



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA
CALIFORNIA**

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS



Efecto en el crecimiento y supervivencia de juveniles de abulón rojo (*Haliotis rufescens*), alimentados con dietas balanceadas.



TESIS QUE PRESENTA

Emyr Saúl Peña Marín

PARA OBTENER EL GRADO DE OCEANOLOGO

Ensenada, Baja California, México. Junio 2007

Efecto en el crecimiento y supervivencia de juveniles de abulón rojo (*Haliotis rufescens*), alimentados con dietas balanceadas.

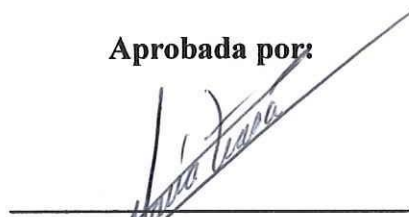
DEFENSA DE TESIS

QUE PRESENTA

Emyr Saúl Peña Marín

PARA OBTENER EL GRADO DE OCEANOLOGO

Aprobada por:

A handwritten signature in black ink, written over a horizontal line. The signature is slanted and appears to read 'Maria Teresa Viana Castrillón'.

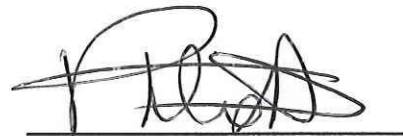
Presidente del jurado

Dra. Maria Teresa Viana Castrillón

A handwritten signature in black ink, written over a horizontal line. The signature is slanted and appears to read 'Juan Gabriel Correa Reyes'.

Sinodal

Dr. Juan Gabriel Correa Reyes

A handwritten signature in black ink, written over a horizontal line. The signature is slanted and appears to read 'Pedro Héctor Toledo Agüero'.

Sinodal

Dr. Pedro Héctor Toledo Agüero

Resumen

En el centro de cultivo AWABI de la Universidad Católica del Norte en Coquimbo, Chile, fueron evaluadas cuatro dietas balanceadas con harina de pescado como principal fuente proteica y la inclusión de 4 harinas de macroalgas (*Lessonia sp.*, *Macrocystis sp.*, *gracilaria sp.* y *Ulva sp.*) una para cada dieta. Las dietas fueron ofrecidas por triplicado a grupos de 60 juveniles de abulón rojo, *Haliotis rufescens*, durante un periodo de 240 días, utilizando una mezcla de macroalgas frescas como control. Para probar el efecto de las dietas se midió el crecimiento en longitud y peso, supervivencia, consumo de alimento, estabilidad de las dietas y eficiencia de conversión alimenticia.

Los resultados obtenidos en este experimento muestran que abulones alimentados con la mezcla de macroalga fresca presentaron mayor crecimiento en longitud y peso, mientras que no se observaron diferencias significativas entre las cuatro dietas balanceadas. El consumo de dietas fluctuó entre 0.62 % del peso corporal para la dieta balanceada con *Gracilaria sp.* y 0.39 % del peso corporal para la dieta con harina de *Ulva sp.*, la cual a su vez obtuvo la mejor eficiencia de conversión alimenticia con 52%.

Agradecimientos

A la Universidad Autónoma de Baja California, a la Facultad de Ciencias Marinas, al Instituto de Investigaciones Oceanológicas y a la Universidad Católica del Norte en Chile, por haberme facilitado las instalaciones para llevar a cabo mis estudios.

A mis padres Gilberto Peña y Acela Marín y hermanos Gilberto y Edgar por brindarme su apoyo y amor incondicional durante toda mi vida.

A mi directora de tesis Dra. Maria Teresa Viana C., por su paciencia y apoyo invertidos durante gran parte de mi carrera.

A mi sinodal Dr. J. Gabriel Correa R., por su apoyo y amistad otorgados dentro y fuera de laboratorio.

A mi sinodal Dr. Pedro Toledo A., por haberme otorgado la oportunidad de trabajar con él, por su paciencia y correcciones de este trabajo.

A las familias Peña, Schmidt y Lyon por su apoyo y presencia durante el periodo que duro mi carrera.

A mis amigos incondicionales que me han acompañado durante toda la carrera: Pablo Trucco, Eduardo Quijano, Luís Robles, Tihui Núñez, Napoleón Gudiño.

Al equipo de trabajo del laboratorio de nutrición de la UCN, muy especialmente a German Lira y Mauricio González por su apoyo y amistad otorgadas durante mi estancia en Chile.

INDICE GENERAL

I	INTRODUCCION	1
II	HIPOTESIS	10
III	OBJETIVO	10
	III 1.General	10
	III 2.Específico	10
IV	METODOLOGIA	
	IV 1. Preparación de Dietas	11
	IV 2. Procedimiento Experimental	12
	IV 3. Análisis Proximales	16
	IV 4. Procesamiento de Datos	16
V	RESULTADOS	17
VI	DISCUSION	22
VII	CONCLUSIONES	29
VIII	RECOMENDACIONES	30
IX	BIBLIOGRAFIA	31

INDICE DE FIGURAS

- Fig. 1. a) Canasto dividido en cuatro unidades experimentales.
b) Estanque rectangular con canastos experimentales. 13
- Fig. 2. a) Método de determinación del peso de la biomasa de cada unidad experimental. b) Método de medición de concha de juveniles de abulón rojos (*H. rufescens*). 13
- Fig. 3. a) Flujo abierto de agua de mar y aireación. b) Refugios de PVC y comedero de lámina de PVC. 14
- Fig. 4. Crecimiento en longitud de juveniles de *H. rufescens*, alimentados con cuatro dietas balanceadas y mezcla de macroalgas frescas durante 240 días de experimentación y cambio de temperatura a través del tiempo. 20
- Fig. 5. Figura 5.- Crecimiento en peso de juveniles de *H. rufescens* alimentados con cuatro dietas balanceadas y mezcla de macroalgas frescas durante 240 días de experimentación y cambio de temperatura a través del tiempo. 21

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Formulación de dietas para abulón rojo (<i>Haliotis rufescens</i>).	11
Tabla 2. Promedio y desviación estándar de la composición proximal de las cuatro dietas formuladas para juveniles de abulón rojo (<i>Haliotis rufescens</i>), donde L es la dieta con inclusión de harina de <i>Lessonia sp.</i> , M es la dieta con inclusión de harina de <i>Marcocystis sp.</i> , G es la dieta con inclusión de harina de <i>Gracilaria sp.</i> y U es la dieta con inclusión de harina de <i>Ulva sp.</i>	17
Tabla 3. Índices biológicos de juveniles de abulón rojo (<i>Haliotis rufescens</i>) alimentados con cuatro diferentes dietas formuladas y macroalga fresca, donde L es la dieta con inclusión de harina de <i>Lessonia sp.</i> , M es la dieta con inclusión de harina de <i>Marcocystis sp.</i> , G es la dieta con inclusión de harina de <i>Gracilaria sp.</i> y U es la dieta con inclusión de harina de <i>Ulva sp.</i>	18

I.- Introducción

Los abulones son gasterópodos marinos dentro del género *Haliotis*. De las 100 especies de *Haliotis* que se conocen alrededor del mundo, se reportan 14 con interés comercial. El género *Haliotis* se encuentra distribuido a lo largo de la costa en regiones templadas y tropicales, solo en la región de América del Sur y el Este de Norteamérica no se han reportado organismos de éste género (Hahn, 1989).

Haliotis rufescens, conocido como abulón rojo, es una especie originaria de las costas del Pacífico de América del Norte, desde Sunset Bay, Oregon (USA) hasta Bahía Tortugas, en Baja California (México). Se encuentra en sustratos rocosos, desde el nivel inferior de la marea hasta una profundidad (máxima registrada) de aproximadamente 180 metros, presentando su mayor concentración entre los 7 y 15 metros de profundidad (Viviani, 1981).

El cultivo de abulón en Chile se inició en 1979 a nivel experimental con la introducción a la IV Región (Coquimbo) del abulón rojo, por la Universidad Católica del Norte (Sede Coquimbo), a través de Fundación Chile y la Organización de las Naciones Unidas (OEA), (Viviani, 1981). En 1981, nuevamente, la Universidad Católica del Norte, en forma independiente, retoma la investigación, introduciendo el abulón japonés; *Haliotis discus hannai* y finalmente, Fundación Chile continuó con el cultivo de abulón rojo y la Universidad Católica del Norte con el desarrollo del cultivo del abulón japonés y el rojo (Viviani, 1981). Las distintas especies de abulón en el mundo se alimentan de

forma natural con algas marinas, tanto microalgas como macroalgas. En cultivo, el consumo de microalgas ocurre desde que las larvas se asienta sobre un sustrato cubierto con ellas, hasta que éstas postlarvas de 5-6 mm son transferidas a estanques de engorda para consumir macroalgas (Guzmán, 2003). Las principales macroalgas utilizadas para la alimentación de abulón en el norte de Chile son: *Lessonia spp*, *Macrocystis integrifolia* y en menor cantidad *Ulva spp*. y *Gracilaria spp*. (Guzmán, 2003).

Los juveniles de abulón se alimentan entre un 10% hasta un 30% de su peso corporal húmedo cada día (Hahn, 1989). Esta aparente alta tasa de alimentación se debe al gran contenido de agua (90%) y relativamente bajo contenido de proteína que el alga fresca posee. Por esta razón, el cultivo comercial de abulón, requiere una cantidad elevada de alga, lo que podría ser una limitante para el desarrollo del cultivo de abulón en Chile (Hahn, 1989; Corazani y Illanes, 1998) y a nivel mundial, donde existe una gran demanda de algas debido a los múltiples usos que presenta como; la extracción de agar, alginatos y carragenanos; como fertilizante; como combustible; y para su uso en cosmética (Marsham *et al.*, 2007), por lo que es muy importante el buscar nuevas fuentes de alimento para el cultivo de abulón.

La decisión que debe tomar un acuicultor entre utilizar macroalga o dietas balanceadas en granjas de cultivo, dependerá de una serie de variables, tales como el precio del alimento, la disponibilidad y el acceso a alga fresca, la composición química de las macroalgas (contenido de proteína y lípidos principalmente), la posible introducción de patógenos por ubicación cercana a otras granjas, la eficiencia de

conversión alimenticia (FCE), el costo operacional y almacenaje, la calidad de agua y la calidad final del abulón (Troell *et al.*, 2006).

El desarrollo de la industria de abulón a nivel mundial, al igual que cualquier otra especie acuícola o pecuaria, depende de la necesidad del constante suplemento de alimento (Troell *et al.*, 2006), ya que el crecimiento es un factor que depende de la alimentación. Actualmente uno de los problemas del cultivo de abulón es su lenta y variable tasa de crecimiento, lo que depende de factores tanto externos como internos, donde la alimentación es clave (Viana *et al.*, 1993), ya que la maximización del crecimiento es una componente importante para lograr una óptima producción comercial.

El interés por el cultivo de abulón a nivel mundial se ha desarrollado rápidamente, debido principalmente al declive de las pesquerías, con un natural aumento en el precio comercial, lo cual ha generado que este tipo de cultivos se desarrollen en muchos países (Troell *et al.*, 2006). Aunado a esto, en el cultivo de abulón, como lo observado en muchas otras empresas acuícolas, el alimento representa el mayor costo en componentes operacionales y el rendimiento depende del costo del alimento. Debido a esto, un entendimiento de los requerimientos nutricionales es importante para optimizar la entrega de nutrientes constante y a un precio que genere las ganancias esperadas al llegar a una talla comercial (Gómez-Montes *et al.*, 2003).

El desarrollo de alimentos balanceados para el cultivo de abulón se ha llevado a cabo en países como Japón, Sudáfrica, Nueva Zelanda, Australia y China ya por varios años donde es usado en un gran número de granjas. Sin embargo, en países como México, Chile, Estados Unidos, Tailandia, Corea y Canadá se ha desarrollado alimento balanceado pero sólo en investigación. A pesar de que hay muchos estudios sobre la elaboración de dietas balanceadas, aún existe información escasa sobre los requerimientos nutricionales del abulón (Britz, 1996; Fleming *et al.*, 1996; Gómez-Montes *et al.*, 2003; Viana, 2006 y Viana *et al.*, en prensa).

La ventaja de las dietas balanceadas sobre macroalga en cultivos, radica en que éstas pueden elaborarse con un mayor contenido de proteína y bajo contenido de agua, produciendo como resultado un alimento más concentrado, o mejor dicho, más adecuado a los requerimientos propios de un organismo dado, facilitando que la tasa de consumo sea más baja, variando entre 1.5% a 7% del peso húmedo de los abulones (Fallu, 1991; Gómez-Montes *et al.*, 2003), además de poder proporcionarlo durante todo el año, independientemente de las épocas de cosecha o mal tiempo que pudiera ser un factor que limite el suministro cotidiano de las macroalgas en un sistema de producción acuícola. Estas dietas son viables, siempre y cuando se respete la relación proteína energía (Gómez-Montes *et al.*, 2003), ya que se sabe que los abulones, al igual que muchas especies animales, consume alimento hasta cubrir sus requerimientos de energía, donde la cantidad de proteína disponible para crecimiento del tejido suave deberá estar cubierta. Es por esto, que al no estar bien balanceada la dieta pueda ser desperdiciada, o bien limitada, dando lugar ya sea a un desperdicio o a una limitación en el crecimiento,

respectivamente. Por lo anterior, resulta de vital importancia el asegurar que la proteína entregada sea de alta calidad antes que los niveles de inclusión sean determinados, debido a que una energía excesiva en la dieta puede generar un bajo consumo con su concomitante limitante de proteína (Fleming *et al.*, 1996).

Las dietas formuladas para abulón, son aparentemente similares en su composición proximal. Ellas contienen alto porcentaje de proteínas y carbohidratos y bajo contenido en lípidos y fibra (Fleming *et al.*, 1996).

El abulón al ser un organismos herbívoro, debe de tener la capacidad de degradar carbohidratos. Erasmus *et al.* (1997) mostró que las carbohidrasas son producidas tanto por el abulón como las bacterias que colonizan el tracto digestivo. Así mismo, Monje y Viana (1998), encontraron una alta actividad celulolítica en el contenido estomacal, sugiriendo la participación de enzimas provenientes de las bacterias. Dentro de las dietas formuladas para abulón se han probado cereales tales como harina de trigo, harina de maíz o subproductos, almidón de maíz o almidón de arroz con buenos resultados, donde el almidón juega un papel importante tanto en suministro de energía, como por su papel como agente enlazante o ligante en las dietas (Fleming *et al.*, 1996).

Los lípidos totales requeridos para abulón son reportados como bajos (Mai *et al.*, 1995; Durazo-Beltrán *et al.*, 2003; Britz y Hecht, 1997). Aunque existe la necesidad de utilizar ácidos grasos esenciales polinsaturados n-3 y n-6, indispensables para su desarrollo (Mai *et al.*, 1995; Toledo, 2005; Durazo-Beltrán *et al.*, 2003), se ha reportado

que a partir de fuentes ricas en 18:3n-3 y 18:6n3 son capaces de sintetizar PUFAs de cadenas más largas. Por lo que la adición de lípidos en dietas formuladas, pueden provenir de aceite de pescado, aceites vegetales o una combinación de ambas (Fleming *et al.*, 1996).

Dentro de las dietas balanceadas, la proteína es el componente que más atención ha recibido debido a su escasez y a su papel esencial para el crecimiento del tejido suave del abulón. De esta manera, varias fuentes proteicas han sido probadas; Britz (1996), experimentó con caseína, harina de pescado, harina de soya, harina de tórula y *Spirulina spp.*, encontrando a la harina de pescado y *Spirulina spp.* como las mejores fuentes proteicas para la inclusión en dietas. Bautista-Teruel *et al.* (2003), experimentó con harina de pescado, harina de camarón, soya desengrasada y *Spirulina spp.* como fuentes proteicas, generando dietas combinadas con fuente animal y vegetal y dietas con fuente vegetal sola, reportando mejores crecimientos en dietas con fuentes proteicas combinadas. Guzmán y Viana (1998), demostraron la efectividad de la combinación de harina de soya y ensilado de víscera de abulón como fuentes proteicas en la dieta del abulón *H. fulgens*. Dentro de las dietas formuladas, la inclusión de harina de alga es comúnmente usada para aumentar el consumo como estimulante o atrayente (Fleming *et al.*, 1996; Troell *et al.*, 2006)

Siempre y cuando la dieta cubra los requerimientos nutricionales de la especie de abulón, las dietas balanceadas pueden ser digeridas por el abulón con su capacidad innata, aunque también ha sido sugerido el papel que juegan las bacterias para degradar el

alimento por ser herbívoros (Erasmus *et al.*, 1997; Monje *et al.*, 1998). Los abulones en todas sus etapas, postlarvas, juveniles y adultos, han demostrado poseer una actividad significativa de proteasas (García-Carreño *et al.*, 2003; Viana *et al.*, en prensa) lo cual sugiere que el abulón tiene la capacidad de digerir las dietas con un alto contenido en proteína.

La harina de pescado como fuente proteica es eficientemente utilizada para el abulón y forma la mayor fuente de proteína en dietas comerciales (Britz y Hecht, 1997), junto con soya desgrasada y caseína (Guzmán y Viana, 1998). Sin embargo la harina de pescado es la única fuente proteica que puede generar un crecimiento óptimo (Bautista Teruel *et al.*, 2003). En cambio, para que la soya desengrasada resulte en un óptimo crecimiento, tiene que ser combinada con otra fuente proteica. La caseína, que consiste de un extracto proteico de la leche si presenta buenos crecimientos, sin embargo es de alto costo (Fleming *et al.*, 1996), además de que diversos autores han reportado que esta no presenta resultados similares a la harina de pescado en algunas especies (Viana *et al.*, 1993; Britz, 1996). La utilización extensiva de harina de pescado por industrias acuícolas, no es sólo para cubrir los requerimientos proteicos, sino también por ser palatable, así como también es una buena fuente de energía, de ácidos grasos y de minerales esenciales (Fleming *et al.*, 1996).

El diseño de alimentos balanceados que ayuden a un mejor aprovechamiento digestivo y crecimiento acelerado de abulones en cultivo, es un tema de importancia dentro de la nutrición, sin embargo, uno de los problemas a resolver la velocidad de

disolución dentro del agua. Esto se refiere a la estabilidad de materia orgánica en el agua, que dependerá del grado de cohesividad que tengan los alimentos balanceado para mantenerse en el agua durante el tiempo que tarde el abulón en ingerirlo (Durazo *et al.*, 2003). Aunado a lo anterior también se puede mencionar la susceptibilidad que presenta el alimento al desarrollo de microorganismos (bacterias y/u hongos), descomposición que puede deberse a la susceptibilidad de las materias primas al ataque bacteriano o a la oxidación de los lípidos en la dieta (Fleming *et al.*, 1996), lo cual dificulta el manejo operacional en la producción de abulón donde la ingestión alimenticia se realiza lentamente (Guzmán, 2003).

Hasta la fecha, diversos países han ido desarrollando sus propias técnicas de cultivo de acuerdo a la disponibilidad de macroalgas, reglamentación del medio ambiente, facilidad de mano de obra, entre otros. Lo cual ha dado una gran variabilidad en técnicas de cultivo. De la misma manera, cada país ha ido planteándose la necesidad de recurrir a las dietas balanceadas previniendo no solo una posible escasez de las macroalgas sino también para poder contar con un alimento seguro y confiable durante la producción de este molusco hasta su talla comercial. Es así que en Chile se han realizado varios intentos para probar dietas balanceadas pero hasta la fecha ninguna de ellas ha sido probada comercialmente ni se encuentran disponibles en los mercados o se encuentra como práctica común. Solo se encuentran dietas balanceadas a nivel experimental hasta comprobar que alguna de ellas logre igualar o incrementar la tasa de crecimiento con un costo competitiva al que se obtiene hoy en día con la utilización de macroalgas.

Hasta la fecha se ha demostrado que un alimento balanceado proporciona mejores tasas de crecimiento que un alimento natural (macroalga) en abulones cultivados (López y Viana., 1995; Britz, 1996; Troell *et al.*, 2006) y que en general resulta necesario adaptar estos alimentos a los sistemas de cultivo con un mínimo de pérdida de materia orgánica para el ambiente y con un costo mínimo para un máximo rendimiento.

II.- Hipótesis

Si dietas balanceadas con inclusión de harina de distintas macroalgas se formulan con una composición proximal recomendada y son ingeridas apropiadamente, entonces se logrará un crecimiento adecuado de juveniles de abulón rojo *Haliotis rufescens* en un cultivo semicomercial en el norte de Chile.

III.- Objetivo

III.1. General

Evaluar el efecto de cuatro dietas balanceadas contra una dieta a base de una mezcla de macroalga fresca, sobre el crecimiento y supervivencia de juveniles de abulón rojo (*Haliotis rufescens*).

III.2. Específicos

1) Formular cuatro dietas balanceadas para juveniles de abulón rojo, elaboradas con harina de macroalga de la IV región de Chile.

2) Determinar la supervivencia y el crecimiento en longitud y peso de juveniles de abulón rojo, alimentados con las cuatro dietas formuladas y la mezcla de macroalgas frescas como control.

3) Determinar el consumo en juveniles de abulón rojo, alimentados con cuatro diferentes dietas formuladas.

4) Determinar la calidad de las dietas formuladas, desde el punto de vista de la estabilidad en el agua.

IV.- Metodología

IV.1.- Preparación de Dietas

Se elaboraron 4 dietas isoproteicas e isocalóricas con harina de pescado (HP) como principal fuente proteica. En estas dietas, 4 diferentes harinas de macroalga fueron adicionadas (una para cada dieta); HP con harina de *Lessonia sp.* (Dieta L), HP con harina de *Macrocystis sp.* (Dieta M), HP con harina de *Gracilaria sp.* (Dieta G) y HP con harina de *Ulva sp.* (Dieta U). Almidón y aceite de pescado fueron utilizados como relleno para balancear las raciones. Una pre-mezcla de vitaminas y minerales se adiciono en las dietas. La formulación de las dietas experimentales se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1.- Formulación de dietas para abulón rojo (*Haliotis rufescens*).

Ingredientes	Dieta L %	Dieta M %	Dieta G %	Dieta U %
H. pescado	46,3	46,3	46,3	45
H. <i>Lessonia sp.</i>	15,51	-	-	-
H. <i>Macrocystis sp.</i>	-	15,4	-	-
H. <i>Gracilaria sp.</i>	-	-	10,3	-
H. <i>Ulva sp.</i>	-	-	-	11.8
H. <i>Hematoccus sp.</i>	2	2	2	2
Aceite de pescado		0,6	0,61	0.65
Almidón	32,04	31,55	36,64	36.4
Agar	1	1	1	1
Pre-mezcla mineral	2	2	2	2
Pre-mezcla vitamina	1	1	1	1
Vitamina C	0,13	0,13	0,13	.013
Colina	0,01	0,01	0,01	0.01
Benzoato de Na	0,01	0,01	0,01	0.01

IV.2.- Procedimiento Experimental

El experimento se realizó durante un periodo de 240 días (abril a diciembre del 2006) en las instalaciones del centro de producción de semilla de abulón ``AWABI'', perteneciente a la Universidad Católica del Norte, en Coquimbo Chile

Se utilizó una dieta a base de una mezcla de algas frescas como control. Todos los tratamientos fueron realizados por triplicado.

El experimento fue realizado dentro de un estanque rectangular de 10 m de largo x 0.5 m de profundo x 1 m de ancho, con una capacidad máxima de 5000 L y un flujo abierto de agua de mar de 120 L/min fue usado durante el experimento. Dentro del estanque se colocaron 4 canastos con un área de 85 x 85 x 40 cm, los cuales se dividieron en 4 secciones, donde cada sección generó una repetición, correspondiendo a una unidad experimental, con un área de 42.5 x 42.4 x 40 cm. En cada unidad experimental se colocaron 60 juveniles de abulón rojo (*Haliotis rufescens*), dos refugios construidos a partir de un tubo de PVC dividido longitudinalmente (160 mm de diámetro, 200 mm de longitud y 80 mm de alto con 3 orificios de 22 mm de diámetro) y un comedero de lámina de PVC (5 mm de grosor y un área de 45 x 45 cm) ubicado en el fondo. La distribución de las réplicas en el estanque fue al azar.

Cada mes se llevó a cabo un muestreo en donde se midió la biomasa total de cada unidad experimental con una balanza electrónica Acculab (± 0.1 g) y la longitud de concha determinada individualmente con un vernier digital Mitutoyo (± 0.01 mm).



Figura 1.- a) Canasto dividido en cuatro unidades experimentales. b) Estanque rectangular con canastos experimentales.

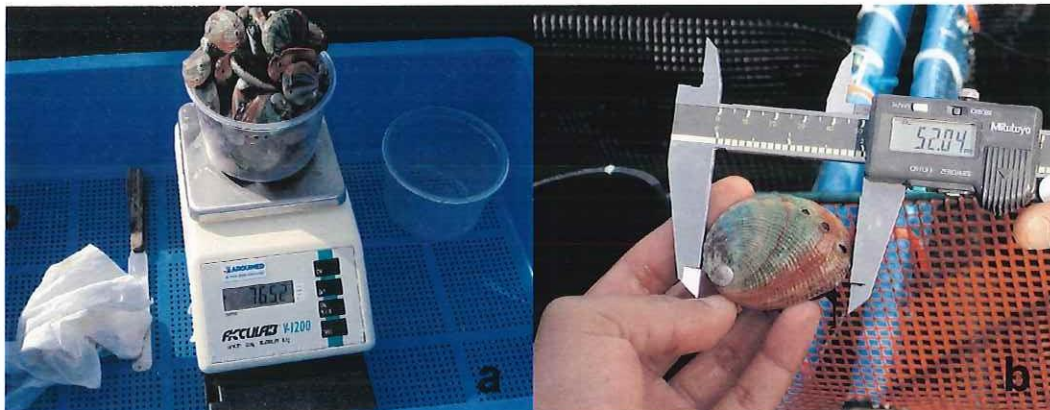


Figura 2.- a) Método de determinación del peso de la biomasa de cada unidad experimental. b) Método de medición de concha de juveniles de abulón rojos (*Haliotis rufescens*).

Cada semana durante el tiempo que duró la experimentación el estanque fue limpiado con el fin de evitar la proliferación de microalgas y bacterias nocivas y/o adversas al experimento. Ese mismo día los canastos eran rotados con la finalidad de eliminar posibles diferencias dentro del estanque. La aireación del estanque se mantuvo constante durante el experimento consistiendo en tubos que corrían a lo largo del estanque por ambos lados.



Figura 3.- a) Flujo abierto de agua de mar y aireación. b) Refugios de PVC y comedero de lámina de PVC.

El alimento se ofreció diariamente con una relación del 2% de la biomasa total en cada unidad experimental para los casos de dietas balanceadas y a las unidades experimentales usadas como control les fue ofrecida alga dependiendo de la disponibilidad (*Lessonia sp.*, *Macrosystis sp.*, *Gracilaria sp.* y *Ulva sp.*) a un 20 % de la biomasa total. A diferencia de las dietas balanceadas que se agregaron diariamente, la

mezcla de macroalgas frescas se ofreció una o dos veces por semana, dependiendo de la disponibilidad y frescura de las mismas.

El porcentaje de pérdida de materia orgánica por la estabilidad en el agua de las dietas, se estimó 5 días antes de cada muestreo mensual bajo las mismas condiciones de flujo de agua y oxígeno y sin presencia de abulones.

El consumo de las dietas fue estimado 5 días antes de cada muestreo mensual para evitar el estrés, de acuerdo a lo reportado por Guzmán y Viana (1998):

$$F = [(G / 100) - R] - \%P$$

Donde F representa el consumo, G representa el alimento ofrecido, P representa la pérdida de materia orgánica en dietas formuladas, después de 15 horas de estar sumergidas en el agua y R es la dieta remanente después del consumo.

La eficiencia de conversión alimenticia se calculó de acuerdo a lo reportado por López y Viana (1995):

$$ECA = \frac{PG(g)}{AC(g)}$$

Donde ECA es la eficiencia de conversión alimenticia, PG es el peso ganado y AC es el alimento consumido.

IV.3.- Análisis proximales

Los análisis de proteínas, humedad y ceniza de cada una de las dietas experimentales se realizaron siguiendo el protocolo estándar propuesto por la AOAC (1990). Los análisis de proteína cruda se llevaron a cabo con la determinación de nitrógeno total por el método microKjeldahl y el total de proteína cruda se calculó como $\%N \times 6.25$. El porcentaje de humedad se determinó por medio del secado en estufa a una temperatura constante de 95 °C durante 24 horas. El contenido de ceniza se estimó al calcinar las dietas a 450 °C durante un periodo de 15 horas.

El porcentaje total de lípidos fue determinado siguiendo el método de Folch *et al.* (1957).

El contenido de energía total fue calculado teóricamente utilizando los valores energéticos gruesos promedio para carbohidratos (4.1 Kcal/g), lípidos (9.5 Kcal/g) y proteínas (5.6 Kcal/g), recomendados por Tacon (1989).

IV.4.- Procesamiento de Datos

Para determinar las posibles diferencias entre tratamientos, se utilizó el programa estadístico SigmaStat 3.1, usando un ANOVA de una vía para verificar homogeneidad entre tratamientos y a posteriori un Test de TUKEY para evaluar las posibles diferencias estadísticas.

V.- Resultados

Los análisis de la composición proximal de las dietas, revelaron que las cuatro dietas formuladas son similares en contenido de proteína y lípidos con valores aproximados de 32% y 4% respectivamente. El porcentaje de ceniza encontrado en las dietas formuladas fluctúa entre 17.85 ± 1.18 y 13.35 ± 1.02 . La energía teórica en Kcal/g y la proporción proteína/energía son muy similares entre las cuatro dietas formuladas (Tabla 2).

Tabla 2.- Promedio y desviación estándar de la composición proximal de las cuatro dietas formuladas para juveniles de abulón rojo (*Haliotis rufescens*), donde L es la dieta con inclusión de harina de *Lessonia sp.*, M es la dieta con inclusión de harina de *Marcocystis sp.*, G es la dieta con inclusión de harina de *Gracilaria sp.* y U es la dieta con inclusión de harina de *Ulva sp.*

	Tratamientos			
	Dieta L	Dieta M	Dieta G	Dieta U
Proteína bruta (%)*	32.8±0.6	32.5±0.69	32.1±0.4	31.4±0.7
Lípidos totales (%)*	3.8±0.83	4.1±0.55	3.9±0.3	3.8±0.4
Cenizas (%)*	15.8±1.76	17.9±1.18	13.8±0.7	13.4±1.0
ELN *	47.6±2.22	45.6±1.53	50.1±0.9	51.5±1.8
Energía (Kcal/g)	4.15	4.07	4.23	4.23
Proporción proteína/energía	79.07	79.66	75.93	74.23
Estabilidad en el agua (%)**	79.5±8.7 ^b	86.4±4.4 ^b	94.1±4.5 ^a	85.5±8.4 ^b

*peso seco

**Después de 15 horas de inmersión en el agua.

La estabilidad de la dieta G (94.08 ± 4.51) fue significativamente mayor a las dietas L, M y U (79.48 ± 8.65 , 86.37 ± 4.41 y 85.52 ± 8.38 % respectivamente; $P < 0.05$; Tabla 2) después de 15 horas de inmersión en el agua.

Tabla 3.- Índices biológicos de juveniles de abulón rojo (*Haliotis rufescens*) alimentados con cuatro diferentes dietas formuladas y macroalga fresca, donde L es la dieta con inclusión de harina de *Lessonia sp.*, M es la dieta con inclusión de harina de *Marcocystis sp.*, G es la dieta con inclusión de harina de *Gracilaria sp.* y U es la dieta con inclusión de harina de *Ulva sp.*

	Dieta L	Dieta M	Dieta G	Dieta U	Macroalga
Peso inicial (g)	6.98 ± 0.12	6.85 ± 0.34	7.29 ± 0.61	6.97 ± 0.13	7.40 ± 0.35
Peso final (g)	11.98 ± 0.75^b	12.17 ± 0.92^b	13.64 ± 1.06^b	12.29 ± 0.59^b	15.67 ± 0.26^a
Tasa de crecimiento en peso (mg/día)	1.64 ± 0.48^b	1.74 ± 0.49^b	1.93 ± 0.22^b	1.86 ± 0.4^b	2.98 ± 0.07^a
Longitud inicial (mm)	37.35 ± 0.64	37.05 ± 0.46	37.52 ± 0.61	38.16 ± 0.76	37.63 ± 0.21
Longitud final (mm)	42.69 ± 0.54^b	42.37 ± 0.76^b	43.40 ± 1.25^b	43.12 ± 0.74^b	46.86 ± 0.72^a
Tasa de crecimiento en longitud ($\mu\text{m}/\text{día}$)	24.01 ± 3.79^b	24.48 ± 3.55^b	26.47 ± 3.39^b	32.96 ± 5.14^b	41.14 ± 2.91^a
Peso ganado (% peso inicial)	71.66 ± 13.12^b	72.54 ± 22.21^b	71.78 ± 8.41^b	72.75 ± 5.68^b	112.02 ± 7.98^a
Consumo (cal/g adúlón)	26.85 ± 2.06^a	27.89 ± 4.27^a	30.25 ± 2.75^a	18.98 ± 2.21^b	-
Consumo diario (% P.C. húmedo)	0.55 ± 0.07^a	0.60 ± 0.06^a	0.62 ± 0.09^a	0.39 ± 0.07^b	-
ECA (%)	28.72 ± 4.15^b	35.58 ± 2.5^b	33.01 ± 4.32^b	52.05 ± 3.48^a	-
Supervivencia (%)	98.54 ± 1.31	98.64 ± 1.74	98.93 ± 0.89	98.43 ± 1.41	98.32 ± 0.94

El consumo en peso seco de las dietas, expresado como porcentaje del peso corporal, fue significativamente mayor en las dietas L, M y G (0.55 ± 0.07 , 0.6 ± 0.06 y 0.62 ± 0.09 respectivamente; $P<0.05$), comparado con la dieta U (0.39 ± 0.07). El consumo expresado en calorías/g abulón fluctuó entre 30.25 ± 2.75 y 18.98 ± 2.21 (Tabla 3).

Al final de los 240 días de experimentación, el mayor porcentaje de peso ganado fue obtenido con el tratamiento de dieta a base de mezcla de macroalgas frescas (112.02 ± 7.98 %; $P<0.05$) en comparación a tratamientos a base de dietas formuladas (Tabla 3). Los porcentajes de peso ganado para abulones alimentados con las dietas L, M, G y U (71.66 ± 13.12 , 72.54 ± 22.21 , 71.78 ± 8.41 y 72.75 ± 5.68 respectivamente; $P<0.05$) no mostraron diferencias significativas entre ellas (Tabla 3).

La eficiencia de consumo alimenticio (ECA) fue significativamente mayor en el tratamiento con dieta U (52.05 ± 3.48 %) en comparación a los tratamientos con las dietas L, M y G (28.72 ± 4.15 , 35.58 ± 2.5 y 33.01 ± 4.32 % respectivamente; $P<0.05$; Tabla 3).

La supervivencia fue generalmente alta para todos los tratamientos, con valores entre 98.32 ± 0.94 y 98.93 ± 0.89 %, no existiendo diferencia significativa entre ellos (Tabla 3).

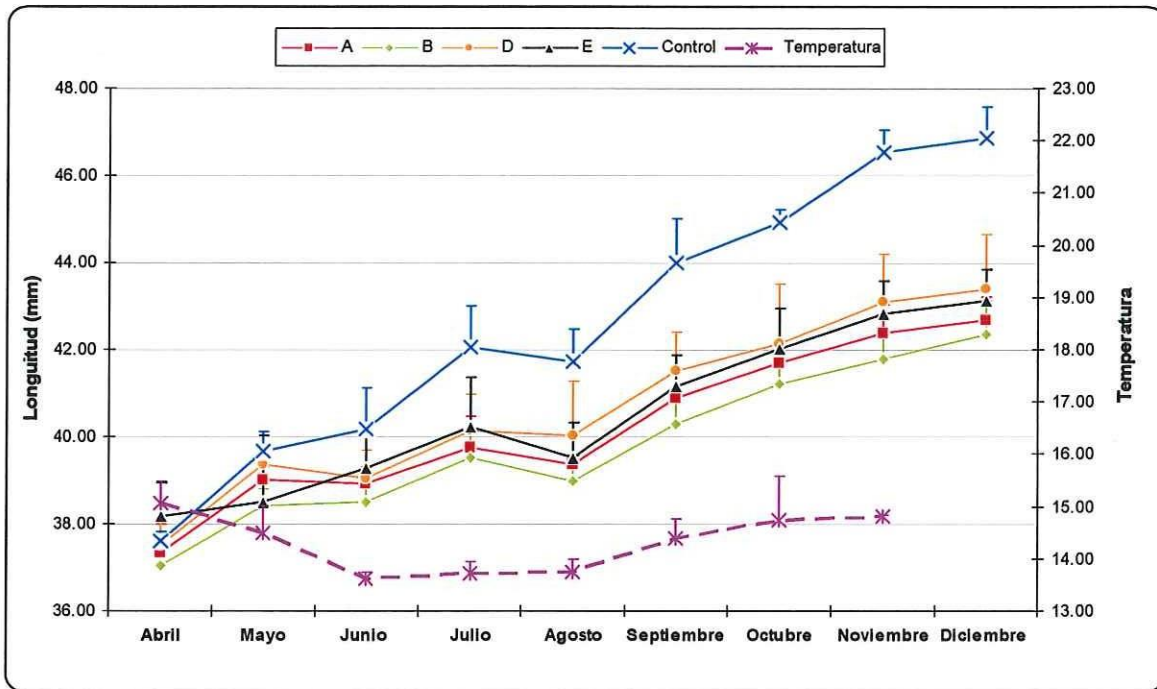


Figura 4.- Crecimiento en longitud de juveniles de *Haliotis rufescens*, alimentados con cuatro dietas balanceadas y mezcla de macroalgas frescas durante 240 días de experimentación. La línea punteada representa el cambio de temperatura a través del tiempo.

La tasa de crecimiento en longitud para abulones alimentados a base de una mezcla de macroalga fresca ($41.14 \pm 2.91 \mu\text{m}/\text{día}$; $P < 0.05$) fue significativamente mayor en comparación a tratamientos a base de dietas formuladas (Tabla 3). Las tasas de crecimiento en longitud para abulones alimentados con las dietas L, M, G y U (24.01 ± 3.79 , 24.48 ± 3.55 , 26.47 ± 3.39 y $32.96 \pm 5.14 \mu\text{m}/\text{día}$ respectivamente; $P < 0.05$) no mostraron diferencias significativas entre ellas (Tabla 3).

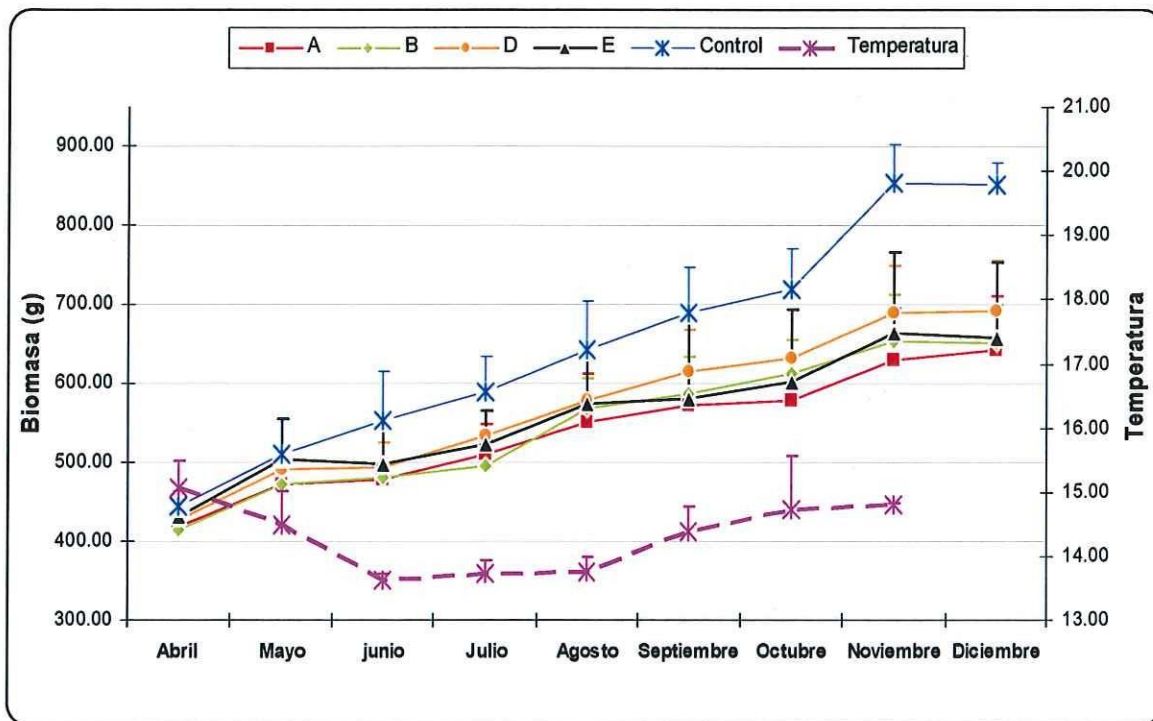


Figura 5.- Crecimiento en peso de juveniles de *Haliotis rufescens* alimentados con cuatro dietas balanceadas y mezcla de macroalgas frescas durante 240 días de experimentación. La línea punteada representa el cambio de temperatura a través del tiempo.

La tasa de crecimiento en peso para abulones alimentados a base de una mezcla de macroalgas frescas (2.98 ± 0.07 mg/día; $P < 0.05$) fue significativamente mayor en comparación a tratamientos a base de dietas formuladas (Tabla 3). Las tasas de crecimiento en peso para abulones alimentados con las dietas L, M, G y U (1.64 ± 0.48 , 1.74 ± 0.49 , 1.93 ± 0.22 y 1.86 ± 0.40 mg/día respectivamente; $P < 0.05$) no mostraron diferencias significativas entre si (Tabla 3).

VI. Discusión

Las tasas de crecimiento en longitud para todos los tratamientos fueron bajas con respecto a lo esperado para abulones de esta especie (Steinarsson e Imsland, 2003) fluctuando entre 24 a 41 $\mu\text{m}/\text{día}$. Tasas de crecimiento de 24 a 123 $\mu\text{m}/\text{día}$ con dietas balanceadas han sido reportadas para el abulón azul *H. fulgens* (Guzmán y Viana, 1998; Gómez-Montes *et al.*, 2003). Si bien es cierto, que cada especie muestra tasas de crecimiento diferentes por lo que difícil comparar entre especies, se espera que tasas de 85 μm diarias sean económicamente rentables para un cultivo comercial (Fleming *et al.*, 1996). Se han reportado tasas de crecimiento para juveniles de abulón rojo con una talla aproximada de 38 mm. de 75 a 111 $\mu\text{m}/\text{día}$ en temperaturas de 11.1 a 17.7 °C, alimentados con alga fresca (Steinarsson e Imsland, 2003), siendo estas tasas de crecimiento más elevadas que las encontradas en este experimento. Cabe aclarar que estos resultados se observaron en Islandia donde han seguido un controlado programa de selección genética desde hace ya más de 15 años, pudiendo mejorar significativamente el desempeño de esta especie (Viana, 2006). De manera similar, las tasas de crecimiento en peso obtenidas en los tratamientos también fueron bajas, fluctuando entre 1.6 a 3 $\text{mg}/\text{día}$. Montaña-Vargas *et al.* (2005), reporta tasas de crecimiento en peso de 2.3 a 3.7 $\text{mg}/\text{día}$ en *H. corrugata* y Gómez-Montes *et al.* (2003), reporta tasas de crecimiento en peso de hasta 12.3 $\text{mg}/\text{día}$ para *H. fulgens*. Viana *et al.* (1996) reporta un crecimiento compensatorio en *H. fulgens* después de haber finalizado el experimento, donde

claramente se observa un aumento de longitud de concha y peso al eliminar el estrés (limpieza, cambio de agua diaria, recolección diaria de alimento no ingerido, etc.).

La relación proteína:energía en las dietas formuladas fluctuó entre 74 y 79. Es difícil establecer si esta relación inferior a la reportada como óptima pueda ser la causante de un crecimiento bajo, pues teóricamente al contener menor energía se debería de haber incrementado en consumo, aspecto que no se vio reflejado. Gómez-Montes *et al.* (2003) reporta crecimientos de (72.09 ± 0.90 $\mu\text{m}/\text{día}$ y 5.03 ± 0.45 $\text{mg}/\text{día}$) para juveniles de *H. fulgens* alimentados una relación proteína:energía en la dieta de 74, demostrando que los abulones consumen su alimento para satisfacer su requerimiento de energía. Tomando en cuenta lo reportado, las dietas eran teóricamente capaces de soportar las necesidades energéticas y de proteína para el buen crecimiento del abulón, o por lo menos mayor a lo encontrado, sugiriendo que los resultados pudieron estar influenciados por otros factores dentro del experimento.

Los abulones alimentados con macroalga fresca, presentaron mejores crecimientos en longitud y en peso que abulones alimentados con las dietas balanceadas. Esto es contradictorio a lo reportado por algunos autores (Bautista-Teruel *et al.*, 1999; López y Viana., 1995; Britz, 1996), sin embargo Naidoo *et al.* (2006), reporta mejores crecimientos en juveniles de *H. midae*, alimentados con una dieta a base de la mezcla de macroalgas (Kelp, *Gracilaria sp.* y *Ulva sp.*) en comparación con abulones alimentados con varias dietas, entre ellas dietas balanceadas, sin embargo algas verdes y pardas usadas en ese experimento provenían de cultivos, donde son inducidas a un aumento

proteico. Por otro lado, se sabe que bajo condiciones continuas de temperatura se puede asegurar en las algas un contenido de nutrientes homogéneo durante todo el año (Zertuche, comunicación personal) lo cual seguramente influye en una respuesta positiva en el crecimiento del abulón. Toledo (2005), también reporta mejores crecimientos para *H. coccinea canariensis* alimentados con alga fresca en comparación con algas formuladas, donde el alga utilizada también era enriquecida. Los abulones en su medio natural, generalmente se alimentan de una selección de algas de a lo menos dos especies (Troell *et al.*, 2006; Naidoo *et al.*, 2006), por lo cual un buen criterio para la alimentación con macroalga dentro de un cultivo, es considerar utilizar una mezcla de varias especies que suplementen los requerimientos nutricionales de la especie y/o enriquecerlas (Toledo, 2005). Si bien las algas poseen bajo contenido de proteína, también poseen un alto porcentaje de ceniza y probablemente esta fuente rica en minerales genere buen crecimiento de la concha (Troell *et al.*, 2006). Sin embargo, teóricamente esto no debería ser una limitante cuando las dietas se formulan para cubrir los requerimientos nutritivos de una especie. Las cuatro dietas formuladas para el experimento poseen bajo contenido de pre-mezcla mineral y vitamínica (2 y 1 % respectivamente), mientras que lo reportado por Fleming *et al.* (1996), es de 4% de pre-mezcla mineral y 1.5% de pre-mezcla vitamínica. Sin embargo los análisis proximales muestran que las cenizas en las dietas fluctúan entre 13.35 ± 1.02 y 17.85 ± 1.18 , sugiriendo estos valores que las harinas de alga y la harina de pescado incorporadas en las dietas, suplementaron minerales extras a los ya adicionados.

La utilización de alga fresca como control durante el experimento se basó principalmente en la necesidad de tener un punto de comparación, sin embargo durante el experimento existió una diferencia constante y marcada entre el manejo de los tratamientos con dietas formuladas y el tratamiento con la mezcla de alga fresca, ya que abulones alimentados con alga fresca eran manipulados una o dos veces por semana, dependiendo de la disponibilidad de alga fresca y abulones alimentados con dietas balanceadas eran manipulados diario. Esto ocasionado por la recolección diaria del alimento remanente en los canastos con el fin de mantener una adecuada calidad de agua así como para medir el consumo. Este manejo no sería rentable en un cultivo comercial de abulón, debido al bajo crecimiento que se puede generar debido al estrés y a la mano de obra necesaria para retirar el alimento remanente. Por otro lado, se sabe que las condiciones del agua (temperatura y nutrientes) influyen directamente sobre la calidad de las algas, y el hecho de que en Chile exista una menor fluctuación que en la zona norte de México donde también se cultiva el abulón, hace suponer una mejor continuidad en las características nutricionales del alga.

Los resultados encontrados en esta investigación no son congruentes con resultados reportados, sin embargo las tasas de crecimiento en abulón citados por distintos autores, son obtenidas en experimentos bajo todas las condiciones experimentales óptimas, en donde también el alga ofrecida está continuamente controlada en cuanto a disponibilidad y frescura. Por otro lado, el contar con un comedero para su uso con macroalga, pudo haber resultado en diferencias entre la alimentación con alga y dietas balanceadas en forma de pellet, como lo es la distribución y el refugio que generan

las frondas de las algas dentro del canasto, proporcionando una mayor disponibilidad de alimento y más oscuridad que pueda promover un consumo mayor y constante.

El consumo mas bajo encontrado fue para la dieta U, con un 0.4% del peso corporal, a la misma vez que esta dieta obtuvo una tasa de crecimiento en peso de 1.86 mg/día, lo cual genero la mejor eficiencia de conversión alimenticia con un 52%. En general los consumos registrados fueron bajos, fluctuando entre 0.40 a 0.62% del peso corporal, mientras que algunos consumos son reportados entre 0.64 a 2.2 % de peso corporal (Guzmán y Viana, 1998; Gómez-Montes *et al.*, 2003; Montaña-Vargas *et al.*, 2005). Si bien el dato de ECA pudiera estar sesgado por un aparente mayor o menor consumo, el hecho de que el crecimiento obtenido haya sido bajo, genera que este dato no sea de tanta importancia.

La supervivencia registrada fue en general alta, con un 98% para tratamientos con dietas formuladas y macroalga fresca, siendo este resultado un buen indicador de que las dietas de alguna manera no causaron diferencias y que posiblemente faltó algún requerimiento en la dieta, o que las condiciones de manejo (disponibilidad del alimento, por ejemplo) no hayan sido las ideales.

Por otro lado, el crecimiento de todo organismo depende de su calidad genética (potencial de crecimiento), de tal manera que el crecimiento aquí reportado no es menor aparentemente al observado para otros organismos de este lote en la Unidad de Awabi de Coquimbo, Chile (observaciones personales).

La estabilidad de las dietas fue buena, fluctuando entre 80 y 94%. Han sido reportados porcentajes de pérdida tan bajos como 1.5 % en dietas formuladas (Fleming, 1996) y porcentajes de pérdida de 9 a 28 % también se han reportado (Guzmán y Viana, 1998; Gómez-Montes *et al.*, 2003), diferencias que radican no solo en la formulación de la dieta, sino también en la elaboración, como un proceso industrial y bajo condiciones de laboratorio. Sin embargo es importante enfocar esfuerzos para mejorar la estabilidad de las dietas formuladas y evitar que durante las primeras horas las dietas sufran un lavado de nutrientes que, consecuentemente, no estarán disponibles para los organismos y aunado a esto, disminuirían la calidad del agua (López y Viana, 1995).

Los porcentajes de peso ganado obtenidos en los tratamientos a base de dietas formuladas y la mezcla de macroalga fresca son bajos tomando en cuenta los 240 días que duró el experimento. Bautista-Teruel *et al.* (2003), reporta porcentajes de peso ganado de hasta 454% en solo 84 días de experimentación para *H. asinina* y Montañó-Vargas *et al.* (2005), reporta porcentajes de peso ganado de hasta 297% en 131 días de experimentación para *H. corrugata*.

Las dietas de abulón contienen por lo general un alto porcentaje de proteína, entre un 20 a un 50% (Fleming *et al.*, 1996), esto lleva a que el alimento sea de alto costo y más si la fuente usada es harina de pescado. Sin embargo es importante el incluir harinas de algas dentro de la dietas ya que podría funcionar como atrayente, fuente de proteína, lípidos y minerales de origen marino, disminuyendo el costo de la dieta. Cabe

hacer notar que el porcentaje de inclusión de harina de alga dentro de la dieta debiese ser reducido debido a los efectos que puede generar en el lavado de las dietas. Guzmán y Viana (1998), Bautista-Teruel y Millamena (1999) y Bautista-Teruel *et al.* (2003) demostraron la efectividad de usar una combinación de fuentes proteicas animal y vegetal dentro de dietas formuladas. En esta investigación la combinación de harina de pescado y la inclusión de harina de alga fue usado, sin embargo los resultados obtenidos difieren de lo reportado.

El llegar a la conclusión del porque los abulones alimentados con alga fresca crecieron más que abulones alimentados con dietas es complejo, ya que podría ser atribuido a la diferencia de manejos durante la experimentación, a los requerimientos nutricionales no satisfechos en los organismos, a la calidad de la semilla usada para el experimento o una posible combinación de todos estos factores. Si bien, los crecimientos reportados para cada una de las cuatro dietas balanceadas no fueron altos, sigue existiendo una ventaja entre la utilización de alga fresca y dietas, ya que las dietas presentan un alta vida útil, pudiendo ser almacenadas por meses para su utilización inmediata, mientras que las algas frescas presentan una vida máxima de una semana, bajo condiciones de flujo de agua y oxigenación constante y su extracción esta sujeta a factores ambientales y/o legales.

Las dietas evaluadas durante este experimento generaron tasas de crecimiento no rentables dentro de un cultivo comercial de abulón, sin embrago las dietas son formuladas con la finalidad de generar tasas de crecimiento altas, aunque esta especie introducida requiere de mas investigación que lleve a la generación de alimentos balanceados que

resulten en crecimientos rentables dentro de cultivo. Cabe mencionar que Chile es un país que presenta un alto potencial en el cultivo de este y otros organismos marinos y el generar información sobre los requerimientos nutricionales de esta especie es de importancia, sin embargo existe también la necesidad de adaptar los distintos sistemas de cultivos a los alimentos balanceados y generar una buena selección genética de organismos.

VII. Conclusiones

Se obtuvieron mejores resultados de crecimiento en peso y longitud en abulones alimentados con la mezcla de macroalgas frescas en comparación a abulones alimentados con las cuatro diferentes dietas balanceadas.

Se obtuvo una supervivencia alta para todos los tratamientos, no existiendo diferencia entre estos.

Los mayores consumos registrados durante el experimento fue para las dietas L, M y G y el menor consumo para la dieta U.

La mayor estabilidad obtenida fue en la dieta G.

VIII. Recomendaciones

Seguir estudiando los requerimientos del abulón rojo (*Haliotis rufescens*) bajo las condiciones de Chile para poder balancear dietas confiables que presenten un crecimiento igual o mejor al encontrado con dietas naturales con el fin de poder desarrollar la acuicultura en Chile con alimentos balanceados.

Adaptar los sistemas de cultivos a los alimentos balanceados y comenzar con una selección de organismos que generen tasas de crecimientos rentables dentro del cultivo.

IX. Bibliografía

- AOAC (1990). 16th ed. Official methods of analysis of AOAC. Vol. 1. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA, USA.
- Bautista-Teruel, M.N., Fermin, A.C., Koshio S.S. (2003). Diet development and evaluation for juvenile abalone, *Haliotis asinina*: animal and plant protein sources. *Aquaculture* 219, 645 – 653.
- Bautista-Teruel, M.N., Millamena O.M. (1999). Diet Development and evaluation for juvenile abalone, *Haliotis asinina*: protein/energy levels. *Aquaculture* 178, 117-126
- Britz, P.J. (1996). The suitability of selected protein sources for inclusion in formulated diets for the South African abalone *Haliotis midae*. *Aquaculture* 140, 63 – 73.
- Britz, P.J., Hecht, T. (1997). Effect of dietary protein and energy level on growth and body composition of South African abalone, *Haliotis midae*. *Aquaculture* 156, 195-210.
- Corazani, D., Illanes, J.E. (1998). Growth rate of Philippine abalone, *Haliotis asinina* and *Haliotis rufescens* Swainson 1822, fed with different diets. *J. Shellfish Res.* 17, 663-666.
- Durazo-Beltran, E., D' Abramo, L.R., Toro-Vazquez, J.F., Vazquez-Pelaez, C., Viana, M.T. (2003). Effect of quantity and quality of triacylglycerols in formulated diets on growth and fatty acid composition in tissue of green abalone (*Haliotis fulgens*). *Aquaculture* 224, 257-270.
- Erasmus J.H., Cook P.A., Coyne V.E. (1997). The role of bacteria in the digestion of seaweed by the abalone *Haliotis midae*. *Aquaculture* 155, 377 – 386.
- Fallu, R. (1991). *Abalone Farming*. Fishing News Books. Great Britain. 195 pp.
- Fleming, A.E., Van Barneveld, R.J., Hone, P.W. (1996). The development of artificial diets for abalone. A review and future directions. *Aquaculture* 140, 5 – 53.
- Folch J, Lees MA. (1957). A simple method for isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 226:497-509.
- García-Carreño F.L, Navarrete del Toro M.A., Serviere-Zaragoza E. (2003). Digestive enzymes in juvenile green abalone, *Haliotis fulgens*, fed natural food. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B* 134, 143 - 150.

- Gómez-Montes, L., García-Esquivel, Z., D'Abramo, L.R., Shimada, A., Vasquez-Pelaez, C., Viana, M.T. (2003). Effect of dietary protein:energy ratio on intake, growth and metabolism of juvenile green abalone *Haliotis fulgens*. *Aquaculture* 220, 769-780.
- Guzmán, J.M., Viana M.T. (1998). Growth of abalone *Haliotis fulgens* fed diets with and without fish meal, compared to a comercial diet. *Aquaculture* 165, 321 -331.
- Guzmán, C. (2003). Cultivo de abulón en Chile. *Aquanoticias* (marzo), N° 76.
- Hahn, K. (1989). Nutrition and growth of abalone. In: K. Hahn (Editor), *Handbook of Culture of Abalone and other Marine Gastropods*. CRC Press, Boca Raton, FL, pp, 135-180.
- López, L.M., Viana M.T. (1995). Determinación de la calidad del alimento elaborado con ensilajes de pescado crudo y cocido para abulones juveniles *Haliotis fulgens*. *Ciencias Marinas* 21(3): 331 - 342.
- Mai, K., Mercer, J.P. and Donlon, J. (1995). Comparative studies on the nutrition of two species of abalone, *Haliotis tuberculata* L. and *Haliotis discus hannai* Ino. III. Response of abalone to various levels of dietary lipid. *Aquaculture* 134: 65-80.
- Marsham, S., Scout G.W., Tobin M.L. (2007). Comparison of nutritive chemistry of a range of temperate seaweeds. *Food Chemistry*, 100: 1331-1336.
- Monje, H. and Viana M.T. (1998). The effect of cellulose on the growth and cellulolytic activity of abalone *Haliotis fulgens* when used as an ingredient in formulated artificial diets. *J. Shellfish Res.* 17, 667-671.
- Montaño-Vargas, J., Viana M.T., D Abramo L., Shimada A. y Vásquez-Peláez C. (2005). Growth and energy utilization of juvenile pink abalone *Haliotis corrugata* fed diets containing different levels of protein and tow starch:lipid ratios. *Journal of Shellfish Research*, Vol. 24. No 4, 1179-1185.
- Naidoo, K., Maneveldt G., Ruck K and Bolton J.J. (2006). A comparison of various seaweed-based diets and formulated feed on growth rate of abalone in a land-based Aquaculture system. *Journal of Applied Phycology*, 18:437-443.
- Steinarsson, A. and Inslan, A.K. (2003). Size dependent variation in optimum growth temperature of red abalone (*Haliotis rufescens*). *Aquaculture* 224, 353-362.
- Tacon, A. J. (1989). *Nutrición y Alimentación de Peces y Camarones Cultivados*. FAO, Brasil, 572 pp.
- Toledo, P.H. (2005). *Haliotis coccinea canariensis*, Nordsieck, 1975, una nueva especie para la maricultura canaria: Acondicionamiento de reproductores y el efecto de

los lípidos en el crecimiento de juveniles de abalón canario y potencial de utilización de nuevas fuentes proteicas en el abalón japonés, *Haliotis discus hannai* (Ino, 1953). Universidad de las Palmas de Gran Canaria. Tesis Doctoral. 214 pp.

- Troell, M., Robertson-Andersson D., Anderson R.J., Bolton J.J., Maneveldt G., Halling C., Probyn T. (2006). Abalone farming in South Africa: An overview for on-farm seaweed production and socio-economic importance. *Aquaculture*, 257: 266-281.
- Viana, M.T., López, L.M., Salas, A. (1993). Diet development for juvenile abalone, *Haliotis fulgens*. Evaluation of two artificial diets and macroalgae. *Aquaculture* 117, 149–156.
- Viana, M.T., Lopez, L.M., Garcia/Ezquivel, Z., Mendez, E. (1996). The use of silage from fish and abalone viscera as an ingredient in abalone feed. *Aquaculture* 140, 87-98.
- Viana, M.T. (2006). Abalone Culture. In: *Aquaculture in the 21 st Century*; Kelly, A. and Silverstein, J. (eds). American Fisheries Society. 46:1-24.
- Viana, M.T., D' Abramo, L.R., González, M.A., García-Suárez, J.V., Shimada, A., Vázquez-Peláez, C., en prensa. Energy and nutrient utilization of juvenile green abalone (*Haliotis fulgens*) during starvation. *Aquaculture* 264, 323-329.
- Viviani, C.A. (1981). Introducción y cultivo experimental del abalon rojo de California (*Haliotis rufescens*) en Chile. Departamento de Investigaciones Marinas, Universidad del Norte, Centro Coquimbo. Proyecto OEA-CIS 104 pp.