

Research Article

Desarrollo del ensilado del alga *Gracilaria chilensis* para la alimentación del abalón rojo *Haliotis rufescens*

Alfonso Mardones¹, Rodrigo Cordero¹, Alberto Augsburger² & Patricio De los Ríos-Escalante²

¹Escuela de Acuicultura, Facultad de Recursos Naturales, Universidad Católica de Temuco
P.O. Box 15-D, Temuco, Chile

²Escuela de Ciencias Ambientales, Facultad de Recursos Naturales
Universidad Católica de Temuco, P.O. Box 15-D, Temuco, Chile

Corresponding author: Alfonso Mardones (mardolaz@uct.cl)

RESUMEN. En Chile, el principal insumo usado como alimento para abalones son las algas *Gracilaria chilensis* y *Macrocystis pyrifera*. Estas algas experimentan una notable baja de disponibilidad en otoño e invierno, lo cual trae consigo un aumento considerable de los precios, al tener que depender del abastecimiento desde áreas cada vez más alejadas de los centros de cultivo de abalones y, eventualmente, generando impactos ecológicos indirectos en sus poblaciones. El objetivo fue elaborar y evaluar un ensilado del alga *G. chilensis* para la alimentación de abalón rojo (*Haliotis rufescens*), determinando la cantidad de lixiviados generados durante el proceso, el cambio en la composición proximal del alga, la preferencia y consumo del abalón rojo de ensilado de *G. chilensis*. Se logró un producto ensilado de buenas características físicas, químicas y de conservación, así como una buena aceptación por parte del abalón.

Palabras clave: *Gracilaria*, alga, *Haliotis*, abalón, ensilaje, acuicultura.

Development of algae *Gracilaria chilensis* silage for feeding red abalone *Haliotis rufescens*

ABSTRACT. In Chile, the main input used as food for abalone is seaweeds *Gracilaria chilensis* and *Macrocystis pyrifera*. These seaweeds undergo a remarkable low availability in autumn and winter, which entails a considerable increase in prices, having to depend on supplies from increasingly remote areas of abalone farms and eventually generating indirect ecological impacts in their populations. As a general objective it was proposed to develop and evaluate seaweed *G. chilensis* silage for feeding red abalone (*Haliotis rufescens*), determining the amount of leachate generated during the process, the change in proximate composition of the algae, preference and consumption of *G. chilensis* silage by red abalone. A silage product of good physical, chemical and conservation characteristics, and well accepted by the abalone, was achieved.

Keywords: *Gracilaria*, seaweed, *Haliotis*, abalone, silage, aquaculture.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, Chile cultiva en forma exitosa dos especie 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 (Susuki, 2001) y en el 2013, se convirtió en el tercer productor mundial con 943 ton (SERNAPESCA, 2014).

La problemática para el cultivo del abalón son sus fuentes de alimentación, ya que todo nuevo cultivo demanda una búsqueda de insumos baratos. En el caso del alimento, éste debe cumplir con las exigencias

mínimas, como buena calidad, poseer un fácil manejo, durabilidad, capacidad de almacenamiento y que cumpla con todos los requerimientos nutricionales de la especie de cultivo. Generalmente, la engorda es la fase más costosa de cultivo del abalón, los costos de partida son altos y es la etapa con el mayor tiempo de duración. Es importante para la reducción de los costos, lograr un rápido crecimiento y la clave para lograr esto son la temperatura y la alimentación (Fallu, 1991).

En el norte de Chile, se alimenta principalmente con *Lessonia* spp. y *Macrocystis integrifolia* y en menor cantidad de *Gracilaria* spp. y *Ulva* spp., mientras que en el sur de Chile, se alimenta con *G. chilensis* y

Macrocystis pyrifera (Mardones *et al.*, 2013). La forma de alimentar a los abalones consiste, para el caso de los cultivos en hatchery, en depositar el alga en los estanques. En los cultivos suspendidos, ésta es depositada dentro de los sistemas de confinamiento (tambores o jaulas), una o dos veces por semana, por lo que un determinado alimento debe mantener sus características microbiológicas en el agua (Pizarro, 2003).

El principal problema del alimento artificial es su alto costo, al igual que su duración en el agua, lo que dificulta las operaciones y el manejo en la alimentación (Von Stillfried, 2000). También es importante y decisivo el mayor precio que alcanza el abalón cuando es alimentado con dietas naturales, por ello las algas frescas siguen siendo el principal insumo alimenticio en los cultivos de abalón en el país (Pizarro, 2003). Fallu (1991) señala que cuando disminuye la disponibilidad de las algas más consumidas por los abalones, los productores utilizan otras algas disponibles, modificando los componentes nutritivos e incluso mejorando la dieta. En este sentido varios autores coinciden en la utilización alternativa de mezclas de varias especies de algas como: *Gracilaria* spp., *Porphyra* spp. y *Ulva* spp. (Hahn, 1989; Shepherd *et al.* 1998; Viana, 2002).

Los bosques de algas, se caracterizan por una marcada estacionalidad en su tasa de crecimiento, lo que se ve reflejado en la alta disponibilidad en algunas estaciones del año y escasa en otras. Como los requerimientos alimenticios de los animales son relativamente constantes a lo largo del año, es necesario suplir esta escasez de alimento, recolectando el insumo en las temporadas de alto crecimiento, para conservarlo por algún medio y entregarlo en la época de baja productividad (Pizarro, 2003). Por lo anterior, se optó por ensilar *G. chilensis*, mediante una metodología comúnmente usada en la agricultura tradicional y que permite la preservación y conservación de forrajes por un período de tiempo, hasta su utilización. De acuerdo a la experiencia del área agrícola, lo más indicado para la conservación de forrajes es la henificación o secado natural, si se cuenta con un clima adecuado y estable (M. Toneatti, *com. pers.*). La zona sur de Chile, no presenta las mejores condiciones climáticas para henificar, principalmente debido a la alta pluviosidad, optándose por la posibilidad del ensilaje. Buxadé (1995), definió al ensilado como un método para la conservación de forrajes (u otros alimentos), con elevado contenido de humedad, protegido del aire, luz y humedad exterior, con un mínimo de pérdida en materia seca y valor nutritivo, buena palatabilidad y sin productos tóxicos para los animales.

Las reacciones bioquímicas que se producen en la biomasa vegetal, dividen el proceso de ensilaje en tres

fases claramente definidas: 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 y convertidos en CO₂, 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; 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, 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 CO₂ (Hiriart, 1998). El descenso en el pH bajo 5, inhibe posteriormente el crecimiento de estas bacterias, esto señala el fin de esta fase que generalmente no dura más de 24 a 72 h. Luego sigue una fase de estabilización del proceso, que tiene un tiempo indefinido de preservación, siempre que conserve el medio anaeróbico. La fase final comienza cuando se abre el silo, es decir se estaría frente a la segunda etapa aeróbica del proceso, lo que es difícil de controlar, afectando la estabilidad y utilización posterior del ensilaje (Hiriart, 1998; Pizarro, 2003).

En la fase anaeróbica o de fermentación, actúan tres grupos de microorganismos: bacterias lácticas (*Lactobacillus casei*, *Streptococcus faecium*), bacterias del género *Clostridium* y levaduras, que compiten 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; Pizarro, 2003). El proceso de fermentación en el ensilaje de pradera, en general, está dado por tres puntos críticos: cantidad de carbohidratos solubles en el forraje; porcentaje de materia seca del forraje y 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 (Pizarro, 2003).

Aplicar un pre-secado o pre-marchito o secado parcial 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). El pre-secado previene la generación abundante de

lixiviados, los que se relacionan con importantes pérdidas nutritivas del forraje, principalmente sustancias nitrogenadas, ácidos orgánicos, minerales y carbohidratos solubles (Alomar *et al.*, 1993).

Se han diseñado silos experimentales, de volumen reducido, que permiten controlar los factores que intervienen en el proceso de ensilado (Alomar *et al.*, 1991). 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 (Hargreaves *et al.*, 1986; Pizarro, 2003). El modelo de silo utilizado en este estudio está basado en las características antes mencionadas.

Hahn (1989) se refiere al uso de las algas en los cultivos en Australia y USA. 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 comen 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.). El mismo autor, señala que los abalones de Nueva Zelanda (*Haliotis iris* y *H. australis*), prefieren las siguientes algas: *Gracilaria* spp., *Glossophora* spp., *M. pyrifera*, *Lessonia variegata*, *Champia* spp., *Ulva lactuca* y *Pterocladia* spp.

La posibilidad de elaborar un ensilado con *G. chilensis*, sobre la base de 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 artificiales para *H. rufescens*, y sobre todo, que sea un suplemento de los alimentos que comúnmente se les administra en los meses donde baja la disponibilidad de algas frescas.

El desarrollo experimental de este estudio, consistió en dos etapas, la primera fue hacer un producto ensilado de *G. chilensis*, determinando su composición proximal, y la segunda etapa consistió en evaluar la aceptabilidad, consumo y preferencia de este ensilado por parte de *H. rufescens*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación constó de dos etapas, la primera realizada en la Escuela de Acuicultura de la Universidad Católica de Temuco, entre septiembre y diciembre 2003, allí se realizó el pre-secado, ensilado del alga *Gracilaria chilensis* proveniente de Chiloé y los análisis de laboratorios, para la caracterización

proximal de alga fresca y de alga ensilada. La segunda etapa, se realizó en la estación experimental Quillaipe de Fundación Chile, en enero 2004, donde se empleó el mejor ensilado en función al mayor porcentaje de proteína, olor, consistencia, textura y mantención, para suministrárselo a un grupo de 152 abalones.

Etapas 1: Preparación del silo y ensilado

El modelo de silo utilizado, 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 praderas (Pizarro, 2003). El silo fue construido con tubos de PVC de 16 cm de diámetro por 75 cm de altura (Fig. 1). En los extremos se usaron tapas de PVC, siendo la tapa superior removible y la inferior sellada con pegamento de PVC.

En el tubo de PVC, se adhirió exteriormente una cánula para la evacuación de lixiviados (Alomar *et al.*, 1993). Dentro del silo, se colocaron piedras de 1 cm de diámetro aproximadamente, dispuestas sobre los orificios para el drenaje, evitando que el alga obstaculizara la salida de los líquidos. Las piedras fueron desinfectadas con cloro diluido al 10%. Se instaló una manga plástica estéril de 1 m de alto, 20 cm de diámetro y 0,25 mm de espesor, para revestir las paredes al interior del silo. Sobre las algas se colocó un disco de madera de 1½ pulgadas de grosor, del mismo diámetro del tubo de PVC, para homogenizar el peso aplicado sobre el ensilado, ayudando también en la función de sellado. Se colocaron bolones de 4 kg para apretar el ensilado, desinfectados con cloro al 10% y puestos sobre el disco de madera; posteriormente, el silo fue sellado con silicona. Se fabricaron nueve silos y una vez sellados, se instalaron en un mesón de soporte de madera.

Pre-marchito o pre-secado

Para secar el alga, se extendió en suelo de cemento bajo techo, dispuesta en un lugar donde circulara bastante corriente de aire, por un período de 3 y 6 días. Durante todo el período de secado se revolvían las algas, para que *G. chilensis* que estuviera en la parte inferior pasara a la parte superior y así poder deshidratar todas las algas.

Proceso de ensilado

Se ensilaron las algas de la siguiente forma: a) Grupo control (C): alga fresca con 15% materia seca; b) tratamiento 1 (T-1): con un secado de 3 días, 20% materia seca, y c) tratamiento 2 (T-2): con secado parcial de 6 días y 23% materia seca. Cada tratamiento tuvo tres réplicas. El proceso de ensilado, se realizó según las recomendaciones de Pizarro (2003), detalladas a continuación:

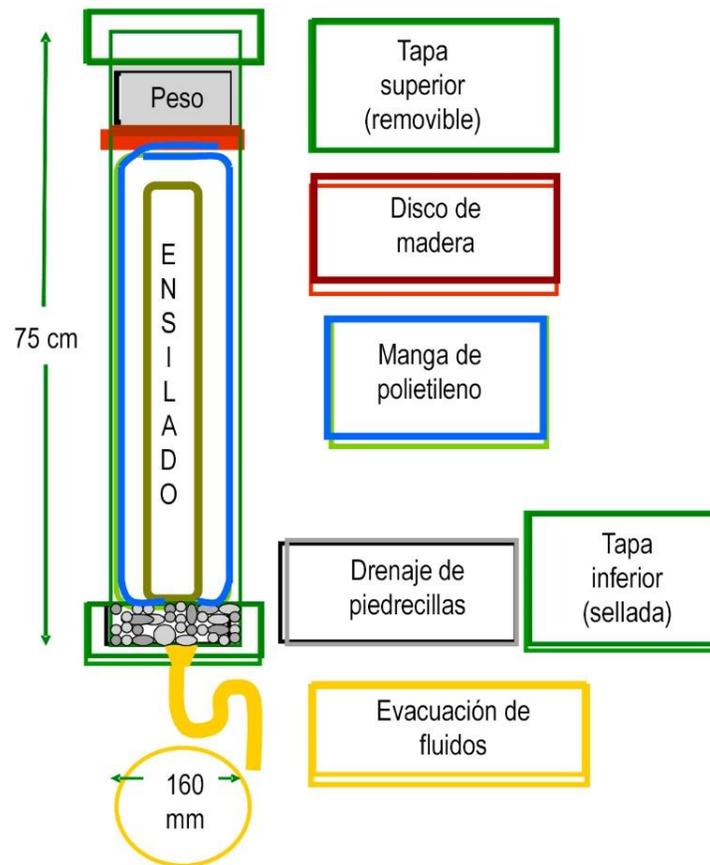


Figura 1. Silo de PVC y sus diferentes componentes.

1) Picado: se limpió el alga de epífitos y restos de basura, para luego picarla usando un machete y una tijera de cortar pasto, 2) llenado de los silos: el proceso se efectuó en 30 min por cada tratamiento, 3) compactación y sellado: se colocaron 6 kg de algas por silo, en capas, y se ejerció presión manual, repitiendo el proceso hasta que el silo se llenara, se dobló la manga plástica en pliegues y posteriormente se dispuso el disco de madera, al que se le aplicó presión manual, y luego se ejerció una mayor presión usando un tubo de PVC de 10 cm de diámetro y 1 m de largo; 4) una vez que el alga del silo estuvo compactada se puso el peso de 4 kg de bolones, se puso la tapa del silo y se selló con silicona, y 5) una vez que los silos se sellaron se mantuvieron durante 70 días hasta la estabilización del proceso.

Recolección de fluidos

Durante 15 días post-sellado de los silos, cada tres días se recolectaron y midieron los fluidos que lixiviaban, recogidos en una probeta de 500 mL, graduada cada 5 mL.

Apertura de silos y análisis proximal

Los silos fueron abiertos 70 días después de haber iniciado el proceso. Una muestra de cada silo fue puesta en una bolsa esterilizada y se envió al laboratorio para su análisis proximal. El producto ensilado que obtuvo los mejores porcentajes de proteína, apariencia, olor, forma y consistencia fue utilizado para las evaluaciones de consumo.

Etapa 2: Evaluación del consumo de ensilados de algas versus alga fresca

En un primer experimento se evaluó durante cinco días el consumo, de los abalones del ensilado de *G. chilensis* y de alga fresca (*Macrocystes pyrifera*). Se utilizaron seis jaulas de rejilla plástica con una malla de 1 cm², de 18 cm de ancho, 25 cm de alto y 27 cm de largo, con una abertura al centro de 19 cm de largo por 15 cm de ancho, para permitir la entrada de los abalones. Las jaulas se colocaron en un estanque circular 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 L min⁻¹ a una temperatura media del agua de 18°C.

Los abalones fueron sometidos a una etapa de ayuno durante una semana. Se comparó el consumo realizado por 10 abalones encerrados en de cada jaula con 400 g de alimento ensilado y 400 g de alga fresca que se reponían diariamente, con tres réplicas, entre el control y el tratamiento T-1, durante cinco noches por un período de 12 h, luego se calculó la diferencia porcentual del alimento residual *versus* el suministrado, utilizando una balanza analítica.

Una segunda experiencia consistió, en disponer en un estanque 152 abalones en su centro y 5 jaulas equidistantes del centro, cada una con 400 g de ensilado de cuatro algas: *U. lactuca*, *M. pyrifera*, *Durvillaea antarctica* y *G. chilensis* y una con 400 g de *M. pyrifera* fresca. La experimentación tuvo una duración de cinco noches, con observaciones cada 3 h por un período de 12 h, de la cantidad de abalones que entraban o estaban comiendo en las jaulas y del porcentaje de la diferencia porcentual del alimento residual *versus* el suministrado.

Análisis estadístico

Los resultados del análisis proximal de los tres ensilados, se transformaron de valores porcentuales, mediante la función arco seno, donde $f(x) = \sin^{-1} \sqrt{(1-x)}$ (Sokal & Rohlf, 1996), para homogenizar los datos. Previa verificación del cumplimiento de los supuestos de normalidad, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para determinar la existencia de diferencias significativas entre las medias de los ensilados se aplicó el test de Tuckey con un 95% de confianza (Canavos, 2001). Para comparar los resultados de las dos experiencias de consumo entre el control y los tratamientos, se realizó un análisis de comparación de medias. 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.

RESULTADOS

Los silos de *Gracilaria chilensis* mantuvieron su hermeticidad, sin detectarse descomposición aeróbica en el alga ensilada, gracias al diseño y a los distintos materiales utilizados (manga de polietileno, disco de madera, etc.). Las piedras ayudaron de forma segura a drenar los líquidos lixiviados del material ensilado.

Los silos abiertos luego de 70 días después de sellados, presentaron las siguientes características:

Grupo control C: presentó un olor dulce-ácido suave; con una textura muy parecida al alga fresca, consistente, de buen aspecto y de color más oscuro. Este tratamiento sin pre-secado, generó más fluidos lixiviados, hasta el día 15 post-sellado.

Tratamiento 1: presentó la mejor apariencia en cuanto a textura, olor dulce-ácido suave y consistencia parecida al alga fresca, que no varió en todo el proceso.

Tratamiento 2: presentó un olor más fuerte, diferente al C y T-1, conservó la característica de olor ácido no tan dulce, el producto es más bien pastoso, poco consistente, se despedaza y desintegra fácilmente.

Los lixiviados del ensilaje fueron de color rojizo, con un tono violeta al inicio, para luego tornarse a color rojizo-ladrillo. Su consistencia en los primeros días fue líquida para luego transformarse en un producto más espeso. El Control generó la mayor cantidad de lixiviados, con un total de 1.648 mL, ya que para el tratamiento T-1, sólo comenzó a escurrir el fluido a partir del día 8 post-sellado, con un total acumulado en los 15 días de 646 mL. Para el T-2, sólo a partir del día 14 eliminó mucus, en cantidad de 25 mL. El lixiviado del Control registró un pH de 5,71 al día 3 y de 4,89 al día 15. Para el tratamiento T-1 el pH varió de 4,97 al día 9 y a 4,85 al día 15.

Análisis proximal

La composición proximal de los ensilados y las diferencias estadísticas encontradas ($P > 0,05$), se indican en la Tabla 1.

Las diferencias fueron significativas ($P > 0,05$), entre la materia seca del alga fresca con los tratamientos. La materia seca aumentó con el tiempo de secado del alga, alcanzando su mayor valor en el T-2 con 17,5% en base seca y su menor valor para el T-1 con 13,7%.

Las proteínas y fibras presentaron diferencias significativas ($P > 0,05$) entre el alga fresca y todos los tratamientos. El valor máximo de las proteínas correspondió al T-1 con 22,2% y un valor mínimo para el alga fresca de 20,0%. Para la fibra el alga fresca presentó un valor de 5,7% y el T-1 alcanzó a 7,9%, debido al porcentaje de humedad con que se inician los tratamientos de ensilajes. No se encontraron diferencias significativas ($P > 0,05$) entre el alga fresca y los tratamientos en el extracto etéreo, cenizas y extracto no nitrogenado.

Consumo de distintos ensilados *versus* *Macrocystis pyrifera* fresca

En la primera experiencia, al comparar el consumo del ensilado de *G. chilensis*, *versus* el consumo de *M. pyrifera* fresca, se observó un mayor consumo del ensilado por parte de los abalones, cuyos porcentajes de ingesta diario fueron de 33,5%, 28,8%, 18,3%, 38,8% y 52%, desde el día 1 hasta el día 5 (Fig. 2).

Tabla 1. Composición proximal de *Gracilaria chilensis* (% en base seca). Los valores corresponden a la media con la desviación estándar (n = 3 réplicas). MS: materia seca, PT: proteína, EE: extracto etéreo, FB: fibra, CT: cenizas totales, ENN: extracto no nitrogenado.

Composición proximal	Alga fresca	Control	Tratamiento 1	Tratamiento 2
MS	14,25 ± 0,0000	16,9567 ± 0,0016	13,6800 ± 0,005	17,4967 ± 0,0086
PT	19,97 ± 0,0023	21,2274 ± 0,0104	22,2243 ± 0,0085	20,1855 ± 0,0078
EE	0,32 ± 0,0006	0,5978 ± 0,0048	0,3277 ± 0,0049	0,7645 ± 0,0028
FB	5,65 ± 0,0008	7,8450 ± 0,0037	7,9369 ± 0,0052	6,9463 ± 0,0070
CT	27,47 ± 0,0044	33,7471 ± 0,0039	36,1447 ± 0,0128	36,2498 ± 0,0081
ENN	46,59 ± 0,0081	36,5950 ± 0,0103	33,3664 ± 0,0120	35,854 ± 0,0015

En la segunda experiencia, el mayor consumo fue de alga fresca *M. pyrifera* (32,2%), luego siguió el ensilado de *G. chilensis* (22,4%), ensilado de *U. lactuca* (17,1%), ensilado de *M. pyrifera* (13,1%) y finalmente, el ensilado de *D. antarctica* (5,3%) (Fig. 3).

DISCUSIÓN

Preparación del silo y ensilados

Si bien sólo se conoce una experiencia similar de ensilaje para algas, realizada con *Macrocystis pyrifera* (Pizarro, 2003), no se conocen experiencias similares para *Gracilaria chilensis*, los resultados señalan que es posible ensilarla. El mejor ensilado se obtuvo en el tratamiento T-1, con un pre-secado de hasta tres días, ya que fue el silo con mayor porcentaje de proteínas, consistencia, textura, olor y apariencia, con características muy parecidas al alga fresca. Los silos utilizados propuestos por Hargreaves *et al.* (1986) y Pizarro (2003), fueron adecuados por la facilidad de manejo y hermeticidad. 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.

Dentro del silo, los componentes como la manga plástica y el disco de madera funcionaron satisfactoriamente para aislar el alga del medio aeróbico; el disco de madera cumplió una función de soporte para el peso de los bolones, prensando y distribuyendo el peso homogéneamente sobre el alga, concordando con estudios del área agrícola que recomiendan una alta presión para lograr un producto de calidad (Hargreaves *et al.*, 1986; Alomar *et al.*, 1991).

El pH de los lixiviados de los ensilados fue disminuyendo tal como lo señalan Hiriart (1998) y Pizarro (2003); su color pardo-rojizo está dado por la existencia de biliproteínas, ficoeritrina y ficocianina, que contribuyen a enmascarar el color verde de la clorofila. La producción de estos fluidos ocurre

principalmente en los primeros días post-ensilado, similar al ensilaje de praderas (Hargreaves *et al.*, 1986; Ruiz, 1996; Aguila, 1997; Hiriart, 1998).

El proceso de ensilado de *G. chilensis* generó diferencias estadísticamente significativas ($P > 0,05$), entre los tratamientos respecto al extracto no nitrogenado, fibra, proteínas y cenizas totales, sin afectar al extracto etéreo, puesto que la concentración de lípidos son relativamente constantes a través del año (Viana, 2002; Westermeier *et al.*, 2012). A mayor tiempo de secado parcial la cantidad de materia seca, se incrementó significativamente ($P > 0,05$), tal como ocurre en los ensilados de praderas (Hargreaves *et al.*, 1986; Ruiz, 1996; Aguila, 1997; Hiriart, 1998; Pizarro, 2003).

Se observó una disminución del extracto no nitrogenado, con respecto al material fresco al tener una alta concentración de estos compuestos en las algas, podría ser una razón clave del buen resultado del ensilaje, ya que constituyen el sustrato nutricional del cual depende primordialmente la acción de la microflora fermentativa del material a ensilar (Hargreaves *et al.*, 1986; Ruiz, 1996; Aguila, 1997; Hiriart, 1998; Pizarro, 2003). La fibra demostró un leve aumento en los tratamientos de ensilados respecto del alga fresca, de casi 2%, siendo escasa la variación de ella entre los tratamientos.

Las cenizas totales al igual que las proteínas, mostraron un aumento durante el ensilaje, encontrándose diferencias significativas ($P > 0,05$) entre el alga fresca y los tratamientos, que alcanzó su mayor valor en el T-1(22,2%), aumentando un 2% respecto al alga fresca (20,0%), es una diferencia mínima cuando se piensa en la variación estacional que presenta el recurso en el estado natural (Pizarro, 2003).

La evaluación de la calidad de los ensilajes de praderas, se guían principalmente en la medición del nitrógeno amoniacal (N-NH₃), que es considerado un factor importante y clave (Ruiz, 1996; Aguila, 1997; Hiriart, 1998). Una mala fermentación puede producir una desaminación significativa, como liberación de NH₃,

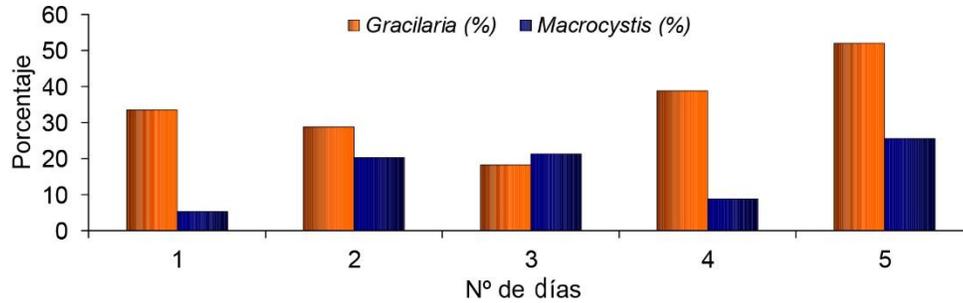


Figura 2. Consumo del ensilado de *Gracilaria chilensis* versus el alga fresca *Macrocyctis pyrifera*.

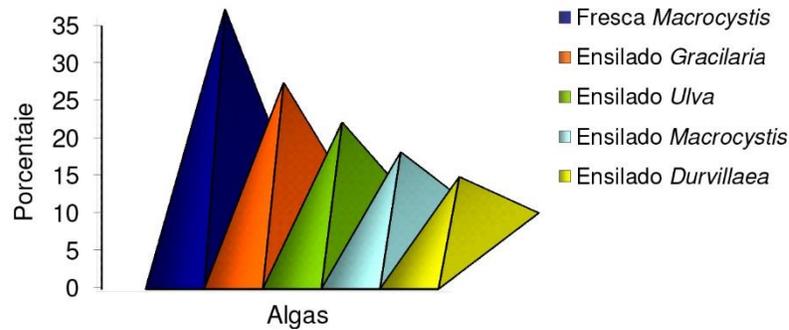


Figura 3. Consumo total de los abalones de los diferentes ensilados de algas.

generando pérdidas en el nitrógeno disponible para el animal y afectando directamente el consumo del ensilado (Pizarro, 2003).

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). En un estudio realizado para determinar los niveles máximos y mínimos de nutrientes, se estableció que *M. pyrifera* obtuvo su máximo nivel de proteína en otoño-invierno; de lípidos en primavera-otoño y de carbohidratos en primavera-verano (Westermeier *et al.*, 2012).

Evaluación del consumo de ensilados de algas versus alga fresca

Los abalones consumieron el ensilado de *G. chilensis* ingiriendo un 18% más que alga fresca *M. pyrifera* durante el período de esta prueba de consumo entre *G. chilensis* y *M. pyrifera*. Los tratamientos con que se alimentaron los abalones, correspondieron a los que obtuvieron características parecidas al alga fresca en cuanto a composición nutricional y estructura, siendo escogidos el control y T-1, el tratamiento T-2 fue descartado de acuerdo a su deficiente estado, con un aspecto de pasta, mala consistencia y desintegración en

el agua. El mayor consumo del ensilado del tratamiento (T-1) en relación al alga fresca, se debería a que una vez hidratado, este se disuelve en el agua, obteniéndose un mayor porcentaje de pérdida que el alga fresca. Además, los ensilados son llamativos organolépticamente para los abalones, que podría explicar también su mayor consumo, en comparación a la ingesta de alga fresca.

En la segunda experiencia sobre consumo, la preferencia principal fue por el alga fresca *M. pyrifera*, los abalones estaban acostumbrados a consumir dicha alga, al ofrecer un mix de algas como alimento, consumieron primero el alga habitual, consumiendo con posterioridad los ensilados de *G. chilensis*, *U. lactuca*, *M. pyrifera* y *D. antarctica*. La segunda preferencia por consumo fue para el ensilado de *G. chilensis*, el tercer lugar fue para el ensilado de *U. lactuca*, seguida de *M. pyrifera* y finalmente *D. antarctica*. En la tercera noche los abalones consumieron de todos los ensilados, por lo que es necesario un mayor análisis del comportamiento de esta especie, ya que es difícil determinar qué factores actúan como atractantes, como ejemplo: el aroma del ensilaje más fuerte, color más llamativo, sabor ácido-dulce, consistencia más dura o cercano a su alcance, etc.

Se recomienda estudiar el proceso bioquímico dentro de los silos, ya que en las algas marinas al

provenir de un hábitat distinto a los vegetales terrestres, el proceso fermentativo podría ser diferente, para ello es necesario conocer el comportamiento del pH, temperatura, ontogénesis enzimática, composición microbiológica y evolución real de los nutrientes.

CONCLUSIONES

Es factible ensilar el alga *Gracilaria chilensis*, así como otras algas marinas, logrando la mejor textura, consistencia y apariencia al aplicar un pre-secado de hasta tres días, alcanzando la estabilización del proceso de fermentación del ensilado después de 70 días.

Las diferenciaciones en la composición nutritiva de *G. chilensis*, después de ser ensilada son mínimas, por lo que se conservan sus propiedades nutritivas después de un período de conservación mediante el ensilado.

El abalón rojo *H. rufescens*, ante dos alimentos consumió ambos y en mayor cantidad el ensilado de *G. chilensis* por sobre el alga fresca *M. pyrifera*. Frente a cinco alimentos consumió de todos, pero la mayor cantidad fue de alga fresca, *M. pyrifera*, dejando al ensilado de *G. chilensis* como una segunda opción de consumo.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Universidad Católica de Temuco, a su Escuela de Acuicultura y a la Fundación Chile, en la persona de don Alberto Augsburg Bachmann, quienes aportaron sus instalaciones para el desarrollo de este trabajo. Se reconoce el gran aporte de mis ex-alumnos y actuales colegas: Rodrigo Pavéz Moreno, Cristián Pizarro Tonioni y Rodrigo Cordero Canales, con quienes hicimos este estudio y preparamos esta publicación.

REFERENCIAS

- Alomar, D., L. Latrille, A. Ferrando, R. Anrique, O. Balocchi & R. Fuchslocher. 1991. Un modelo de silo experimental. *Agro Sur*, 19(2): 140-142.
- Alomar, D., L. Latrille, A. Ferrando, R. Anrique, O. Balocchi, R. Fuchslocher & A. Quezada. 1993. Efecto de adicionar heno, coqueta 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, Santiago, pp. 117-129.
- Buxade, C. (Coord.). 1995. Zootecnia, bases de producción animal. Tomo III, Alimentos y racionamiento. Editorial Mundi-Prensa, México D.F., 207 pp.
- Canavos, G. 2001. Probabilidad estadística. Aplicaciones y métodos. Editorial Mc Graw-Hill, México, 615 pp.
- Fallu, R. 1991. Abalone farming. Fishing News Books, Osney Mead, Oxford, 191 pp.
- Hahn, K. 1989. Handbook of culture of abalone and other marine gastropods. CRC Press, Florida, pp. 135-153.
- Hargreaves, A., N. Butendieck & M. Hiriart. 1986. Comparación de dos silos experimentales para investigación de ensilajes. *Agricult. Téc.*, 46(2): 185-191.
- Hiriart, M. 1998. Ensilados, procesamiento y calidad. Editorial Trillas, México D.F., 98 pp.
- Mardones, A., A. Augsburg, R. Vega & P. de Los Ríos-Escalante. 2013. Growth rates of *Haliotis rufescens* and *Haliotis discus hannai* in tank culture systems in southern Chile (41.5°S). *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 41(5): 959-967.
- 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 Licenciatura en Ciencias de la Acuicultura, Universidad Católica de Temuco, Temuco, 50 pp.
- Ruiz, I. 1996. Praderas para Chile. Instituto de Investigación Agropecuaria INIA, Ministerio de Agricultura, pp. 395-428.
- Saltarini, D. 2001. Evaluación técnica económica comparativa en 2 modelos de sistemas de cultivo para abalón japonés *Haliotis discus hannai*. Tesis de Licenciatura en Ciencias de la Acuicultura, Universidad Católica de Temuco, Temuco, 111 pp.
- Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA). 2014. Anuario Estadístico de Pesca. Ministerio de Economía de Chile. [<http://www.sernapesca.cl>]. Revisado: 6 Enero 2014.
- Shepherd, S.A., J.R. Turrubiates-Morales & K. Hall. 1998. Decline in the abalone fishery at La Natividad, Mexico: overfishing or climate change? *J. Shellfish Res.*, 17: 839-846.
- Sokal, R. & F. Rohlf. 1996. Biometría. Ediciones H. Blume, Madrid, 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 Licenciatura en Ciencias de la Acuicultura, Universidad Católica de Temuco, Temuco, 126 pp.
- Viana, T. 2002. Avances en la nutrición, fisiología digestiva y metabolismo del abalón. Instituto de Investigaciones Oceanográficas, Universidad Autónoma de Baja California, 15 pp.
- Von Stillfried, G. 2000. Evaluación de alimentos artificiales y parámetros fisiológicos para abalón rojo *Haliotis rufescens*. Tesis de Grado de Biología Marina, Universidad Austral de Chile, Valdivia, 55 pp.

Westermeier, R., P. Murúa, D.J. Patiño, L. Muñoz, A. Ruiz & D.G. Muller. 2012. Chemical composition and energy content in natural and genetically defined cultivars of *Macrocystis* from Chile. *J. Appl. Phycol.*, 25: 639-642.

Received: 20 May 2013; Accepted: 16 November 2014