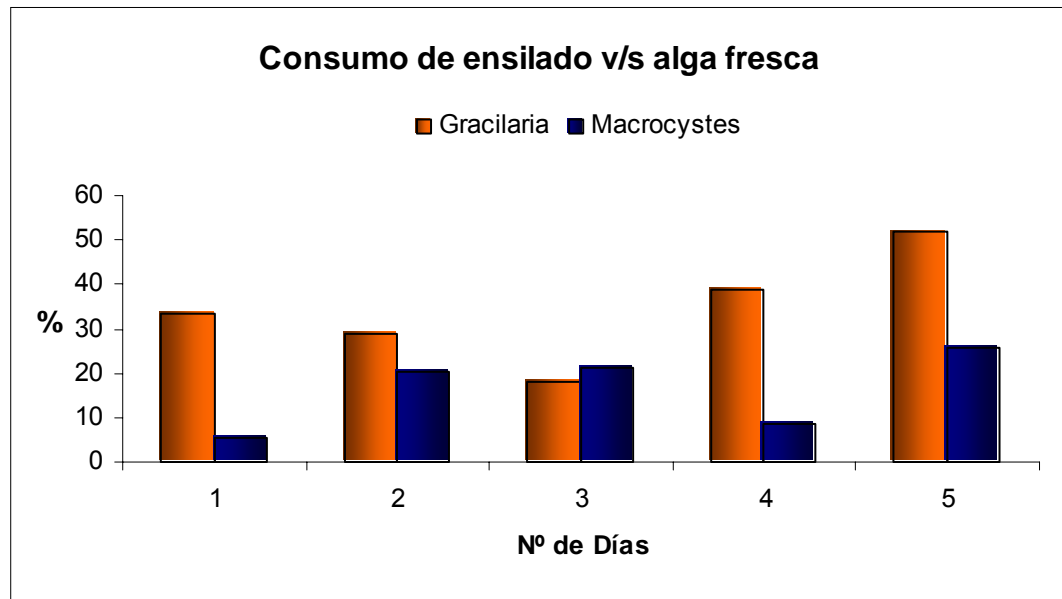
#### 4.6. Consumo del ensilado

El consumo de Ensilado de *Gracilaria chilensis* tuvo una buena aceptación por parte de los abalones, cuyos porcentajes de ingesta se muestran en la figura 19



**Figura 19.** Consumo diario del ensilado de Gracilaria por abalones

En lo que respecta a la comparación de consumo del Ensilado de *Gracilaria chilensis* versus el alga fresca *Macrocystes pyrifera*, se presenta en la figura 20



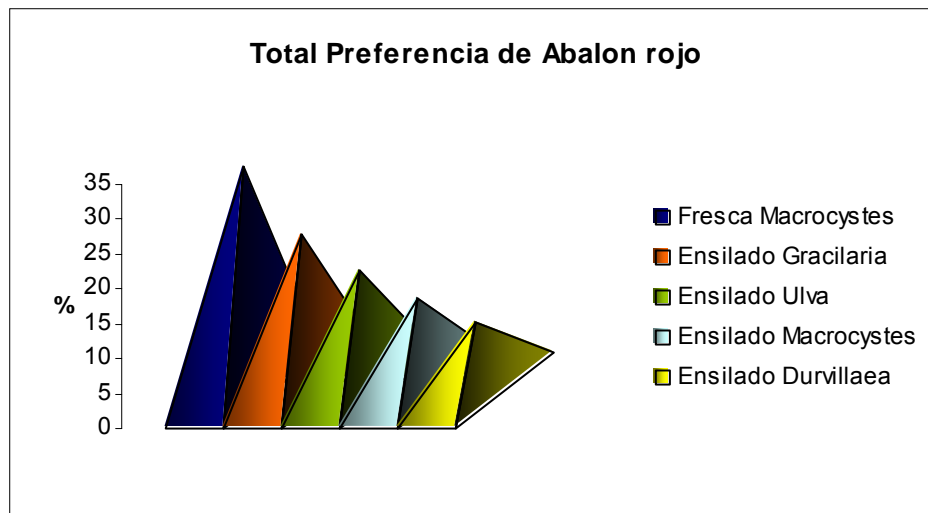
**Figura 20.** Consumo del ensilado de *Gracilaria chilensis* y alga fresca

#### 4.7. Preferencia del ensilado

En esta experiencia, la preferencia principal fue por el alga fresca *Macrocyestes pyrifera*, ya que fue la que obtuvo la mayor aceptabilidad desde un comienzo, luego le siguió el ensilado de *Gracilaria chilensis*, continuado con el ensilado de *Ulva lactuca*, ensilado de *Macrocyestes pyrifera* y finalmente el ensilado de *Durvillaea antarctica*.

Al final del periodo de observación se registró una preferencia total, para el alga fresca *Macrocyestes pyrifera* de 32,2%; frente a un 22,36% que obtuvo el ensilado de *Gracilaria chilensis*.

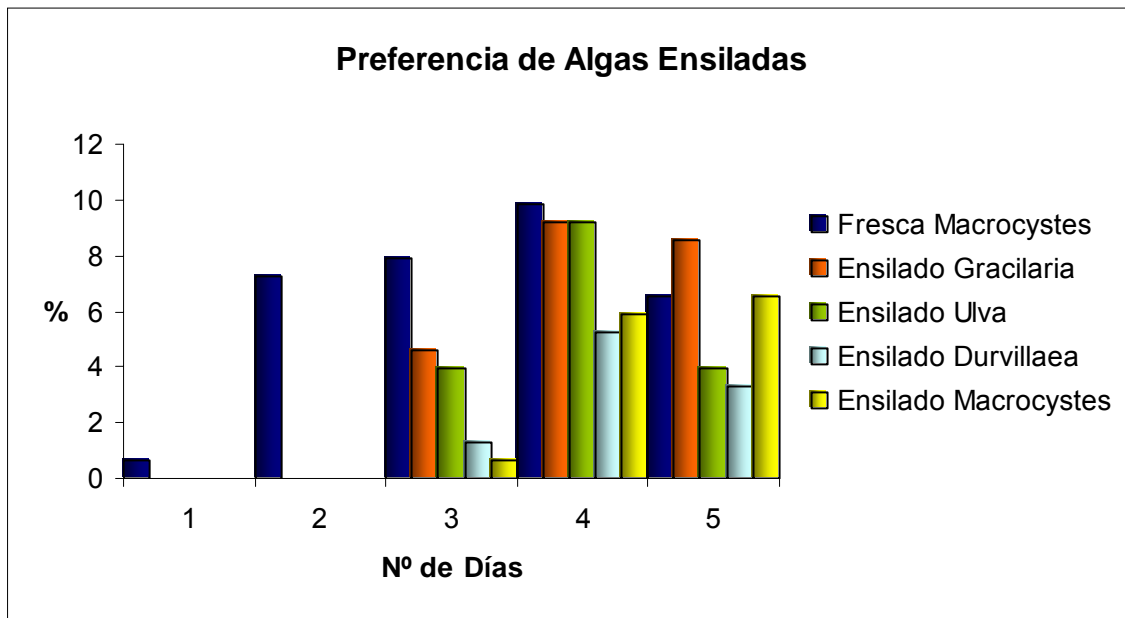
El ensilado de *Ulva lactuca* presentó un 17,09% y el ensilado de *Macrocystes pyrifera* un 13,14%; siendo el mínimo para el ensilado de *Durvillaea antarctica* con un 5,26% (Figura 21).



**Figura 21.** Preferencia Total del Abalón Rojo por distintos ensilados

Al comienzo de la observación, sólo las dos primeras noches hubo preferencia por el alga fresca *Macrocystes pyrifera* registrando un 0,65% para la primera noche y un 7,23% la segunda, siendo el primer porcentaje el mínimo registrado del periodo y el máximo fue para la cuarta noche con un 9,86% de preferencia.

Para el ensilado de *Gracilaria chilensis*, existió preferencia a partir de la tercera noche de observación, registrándose un 4,6%, que fue equivalente al mínimo del periodo y registrándose el máximo de aceptación a la noche siguiente con un 9,21% (Figura 22).



**Figura 22.** Preferencia del ensilado de *Gracilaria chilensis* v/s diferentes algas ensilados

En el caso de *Ulva lactuca*, también existió preferencia a partir de la tercera noche, teniendo un mínimo de preferencia para la tercera y quinta noche de un 3,94%, siendo para la cuarta noche su máximo de 9,21%.

Para el ensilado de *Macrocyestes pyrifera*, se obtuvo una preferencia mínima del periodo la tercera noche de 0,65% y un máximo la quinta noche de de un 5,26%.

Finalmente el ensilado de *Durvillaea antarctica*, teniendo una nula preferencia durante las dos primeras noches de la observación, registró la preferencia mínima la tercera noche, con un 1,31% y una máxima de 5,26% la cuarta noche (Figura 22).

---

## V. DISCUSION

Si bien sólo se conoce una experiencia similar de ensilaje para algas, realizada con *Macrocystis pyrifera* (Pizarro, 2003), no se conocen antecedentes acerca de experiencias similares para *Gracilaria chilensis*, por lo tanto podemos señalar que es factible ensilar el alga *Gracilaria chilensis*, afirmando de esta forma la hipótesis, de que es posible ensilar macroalgas aplicando la metodología de laboratorio anteriormente descrita en esta investigación.

También es necesario destacar, la necesidad de experimentar en silos industriales de mayor capacidad, con una representación de volúmenes reales necesitados en los cultivos de abalones, para que el ensilaje de algas manifieste sus reales aplicaciones dentro de un continuo abastecimiento a las empresas productoras del molusco.

En la presente experiencia, el mejor ensilado se obtuvo en el tratamiento T-1, con un presecado de hasta tres días, ya que fue el silo con mejor porcentaje de proteína, consistencia, textura, olor y apariencia, con características muy parecidas al alga fresca.

## 5.1 Los silos

Los silos utilizados en el estudio y propuestos por Hargreaves *et al.* (1986) y Pizarro *et al.* (2003), manifestaron una buena respuesta con respecto a la simplicidad y facilidad de manejo para la obtención satisfactoria de los resultados.

La técnica y metodología usada para ensilar el alga, fue la usada por Pizarro (2003) para *Macrocystes pyrifera*. La propuesta en este trabajo, se basó principalmente en la experiencia agrícola del ensilado de praderas, logrando crear un alimento preservado, palativamente neutro y muy similar al alga fresca, logrando conservar sus propiedades nutritivas iniciales.

El drenaje del silo funcionó adecuadamente, ya que siendo un sistema muy simple, logró evacuar los efluentes en todos los tratamientos. A medida que aumentaron los días de secado, el fluido se fue generando en menor cantidad y con una mayor viscosidad a diferencia, los fluidos del tratamiento C fueron prácticamente líquidos rojizos y pocos viscosos, teniendo un comportamiento similar a lo que ocurre con los ensilados de praderas, donde por efecto de los efluentes, existe pérdidas de nutriente del forraje (Alomar, 1991).

Para investigaciones posteriores se recomienda colocar en el interior de los silos, el mismo tipo de drenaje, pero con gravilla utilizada en acuarios y

exteriormente una cánula en forma de “S” que permita, con una llave la regulación y obtención precisa de los líquidos para su posterior análisis (Alomar, 1991).

Es importante llevar a cabo un estudio minucioso de los efluentes evacuados en los silos de algas, ya que es necesario saber si existen pérdidas de nutrientes que van en los fluidos así como otros compuestos como pigmentos, enzimas, etc.

Dentro del silo, los componentes como la manga plástica y el disco de madera funcionaron de forma satisfactoria en su conjunto, e individualmente al aislar el alga del medio aeróbico; el disco de madera más que aislar cumplió una función de soporte para el peso de los bolones, ejerciendo una fuerza en forma de prensa, distribuyendo el peso homogéneamente sobre el alga dentro de la manga de polietileno.

En relación al peso, varios estudios del área agrícola han experimentado una variable en este factor (Alomar et al, 1990; Hargreaves et al, 1986), lo que resulta mejor para los productos dependiendo del nivel de presión usado. Para este caso, los otros componentes internos del silo, fueron los bolones que contribuyeron con el peso sobre el alga, funcionando de manera satisfactoria para generar presión, lo que se vió con la forma compacta del producto ensilado.

El silo completo funcionó en óptimas condiciones, obteniendo un desempeño exitoso para ensilar el alga; siendo una herramienta de fácil construcción y sencillo manejo, con posibilidades de instalar otros utensilios de medición, tanto internamente como exteriormente, por lo que se recomienda su uso para propósitos experimentales de laboratorio.

## **5.2 Generación de fluidos**

Los efluentes fueron evaluados de manera simple, características de color, aroma, consistencia, pH y cantidad.

Respecto al color pardo-rojizo viene dado por la existencia de biliproteínas, ficoeritrina y ficocianina principalmente, que contribuyen a enmascarar el color verde de la clorofila (Salamanca, 2005). La consistencia fue dándose cada vez más espesa a medida que el tiempo de ensilaje avanzó, este escurrimiento de fluidos ocurre principalmente dentro de los primeros días post ensilado, por lo que es corroborado por varios autores de ensilaje de praderas (Aguila, 1997; Hargreaves et al, 1986; Hiriart, 1998; Ruiz, 1996; UACH, 1987).

El pH fue declinando tal como se esperaba, de acuerdo al ensilaje de pradera descrito por los autores Hiriart, (1998) y UACH, (1987) y al ensilaje de algas descrito por Pizarro (2003).

### 5.3 Composición proximal

Los tratamientos ensilados mantuvieron concentraciones similares en sus proximales con respecto a la proteína, extracto etéreo, fibra, cenizas totales y extracto no nitrogenado. Sólo se observaron diferencias estadísticas ( $p > 0,05$ ) cuando se compararon individualmente los tratamientos entre ellos, a excepción de extracto etéreo, ya que las algas, poseen bajas concentraciones de lípidos lo que indica que no fue afectada con el proceso de ensilaje (Figura 22).

Con el aumento en el tiempo del premarquito o presecado, se incrementó significativamente ( $p > 0,05$ ) a la cantidad de materia seca, tal como se esperaba en los ensilados de praderas al comparar el material original con los ensilados (Aguila, 1997; Hargreaves *et al*, 1986; Hiriart, 1998; Pizarro, 2003; Ruiz, 1996; UACH, 1987).

Se observó que el escurrimiento de efluentes del proceso, fue mucho mayor en el tratamiento C, pero no fue el grupo con una mayor pérdida en materia seca, como lo fue el tratamiento T-1, lo que coincide con autores Aguila (1997), Hargreaves *et al* (1986), Hiriart (1998), Ruiz (1996), UACH (1987) y Pizarro (2003), que señalan en que a mayor escurrimiento de fluidos, es mayor la cantidad de materia seca que se gana.

---

Por lo tanto, la reducción del agua contenida en un material muy húmedo, contribuirá a la obtención de una fermentación más favorable, con menores pérdidas de materia seca y mejorando el valor nutritivo en el silo (Ruiz, 1996).

Las proteínas mostraron un aumento, encontrándose diferencias estadísticas ( $p > 0,05$ ) cuando se comparó el material original con los tratamientos. También, la proteína alcanzó su mayor valor, entre los tratamientos de ensilado, en T-1 (22,23%), aumentando un 2% del valor arrojado por el alga fresca (19,97%), pero que es una diferencia mínima cuando se piensa en la variación estacional que presenta el recurso en el estado natural (Pizarro, 2003).

Con respecto al ensilaje de praderas, se señala que en regiones de alta pluviometría, caso de la zona sur del país, son comunes los problemas derivados del ensilado directo de forrajes húmedos, con un 15 a 20% de materia seca, los que llevan a prolongados procesos de fermentación, con degradación de la proteína en un 60% o más (Ruiz, 1996). Por lo tanto, en el ensilaje de *Gracilaria chilensis* no existió ninguna pérdida significativa de la proteína, al contrario existió un aumento de ella, a pesar de la cantidad de materia seca obtenida en el ensilaje.

En estudios sobre los ensilajes de pradera se guían principalmente en la medición del nitrógeno amoniacal ( $N-NH_3$ ), que es considerado un factor importante y clave a la hora de medir la calidad de un ensilaje (Aguila, 1997;

---

Hiriart, 1998; Ruiz, 1996; UACH, 1987), debido a que una mala fermentación puede producir una deaminación significativa, como liberación de  $\text{NH}_3$ , lo que puede producir pérdidas en el nitrógeno disponible para el animal, afectando directamente el consumo del ensilado (Pizarro, 2003).

Por lo anterior, se hace importante elaborar un parámetro en base a proteínas, para la evaluación del ensilaje de algas. Así como en el caso del nitrógeno amoniacal para el ensilado de praderas, se tendrá una base para evaluar el ensilado de algas.

Además, se debe tener en cuenta la variabilidad de los nutrientes de *Gracilaria chilensis* a lo largo del año, para poder establecer las fechas de cosecha para ensilar. En el caso del ensilado de *Macrocystes pyrifera* se obtuvo una gran variabilidad de proteína a diferencia de *Gracilaria chilensis*, en ella existían estudios previos de la variabilidad de la proteína en las distintas estaciones del año para esa alga (Hepburn, 1965).

En el análisis del extracto etéreo no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre el alga fresca y los tratamientos. Los lípidos, no son abundantes en las algas, por esto vale destacar que en el primer estudio de ensilado de algas, realizado para *Macrocystes pyrifera* (Pizarro, 2003) no se encontraron diferencias significativas en los lípidos, haciendo referencia a la presencia de un patrón homogéneo en estos, el cual se mantiene relativamente constante a

través del año (Westermeier & Chávez, 2003). Al parecer podría ser un patrón característico, en común de las algas.

La fibra demostró un leve aumento en los tratamientos de ensilados respecto del alga fresca, de casi un 2%, observándose una leve disminución en la medida que el premarchito aumentó, variación que se considera esperable en ensilaje de praderas (UACH, 1987). En comparación con la fibra obtenida en el ensilado de *Macrocystes pyrifera*, se puede decir que las dos algas ensiladas subieron casi dos cifras, con respecto al alga fresca, siendo muy poca la variación de fibra entre tratamientos.

Las cenizas totales también demostraron una variación, observándose una tendencia al aumento a medida que el periodo de tiempo del presecado fue mayor.

Para el caso del extracto no nitrogenado, se pudo observar una disminución con respecto al material original, al contrario de los carbohidratos que se obtuvieron de la investigación del ensilado de *Macrocystes pyrifera* en que existió un aumento (Pizarro, 2003). En base a esto, los distintos autores señalan que al tener una alta concentración de estos compuestos en las algas, podría ser una razón clave del buen resultado del ensilaje, debido a que éstos constituyen el sustrato nutricional del cual depende primordialmente la acción de la microflora

fermentativa del material a ensilar (Aguila, 1997; Hargreaves et al, 1986; Hiriart, 1998; Pizarro, 2003; Ruiz, 1996; UACH, 1987).

En un estudio realizado para determinar los niveles máximos y mínimos de nutrientes, se estableció que *Macrocystes pyrifera* obtuvo su máximo nivel de proteína en otoño-invierno, de lípidos en primavera-otoño y de carbohidratos en primavera-verano (Westermeyer & Chávez, 2003). De acuerdo a esto, podemos sugerir una investigación de los niveles máximos y mínimos de nutrientes que se alcanzan el alga *Gracilaria chilensis* en su medio natural o de cultivo durante el año, la razón es por la importancia que tiene cosechar el material a ensilar en la época que éste alcance su mayor valor nutritivo, puesto que esto será reflejado en la calidad del ensilaje (Pizarro, 2003).

Por lo tanto, la cantidad de proteína y de carbohidratos pueden ser buenos indicadores de la calidad en el ensilaje de algas. Considerando que el ensilaje es un proceso de conservación, que acarrea inevitablemente pérdidas de masa y deterioro del valor nutritivo de la planta (Ruiz, 1996).

Para finalizar, en general las dietas balanceadas muestran un alto contenido de proteínas (20-50%), carbohidratos (30-60%), bajo en lípidos (1,5-5,3%), fibra (0-6%), con una alta cantidad de mezcla de minerales (4-5%) y vitaminas (0,5-2%) (Fleming *et al.*, 1996 fide Viana, 2002).

#### 5.4. Ácidos grasos

El análisis de los ácidos grasos se realizó, para determinar su variación proximal del alga fresca con respecto al alga ensilada. Los lípidos totales reflejados en el análisis proximal no fueron significativos estadísticamente y si se comparan con el análisis de laboratorio realizado para el perfil de ácidos grasos, estos últimos fueron considerablemente mayores, por lo que es recomendable un estudio más avanzado para los ácidos grasos. Lo que si vale destacar es que existieron registros para los de Ácidos Grasos Poliinsaturados (AGP) en los tratamientos ensilados, cosa que no ocurrió con la mayoría de los AGP del alga fresca, ya que existió un nulo porcentaje en la mayoría de ellos, ello se explicaría por la presencia de epifitos como diatomeas bentónicas (Viana, 2002)

El conocimiento sobre ácidos grasos esenciales (AGE) en la nutrición de moluscos es escaso (Voogt, 1983; Mai *et al.*, 1996; Caers *et al.*, 1999 fide Viana, 2002) en comparación con la información disponible para peces y crustáceos (Watanabe & Takeguchi, 1989; Rodríguez *et al.*, 1993; Sargent *et al.*, 1993; Shiau, 1998 fide Viana, 2002).

En lípidos de animales marinos los AGP n-3 como 20:5n-3 y 22:6n-3 son característicos y se les asocia como AGE (Sargent, 1976; Voogt, 1983; Delaunay *et al.*, 1993; Knauer & Sothgate, 1997 fide Viana, 2002). Sin embargo,

---

en el abalón se ha prestado poca atención a los requerimientos de AGE debido a que se ha demostrado que sus requerimientos de lípidos totales son bajos (Uki & Watanabe, 1992; Mai *et al.*, 1996 fide Viana, 2002).

En el ensilaje de algas realizado para *Gracilaria chilensis* se encontraron la mayoría de los AGP en el tratamiento T-1 y tratamiento C (C18:2n6t; C18:2n6c; C18:3n3; C18:3n6; C20:2; C20:3n3; C20:3n6; C20:4n6 y C20:5n3). En el tratamiento T-2 no se hallaron cuatro AGP (C20:2; C18:3n3; C20:3n6 y C20:4n6). Siendo en el alga fresca, dos AGP encontrados (C18:2n6t y C18:3n3), esto puede deberse quizás a diatomeas que se puedan haber encontrado en el alga y bacterias que hayan interactuado para la formación de ácidos grasos, se sabe que una gran cantidad de diatomeas se encuentran poblando las macroalgas del medio natural (Viana, 2002). De esta manera se conoce que el tipo de alga consumida afecta significativamente el crecimiento, debido probablemente a sus perfiles diferentes de ácidos grasos insaturados (Uki *et al.*, 1986 fide Viana, 2002). Por lo que podemos decir, que a través del ensilado han aparecido bajas concentraciones de AGP siendo el tratamiento T-1 el que posee una mayor cantidad, coincidiendo con una alta cantidad de proteína, siendo el tratamiento con el mejor resultado.

En el abalón japonés *Haliotis discus hannai* se ha establecido que los AGE que requiere son del tipo n-3 y n-6, donde la inclusión de AG del tipo 18:2n-6 y 18:3n-3 resultan en una mayor tasa de crecimiento y eficiencia alimenticia

---

aunque es menor que cuando se incluyen los AG 20:4n-6 ó n-3 (Uki *et al.*, 1986 fide Viana, 2002). A partir de ensayos de alimentación de *Haliotis discus hannai* con algas con diferentes perfiles de ácidos grasos, se estimó que el abalón es incapaz de sintetizar 18:2n-6, 18:3n-3 y 18:4n-3, sugiriéndose que 20:4n-6 pueda ser un AG que afecta directamente el crecimiento del organismo (Floreto *et al.*, 1996 fide Viana, 2002).

Los animales marinos en general muestran a 20:5n-3 y 22:6n-3 como AGE, en contraste con diversas especies de *Haliotis spp.* quienes muestran un alto contenido de 22:5n-3 y una reducida concentración de 22:6n-3 (Uki *et al.*, 1986; Dunstan *et al.*, 1996; Floreto *et al.*, 1996 fide Viana, 2002), lo cual sugiere que el abalón podría tener diferentes requerimientos de AGE con relación a otros animales marinos (Dunstan *et al.*, 1996 fide Viana, 2002).

En *Haliotis discus hannai*, donde se recomienda que las dietas contengan 5% de lípidos y que el 1% sea de AGP n-3 (Uki *et al.*, 1986 fide Viana, 2002), por lo tanto se ha propuesto como índices de deficiencia de AGE las relaciones 20:3(n-9)/20:4(n-6) y 20:3(n-9)/22:6(n-3).

En peces como la carpa, valores de <0,4 y <0,6 indican que el organismo está recibiendo una adecuada cantidad de (n-6) y (n-3), y valores mayores de 0,4 para 20:3(n-9)/22:6(n-3) en mamíferos (Watanabe & Takeguchi, 1989 fide Viana, 2002), mientras que para abalón se reporta que valores < 0,8 del índice

de AGE  $\Sigma n-9/(20:4n-6+22:5n-6+22:6n-3)$  se han reportado como indicadores de que el organismo está recibiendo una dieta con suficientes cantidades de AGE (Uki *et al.*, 1986 fide Viana, 2002).

También existen sospechas de que las bacterias estén aportando los lípidos necesarios a los abalones cuando la dieta carece de ellos. Los lípidos no muestran un aporte de energía significativo en la dieta del abalón. Sin embargo, se ha establecido que un nivel mayor al 5% resulta en un retardo en el crecimiento (Uki *et al.*, 1986; Mai *et al.*, 1995 fide Viana, 2002).

Con respecto a los ácidos grasos saturados (AGS) por su escasa investigación de acuerdo a los requerimientos nutricionales del abalón, podemos indicar que el porcentaje total mayor fue para el alga fresca, siendo en segundo lugar el tratamiento T-1, tratamiento que obtuvo una mayor proteína, mejor apariencia, consistencia y similitud estructural con el alga fresca.

Los AGS como C14:0; C16:0; C17:0 y C22:0 fueron los que registraron mayor porcentaje en el alga fresca. El ácido C12:0 desapareció de los tratamientos ensilados, reflejándose únicamente en el alga fresca. El ácido C13:0; C15:0; C18:0; C21:0 fueron los porcentajes con mayor registro en el tratamiento T-1 por sobre el alga fresca. El Ácido C24:0 no existió en el alga fresca y tratamiento control, sólo se reflejó en los tratamientos T-1 y T-2.

Sin embargo los abalones son capaces de sintetizar ácidos grasos de cadena larga a partir de ácidos grasos de 18 C, o bien tomarlos de las bacterias presentes en el estómago (Viana, 2002)

Para el caso de los Ácidos Grasos Monoinsaturados (AGM) también es escasa la información sobre el aporte nutricional para los requerimientos del abalón.

### **5.5. Consumo del ensilado**

Se pudo observar que los abalones consumieron el ensilado de *Gracilaria chilensis* superando en cantidad al alga fresca *Macrocystes pyrifera* en promedio de un 18% durante el período de prueba.

Los tratamientos que se evaluaron en la observación correspondieron a los que obtuvieron mejores condiciones, muy parecidas al alga fresca en cuanto a composición nutricional y estructura física, siendo escogidos los tratamientos C y T-1 para la experimentación, ya que el tratamiento T-2 fue descartado de acuerdo a su deficiente estado, este se manifestó con un aspecto de pasta, con nula posibilidad de conservar su consistencia como alga, desintegrándose y transformándose en partículas muy pequeñas (alga molida), lo cual sólo ensució el estaque.

El consumo del tratamiento (T-1), obtuvo siempre una alta cantidad consumo por parte de los abalones, a diferencia del alga fresca, esto se debe a que una vez hidratado se disuelve en el agua, obteniéndose un mayor porcentaje de pérdidas que el alga fresca.

Vale señalar la posibilidad de que los ensilados al presentar una mayor atractividad, sea llamativo para los abalones, es un producto palatiblemente aceptable, sería un tema importante a estudiar, ya que podría ser la razón del mayor consumo, en comparación al alga fresca. Se hace necesario realizar estudios específicos, respecto al consumo de ensilados de algas, haciendo pruebas acerca de la digestibilidad, crecimiento y verificando que otros moluscos herbívoros como lapas y erizos consuman el producto ensilado.

### **5.6. Preferencia de consumo del ensilado**

En esta experiencia, la preferencia principal fue por el alga fresca *Macrocystes pyrifera*, estos abalones estaban acostumbrados al mismo alimento, se les ofrece un mix de algas como alimento, es de pensar que se van a dirigir al alimento que siempre han conocido y dejarán para después la incursión a las demás ofertas de alimento como los ensilados de *Gracilaria chilensis*, de *Ulva lactuca*, de *Macrocystes pyrifera* y de *Durvillaea antarctica*.

La segunda preferencia y aceptabilidad exitosa fue para el ensilado experimental en cuestión, *Gracilaria chilensis*. La preferencia en la tercera

noche por todos los ensilados, hace pensar que es necesario un mayor análisis del comportamiento de los abalones frente a los ensilados de algas, ya que se hace difícil el determinar que factores determinan si es el aroma del ensilaje más fuerte, el color más llamativo, el sabor ácido-dulce, la consistencia más dura o el que les quedaba más al alcance de su posición. El tercer lugar fue obtenido para el ensilado del alga *Ulva lactuca*, siguiéndole el de *Macrocystes pyrifera* y finalmente el de *Durvillaea antarctica*.

Es de suma importancia el poder conseguir recursos para estudiar, investigar y desarrollar a fondo el tema del ensilaje de algas, ya que las costas chilenas son extensas y cuentan con gran cantidad de algas para su recolección. Además, el gran desarrollo de esto puede contribuir al nacimiento de una nueva industria, nuevos empleos y nueva forma de hacer las cosas, simplificando costos y aplicándolo a demás ámbitos, no sólo para la industria del abalón, sino que para otros sectores de la acuicultura.

Es cierto que existen muchos factores de importancia que no fueron abordados por este trabajo en estudio, por lo que da una pauta de información básica para futuros estudios de investigación, desarrollo e innovación sobre el tema, afirmando que es posible ensilar algas, con pérdidas mínimas tanto en masa como en la composición nutritiva.

Es recomendable, que se establezca un estudio meticuloso en el área bioquímica dentro del silo, ya que las algas marinas y plantas terrestre, son originarias de hábitat distintos, por lo que desde ese punto de vista, el comportamiento bioquímico dentro del silo, no sería igual, siendo un tema nuevo y no estudiado.

Otro tema importante de analizar, es el desarrollo del proceso para factores importantes como el pH, temperatura, variación enzimática, composición microbiológica, evolución real de los nutrientes dentro del silo, entre otros.

---

## VI. CONCLUSIONES

1. Es factible ensilar el alga *Gracilaria chilensis*, logrando la mejor textura, consistencia y apariencia al aplicar un premarchito de hasta 3 días, alcanzando la estabilización del proceso de fermentación del ensilado después de 70 días.
2. La mayor cantidad de fluidos escurrieron en los primeros 9 días post sellado, siendo el alga sin premarchito, la que expresó la mayor cantidad.
3. Las diferenciaciones en la composición nutritiva del alga fresca después de ser ensilada son mínimas, por lo que se conservan sus propiedades nutritivas después de un periodo de conservación mediante el ensilado.
4. En los tratamientos ensilados se encontraron ácidos grasos poliinsaturados, que en el alga fresca no se presentaron.
5. El abalón rojo *Haliotis rufescens*, consumió el ensilado del alga *Gracilaria chilensis* por sobre el alga fresca *Macrocystes pyrifera*, no encontrándose un patrón fijo que lo definiera, de acuerdo al corto periodo de prueba.

6. La principal preferencia de alimentación por la cual se inclinó el abalón rojo *Haliotis rufescens*, fue el alga fresca *Macrocystes pyrifera*, dejando al ensilado de *Gracilaria chilensis* como una segunda opción.

---

## VII. RECOMENDACIONES

Se debe continuar con la investigación y desarrollo del área del ensilado de algas, experimentando la factibilidad de ensilar otras macroalgas, especialmente aquellas que no tienen importancia comercial y que existen en gran abundancia, para darles una utilidad económica.

Los posteriores estudios, deben estar orientados hacia el aumento del conocimiento de los factores claves del ensilaje de algas, en relación a la creación de un silo o biodigestor de mayor tamaño, donde se evalúen la composición bioquímica, la composición microbiología y el uso de posibles aditivos para mejorar el proceso. Además, se deben investigar las cosechas del alga, en las épocas de mayor composición nutritivas. También, se deben realizar bioensayos que evalúen la calidad nutricional del producto y su interacción con el animal.

Para finalizar el silo de PVC probado para esta experimentación, presenta excelentes condiciones respecto de su simplicidad, facilidad de manejo y construcción, pero sólo se recomienda su uso para propósitos experimentales de laboratorio, ya que para su uso industrial no sería una forma muy eficiente para el abastecimiento diario de un cultivo, debería crearse un silo de grandes dimensiones o desarrollar el silo industrial apropiado para el abastecimiento de un centro de cultivo de abalones.

---

## VIII. BIBLIOGRAFIA

- Acevedo, C. 2000. Situación legal del abalón en Chile. Seminario: El cultivo de abalón en Chile: situación actual y perspectivas. En el marco de proyecto Alternativas productivas para la acuicultura en Chile: El cultivo de abalón rojo. FDI PD-10. Fundación Chile, Puerto Montt.
- Alomar, D.; Latrille L., Ferrando A., Anrique R., Balocchi O. & Fuchslocher R. 1991. Un modelo de silo experimental. *Agro Sur* 19(2): 140-142.
- Alomar, D.; Latrille L., Ferrando A., Anrique R., Balocchi O., Fuchslocher R. & Quezada A.. 1993. Efecto de adicionar heno, coseta o afrechillo de trigo a un ensilaje de pradera permanente de corte directo en la décima región. *Agro Sur* 21(1): 52-58.
- Aguila, H. 1997. *Pastos y Empastadas*. Editorial Universitaria. 117-129 pp.
- Aquanoticias, 2000. *Acuicultura en Chile: Promisoria diversificación de especies*. Ed. Technopress. N° 58. : 78-85.
- Aquanoticias, 2003. *Cultivo del Abalón en Chile*. Ed. Technopress. N°76: 32-40.

- 
- Buxade, C. 1995. Zootecnia, Bases de Producción Animal. Tomo III, Alimentos y Racionamiento. Editorial Mundi-Prensa. 157-207 pp.
  - Canavos, G. 2001. Probabilidad Estadística. Aplicaciones y métodos. Editorial; Mc Graw-Hill, Mexico. 615pp.
  - Fallu, R. 1999. Abalone farming. Fishing new books. Osney Mead. Oxford England. 191 pp.
  - Fundación Chile. 1998. Manual técnico para la engorda del abalón rojo (*Haliotis rufescens*) en sistemas suspendidos en el mar. Proyecto FDI, CORFO 97-PD-10.
  - Hahn, K. 1989. Handbook of Culture of Abalone and other marine Gastropods. CRC Press Ed. 135-153 pp.
  - Hargreaves, A.; Butendieck N. & M. Hiriart 1986. Comparación de dos silos experimentales para investigación de ensilajes. Agricultura Técnica 46(2): 185-191 pp.
  - Hepburn, M. 1965. Variación estacional de la composición química de *Macrocystis pyrifera*. Centro de investigación de biología marina. Estación Puerto Deseado. Contribución científica N° 67-68.

- 
- Hiriart, M. 1998. Ensilados, Procesamiento y Calidad. Editorial Trillas. 98 pp.
  - Infante, R. & R. Neira, 2002. Diagnostico del sector acuícola en Chile. Programa de prospectiva tecnológica Chile 2010. Ministerio de economía. 15pp.
  - Pizarro, C. 2003. Evaluación de una técnica de ensilado para el alga *Macrocystis pyrifera* y observación de su consumo por parte de abalón rojo (*Haliotis rufescens*). Tesis de Grado. Universidad Católica de Temuco. 50 pp.
  - Ruiz, I. 1996. Praderas para Chile. Instituto de Investigación Agropecuaria INIA. Ministerio de Agricultura. 395-428 pp (734).
  - Saltarini, D. 2001. Evaluación técnica económica comparativa en 2 modelos de sistemas de cultivo para abalón japonés *Haliotis discus hannai*. Tesis de grado. Universidad Católica de Temuco. 111 pp.
  - Salmonicultura. 2001. Situación del abalón en Chile. 3(24). P 49.

- 
- Shepherd, S.A. ,Tegner M. J. Guzman. 1989. Abalone of the world. The government of Mexico and Australia. London, La Paz: Fishing News Books, 602pp
  - Sokal, R. & F. Rohlf, 1996. Biometría. Volumen 1. Ediciones H. Blume. Madrid. España. 403 pp.
  - Susuki, K., 2001. Estudio de la industria productora de semillas de abalón rojo (*Haliotis rufescens*) y japonés (*Haliotis discus hannai*). Un diagnóstico actual y potencial del abalón en Chile. Tesis de grado. Universidad Católica de Temuco. 126 pp.
  - Universidad Austral de Valdivia, 1987. Conservación de Forrajes. Facultad de Ciencias Agrarias. 440 pp.
  - Viana, T., 2002. Avances en la Nutrición, Fisiología Digestiva y Metabolismo del Abalón. Instituto de Investigaciones Oceanográficas, Universidad Autónoma de Baja California. México. 15 pp.
  - Von Stillfried, G. 2000. Evaluación de alimentos artificiales y parámetros fisiológicos para abalón rojo *Haliotis rufescens*. Tesis de grado. Universidad Austral de Chile. 55 pp.

- 
- Westermeier, R. & P.Chávez. 2003. Contenidos calóricos y energéticos de *Macrocystis pyrifera* (L.) (In press).

### **Paginas electrónicas**

- Bioplanet 2005. Revista. Biología para sus negocios. Mejoramiento del Pelillo. [Serie en línea] 2005 agosto-septiembre [visitado 2 de septiembre 2005]; 1 (1): [24 screens]. Disponible en URL: [http://www.bioplanet.net/magazine/bio\\_novdic\\_2002/bio\\_2002\\_novdic\\_proyecto.htm](http://www.bioplanet.net/magazine/bio_novdic_2002/bio_2002_novdic_proyecto.htm)
- Guía Marina 2005. Clasificación de Gracilaria. [Serie en línea] 2005 agosto-septiembre [visitado 2 de septiembre 2005]; 1 (1): [1 screens]. Disponible en URL: <http://www.guiamarina.com>
- Guía Referencia 2005. Clasificación de Abalones. [Serie en línea] 2005 agosto-septiembre [visitado 2 de septiembre 2005]; 1 (1): [5 screens]. Disponible en URL: [http://www-csgc.ucsd.edu/abalone\\_folder/ab\\_media\\_folder/abalone.pdf](http://www-csgc.ucsd.edu/abalone_folder/ab_media_folder/abalone.pdf)

- 
- Instituto Fomento Pesquero. Recursos de Acuicultura. [Serie en línea] 2005 agosto-septiembre [visitado 2 de septiembre 2005]; 1 (1): [1 screens]. Disponible en URL: <http://www.ifop.cl>
  
  - Salamanca, 2005. Museo Virtual Algas Rojas. [Serie en línea] 2005 agosto-septiembre [visitado 2 de septiembre 2005]; 1 (1): [5 screens]. Disponible en URL: <http://www.unp.edu.ar>
  
  - Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, 2005. Link estadísticas. [Serie en línea] 2005 agosto-septiembre [visitado 2 de septiembre 2005]; 1 (1): [1 screens]. Disponible en URL: <http://www.sernapesca.cl>

### **Comunicaciones Personales**

Augsburger, Alberto. Fundación Chile, Sede Puerto Montt. Teléfono: 65 350366.

E-mail: [aburger@entelchile.net](mailto:aburger@entelchile.net)

Mardones, Alfonso. Escuela de Acuicultura, Universidad Católica de Temuco, Temuco, Chile. Teléfono: 45 205512. E-mail: [mardolaz@uct.cl](mailto:mardolaz@uct.cl)

Toneatti, Marcelo. Escuela de Agronomía, Universidad Católica de Temuco, Temuco, Chile. Teléfono: 45 205523. E-mail: [atoneat@uct.cl](mailto:atoneat@uct.cl)