

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL ALIMENTO ELABORADO
CON ENSILAJES DE PESCADO CRUDO Y COCIDO,
PARA ABULONES JUVENILES DE *Haliotis fulgens***

**DETERMINATION OF THE QUALITY OF FOOD ELABORATED FROM
UNHEATED AND HEATED FISH SILAGES FOR
ABALONE JUVENILES OF *Haliotis fulgens*.**

Lus M. López¹
María Teresa Viana ²•

¹Facultad de Ciencias Marinas
Universidad Autónoma de Baja California
Apartado postal 453
22800 Ensenada, BC
México

²Instituto de Investigaciones Oceanológicas
Universidad Autónoma de Baja California
Apartado postal 453
22800 Ensenada, BC
México

Recibido en septiembre de 1994; aceptado en marzo de 1995

RESUMEN

Como parámetro para estimar la calidad de dos dietas balanceadas para abulón, se estudiaron aspectos de lixiviado de proteína soluble, estabilidad en el agua, consumo y eficiencia alimenticia. Las dietas fueron utilizadas para alimentar abulones juveniles de *Haliotis fulgens*, y se elaboraron con ensilaje de pescado crudo y cocido (mayor y menor grado de hidrólisis, respectivamente). El ensilaje de pescado crudo como fuente de proteína dio por resultado un alimento más estable, pero también un mayor lixiviado de proteína soluble comparado con el ensilaje de pescado cocido. No se detectaron diferencias significativas entre tratamientos ($P > 0.05$), y se obtuvo la máxima eficiencia alimenticia, de 1:1.6, con ensilaje crudo, seguida por 1:1.1, con ensilaje cocido.

Palabras clave: abulón, nutrición, lavado de nutrientes, alimento, calidad.

ABSTRACT

The quality of two artificial diets for the abalone *Haliotis fulgens* were evaluated through protein leaching, stability analysis, consumption and feed conversion efficiency. The two diets were elaborated from unheated and heated fish silage (greater and lesser grade of hydrolysis, respectively). The results suggested that unheated silage was more stable, but it showed more protein leaching due to its higher water soluble protein. No significant differences were found ($P > 0.05$) between both treatments. Maximum efficiencies of 1:1.6 and 1:1.1 were obtained for both the unheated and heated silage, respectively.

Key words: abalone, nutrition, leaching, food, quality.

• Correspondencia a María Teresa Viana. / Correspondence to María Teresa Viana.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de alimentos balanceados para abulones se debe encauzar a obtener los niveles necesarios de proteínas, lípidos, vitaminas, carbohidratos y otros nutrientes necesarios para su óptimo crecimiento. El éxito económico del cultivo en estanques depende en gran parte de obtener mejores tasas de crecimiento, eficiencia del alimento y una fuente segura de éste (Hahn, 1989; Gorfine y King, 1991; Uki y Watanabe, 1992).

Para que un alimento balanceado sea de buena calidad debe contener todos los requerimientos nutricionales del organismo, particularmente un buen balance de aminoácidos, además de características físicas adecuadas para los hábitos alimenticios de la especie a la que va dirigido (Farmanfarmaian *et al.*, 1982). El abulón se alimenta lentamente, por tanto requiere que el alimento permanezca estable durante varias horas (Hahn, 1989). El alimento debe conservarse consistente, de manera que no se desintegre en el agua, para evitar la pérdida de materia seca y micronutrientes (Tacon, 1989).

Hasta la fecha, se sabe con claridad que un alimento balanceado proporciona mejores tasas de crecimiento que un alimento natural (macroalga) en abulones cultivados. Sin embargo, hay que evitar que los minerales, vitaminas y aminoácidos sean lavados del alimento antes de ser ingeridos (Viana *et al.*, 1993a), lo que origina eficiencias alimenticias menores que las esperadas.

En el presente trabajo se trató de obtener una relación entre lixiviado de nutrientes, estabilidad del alimento, consumo y eficiencia alimenticia, para determinar la calidad del alimento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Condiciones experimentales

Abulones de seis meses de edad (*Haliotis fulgens* de 13.0 a 22.9 mm y 23 a 103 mg) obtenidos del Laboratorio de la Cooperativa de Bahía Tortugas, BCS, fueron acondicionados en

INTRODUCTION

The development of artificial diets for abalone should focus on obtaining the necessary levels of proteins, lipids, vitamins, carbohydrates and other nutrients necessary for their optimum growth. The economic success of a tank culture depends, in large part, on obtaining better growth rates, feed conversion efficiency and a constant supply of food (Hahn, 1989; Gorfine and King, 1991; Uki and Watanabe, 1992).

In order for an artificial diet to be of good quality, it should contain all the nutritional requirements of the organism, particularly a good balance of amino acids. The physical characteristics of the food should also be adequate for the feeding habits of the species for which it is intended (Farmanfarmaian *et al.*, 1982). Abalone feed slowly, and thus require a food that remains stable for many hours (Hahn, 1989). The food must remain constant in such a manner that it does not disintegrate in the water and thus avoid the loss of dry matter and micronutrients (Tacon, 1989).

To date, it is a well known fact that an artificial diet provides better growth rates than a natural one (macroalga) in abalone cultures. However, the leaching of minerals, vitamins and amino acids from the food before it is ingested must be avoided (Viana *et al.*, 1993a) since this causes feed conversion efficiencies inferior to those desired.

The present study dealt with obtaining a relationship between nutrient leaching, food stability, consumption and feed conversion efficiency in order to determine the quality of the food.

MATERIALS AND METHODS

Experimental conditions

Six-month-old abalone (*Haliotis fulgens*, 13.0 to 22.9 mm and 23 to 103 mg), obtained from the Coop Laboratory in Bahía Tortugas, BCS, were conditioned in the experimental laboratory at the *Instituto de Investigaciones*

el laboratorio experimental del Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la Universidad Autónoma de Baja California, con un flujo de aire y agua de mar constantes, a razón de 300 ml/min. Se midieron temperatura, pH, oxígeno y contenido de amonio en el agua. El periodo de alimentación se inició después de 21 días de aclimatación a las condiciones del laboratorio. Durante este periodo, se ofreció a los abulones alga fresca (*Macrocystis pyrifera*), como alimento. El efecto de las dietas de ensilaje de pescado crudo y cocido fue probado en cubetas plásticas de color oscuro de 20 l de capacidad con 32 organismos marcados individualmente. Las dietas se suministraron *ad libitum*, diariamente, durante la noche (12 h) desde enero hasta julio de 1993 y se recogió el alimento remanente. El experimento se inició con temperaturas de 14°C y finalizó con 25°C. El peso corporal fue medido con una balanza electrónica (0.001 g de error) y la longitud de la concha con un vernier electrónico digital (0.01 µm), cada cuatro semanas, durante los seis meses que duró el estudio. Los resultados fueron evaluados con un análisis de varianza de dos vías sin repeticiones (ANVA) Rohlf (1987).

Lixiviación de proteína soluble

La proteína lixiviada fue estimada como la pérdida de proteína soluble en agua, en diferentes tiempos y temperaturas, utilizando el método de Lowry *et al.* (1951). La proteína fue reportada como miligramos equivalentes de suero de albúmina de bovino (BSA) por gramo de alimento. El análisis consistió en colocar alimento con un peso conocido en 30 ml de agua de mar, tomando una alicuota después de 2 y 12 h a 16, 20 y 24°C, para determinar la proteína disuelta.

Estabilidad del alimento

Estabilidad se define como la pérdida de materia seca en el agua. Esta evaluación se realizó *in situ* durante todo el estudio, mediante la utilización de cubetas sin abulones en condiciones semejantes a las de los organismos. Después de 12 h de permanencia en el agua, el

Oceanológicas of the *Universidad Autónoma de Baja California* with constant air and sea-water flows at a rate of 300 ml/min. Temperature, pH, oxygen and ammonium content in the water were measured. The feeding period began after 21 days of acclimation to the laboratory conditions. During this period, the abalone were offered fresh algae (*Macrocystis pyrifera*) as food. The effect of the unheated and heated fish silage diets was tested in 20 l dark-colored plastic buckets containing 32 individually marked organisms. From January to July 1993, the diets were administered daily *ad libitum* at night (12 h) and the leftover food was collected. The experiment began at a temperature of 14°C and ended at 25°C. Corporal weight was measured with an electronic scale (0.001 g of error) and the length of the shell with a digital electronic vernier (0.01 µm) every four weeks during the six-month study period. The results were evaluated with a two-way variance analysis without replications (ANOVA) (Rohlf, 1987).

Soluble protein leaching

The leached protein was estimated as the soluble protein lost in water at different times and temperatures, using the method of Lowry *et al.* (1951). The protein was reported as milligram equivalents of bovine serum albumin (BSA) per gram of food. The analysis consisted of placing food with a known weight in 30 ml of seawater and removing one aliquot after 2 and 12 h at 16, 20 and 24°C in order to determine the dissolved protein.

Food stability

Stability is defined as the amount of dry matter lost in water. This evaluation was conducted *in situ* during the entire study, using buckets that did not contain abalone, but under conditions similar to those that did. The food was collected after having remained 12 h in the water in order to determine the percentage of dry matter lost in constant dry weight. For this, the samples were dried at 100°C for 24 h (Clausen, 1988).

alimento fue recogido para determinar el porcentaje de pérdida de materia seca en peso seco constante. Para esto, las muestras fueron secadas a 100°C durante 24 h (Clausen, 1988).

Consumo

El consumo se estimó como la diferencia del peso seco constante entre el alimento ofrecido y el recolectado menos la pérdida de peso, después de permanecer 12 h en las cubetas experimentales. La cantidad de dieta suministrada fue de 1 g de alimento húmedo por cada organismo con un peso de 123 mg aproximadamente (al inicio del experimento).

La cantidad de alimento consumido $F(g)$ se calculó con la siguiente ecuación:

$$F = (GS/100) - R$$

donde G es dieta suministrada (en gramos); S , porcentaje de la dieta recuperada (obtenida de los controles sin abulones); y R , dieta remanente (en gramos), después de que los abulones se alimentaron.

Todo fue calculado en peso seco, con base en lo recomendado por Uki y Watanabe (1992).

Eficiencia de conversión alimenticia

Se calculó de la siguiente manera:

$$ECA = W/F$$

donde W es gramo de peso corporal ganado y F , gramos de alimento consumido. Con base en las recomendaciones de Uki y Watanabe (1992).

Dietas experimentales

El ensilaje se hizo a partir de macarela cruda y cocida, según se describe en Viana *et al.* (en prensa), adicionando 2.6% de ácido fosfórico, 2.6% de ácido cítrico y 0.1% de benzoato de sodio como conservador. El ensilaje hecho a base de macarela cruda ha mostrado tener un 20% más de hidrólisis que el de macarela cocida (Viana *et al.*, 1993b). La mezcla fue homogeneizada y guardada durante 60 días en

Consumption

Consumption was estimated as the difference in constant dry weight between the food offered and collected, minus the weight loss after having been in the experimental buckets for 12 h. The amount of food given was 1 g of wet food for each organism, with an approximate weight of 123 mg (at the beginning of the experiment).

The amount of food consumed $F(g)$ was calculated with the following equation:

$$F = (GS/100) - R$$

where G is the food offered (in grams); S , the percentage of food recovered (obtained from the controls without abalone); and R , the remnant food (in grams) after the abalone were fed.

Everything was calculated in dry weight, based on that recommended by Uki and Watanabe (1992).

Feed conversion efficiency

This was calculated in the following manner:

$$FCE = W/F$$

where W are grams of corporal weight gained and F , grams of food consumed. The recommendations of Uki and Watanabe (1992) were used.

Experimental diets

The silage was made from unheated and heated mackerel according to that described in Viana *et al.* (in press), adding 2.6% phosphoric acid, 2.6% citric acid and 0.1% sodium benzoate as a preservative. The silage made from unheated mackerel has shown to have 20% more hydrolysis than the heated mackerel (Viana *et al.*, 1993b). The mixture was homogenized and kept for 60 days in plastic buckets. The formulation of the diets (table 1) was based on that recommended by Uki *et al.* (1985) and Uki and Watanabe (1992). The vitamin and

Tabla 1. Composición química de las dietas balanceadas hechas a base de ensilaje de macarela cruda y cocida.

Table 1. Chemical composition of the artificial diets made from unheated and heated mackerel silage.

Ingredientes	Ensilajes de macarela	
	Cruda	Cocida
Ensilaje ¹	31.8	31.8
Harina de soya ²	5.0	5.0
Harina de maíz ³	15.0	15.0
Almidón de arroz	10.0	10.0
Harina de macroalgas ⁴	10.0	10.0
Alginato de sodio ⁵	10.0	10.0
Gelatina (50 blooms)	6.0	6.0
Mezcla de vitaminas ⁶	2.0	2.0
Mezcla de minerales ⁶	5.0	5.0
Celulosa (alphacel)	5.0	5.0
Metionina	0.2	0.2

¹De macarela (proporcionada por Tecmar, S.A.) cruda y cocida, preparada mediante la adición de 2.6% de ácido fórmico y 2.6% de ácido cítrico (Viana *et al.*, en prensa), cantidad dada en peso seco.

²Proporcionada por la Asociación Americana de la Soya; contiene 50% de proteína.

³Maseca, producida en México.

⁴Proporcionada por el CRIP (Centro Regional de Investigaciones Pesqueras, México)

⁵Kelgin MV, proporcionado por Kelco.

⁶Según lo recomendado por Hahn (1989), utilizando Stay-C de Roche.

cubetas de plástico. La formulación de las dietas (tabla 1) se basó en los constituyentes recomendados por Uki *et al.* (1985) y Uki y Watanabe (1992). Las mezclas de vitaminas y minerales se utilizaron según lo recomendado por Hahn (1989). Todos los ingredientes fueron mezclados con 22 a 27% de humedad (aparte de la humedad contenida en los ensilajes) hasta lograr una mezcla completamente homogénea. La mezcla fue extendida con un rodillo hasta obtener 2 mm de grosor y piezas de 2 x 2 cm, que se congelaron a -20°C hasta su utilización.

Análisis estadístico

A los datos de lixiviación de proteína soluble se les aplicó un análisis de distribución normal de Kolmogorov-Smirnow y la prueba de

mineral mixtures were used according to that recommended by Hahn (1989). All of the ingredients were mixed with 22 to 27% water (apart from the water contained in the silages) until a completely homogeneous mixture was attained. The mixture was flattened with a rolling pin until a thickness of 2 mm was obtained. This was cut into pieces measuring 2 x 2 cm, which were frozen at -20°C until use.

Statistical analysis

Kolmogorov-Smirnow's normal distribution analysis was applied to the data on leached soluble protein, as well as Bartlett's test of variance homogeneity (Sokal and Rohlf, 1981). A variance analysis was applied to all of the data that showed a normal distribution and variance

homogeneidad de varianzas de Bartlett (Sokal y Rohlf, 1981). Todos los datos que mostraron distribución normal y homogeneidad de varianza fueron sometidos a un análisis de varianza para comparar si existían diferencias significativas entre los componentes. Posteriormente, se le aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Student-Newman-Keuls, para comparar la medias entre cada uno de los tratamientos, con una $P < 0.05$. Se utilizaron los programas de computadora Biom (Sokal y Rohlf, 1981) y Sigma-Stat para el análisis estadístico.

Se realizó un análisis de regresión lineal, respecto al tiempo, para determinar la estabilidad del alimento, consumo y eficiencia alimenticia. Se utilizó el programa de computadora de Sigma-Stat para el análisis estadístico.

RESULTADOS

Para la lixiviación de proteína soluble se observó que, tanto a las 2 como a las 12 h, el tipo de ensilaje crudo o cocido y la temperatura (16, 20 y 24°C) afectan significativamente la pérdida de proteína. Mediante el análisis de comparaciones (Student-Newman-Keuls) de medias, se encontró que existen diferencias significativas entre ambos tratamientos ($P < 0.001$), y que los valores son mayores para el ensilaje crudo (tabla 2).

El porcentaje de pérdida, o sea estabilidad, en el tratamiento con ensilaje cocido mostró gran variabilidad durante los primeros cuatro meses (enero a abril) del experimento (fig. 1). Los valores máximos se presentaron en julio (30.8%) y los mínimos en abril (10.01%). Un comportamiento similar se observó en el tratamiento de ensilaje crudo, con valores máximos en julio (10.3%) y mínimos en marzo (0.68%).

Respecto al consumo de las dietas con ensilaje crudo y cocido, se observó que al inicio del experimento (primera mitad) fue alto y después del tercer mes disminuyó (fig. 2), con consumos máximos de 2.2 y 6.6 mg/día (para ensilaje crudo y cocido, respectivamente) en marzo.

La eficiencia alimenticia (fig. 3), durante los cuatro primeros meses fue similar para ambas dietas; sin embargo, a partir de mayo se re-

homogeneity in order to determine if significant differences existed between the components. Later, the test of multiple comparisons of Student-Newman-Keuls was applied to compare the means between each one of the treatments using $P < 0.05$. The computer program Biom (Sokal and Rohlf, 1981) was used and Sigma-Stat for the statistical analysis.

A linear regression analysis with respect to time was conducted in order to determine food stability, consumption and feed conversion efficiency. The computer program Sigma-Stat was used for the analysis.

RESULTS

It was observed in the soluble protein leaching at both the 2 and 12 h intervals, that the type of silage, unheated and heated, and temperature (16, 20 and 24°C) significantly affect the loss of protein. The comparative analysis of the means (Student-Newman-Keuls) showed that significant differences do exist between both treatments ($P < 0.001$), and that they are greater in the unheated silage (table 2).

The loss percentage, in other words stability, in the treatment using heated silage showed great variability during the first four months (January-April) of the experiment (fig. 1). The maximum values were presented in July (30.8%) and the minimums in April (10.01%). A similar behavior was observed in the treatment using unheated silage, with the highest values in July (10.3%) and minimums in March (0.68%).

It was observed that consumption of unheated and heated silage at the beginning of the experiment (first half) was high and decreased after the third month (fig. 2), with maximum consumptions of 2.2 and 6.6 mg/day (for unheated and heated silage, respectively) in March.

Feed conversion efficiency (fig. 3) during the first four months was similar in both diets; however, an increase was recorded in both treatments starting in May, with the highest values in July (1:1.6 and 1:1.1 for unheated and heated fish silage, respectively).

Tabla 2. Lixiviado de la proteína soluble (miligramos de proteína equivalentes a BSA por gramo de alimento) de los ensilajes de pescado crudo y cocido en dos tiempos y tres temperaturas.

Table 2. Soluble protein leaching (milligrams of protein equivalent to BSA per gram of food) of the unheated and heated fish silages at two intervals and three temperatures.

Tratamiento	Tiempo (horas)	Temperatura (°C)	\bar{X}^1	DE ²	Comparación de medias
Ensilaje crudo	2	16	47.0	0.97	
		20	58.4	1.12	24°C > 20°C > 160°C
		24	74.6	2.21	
	12	16	110.1	3.7	
		20	138.5	3.3	24°C > 20°C > 160°C
		24	147.8	0.2	
2	16	38.2	4.1		
	20	52.3	0.1	24°C > 20°C > 160°C	
	24	62.0	0.5		
Ensilaje cocido	12	16	97.4	0.1	
		20	107.5	0.4	24°C > 20°C > 160°C
		24	120.8	2.1	

¹ \bar{X} promedio.

²DE desviación estándar.

gistró un incremento en ambos tratamientos, con los valores más altos en julio (1:1.6 y 1:1.1 para el alimento de ensilaje de pescado crudo y cocido, respectivamente).

DISCUSIÓN

En el lixiviado de proteína a través del tiempo (2 y 12 h) y a diferentes temperaturas (16, 20 y 24°C), se observaron diferencias significativas para ambos tratamientos (tabla 2). Esto indica la importancia de que un alimento que va a estar sumergido en agua tenga estabilidad y sea sellado adecuadamente, para evitar que durante las primeras horas sufra un lavado de nutrientes que, consecuentemente, no estarán disponibles para los organismos.

DISCUSSION

Significant differences were observed in both treatments in the protein leaching through time (2 and 12 h) and at different temperatures (16, 20 and 24°C) (table 2). This indicates how important it is for a food that will be submerged in water to be stable and adequately sealed in order to avoid the leaching of nutrients during the first hours that, consequently, will not be available to the organisms.

The stability or loss percentage (fig. 1) was significantly different with respect to time in the experiment ($P < 0.001$). It tended to increase in both treatments, the smaller being in the food elaborated from unheated silage. The

La estabilidad o porcentaje de pérdida (fig. 1) fue significativamente diferente respecto al tiempo de experimentación ($P < 0.001$) y tendió a aumentar en ambos tratamientos, siendo menor en el alimento elaborado con ensilaje crudo, a lo largo del periodo experimental. El incremento con el tiempo se debe probablemente al aumento de la temperatura en el verano, ya que es sabido que a altas temperaturas el alimento es menos estable y, por tanto, se desintegra en un periodo de tiempo menor. Generalmente, se considera que el lavado de nutrientes es un reflejo de la estabilidad (Tacon, 1989). Sin embargo, aquí puede asumirse que no ocurre, ya que el alimento crudo presentó un mayor lavado de proteína soluble (tabla 2) y fue el más estable (fig. 1).

Otro factor importante es el movimiento que presentan los abulones en la época de temperatura alta, lo que provoca una desintegración mayor de los comprimidos alimenticios. Esto se suma a que los abulones se alimentan durante toda la noche utilizando su rádula y raspando el alimento durante varias horas, lo que hace casi imposible la recuperación del alimento remanente.

En este caso, se sabe que el ensilaje crudo posee una cantidad mayor de proteína soluble que el ensilaje cocido (Viana *et al.*, 1993b) y que esto no es un reflejo de la estabilidad del alimento.

El consumo de alimento en ambos tratamientos tendió a cambiar significativamente con el tiempo ($P < 0.001$), con valores más altos durante los primeros meses y un pico máximo en marzo para ambos tratamientos (fig. 2). El comportamiento que se observó del consumo al paso del tiempo no se relaciona con el porcentaje de pérdida de nutrientes, ya que en la medida que uno aumentó, el otro disminuyó ($P < 0.001$). Un factor muy importante en la disminución del consumo a lo largo del experimento fue la eficiencia para recolectar el alimento remanente, la cual fue mejorando a lo largo del experimento.

Durante la segunda mitad del experimento, el consumo disminuyó (fig. 2) para ambos tratamientos, tendencia que se mantuvo hasta el final del experimento. Se esperaba que ocurriera

increase with time is probably due to the rise in temperature during the summer, since it is a known fact that food is less stable at high temperatures and thus disintegrates in a shorter period of time. It is generally considered that nutrient leaching is a reflection of stability (Tacon, 1989). However, it can be assumed that this does not occur here, since the unheated food presented a greater leaching of soluble protein (table 2) while being the most stable (fig. 1).

Another important factor is the manner in which abalone move during seasons of high temperatures, which causes a greater disintegration of the food pellets. Together with the fact that the abalone feed throughout the entire night using their radula to scrape the food for many hours, makes it almost impossible to recover leftover food.

In this case, it is known that unheated silage possesses a greater amount of soluble protein than the heated silage (Viana *et al.*, 1993b) and that this is not a reflection of the stability of the food.

Food consumption in both treatments tended to change significantly with time ($P < 0.001$), with higher values during the first months and a maximum peak in March for both treatments (fig. 2). The behavior observed in consumption as time progressed is not related to the loss percentage of nutrients, since as one increased, the other decreased ($P < 0.001$). A very important factor in the decrease in consumption throughout the experiment was the ability for collecting the food, which improved with time during the experiment.

Consumption decreased in both treatments during the second half of the experiment (fig. 2), a trend that maintained to the end of the experiment. The opposite was expected, since consumption should increase, within its tolerance range, as temperature increases, due to the energy exerted by abalone in the summer (Hahn, 1989). Leighton *et al.* (1981) report a maximum growth of *H. fulgens* at 28°C, a temperature even higher than that reported in the present study. This indicates that the maximum tolerance level for this species was not surpassed.

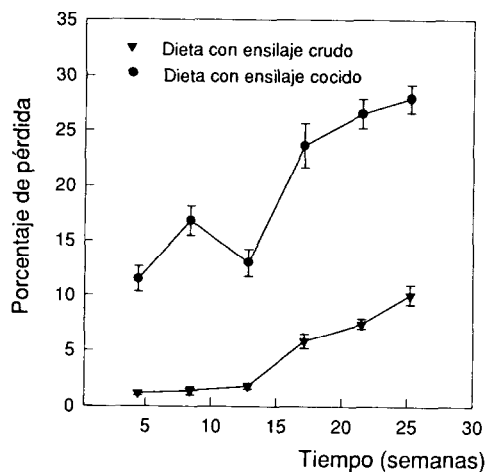


Figura 1. Porcentaje de pérdida de materia seca, promedio mensual de los alimentos elaborados con ensilaje de pescado crudo y cocido.

Figure 1. Percentage of dry matter lost, monthly average of the foods elaborated with unheated and heated fish silage.

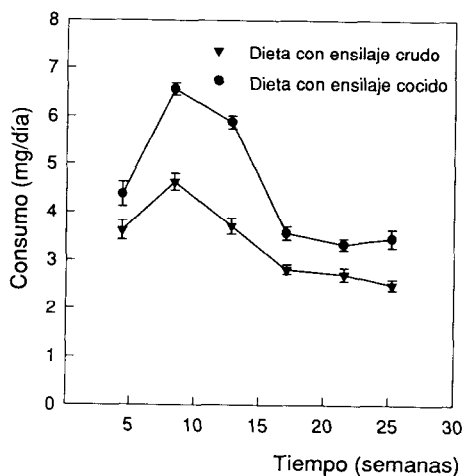


Figura 2. Consumo promedio (mg/día) de abulones alimentados con ensilajes de pescado crudo y cocido, durante 26 semanas.

Figure 2. Average consumption (mg/day) of abalone fed unheated and heated fish silage during 26 weeks.

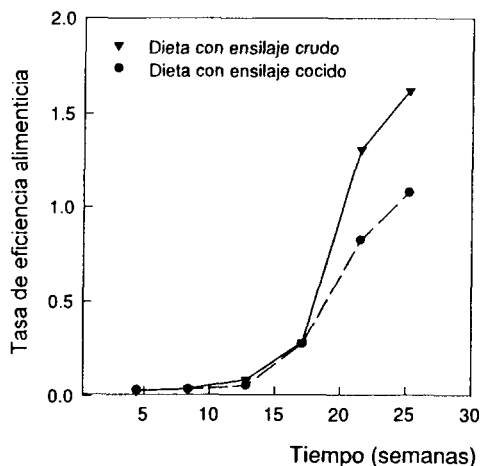


Figura 3. Tasa de eficiencia alimenticia de abulones alimentados con ensilaje de pescado crudo y cocido, durante 26 semanas.

Figure 3. Feed conversion efficiency rate of abalone fed unheated and heated fish silage during 26 weeks.

al contrario, ya que el consumo debe aumentar a medida que aumenta la temperatura, dentro de su rango de tolerancia, por el gasto de energía que presentan los abulones en verano (Hahn, 1989). Leighton *et al.* (1981) reportan un máximo de crecimiento de *H. fulgens* a 28°C, temperatura aún más alta que la reportada en el presente trabajo, lo que indica que no se rebasó el máximo de tolerancia para esta especie.

Si el consumo de alimento disminuye, podría esperarse que la tasa de crecimiento disminuyera, si el alimento ha dado igual aporte nutricional durante todo el periodo experimental. Sin embargo, esto no ocurrió, ya que se pudo observar inclusive un aumento en la tasa de crecimiento (longitud y peso) durante el transcurso del estudio (tabla 3). Esto se debió probablemente a una sobreestimación del consumo en la primera parte del experimento. Si se calcula el porcentaje de consumo en relación con el peso de los organismos, se obtiene que los abulones consumieron de 20 a 25% del peso total de su cuerpo. Esto no es posible, ya que se estima que el consumo de alimento balanceado en base seca es diariamente de 2 a 7% de su peso, en abulones (Hahn, 1989).

If food consumption decreases, it could be expected that the growth rate would decrease if the food supplied the same nutritional level throughout the entire study period. However, this did not occur since an increase in the growth rate (length and weight) was observed during the course of the study (table 3). This is probably due to an overestimation of consumption in the first part of the experiment. If the consumption percentage is calculated relative to the weight of the organisms, it is found that the abalone consumed from 20 to 25% of their total weight. This is not possible since the estimated daily consumption of dry base artificial diets is from 2 to 7% of their weight (Hahn, 1989).

The feed conversion efficiency towards the end of the experiment is considered to be more reliable in both treatments, since the estimated values of consumption in these periods are within the reported range (from 10 to 4% of their total body weight). The maximum efficiency obtained was 1:1.6 and 1:1.1, which shows that the food is of satisfactory quality (Tacon, 1989).

The difference in feed conversion efficiencies between the unheated and heated treat-

La eficiencia alimenticia hacia finales del experimento puede considerarse más real para ambos tratamientos, ya que los valores estimados para los consumos en dichos periodos son más confiables (de 10 a 4% del peso total de su cuerpo). La máxima eficiencia obtenida fue de 1:1.6 y 1:1.1, lo cual muestra que el alimento es de calidad satisfactoria (Tacon, 1989).

La diferencia de eficiencia alimenticia entre los tratamientos crudo y cocido está probablemente reflejada por la estabilidad del alimento y no por la calidad en sí de los nutrientes, ya que posiblemente fue el crudo el que presentó mayor pérdida por lixiviado de nutrientes. En otros trabajos con abulones, los experimentos son producto de tiempos cortos de alimentación (uno o dos meses), por lo que los resultados obtenidos son poco comparables o concluyentes (Uki *et al.*, 1985a, b; Uki *et al.*, 1986; Uki y Watanabe, 1992).

Las eficiencias alimenticias obtenidas en este trabajo no fueron constantes durante todo el experimento, ya que al inicio el consumo registrado fue alto. El medir cuánto come exactamente un abulón en un tiempo determinado mediante la recolección de los residuos, es difícil. Esto se debe tanto a que el mecanismo de alimentación del abulón provoca que los comprimidos del alimento se desintegren, lo cual, causa una sobreestimación del consumo, así como a deficiencias en la recolección de residuos. Por ello, se recomienda mejorar la técnica utilizada para medir el consumo y, con ello, la eficiencia.

En el presente trabajo, el alimento se ofreció *ad libitum* cada noche durante doce horas, a los organismos. Esto dio por resultado que los abulones, al estar buscando el alimento, lo desintegraran por erosión, rozándolo con sus conchas o trepándose sobre los comprimidos de alimento para rasparlos. Probablemente deba diseñarse un experimento en cubetas con comederos y con un fotoperiodo marcado, en el que se recoja el alimento en presencia de luz. Con esto, los abulones subirían a comer en el periodo de obscuridad y, posteriormente, regresarían a su guarida en presencia de luz, sin perturbar demasiado el alimento; así se obtendría un consumo más exacto. Medir el consumo de alimen-

to es probablemente reflejado en la estabilidad de la comida y no en la calidad de los nutrientes, ya que fue el alimento no calentado el que presentó una mayor pérdida por lixiviado de nutrientes. En otros estudios con abulones, los experimentos se realizaron con alimentaciones de corto plazo (de uno a dos meses), y por lo tanto los resultados obtenidos no son muy comparables o concluyentes (Uki *et al.*, 1985a, b; Uki *et al.*, 1986; Uki y Watanabe, 1992).

Las eficiencias alimenticias obtenidas en este estudio no fueron constantes durante todo el experimento, ya que al inicio el consumo registrado fue alto. Es difícil determinar a partir de los residuos la exacta cantidad de cuánto come un abulón en un tiempo. Esto se debe al mecanismo de alimentación del abulón que provoca la desintegración de los pellets, lo que, junto con deficiencias en la recolección de los residuos, causa una sobreestimación del consumo. Se recomienda que la técnica utilizada para medir el consumo y, con ello, la eficiencia.

En el presente estudio, se ofreció *ad libitum* el alimento a los organismos cada noche durante 12 h. Esto resultó en la desintegración de la comida por erosión causada por las conchas de los abulones al frotarse contra ella o al treparse sobre los pellets para rasparlos. Un experimento debería diseñarse que use cubetas con comederos y un marcado fotoperiodo, recolectando la comida durante el día. Aquí, los abulones salían a comer durante la noche y regresaban a su refugio durante el día sin perturbar demasiado la comida. De esta manera se obtendría un consumo más exacto. Es muy importante medir el consumo de una manera precisa, ya que esto disminuye los costos de producción, mejora la calidad nutricional y se obtiene información sobre los requerimientos nutricionales de la especie.

English translation by Jennifer Davis.

to en forma precisa es importante, ya que al hacerlo se disminuyen los costos de producción, se estima la calidad nutricional y se obtiene información sobre los requerimientos nutricionales de la especie.

REFERENCIAS

- Clausen, E. (1988). **Kurshefte i Biokjemi for Fiskerifagstudenter**. Norges Fiskerihøyskole. Tromsø, Norge, 45 pp.
- Farmanfarmaian, A., Lauterio, T. and Ibe, M. (1982). Improvement of the stability of commercial feed pellets for the giant shrimp (*Macrobrachium rosenbergii*). **Aquaculture**, 27: 29-41.
- Gorfine, H. and King, R. (1991). New food for abalone. **Austasia Aquaculture**, September/October, 5(11): 1-40.
- Hahn, K. (1989). Nutrition and growth of abalone. In: K. Hahn (ed.), **Handbook of Culture of Abalone and other Marine Gastropods**, CRC Press, Boca Rato, FL., pp. 135-180.
- Leighton, D.L., Byhower, M.J., Kelly, J.C., Hooker, G.N. and Morse, D.E. (1981). Acceleration of development and growth in young green abalone (*Haliotis fulgens*) using warmed affluent seawater. **J. World Maricul. Soc.**, 12(1): 170-180.
- Lowry, O.U., Rosebrough, N.J., Farr, A.L. and Randal, P.J. (1951). Protein measurement with the Folin Phenol reagent. **J. Biol. Chem.**, 193: 265-275.
- Sokal, R.R. and Rohlf, F.J. (1981). **Biometry**. 2nd Ed., W.H. Freeman and Co., San Francisco, CA, 859 pp.
- Tacon, A.G. (1989). **Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados**. Manual de capacitación. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO ed., Roma, Italia, pp. 288-300.
- Uki, N., Kemuyana, A. and Watanabe, T. (1985a). Development of semipurified test diets for abalone. **Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.**, 51(11): 1825-1833.
- Uki, N., Kemuyana, A. and Watanabe, T. (1985b). Nutritional evaluation of several protein sources in diets for abalone *Haliotis discus hannai*. **Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.**, 51(11): 1835-1839.
- Uki, N., Kemuyana, A. and Watanabe, T. (1986). Optimum protein level in diets for abalone. **Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.**, 52(6): 1005-1012.
- Uki, N. and Watanabe, T. (1992). Review of the nutritional requirements of abalone (*Haliotis* spp.) and development of more efficient artificial diets. In: S.A. Shepherd, M.J. Tegner and S.A. Guzmán del Proó (eds.), **Abalone of The World. Biology, Fisheries and Culture**. Fishing News Books, Oxford, pp 504-517.
- Viana, M.T., López, L.M. and Salas, A. (1993a). Diet development for juvenile abalone, *Haliotis fulgens*, evaluation of two artificial diets and macroalgae. **Aquaculture**, 117: 149-156.
- Viana, M.T., Nava, C. y Solana-Sansores, R. (1993b). Ensilajes ácidos de pescado. Efecto de precalentamiento y de la adición de ácidos fosfórico y cítrico sobre su calidad bioquímica. **Ciencias Marinas**, 19(4): 415-433.
- Viana, M.T., López, L.M., García-Esquivel, Z. and Méndez, E. The use of silage from fish and abalone viscera as an ingredient for abalone feed. **Aquaculture** (in press)