



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS



COMPARACIÓN DE DOS ALIMENTOS BALANCEADOS
EXPERIMENTALES Y OTRO COMERCIAL EN JUVENILES DE
ABULÓN *Haliotis fulgens* (Phillips, 1845), UTILIZANDO
DIFERENTES FUENTES DE PROTEÍNA.



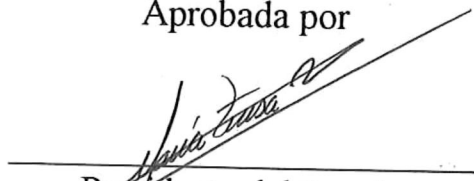
Tesis
Que como requisito
para obtener el título de Oceanólogo presenta:

José Manuel Guzmán Calderón

COMPARACIÓN DE DOS ALIMENTOS BALANCEADOS
EXPERIMENTALES Y OTRO COMERCIAL EN JUVENILES DE
ABULÓN *Haliotis fulgens* (Phillips, 1845), UTILIZANDO
DIFERENTES FUENTES DE PROTEÍNA.

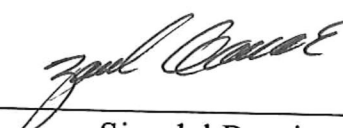
Tesis que presenta
José Manuel Guzmán Calderón.

Aprobada por

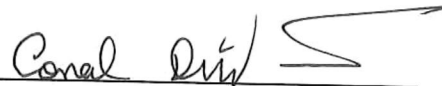


Presidente del Jurado

Dra. María Teresa Viana Castrillón



Sinodal Propietario
MC. Zaúl García Esquivel



Sinodal Propietario
MC. Conal David True

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar dos alimentos experimentales, con harina de pescado (HP) y con ensilaje de víscera de abulón (VA) como fuentes de proteína, contra un alimento comercial (AC) ("Sea Plant Products", Sudáfrica). Después de 179 días de experimentación, se obtuvo que ambos alimentos experimentales (HP y VA) dieron tasas de longitud promedio de 65.0 y 71.4 $\mu\text{m}/\text{día}$ respectivamente, comparadas con 49.5 $\mu\text{m}/\text{día}$ para AC, crecimiento que fue en disminución a lo largo del experimento. Los cambios de temperatura durante el experimento estuvieron estrechamente relacionados con las tasas de crecimiento ($\mu\text{m}/\text{día}$), se obtuvo un grado de asociación (r) de 0.926, 0.825 y 0.934 para HP, VA y AC, respectivamente, lo que indica que la disminución de la temperatura tuvo un efecto negativo en el crecimiento. La eficiencia de la conversión alimenticia fue de 1:0.73 y 1:0.61 para HP y VA respectivamente. La mejor estabilidad fue para el alimento AC con un 10.3 % de pérdida de materia (base seca), mientras que para HP y VA se observó el 13.5 y 24.1 %, respectivamente.

DEDICATORIA

A TÍ SEÑOR, por haberme dado tu luz, hace ya 27 atardeceres y por permitirme seguir a tu lado.

Con todo mi amor y cariño a ustedes mis **amados Padres** (TOÑITOS), por que juntos soñamos tener éste hermoso día, siempre los amaremos y trataremos de superar, su buen camino gracias a ustedes ...lo hemos logrado !!!

De manera muy especial dedico este logro de mi vida, a tí **Blanquita**, compañera y esposa mía, por que junto a tí nunca me sentiré vencido ...

.... Gracias a ustedes, porque son **mis mejores alegrías** y la mayor **bendición**



y por que muy pronto veras la luz brillar (19 de Julio, 1995).

A mis abuelitos: **Manuelita y Herón**, desde aquí, los amamos; tus hijos.

A tí **hermano Ruy**, mi mejor amigo, por todo el apoyo que todos me dan en casa y por tus atinados consejos fuera de ella.

A toda mi familia, desde Alan A. hasta mi "Chipilón" (**Abues**), Díos los bendiga siempre.

AGRADECIMIENTOS

A mi Facultad de Ciencias Marinas (UABC) por la formación académica recibida y por su preocupación por “la realización plena del hombre”, gracias a todos ustedes: personal académico y administrativo.

Al Instituto de Investigaciones Oceanológicas (IIO-UABC) por todo el apoyo recibido durante mi estancia con ustedes.

A mi Directora de Tesis: **Dra. Ma teresa Viana Castrillón**, por su inagotable paciencia y dedicación en el desarrollo de éste trabajo. Por haber formar parte de tu equipo de Bioquímica Marina, infinitamente estaré agradecido .

A la Dra. Irma Tejada por los análisis bromatológicos de los alimentos experimentales (Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarías, México, DF).

A “**Sea Plant Produces**” (Sudáfrica) por el alimento comercial proporcionado así como por los análisis bromatológicos enviados.

A la **Soc. Cooperativa de Emancipación**, por los organismos enviados (*H. fulgens*).

A mis sinodales: Dr. Zaúl García Esquivel y MC. David Conal True, por su gran esfuerzo y ayuda en las revisiones de nuestro trabajo, y por el buen ejemplo a seguir en la investigación. Muchas gracias les doy.

A las familias Castro-Guzmán, Ramírez-Aguilar, a mi gran amigo Miguel Angel “Guero” (muchas gracias a ustedes, lo he logrado).

A mis compañeros y amigos dentro y fuera del IIO, que sin saberlo, han contribuido en mi superación profesional y humana, muy en especial a la familia **Hansson-Viana**, a Hugo, **Edith S.** , Enrique, Pablín, Angélica A. , Judith, Ruth, Zaúl Elda, Roberto Escobar, Marco A., Ramón (dibujante) y al personal Administrativo del IIO, **de lo mejor**.

De manera muy especial a Fernando Garza y a Laura E. Zizumbo por su valiosa experiencia transmitida y sobre todo por mantenernos en una sincera amistad.

A mis amigos de la Facultad: “Charly” (IIO-Mat.), Claudia Palma M., Filiberto Bucío, Gaby Lira, Laura C., Sra Cuquia (SLP), Lic. Alicia C., Alma, David (3ro), Patty M., Mireya Q.(en Pto. Vallarta), “Tintan”, “Enano”, “Zuray”, .”Negro”, “Pajaro”, “Bigotes”, “Cachetón”, “Oso”, “Billy”, “Zuray”, Angelica Canales, “la morra”, “Cirís”, “Ta-Tanka”, “Ber” y a toda la gente que por espacio ya no puedo mencionar.

CONTENIDO

I	INTRODUCCION	1
II	ANTECEDENTES	6
III	OBJETIVOS	9
IV	MATERIALES Y METODOS	10
	PREPARACION DE LOS ALIMENTOS	10
	ESTABILIDAD DEL ALIMENTO	11
	ANALISIS PROXIMALES	11
	CONDICIONES EXPERIMENTALES	14
	EVALUACION DE CRECIMIENTO	16
	CONSUMO	16
	EFICIENCIA DE CONVERSION ALIMENTICIA	17
	TASA DE CRECIMIENTO ESPECIFICO	17
	ANALISIS ESTADISTICO	18
V	RESULTADOS	20
VI	DISCUSION	40
VII	CONCLUSIONES	47
VIII	LITERATURA CITADA	48

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Porcentaje de pérdida promedio diaria de los tratamientos aplicados en juveniles de abulón (*H. fulgens*) durante el período de consumo. El error estándar está indicado con barras. 21
- Figura 2. Temperaturas (°C) promedio diaria durante el tiempo de experimentación. El error estándar está indicado con barras. 24
- Figura 3 Tasas de crecimiento ($\mu\text{m}/\text{día}$) en juveniles de abulón (*H. fulgens*) en relación a la temperatura mínima promedio diaria. El error estándar está indicado con barras.. 25
- Figura 4 Longitud promedio total (mm) en juveniles de abulón (*H. fulgens*) alimentados con dos tratamientos experimentales y otro comercial como referencia. El error estándar está indicado con barras. 27
- Figura 5. Peso promedio total (g) en juveniles de abulón (*H. fulgens*) alimentados con dos tratamientos experimentales y otro comercial como referencia. El error estándar está indicado con barras. 28
- Figura 6. Tasas de crecimiento promedio ($\mu\text{m}/\text{día}$) en juveniles de abulón (*H. fulgens*) alimentados con dos tratamientos experimentales y otro comercial como referencia. El error estándar está indicado con barras. 32
- Figura 7. Tasas de crecimiento promedio ($\mu\text{g}/\text{día}$) en juveniles de abulón (*H. fulgens*) alimentados con dos tratamientos experimentales y otro comercial como referencia. El error estándar está indicado con barras. 33
- Figura 8. Tasas de crecimiento específico promedio ($\%/ \text{día}$) en juveniles de abulón (*H. fulgens*) alimentados con dos tratamientos experimentales y otro comercial como referencia. El error estándar está indicado con barras. 34

Figura 9. Consumo promedio diario (% peso corporal/día) en juveniles de abulón (*H. fulgens*) alimentados con dos tratamientos experimentales y otro comercial como referencia. El error estándar está indicado con barras. 36

Figura 10. Eficiencia de conversión alimenticia (ECA) en juveniles de abulón (*H. fulgens*) alimentados con dos tratamientos experimentales y otro comercial como referencia. El error estándar está indicado con barras. 38

LISTA DE TABLAS

Tabla I. Composición de los alimentados experimentales y otro comercial como referencia, para alimentar a juveniles de abulón *Haliotis fulgens*, durante 179 días de experimentación. 13

Tabla II. Análisis proximal de los dos alimentos experimentales otro comercial como referencia, para alimentar a juveniles de abulón *Haliotis fulgens*, durante 179 días de experimentación. 22

Tabla III. Tasas de crecimiento en longitud ($\mu\text{m}/\text{día}$); peso($\mu\text{g}/\text{día}$) y cecicimiento específico (TCE), obtenidas después de alimentar a juveniles de abulón *Haliotis fulgens*, con dos alimentos experimentales y otro comercial como referencia. Los errores estándar están indicados dentro del paréntesis. 31

Tabla IV. Consumo y Eficiencia de conversión alimenticia (ECA) obtenidos después de alimentar a juveniles de abulón *Haliotis fulgens*, con dos alimentos experimentales y otro comercial como referencia. Los errores estándar están indicados dentro del paréntesis. 39

I. INTRODUCCIÓN

El abulón es un producto altamente cotizado, alcanzando un precio en el mercado de \$ 66.54 US dólares por kilogramo de abulón entero¹. Siendo el segundo producto pesquero en importancia económica para México, aún en la actualidad (Banco de Comercio exterior). En nuestro país el recurso pesquero del abulón ha mostrado una disminución que se dio a partir de su comercialización (Rocha, 1985), registrándose para el año de 1950 la captura máxima de 5,993 toneladas (Mateus, 1985). Su intensa captura ha dado lugar a que las poblaciones hayan disminuido notablemente en los últimos 15 años (Guzmán del Prío, 1992). Esto no sólo se ha observado en México, sino en todos los países dedicados a la explotación de esta especie. Como consecuencia de esto, hoy en día se capturan en México entre 500 y 600 toneladas anuales (Guzmán del Prío, 1992). Atendiendo este comportamiento, países como Japón y EUA en 1939 (Cox, 1962), Australia, Nueva Zelanda y México en 1966 (Mottet, 1978; Guzmán del Prío, 1992), decidieron implementar programas de investigación sobre este molusco

Tal disminución en la pesquería del abulón ha despertado un considerable interés en el desarrollo de métodos para su cultivo. El problema principal de la acuicultura de este organismo ha sido su lento crecimiento, aparte de la

¹ Precio al inicio de la temporada de 1995, proporcionado por la Federación Regional de Sociedades Cooperativas de la Industria Pesquera. Ensenada, B. C. México.

disponibilidad y abundancia del alimento natural, principalmente de algas marinas (Norman-Boudreau, 1989).

Sin duda alguna, uno de los factores claves para el éxito en el cultivo del abulón con tasas de crecimiento mayores, sea el alimento balanceado. Como alimento balanceado se entiende a aquel alimento consistente de dos o más ingredientes proporcionados, mezclados y procesados que satisfagan necesidades fisiológicas de los animales (Tacon, 1989). Su alimento natural, las macroalgas, contienen bajas concentraciones de proteína (2 al 10%) y un alto porcentaje de humedad (89%) (Uki y Watanabe, 1986), obteniendo que el crecimiento del organismo en condiciones naturales es del orden de 2.5 cm/anuales (Hahn, 1989). Si este crecimiento se traduce a condiciones de cultivo, se hablaría de un tiempo aproximado de 3 a 5 años para alcanzar la talla comercial de 7.5 a 10 cm. de longitud (Hahn, 1989).

Se ha observado una relación directa entre el contenido y calidad de la proteína y su crecimiento, siendo directamente proporcional, lo cual promueve la posibilidad de utilizar alimento balanceado (Uki y Watanabe, 1986 y Hahn, 1989).

En base a lo anterior las investigaciones relacionadas al cultivo del abulón son dirigidas para obtener un alimento balanceado con niveles óptimos de proteína, lípidos y otros nutrientes necesarios para aumentar su tasa de crecimiento, asegurando de esta manera el éxito de su cultivo (Gorfine y King, 1991).

Al hablar de alimentos balanceados para abulón, es importante mencionar algunos de los factores que han hecho hasta ahora difícil su utilización en las zonas de cultivo: **1)** Son organismos raspadores, por lo que requieren de un alimento totalmente diferente a los actualmente encontrados en el mercado para otros organismos acuáticos, haciendo necesaria la implementación de una nueva tecnología para su elaboración; **2)** Son de hábitos nocturnos y lentos (Hahn, 1989), por lo que requieren que el alimento deba permanecer varias horas en el agua sin sufrir una pérdida considerable de nutrientes y **3)** Los alimentos ya existentes en el mercado internacional presentan un alto costo (de 3.20 a 10.0 US dólares por Kg)². Costo que se incrementaría al tener que ser importado.

El alto costo del alimento comercial, se debe en parte, a la necesidad de utilizar una elevada cantidad de micronutrientes para compensar el lavado de éstos en el agua y del costo de los aglutinantes necesarios para la obtención de un comprimido tipo galleta que permanezca durante varias horas en el agua. Por las razones antes expuestas, es necesario buscar alternativas para disminuir su costo y contar con un alimento accesible a nuestras necesidades. De esta manera, en el Instituto de Investigaciones Oceanológicas se trabaja en la elaboración de alimentos balanceados con ingredientes disponibles en la región, incluyendo la utilización de proteína barata (subproductos pesqueros), con tecnología propia.

² Precio de introducción proporcionado por Sea Plant Products Limited. Sudáfrica y alimento proveniente de Japón, respectivamente.

En la actualidad la víscera de abulón como subproducto de la pesca, no es utilizada en México, mientras que la concha se comercializa. Las vísceras son por lo general desechadas, no dando lugar a un producto alternativo, además de ocasionar contaminación (López, 1994). Bernal (1993) estableció que las vísceras en el abulón constituyen en promedio un 20% del peso total del organismo, además de evidenciar que éstas pueden ser utilizadas al consistir en un subproducto que mantiene una composición química significativamente homogénea durante la época de captura del 1° de enero al 31 de junio, aproximadamente (Andrade, M. Comunicación personal)³.

Por citar un ejemplo, la Cooperativa de Bahía Tortugas (una de las 3 sociedades con mayor producción de este recurso), capturaron para 1994, 130 toneladas (peso total), generándose a partir de éstos, 25,535 Kg de víscera de abulón (Andrade, M. Comunicación personal)

En el Instituto de Investigaciones Oceanológicas (IIO) se ha estado trabajando con la preservación de subproductos pesqueros mediante el uso de ácidos dando como resultado el ensilaje (Viana *et al.*, 1993; López, 1994). El ensilaje es una buena opción para la alimentación animal por tratarse de un proceso con tecnología simple aparte de utilizar materia prima de bajo costo con un alto contenido de nutrientes. En este caso, la víscera de abulón, contiene un promedio de $53.6 \pm 5.47\%$ de proteína en base seca (Bernal, 1993). Aparte de estas ventajas, el ensilaje de pescado y de víscera

³ Andrade, Mario. Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera de Bahía Tortugas. Ensenada, B. C. México.

de abulón en alimentos balanceados para acuicultura ha sido considerado como un fuerte atrayente para los organismos (Hardy, 1991; Viana *et al.*, 1994).

Otra fuente de proteína local es la harina de pescado, cuya calidad puede variar dependiendo del método empleado para su industrialización así como del estado de frescura (Bertullo, 1975). En general la harina de pescado es considerada como una fuente de proteína de buena calidad con una alta digestibilidad en la mayoría de los organismos. Su composición dependerá del tipo de la materia prima, ya sea de pescado entero (mayor calidad) o subproductos. Estos últimos dan lugar a una harina con un alto contenido de minerales y menor cantidad de proteína, con menor digestibilidad. Esto, por contener una alta concentración de tejidos ricos en colágena proveniente de piel y vísceras. En alimentos balanceados ricos en proteína, la harina de pescado puede constituir el ingrediente más costoso del alimento, sin embargo, otro inconveniente es la formación de compuestos tóxicos como la moyerosina (formada a partir de una reacción térmica entre la lisina e histidina), que al menos en pollos ha probado causar la enfermedad del vómito negro. En alimentos balanceados para camarón no se ha visto un efecto tóxico en presencia de la moyerosina, sin embargo, se observa una disminución en el crecimiento cuando se les da harina de mala calidad (Cruz, E. Comunicación personal)⁴.

⁴ Cruz, Elizabeth. Universidad Autónoma de Nuevo León. Posgrado en Nutrición de organismos Acuáticos. Monterrey, Nuevo León. México.

II. ANTECEDENTES

Si bien es importante mencionar que en la actualidad los países que cultivan el abulón son: Japón, Taiwan, Corea, Australia, Nueva Zelanda, EUA, China, México y Sudáfrica. sólo Japón, Nueva Zelanda y Sudáfrica, han logrado desarrollar con buenos resultados alimento balanceado a nivel comercial. Sin embargo, el costo de sus ingredientes, la mano de obra y sobre todo la lejanía de su lugar de origen, dan lugar a que el alimento no sea accesible y por ende, imposible su utilización en nuestro país.

Además de incluir la utilización de proteína barata (subproductos de la pesca) como una alternativa en la alimentación para la industria de la acuicultura, en el Instituto de Investigaciones Oceanológicas se ha trabajado desde 1991 en el desarrollo de dietas balanceadas para *Haliotis fulgens*. Especie nativa de nuestra región y que constituye una de las de mayor demanda y mejor cotizadas en el mercado internacional. Los resultados hasta ahora obtenidos son muy alentadores, por tratarse de alimentos formulados con ingredientes de la región. Todo esto constituye los primeros pasos en la autonomía de la alimentación para su cultivo.

Una de las formas más adecuadas para mantener las características nutricionales de los subproductos de la pesca, es mediante el proceso del ensilaje. Proceso utilizado desde 1920 y que fuera adoptado para preservar pescado (ensilaje ácido) en 1930 por Edin (Backhoff, 1976). Los ensilajes se caracterizan por ser líquidos y prácticamente estériles. Esto, porque los ácidos presentes funcionan como

agente antimicrobiano impidiendo el crecimiento de hongos y bacterias (Raa y Gildberg, 1982).

Actualmente se producen y se utilizan en varios países como complemento alimenticio, en aves de corral, cerdos y vacas así como en el cultivo de peces marinos (Raa y Gilberg, 1982; Barlow y Winsor, 1984) y recientemente en la formulación de dietas artificiales para juveniles de tilapia *Oreochromis niloticus* (Fagbenro y Jauncey, 1995).

“Son los países europeos los que elaboran ensilajes ácidos a nivel comercial. En Dinamarca, por ejemplo, se producen a nivel industrial desde 1950, en Noruega y Polonia entre otros, se practican en gran medida, y se sabe que países en vías de desarrollo, como la India, también son utilizados” (Nava, 1993).

Por primera vez en 1993, se utilizó en el Instituto de Investigaciones Oceanológicas el ensilaje de víscera de abulón en la formulación de una dieta balanceada en juveniles de abulón (*H. fulgens*). El crecimiento obtenido fue igual e inclusive superior a lo reportado por otras especies en otros países (Viana *et al.* ,en prensa). Esto, probablemente se deba no solo a la proteína en sí, sino también a que el ensilaje de vísceras de abulón ha probado ser atractable para éstos organismos, facilitando de esta manera su ingestión (Viana *et al.* , 1994).

Las vísceras de abulón son generadas únicamente durante la época de captura del abulón obedeciendo a un estricto control de vedas, haciendo de éstas un recurso temporal, limitando la producción de alimentos balanceados durante todo el año. De

esta manera, es necesario contar con una fuente de proteína alternativa que nos permita producir alimento balanceado continuamente. La harina de pescado es producida localmente en Ensenada durante todo el año, y si bien su costo es mayor al de ensilaje de subproductos pesqueros, es sin duda una mejor alternativa que el importar alimento comercial para abulón ya elaborado.

Existen diversos trabajos que utilizan diferentes alimentos balanceados en géneros de *H. discus*, *H. discus hannai*, *H. sieboldii* obteniendo siempre mejores crecimientos que en aquellos con alimento natural (Nie *et al.* , 1986; Britz *et al.* , 1994 y Gorfine *et al.* , 1991).

Trabajos realizados por Uki *et al.* (1985a) con *H. discus hannai* mostraron obtener mejores tasas de crecimiento en aquellos alimentos donde la fuente principal de proteína fue la caseína, seguida por la soya, concentrado de centeno, albúmina de huevo, huevo entero, extracto de pescado y gluten de maíz. En esos alimentos, la fuente de proteína con la mejor eficiencia de conversión alimenticia (ECA) fue la caseína con una tasa de conversión de 1.27.

Como se mencionó anteriormente, en el Instituto de Investigaciones Oceanológicas, han sido probados el ensilaje de víscera de abulón y la harina de pescado como ingredientes en alimentos balanceados, sin embargo, hasta la fecha no han sido evaluados comparativamente y en forma simultáneamente, así como utilizar un alimento comercial existente como referencia.

III. OBJETIVO GENERAL

Evaluar simultáneamente dos alimentos balanceados experimentales: con harina de pescado y con ensilaje de víscera de abulón, utilizando otro comercial como referencia.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1.- Establecer comparativamente el crecimiento (tasa de crecimiento en $\mu\text{m}/\text{día}$, $\mu\text{g}/\text{día}$ y tasa de crecimiento específico) en juveniles de abulón (*H. fulgens*) en los tres diferentes alimentos balanceados.

2.- Evaluar comparativamente el consumo en relación al peso corporal en juveniles de abulón (*H. fulgens*) en los tres diferentes alimentos balanceados.

3.- Obtener un alimento balanceado con un índice de conversión alimenticia semejante al obtenido con el alimento comercial, utilizando ingredientes locales a un costo bajo.

IV. MATERIALES Y METODOS

Preparación de los alimentos balanceados

Los ingredientes y la composición utilizada en el presente trabajo (Tabla I), fueron según lo recomendado por Viana *et al.* (en prensa) basados en los requerimientos nutricionales reportados por Uki *et al.* (1985b) y Uki y Watanabe (1992). La mezcla de vitaminas y minerales, se utilizó según lo recomendado por Hahn (1989).

El ensilaje de víscera de abulón fue preparado según se describe en Viana *et al.* 0, (1993), adicionando 2.5 % de ácido fosfórico, 2.5 % de ácido cítrico y 0.1 % de benzoato de sodio (como conservador) a víscera de abulón picada. Después de obtener una mezcla homogénea, el ensilaje se colocó en cubetas de plástico tapadas, utilizándolo después de permanecer durante 90 días a 4 °C.

Todos los ingredientes de los alimentos experimentales, con harina de pescado (HP) y con víscera de abulón (VA) fueron mezclados y homogeneizados en una batidora (Kitchen Aid Inc.) con un porcentaje de agua menor al 40 %. La mezcla fue extendida con un rodillo de cocina, estandarizando el grosor con dos placas de acrílico de 2 mm. El alimento (en forma de galleta) fue cortado con un molde circular de 2.5 cm de diámetro, mismo que fue pesado y empacado en bolsas de plástico individuales, permaneciendo a -20°C hasta su utilización. Para determinar el

contenido de humedad, se retiró el alimento de manera aleatoria obteniendo el peso seco constante después de permanecer a 104 °C durante 24 h (Clausen, 1988).

Un tercer alimento, de tipo comercial (AC), fue utilizado como referencia durante la experimentación. Formulado a base de espirulina y enviado por Sea Plant Products Limited, Ciudad del Cabo, Sudáfrica.

Estabilidad del alimento

Para el porcentaje de pérdida de materia (base seca) del alimento en agua de mar, se realizaron pruebas en condiciones *in situ*. Para esto, se registró a peso seco constante (Clausen, 1988) el peso de las galletas a las 12 h de exposición bajo las condiciones experimentales.

La estabilidad del alimento fue calculada considerando la pérdida de materia (base seca) a peso seco constante con respecto al tiempo de exposición en el agua de mar (12 h).

Análisis Proximales

Para los casos de los alimentos experimentales con harina de pescado (HP) y con ensilaje de víscera de abulón (VA), los análisis químicos bromatológicos fueron practicados por el Departamento de Nutrición Animal, del Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias, Palo Alto México, D.F.

Los resultados de la evaluación proximal para el alimento balanceado comercial (AC), utilizado como referencia en el presente trabajo, fueron enviados por Sea Plant Products Limited, Ciudad del Cabo, Sudáfrica.

Tabla I. Composición de los dos alimentos experimentales y otro comercial como referencia, para alimentar a juveniles de abulón *Haliotis fulgens*, durante 179 días de experimentación.

% Ingredientes	HP (con harina de pescado)	VA (con ensilaje de víscera de abulón)
Harina de pescado ¹	40.0	0.0
Ensilaje de víscera de abulón neutralizado	0.0	20.0
Harina de Macroalgas ²	12.0	10.0
Harina de soya (48 % de proteína) ³	10.0	17.0
Harina de maíz ⁴	10.0	10.0
Gluten de trigo	4.0	4.0
Celulosa	0.0	12.0
Almidón de maíz	5.0	5.0
Mezcla de minerales ⁵	6.0	6.0
Mezcla de vitaminas ⁵	2.0	2.0
Stay-C ⁶	0.2	0.2
Cloruro de colina	0.08	0.08
Metionina	0.2	0.2
Aceite de hígado de bacalao	0.0	3.0
Alginato de sodio ⁷	4.0	4.0
Gelatina	6.0	6.0
Benzoato de sodio	0.2	0.2
BTH ⁸	0.4	0.4

¹ Proporcionada por Productos de Ensenada, S.A

² Proporcionada por el CRIP (Centro Regional de Investigaciones Pesqueras, Ensenada. México)

³ Proporcionada por la Asociación Americana de la Soya

⁴ Maseca, producida en México

⁵ Según recomendado por Hahn (1989)

⁶ Vitamina C de Roché

⁷ Kelgin MV, Proporcionada por Kelco

⁸ Tolueno Hidroxibutilado (ICN Biochemicals)

Condiciones experimentales

Trescientos sesenta y nueve juveniles de abulón (*H. fulgens*) de 3 meses de edad, provenientes del Laboratorio de Puerto Nuevo, B. C. S (Soc. Coop. de Emancipación) se utilizaron en el bioensayo. Los juveniles fueron transportados (vía aérea) en placas de acrílico ricas en diatomeas, su alimento natural a esa etapa de edad. Al llegar al laboratorio del IIO fueron distribuidos aleatoriamente en nueve cubetas de plástico (blanco) de 20 l de capacidad, provistas con un refugio en material plástico ABS (negro) y conteniendo, cada una de ellas, 41 abulones con una longitud promedio de 6.7 mm (SE = 0.12). Los organismos fueron mantenidos a flujo abierto de agua de mar (300 ml/min) y aireación constantes. Para evitar un crecimiento compensatorio ocasionado por el cambio de alimentación natural a balanceada (Viana et al., en prensa), a los organismos se les ofreció alimento estándar (con víscera de abulón) durante 75 días para acondicionarlos a los alimentos y a las condiciones experimentales del bioensayo, tiempo en el que alcanzaron una longitud promedio de 14.4 mm. (SE = 0.21).

Para estandarizar las condiciones experimentales del bioensayo, las cubetas se distribuyeron de manera aleatoria estableciendo un sistema de rotación semanal de las mismas. Durante la rotación, las cubetas fueron lavadas para impedir la formación de microalgas (evitar la interferencia con los alimentos) y la incrustación de poliquetos.

El experimento fue llevado a temperatura de agua de mar (cubetas), observando de un total de 179 registros, un rango de temperatura promedio de 21.9 a 14.6 °C como máximas y de 20.9 a 14.3 °C como mínimas

Después de los 75 días de acondicionamiento, dos alimentos experimentales (**HP** y **VA**) y otro comercial (**AC**) (Tabla I) fueron probados por triplicado en los grupos de 41 abulones. El suministro de todos los alimentos (**tratamientos**) fue *ad libitum*, diariamente y por la noche, durante 179 días. El consumo, la eficiencia en la conversión alimenticia (ECA), y el peso seco constante del alimento consumido fue estimado durante los primeros 114 días de experimentación. Como control, se utilizó alimento en una cubeta sin organismos por tratamiento bajo las mismas condiciones experimentales. Para ésto, después de las 12 h de permanencia en el agua de mar, el alimento remanente era retirado manualmente (de cada cubeta), colocándolo en navecillas de aluminio (previamente obtenidas las taras y rotuladas) para ser ingresadas a la estufa, con la finalidad de conocer los consumos diarios en las cubetas. Al mismo tiempo el alimento diario retirado de los controles y el remanente para determinar el consumo, fue deshidratado a 104 °C durante 24 h (Clausen, 1988) El porcentaje de pérdida (estabilidad) de los alimentos es reportado en base seca. Esta diferencia de peso proviene del peso humedo de los comprimidos y del peso obtenido después de recogerlo de los controles, ambos reportados en base seca.

En los 65 días restantes de experimentación, el alimento fue ofrecido en las mismas condiciones durante 24 h, retirándolo diariamente antes de suministrar el nuevo.

Evaluación de crecimiento

Con la finalidad de evaluar el efecto del alimento, fue evaluado el crecimiento en longitud y peso corporal cada 4 semanas a cada organismo, utilizando un vernier (± 0.03 mm) y balanza (± 0.001 g), electrónica digital, respectivamente.

Consumo

El consumo diario se estimó como la diferencia del peso seco constante, entre el alimento ofrecido y el colectado menos la pérdida por estabilidad, después de permanecer 12 h en las cubetas experimentales. Reportándolo en relación al peso corporal diario del organismo.

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

$$F = (GS / 100) - R, \quad (1)$$

donde:

G = Alimento suministrado (en gramos)

S = Porcentaje del alimento recuperado (obtenido de los controles sin abulones)

R = Alimento remanente (en gramos) después de que los abulones se alimentaron.

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

Eficiencia de conversión alimenticia (ECA)

Se calculó con la ecuación:

$$ECA = W/F, \quad (2)$$

donde:

W = Gramo de peso corporal ganado

F = Gramos del alimento consumido. Basado en lo recomendado por Uki y Watanabe (1992).

Tasa de crecimiento específico

Para evaluar la tasa de crecimiento específico, el cual corresponde al crecimiento en peso diario con respecto al peso del organismo, se utilizó la ecuación:

$$TCE = |(\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial} / \text{días})| \quad (3)$$

Según lo recomendado por Espe (1993).

Análisis estadístico

A los datos de longitud y peso corporal obtenidos a lo largo de la experimentación (medias de las replicas), fueron sometidos a una prueba de normalidad (Kolmogorov-Smirnov) y una prueba de homogeneidad de varianza (Bartlett). Todos los datos que cumplieron con las condiciones antes mencionadas fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA de 1 vía) para observar diferencias significativas (entre tratamientos para cada tiempo) para el crecimiento total, tasas de crecimiento ($\mu\text{m}/\text{día}$ y $\mu\text{g}/\text{día}$), crecimiento específico y consumo (% peso corporal/día) y en la eficiencia en la conversión alimenticia de los alimentos experimentales **HP**, **VA** y el comercial **AC** con una $\alpha = 0.05$. Posteriormente se les aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Student- Newman-Keuls (SNK) para comparar y conocer las diferencias significativas entre sus medias (alimentos) con una $\alpha < 0.05$. A los datos que no cumplieron con una distribución normal, se les aplicó una prueba de Kruskal-Wallis de una vía, como fueron los casos de la ECAs para **VA** y la pérdida de materia en **HP** y **AC**, a lo largo del tiempo. Para detectar las diferencias significativas en las medias de las tasa de crecimiento específico, la eficiencia de conversión alimenticia y la pérdida de materia de los alimentos, a los diferentes tiempos de experimentación se les aplicó una (ANOVA de 1 vía.).

Por otro lado, para determinar el grado de asociación entre la temperatura promedio mínima y la tasa de crecimiento en longitud ($\mu\text{m}/\text{día}$) para cada uno de los tratamientos, se aplicó una prueba de correlación de Pearson ($\alpha < 0.05$).

Se utilizó el paquete de computadora Sigmastat (1.0) para “Windows” para realizar el análisis estadístico

V. RESULTADOS

Análisis bromatológicos

Los resultados de la composición proximal de los tratamientos (Tabla II) muestran diferencias entre ellos mismos. El tratamiento **HP** presentó el mayor contenido de proteína con el 49.4 %, para los tratamientos **VA** y **AC** fueron semejantes entre ellos mismos, con el 36.5 y 38.4 % respectivamente.

El contenido de lípidos fue casi igual para los tratamientos **HP** y **AC** con el 5.7 y 5.8 % respectivamente, reportando para el tratamiento **VA** el mayor contenido con el 7.6 %.

Estabilidad del alimento

El tratamiento **VA** presentó la mayor pérdida de materia seca con un promedio total durante la experimentación de 24.1 %, no existiendo diferencias significativas a lo largo de la experimentación (KW, H = 3.32; g.l. = 3 P = 0.35). En segundo lugar el tratamiento **HP** con una pérdida del 13.5 % como promedio total, en donde fue significativamente diferente entre los períodos de Septiembre-Octubre y Diciembre-Enero (SNK P = 0.004). El tratamiento **AC**, presentó la mejor estabilidad, con tan sólo el 10.3 % de pérdida promedio total, siendo significativamente diferente entre los períodos de Julio-Agosto y Diciembre-Enero (KW, H = 8.82; g.l. = 3 P = 0.032) (Figura 1).

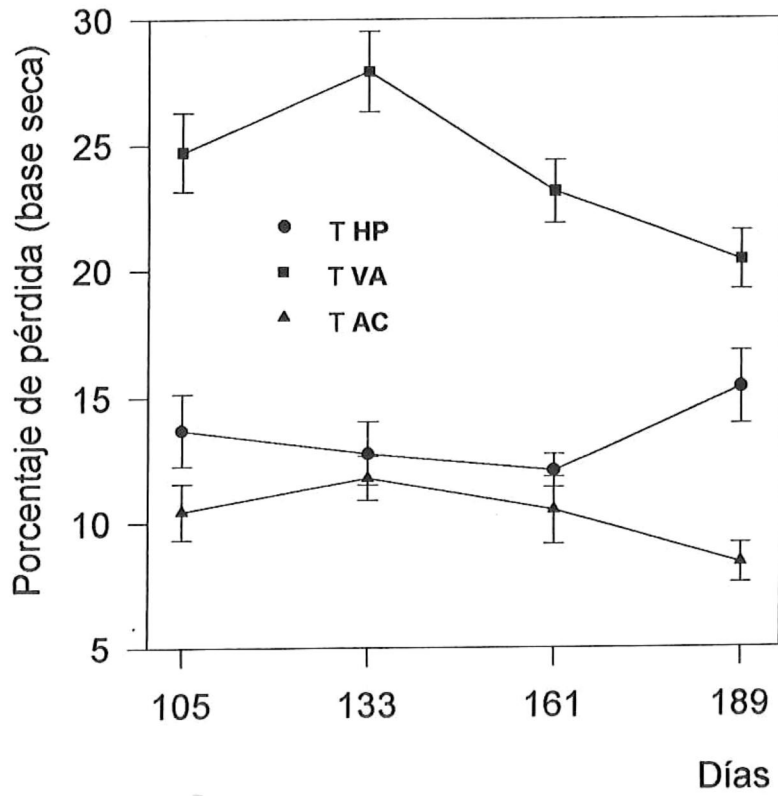


Figura1. Porcentaje de pérdida promedio diaria de los tratamientos aplicados en juveniles de abulón (*H. fulgens*) durante el período de consumo. El error estándar está indicado con barras.

Tabla II. Análisis proximal de los dos alimentos experimentales y otro comercial como referencia, ofrecidos a juveniles de abulón *Haliotis fulgens*, durante 179 días de experimentación.

Constituyente (%)	HP (con harina de pescado)	VA (con ensilaje de víscera de abulón)	AC (alimento comercial)*
Humedad (100-110°C)	0.0	0.0	0.0
Proteína cruda (Nx 6.25)	49.4	36.5	38.4
Grasa cruda	5.7	7.6	5.8
Fibra cruda	0.3	0.1	1.3
Materia mineral (550-600°C)	13.6	15.6	6.3
Exto.libre de nitrógeno (por diferencia)	31.0	40.2	48.1

* Alimento comercial proveniente de Sudáfrica (Sea Plant Products)

Condiciones experimentales

Al observar las tendencias de la temperatura mínima promedio diaria (Figura 2). con los parámetros estimados en el presente trabajo, se obtuvo una correlación lineal positiva de Pearson (tratamiento **HP**, $r = 0.926$, $P = 0.008$, $n = 6$; tratamiento **VA**, $r = 0.825$, $n = 6$, $P = 0.043$ y tratamiento **AC**, $r = 0.939$, $n = 6$, $P = 0.006$), entre la temperatura y la tasa de crecimiento ($\mu\text{m}/\text{día}$). De esta manera se observa que a medida que la temperatura disminuye, hubo una disminución en la tasa de crecimiento de los tratamientos. Sin embargo éstos valores no presentan diferencias significativas $P < 0.05$ (Figura 3).

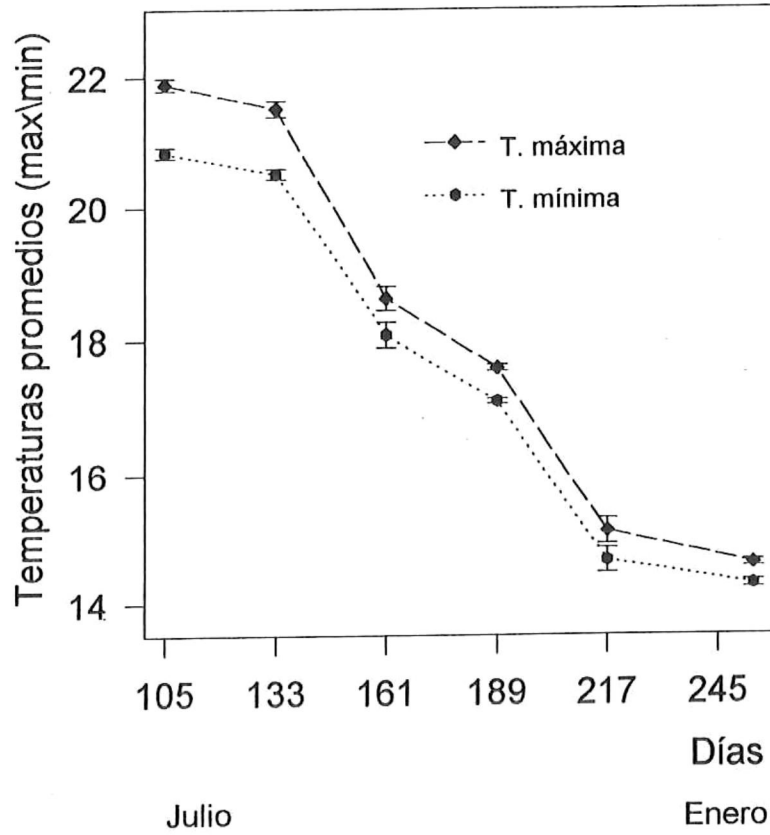


Figura 2. Temperaturas (°C) promedio diaria durante el tiempo de de experimentación. El error estándar está indicado con barras.

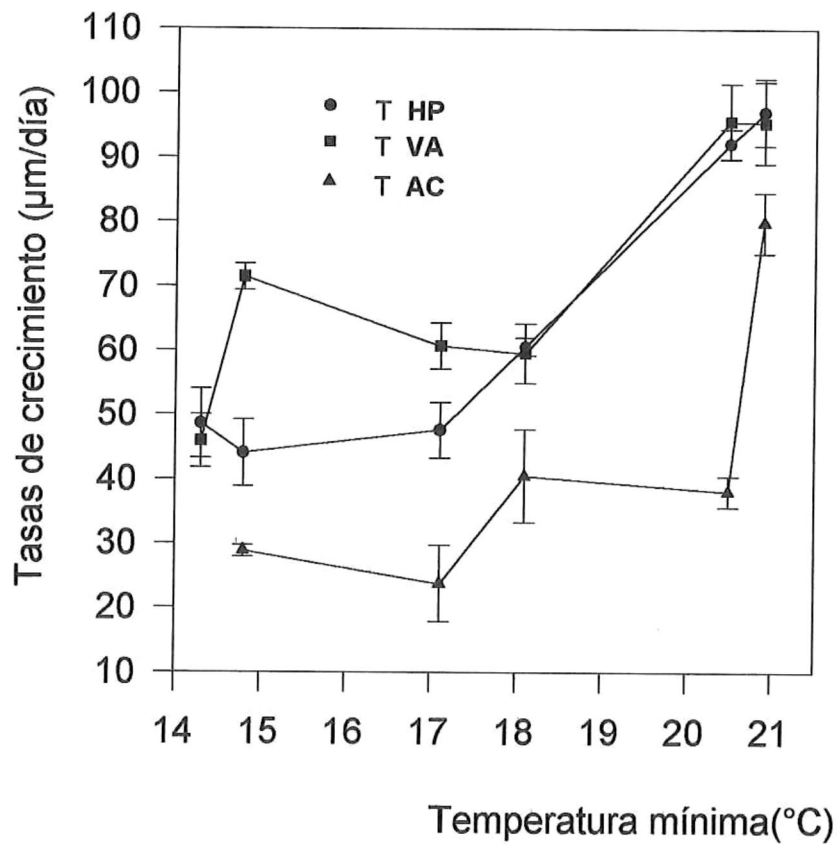


Figura 3. Tasas de crecimiento ($\mu\text{m}/\text{día}$) en juveniles de abulón (*H. fulgens*) en relación a la temperatura mínima promedio diaria ($^{\circ}\text{C}$). El error estándar está indicado con barras.

Evaluación de crecimiento

El crecimiento total en longitud (Figura 4) y peso corporal (Figura 5) se mantuvo sin mostrar diferencias significativas entre tratamientos desde su ofrecimiento hasta el día 133 ($F = 2.17$, g.l. = 2, $P = 0.196$ y $F = 3.26$, g.l. = 2, $P = 0.110$ respectivamente). A partir del día 161 el tratamiento **AC** fue significativamente diferente (SNK, g.l. = 2, $P = 0.019$; día 189 SNK, g.l. = 2, $P = 0.002$), resultado que se mantuvo a excepción del día 217 de experimentación donde todos los tratamientos fueron diferentes significativamente (SNK, g.l. = 2, $P = 0.0002$). Al final del experimento (día 254), sólo el tratamiento **AC** fue significativamente diferente (SNK, g.l. = 2, $P = 0.0001$), obtuyéndose en el primer año de edad de los organismos, una longitud promedio total de 26.1 (SE = 0.346), 26.8 (SE = 0.203) y 23.3 (SE = 0.153) mm para los tratamientos **HP**, **VA** y **AC** respectivamente, con un peso promedio total de 2.30 (SE = 0.100), 2.43 (SE = 0.068) y 1.65 (SE = 0.0442) g para **HP**, **VA** y **AC** respectivamente.

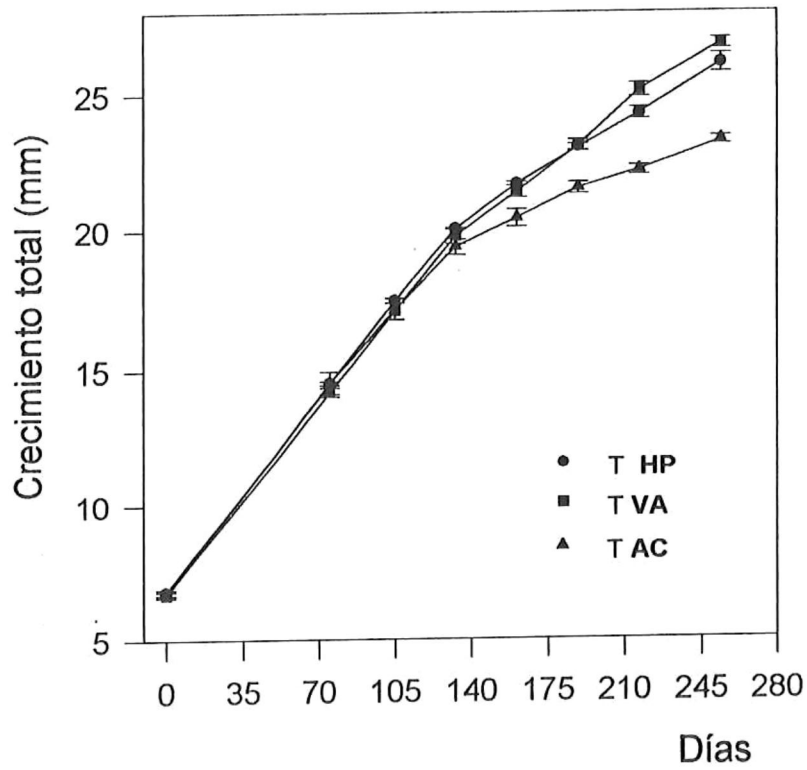


Figura 4. Longitud promedio total (mm) en juveniles de abulón (*H. fulgens*) alimentados con dos tratamientos experimentales y otro comercial como referencia. El error estándar está indicado con barras.

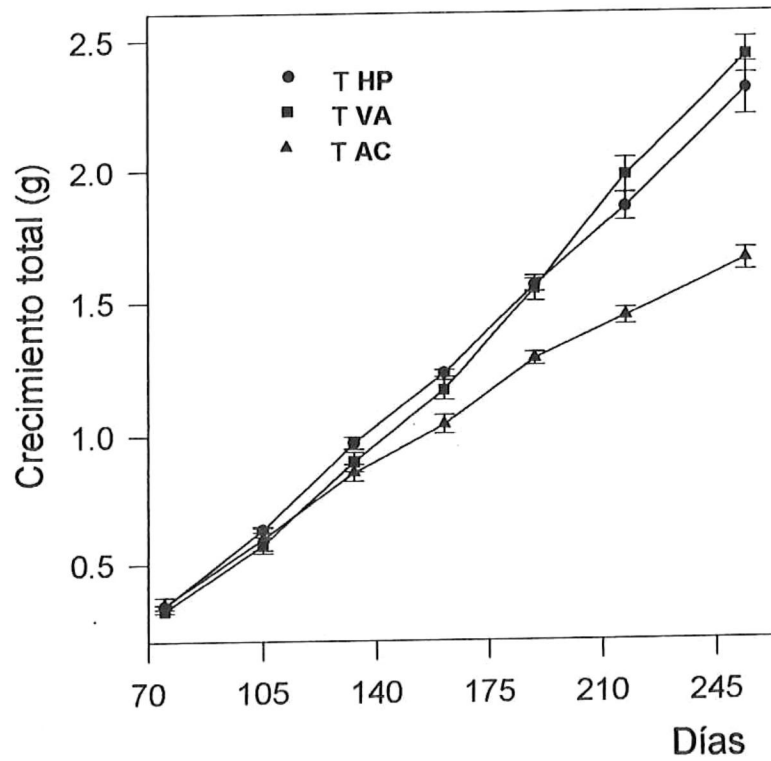


Figura 5. Peso promedio total (g) en juveniles de abulón (*H. fulgens*) alimentados con dos tratamientos experimentales y otro comercial como referencia. El error estándar está indicado con barras.

Las mejores tasas de crecimiento en longitud corporal ($\mu\text{m}/\text{día}$) de los tratamientos **HP**, **VA** y **AC** fueron de 97.1, 95.4 y 86.0 $\mu\text{m}/\text{día}$ respectivamente. Resultados que no fueron significativamente diferentes entre tratamientos en el día 105 de experimentación ($F = 0.923$, g.l. = 2, $P = 0.477$). Las tasas de crecimiento en longitud fueron decreciendo a lo largo de la experimentación en todos los tratamientos, registrando una disminución de 54.7, 52.0 y 72.3 % con respecto a su tasa mayor, para los tratamientos **HP**, **VA** y **AC** respectivamente. Los tratamientos **HP** y **VA** fueron significativamente diferentes con respecto al tratamiento **AC** a partir del día 161 hasta el final del bioensayo (SNK, g.l. = 2, $P = 0.004$; día 217 SNK, g.l. = 2, $P = 0.001$; día 254 $F = 7.37$, g.l. = 2, $P = 0.024$), con excepción del día 189 de experimentación, en donde no fueron significativamente diferentes entre tratamientos (SNK, g.l. = 2, $P = 0.087$). Los tratamientos **HP** y **VA** fueron significativamente diferentes entre tratamientos a los 217 días de experimentación (SNK, g.l. = 2, $P = 0.001$), siendo similares a lo largo de la experimentación tratamientos (Tabla III y Figura 6).

Las tasas de crecimiento en peso corporal ($\mu\text{g}/\text{día}$), (Tabla III y Figura 7), no mostraron diferencias significativas entre tratamientos hasta el día 161 ($F = 4.37$, g.l. = 2, $P = 0.068$). Los mejores resultados fueron para el tratamiento **AV** con tasas máximas de 15.32 $\mu\text{g}/\text{día}$ para el día 217, siendo significativamente diferentes entre todos los tratamientos. (SNK, g.l. = 2, $P = 0.0009$) y 13.54 para el día 189, en donde fue significativamente diferente con el tratamiento **AC** (SNK, g.l. = 2, $P = 0.046$) En

el tratamiento **HP**, la mejor tasa de crecimiento fue de 12.30 $\mu\text{g}/\text{día}$ para el día 254, siendo diferentes los tratamientos **HP** y **VA** al **AC** (SNK, g.l. = 2, P = 0.007), mientras que la tasa máxima para el tratamiento **AC** fue de 9.36 $\mu\text{g}/\text{día}$ en el día 133 (SNK, g.l. = 2, P = 0.105).

Con respecto a la tasa de crecimiento específico (%) (Tabla III, Figura 8), se presentó una tendencia a disminuir desde el inicio hasta el día 161 (F = 1.1, g.l. = 2, P = 0.388), sin presentar diferencias significativas en todos los tratamientos, con valores máximos de 2.1, 1.9 y 1.9 % para **HP**, **VA** y **AC** respectivamente al inicio de la experimentación (día 105) y sin presentar diferencias significativas entre tratamientos (F = 1.36, g.l. = 2, P = 0.326). y valores mínimos de 0.6, 0.4 y 0.4 % para el día 161, con valores similares de 0.6, 0.6 y 0.4 % hasta el final del experimento (día 254) para **HP**, **VA** y **AC** respectivamente, siendo significativamente diferente éste último con los demás (SNK, g.l. = 2, P = 0.020). Hasta el día 189 no se observaron diferencias significativas entre tratamientos (F = 5.05, g.l. = 2, P = 0.052).

Tabla III. Tasas de crecimiento promedio en longitud ($\mu\text{m}/\text{día}$); peso ($\mu\text{g}/\text{día}$) y crecimiento específico (TCE), obtenidas después de alimentar a juveniles de abulón *Haliotis fulgens* con dos alimentos experimentales y otro comercial como referencia. Letras iguales indican que no hay diferencia significativa a $P > 0.05$. Los errores estándar están indicados dentro del paréntesis.

TRATAMIENTO	DÍAS	TASA DE CRECIMIENTO		
		$\mu\text{m}/\text{día}$	$\mu\text{g}/\text{día}$	TCE %/día
HP (con harina de pescado)	75	—	—	—
	105	97.1(5.23)	9.84(0.43)	2.1 ^a (0.96)
	133	92.1(2.34)	12.07(1.10)	1.5 ^b (0.10)
	161	60.6(1.37)	9.33(0.95)	0.6 ^c (0.06)
	189	47.6(4.29)	11.71(0.54)	0.8 ^c (0.03)
	217	44.0(5.19)	10.48(1.03)	0.6 ^c (0.05)
	254	48.6(5.40)	12.30(1.46)	0.6 ^c (0.05)
VA (con ensilaje de viscera de abulón)	75	—	—	—
	105	95.4(6.35)	8.37(0.87)	1.9 ^a (0.14)
	133	95.7(5.77)	11.69(0.27)	1.6 ^b (0.05)
	161	59.5(4.65)	9.63(0.78)	0.4 ^c (0.11)
	189	60.7(3.57)	13.54(1.32)	1.0 ^d (0.10)
	217	71.4(2.06)	15.32(0.99)	0.9 ^d (0.04)
	254	45.9(4.13)	12.39(1.02)	0.6 ^c (0.05)
AC (comercial)*	75	—	—	—
	105	86.0(7.00)	8.43(0.62)	1.9 ^a (0.09)
	133	79.9(4.77)	9.36(0.82)	1.3 ^b (0.15)
	161	38.0(2.40)	6.50(0.74)	0.4 ^c (0.18)
	189	40.5(7.24)	8.79(1.08)	0.7 ^c (0.05)
	217	23.8(5.91)	5.52(0.72)	0.4 ^c (0.05)
	254	28.8(0.90)	5.76(0.43)	0.4 ^c (0.02)

* Alimento comercial proveniente de Sudáfrica (Sea Plant Products)

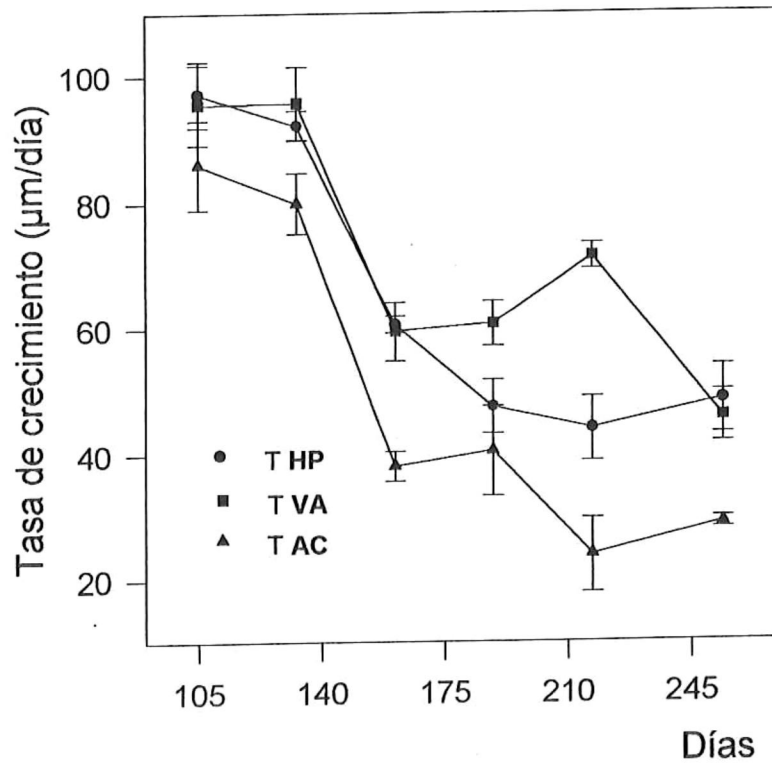


Figura 6. Tasas de crecimiento promedio ($\mu\text{m}/\text{día}$) en juveniles de abulón (*H. fulgens*) alimentados con dos tratamientos experimentales y otro comercial como referencia. El error estándar está indicado con barras.

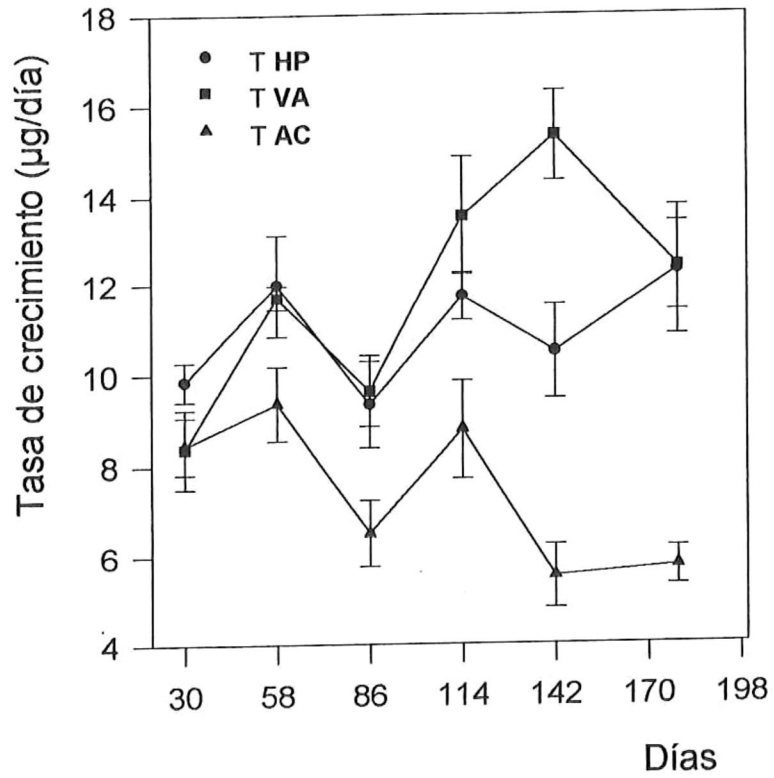


Figura 7. Tasa de crecimiento promedio ($\mu\text{g}/\text{día}$) en juveniles de abulón (*H. fulgens*) alimentados con dos tratamientos experimentales y otro comercial como referencia. El error estándar está indicado con barras.

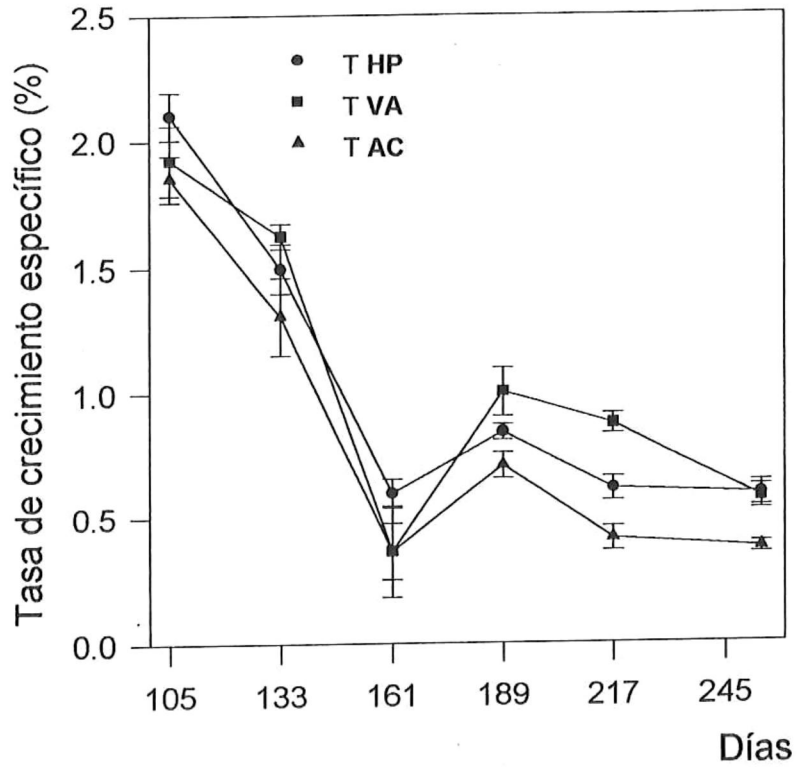


Figura 8. Tasas de crecimiento específico promedio (%/día) en juveniles de abulón (*H. fulgens*) alimentados con dos tratamientos experimentales y otro comercial como referencia. El error estándar está indicado con barras.

Durante la evaluación del consumo (% peso corporal/día), se observó diferencias significativas entre tratamientos a lo largo del experimento. En particular para el día 105, solamente los tratamientos **HP** y **AC** no fueron significativamente diferentes entre éstos dos, reportando el máximo consumo para los tratamientos **AV** y **AC** (SNK, g.l. = 2, P = 0.0036). En los días 161 (SNK, g.l. = 2, P = 0.0005) y 189 (SNK, g.l. = 2, P = 0.004). De manera general se presentó una disminución en la mayoría de los porcentajes de consumo a medida que fue pasando el tiempo, con valores máximos por tratamiento de 1.8, 1.49 y 0.97 % para **VA**, **HP** y **AC**, respectivamente. Sin embargo, el tratamiento **HP** a los 133 días, de experimentación presentó un incremento con un valor máximo de 1.5 % (KW H = 7.20, g.l. = 2, P = 0.004), porcentaje que disminuyó en el transcurso del experimento (Tabla IV y Figura 9).

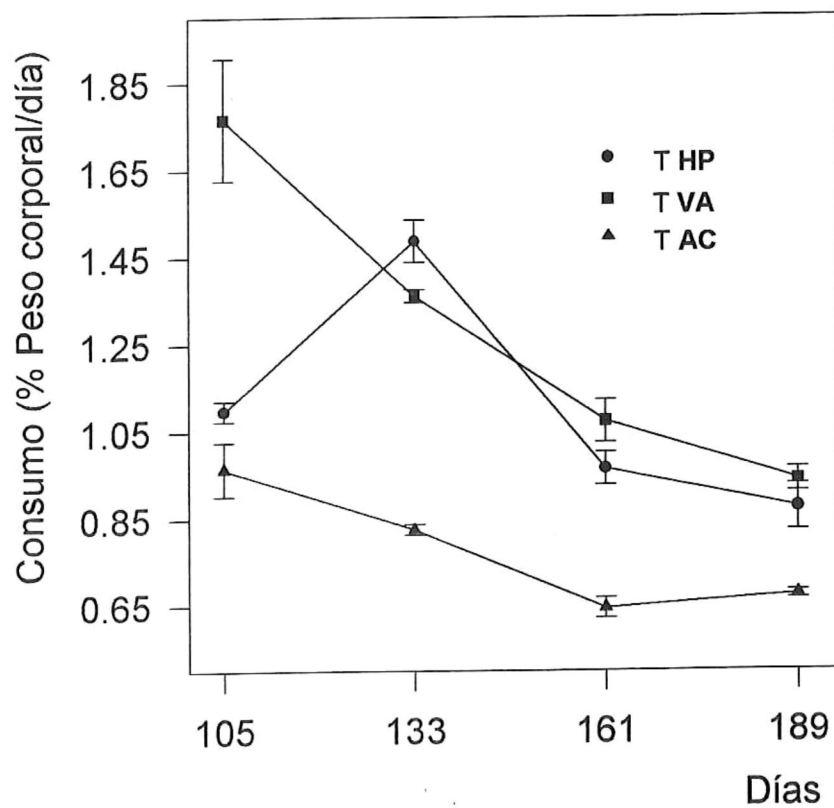


Figura 9. Consumo promedio (% peso corporal/día) en juveniles de abulón (*H. fulgens*) alimentados con dos tratamientos experimentales y otro comercial como referencia. El error estándar está indicado con barras.

La eficiencia de la conversión alimenticia (ECA) presentó una disminución con respecto al tiempo en los tratamientos **HP** y **AC** (SNK, g.l. = 3, $P = 0.006$ y g.l. = 3, $P = 0.011$, respectivamente), mientras que en el tratamiento **VA** no hubo diferencias significativas a lo largo del experimento (KW $H = 3.87$, g.l. = 3, $P = 0.276$). La eficiencia mayor para los tratamientos **HP** y **AC** se logro en el día 105 con un valor de 1.04 y 1.09 respectivamente y significativamente diferentes con los demás tiempos (SNK, g.l. = 3, $P = 0.006$ y $F = 7.28$, g.l. = 3, $P = 0.011$, respectivamente) . Las ECA del tratamiento **VA** se mantuvieron sin presentar diferencias significativas a lo largo del experimento.(KW, $H = 3.87$, g.l. = 3, $P = 0.276$). Las ECA del inicio fueron mayores que las obtenidas a lo largo del experimento (Tabla IV). Entre tratamientos se observó que que al inicio del experimento, el tratamiento **HP** y **AC** fueron diferentes al **VA** (SNK, g.l. = 2, $P = 0.003$), en el día 133 solo el tratamiento **AC** fue diferente al **HP** y **VA** (SNK, g.l. = 2, $P = 0.007$), continuando sin diferencias significativas a lo largo del experimento (día 161 SNK, g.l. = 2, $P = 0.479$; día 189 SNK, g.l. = 2, $P = 0.804$).

A lo largo del experimento se registró una mortalidad acumulada del 16 % para el tratamiento **HP**, mientras que para los tratamientos **VA** y **AC** fue del 0 %..

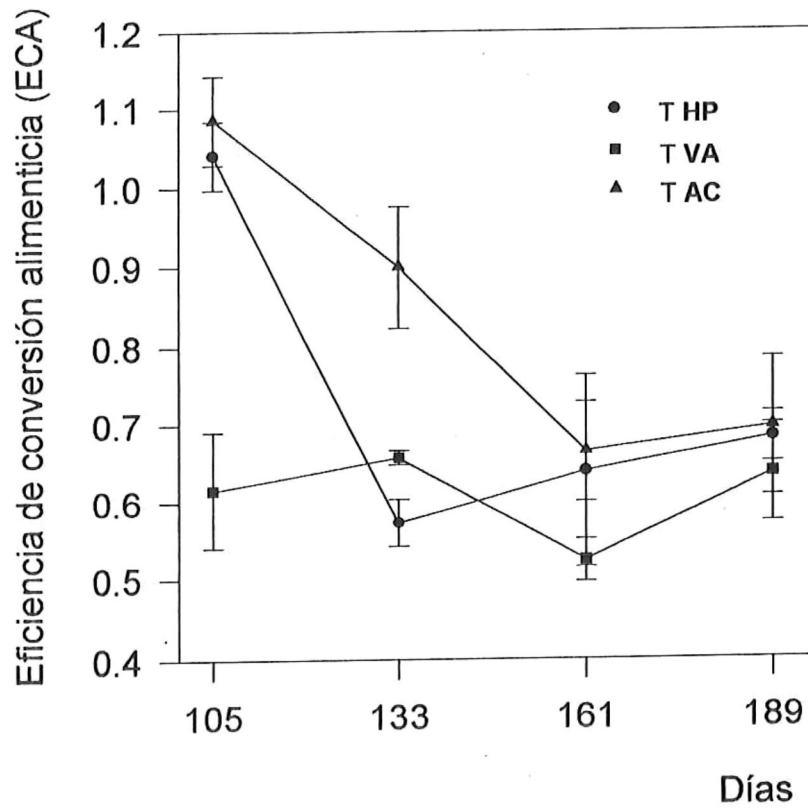


Figura 10. Eficiencia de conversión alimenticia (ECA) en juveniles de abulón (*H. fulgens*) alimentados con dos tratamientos experimentales y otro comercial como referencia. El error estándar está indicado con barras.

Tabla IV. Consumo y Eficiencia de conversión alimenticia (ECA) obtenidos después de alimentar a juveniles de abulón *Haliotis fulgens* con dos alimentos experimentales y otro comercial como referencia. Letras iguales indican que no hay diferencia significativa a $P > 0.05$. Los errores estándar están indicados dentro del paréntesis.

TRATAMIENTO	DÍAS	CONSUMO (% peso corporal/día)	ECA
HP (con harina de pescado)	75	—	—
	105	1.09(0.02)	1.04 ^a (0.04)
	133	1.49(0.08)	0.57 ^b (0.00)
	161	0.96(0.04)	0.64 ^b (0.12)
	189	0.87(0.05)	0.68 ^b (0.03)
	217	—	—
	254	—	—
VA (con ensilaje de víscera de abulón)	75	—	—
	105	1.80(0.14)	0.62 ^a (0.08)
	133	1.35(0.02)	0.66 ^a (0.00)
	161	1.07(0.05)	0.52 ^a (0.03)
	189	0.94(0.03)	0.64 ^a (0.06)
	217	—	—
	254	—	—
AC (comercial)*	75	—	—
	105	0.96(0.06)	1.09 ^a (0.06)
	133	0.83(0.01)	0.90 ^{ab} (0.08)
	161	0.64(0.02)	0.66 ^b (0.06)
	189	0.67(0.00)	0.70 ^b (0.09)
	217	—	—
	254	—	—

* Alimento comercial proveniente de Sudáfrica (Sea Plant Products)

VI. DISCUSION

La composición proximal de los tres tratamientos fue diferente (Tabla II), donde el porcentaje de proteínas resultó ser mayor que al esperado en el tratamiento **HP**. El cálculo inicial del balanceo proximal se realizó con tablas, considerando un 60% de proteína para la harina de pescado. Valor que esta contenido dentro de los límites reportados (60 al 70 %, Barlow y Windsor, 1984) y lo generalmente incluido en las harinas tipo A en México (SARH¹). Sin embargo, la harina de pescado de PROESA resultó presentar 72 % de proteína, lo que ocasionó un incremento de la proteína total. Cabe mencionar que esta diferencia a favor del tratamiento **HP**, no resultó en una mejor tasa de crecimiento con respecto a los demás tratamientos. Ésto es de acuerdo a lo reportado por Uki y Watanabe (1992) quienes mencionan que por arriba del 30 % de proteína para alimentos balanceados, no es significativo en el crecimiento del abulón.

Con respecto al contenido de lípidos, fueron también diferentes en cada uno de los tratamientos, sin embargo estas diferencias se encontraban dentro del rango considerado como aceptable para la nutrición del abulón que es entre 5 y 10 % (Uki y Watanabe, 1992).

¹ SARH. Tablas de composición proximal, Secretaría de Agricultura y Recursos hidráulicos.

La estabilidad de los dos tratamientos experimentales **HP** y **VA** fue del 13.5 y 24.1 % como pérdida promedio total de materia seca respectivamente, los cuales no pueden ser considerados como buenos, ya que representan un porcentaje de pérdida en el costo de producción. Particularmente para el tratamiento, la pérdida pudo deberse al contenido alto de proteína hidrolizada, que aparte de ser líquido no favorezca la estabilidad. En ambas dietas experimentales se utilizó, en igual proporción, un grupo de ingredientes como aglutinantes, tal es el caso del almidón, gelatina, alginato de sodio y gluten (Tabla I). En el tratamiento **AC** se obtuvo la mejor estabilidad promedio durante todo el experimento (10.3 %). Obtener una buena estabilidad es un aspecto de suma importancia, no solo por la cantidad de nutrientes que son desperdiciados, sino también por el costo del mismo. Cuando un alimento va a ofrecerse en un cultivo comercial, es necesario hacer el cálculo de la pérdida por estabilidad para compensarlo, influyendo directamente en el costo de la alimentación. De esta manera puede decirse que el alimento comercial tuvo un porcentaje de pérdida aceptable. Si en el tratamiento con ensilaje de víscera de abulón se piensa que el mismo ensilaje no favorece una buena estabilidad y considerando que el contenido de proteína estaba excedido, podría buscarse la disminución de este ingrediente y reemplazarlo con otro que incremente la estabilidad. De esta manera, se recomienda seguir haciendo un esfuerzo para mejorar la estabilidad de los alimentos experimentales y así poder reducir la pérdida de nutrientes y el costo del alimento.

La temperatura es sin duda uno de los factores que afecta el crecimiento de los organismos (Hochachka y Somero, 1988). En este trabajo se obtuvieron variaciones que fueron desde los 23 hasta los 13 °C (de julio a enero, respectivamente), encontrando una fuerte correlación lineal negativa entre el crecimiento y la temperatura, es decir, con un crecimiento menor a menor temperatura. Diversos trabajos han reportado el efecto de la temperatura en relación al crecimiento de *H. fulgens* (Leighton *et al.* , 1981), *H. discus hannai* (Kan-no y Kikuchi, 1962) y *H. kamtschatkana* (Paul y Paul, 1977). Leighton (1974) encontró que el abulón *H. fulgens* tuvo la mejor tasa de crecimiento en longitud (90 µm/día) a una temperatura de 26 °C. Por regla general, los organismos crecen mejor a mayores temperaturas siempre y cuando no rebasen su límite de tolerancia, en donde el crecimiento se invierte y posteriormente mueren. Algunos autores inclusive, establecen que existe cierta relación entre temperatura y el tipo de alimento natural ofrecido (Simpson, 1995), lo cual quizás se deba a un aspecto fisiológico de las macroalgas que a ciertas temperaturas entren en interacción.

Aun tomando en cuenta la disminución en el crecimiento durante el tiempo de experimentación, el crecimiento total en longitud de los tratamientos experimentales **HP** y **VA** fue de 26.1 (SE = 0.35) y 26.8 mm (SE = 0.20) respectivamente. Tiempo en que los organismos contaban en su primer un año de edad, alimentados desde su llegada al Laboratorio del Instituto de Investigaciones Oceanológicas (6.7 mm

promedio) con alimento balanceado del IIO, sin pasar por macroalgas. Estas cifras son ligeramente mayores a las reportadas como promedio obtenidas con su alimento natural de 25 mm/año (Hahn, 1989). Por otro lado, se reporta que el cambio de alimento, de microalgas a macroalgas, ocurre cuando el abulón es capaz de raspar macroalgas, observándose en abulones de 10 mm de longitud (Hahn, 1989). En el presente trabajo se obtuvo que los abulones aceptaron el alimento desde los 6.7 mm de longitud mostrando una alta tasa de crecimiento (más de 100µm/día, resultados no mostrados).

Si los abulones lograron un crecimiento de 26.1 y 26.8 mm en su primer año de vida, representan un crecimiento anual promedio de 71.5 y 73.4 µm/día. Una vez más, estas tasas de crecimiento pueden ser consideradas como buenas. Se sabe que el crecimiento de los abulones no es constante ni continuo. En el presente trabajo se obtuvieron tasas de crecimiento máximas y mínimas para los tratamientos HP de 97.1 y 44.0, VA de 95.7 y 45.9 y finalmente AC de 86.0 y 23.8 µm/día respectivamente, correspondiendo los valores máximos al inicio y los mínimos al final del experimento. Esto, sin considerar los primeros 75 días de aclimatación en el laboratorio con tasas mayores a las 100 µm/día (resultados no mostrados). En esta etapa, todos los abulones fueron alimentados con la misma dieta (VA). Esto quizás pudo haber influido negativamente en las tasas de crecimiento iniciales, debido a un crecimiento compensatorio ocasionado por un cambio de alimentación (Viana et al.,

en prensa). Sin embargo, esto no se observó en el crecimiento, tanto en longitud como peso (Figs. 5 y 7). La variación de las tasas de crecimiento a lo largo del experimento fue alta, por lo que experimentos de corta duración y sin control de la temperatura, pueden llevar a conclusiones erróneas de una experimentación, resultando necesario que las etapas experimentales abarquen un periodo razonable dando oportunidad a cambios que puedan ocasionar el aumento o disminución en la tasa de crecimiento. El presente trabajo fue realizado durante 254 días, tiempo considerable para estimar dichas variaciones y poder hacer una evaluación más realista. Es importante considerar que los abulones, son organismos fácilmente estresables sobretodo en condiciones experimentales de laboratorio, presentando por lo general crecimientos menores bajo el estrés de manipulación (Viana *et al.* , en prensa). Ésto, por el continuo manejo en la colecta diaria del alimento y el proceso de las mediciones. Por otro lado, cuando hay cambios en la alimentación, los organismos responden mediante un aumento considerable en la tasa de crecimiento, como resultado de un aumento en el consumo, o bien, a la compensación de ciertos nutrientes.

En el alimento comercial se obtuvo una tasa de crecimiento que puede también considerarse como satisfactoria, aunque si hubo diferencias significativas con respecto a ambos alimentos experimentales. Dicha diferencia pudo deberse a la baja variación entre individuos, ya que la diferencia entre las longitudes totales no fue mucha.

El crecimiento específico (%/día), mostró de la misma manera, ser mayor al inicio del experimento, alcanzando hasta 2.1 %/día para el tratamiento **HP**, y 1.9 %/día para el tratamiento **VA** (Tabla II), crecimiento que fue disminuyendo a lo largo del experimento. Como se dijo con anterioridad, la temperatura (Figura 3) presentó una asociación con respecto a la tasa de crecimiento en longitud ($\mu\text{m}/\text{día}$), afectando el crecimiento en la época de invierno, al final del experimento. La tasa de crecimiento específico (%/día) representa una aproximación más real del crecimiento en peso, ya que éste, se comporta de manera exponencial, y al considerar el \ln del crecimiento en relación a la masa corporal del organismo. De esta manera, una vez más, se observa que la tasa de crecimiento específico disminuyó en todos los tratamientos a lo largo del experimento.

En cuanto al consumo (% peso corporal/día) para los tratamientos experimentales y el comercial, fueron disminuyendo de manera general con respecto al tiempo ($P < 0.05$). Disminución que coincide con el decremento en la tasa de crecimiento ($\mu\text{m}/\text{día}$). Es de esperarse que si el crecimiento disminuye a consecuencia del descenso de la temperatura, el consumo de alimento sea menor (Figura 9).

En el presente trabajo, la ECA inicial del tratamiento **HP AC** presentaron diferencias contra las ECA a lo largo del experimento, 1.04 a 0.57 para **HP** y 1.09 a 0.66 para **AC**. Esta variación en **HP** y **AC** implican que en proporción el crecimiento

disminuyó más que el consumo, provocando una disminución de la ECA, o bien, que las ECAs iniciales estaban sobrevaluadas de alguna manera (error experimental) (Tabla IV). De una manera ideal, si el crecimiento y consumo disminuyen, la eficiencia de conversión alimenticia debería permanecer constante, ya que consiste en una relación entre la ganancia de peso corporal húmedo del organismo con cada gramo de alimento (peso seco) consumido.

Finalmente los resultados de mortalidad indican que solamente en el tratamiento balanceado con harina de pescado hubo muertos. El crecimiento en este tratamiento fue bueno, por lo que no puede atribuirse a una deficiencia nutricional, sino probablemente a la presencia de compuestos tóxicos. Como se sabe, la calidad de la harina de pescado depende en gran parte del estado de frescura y proceso del producto hasta su transformación en harina. Un exceso en el calentamiento, así como una elevada concentración de histamina (a consecuencia de un proceso de descomposición) facilita la formación de compuestos tóxicos como la moyerosina, que ya ha probado causar enfermedades en pollos y efectos negativos en el crecimiento de camarones (Cruz, Elizabeth, Comunicación personal). Es casi imposible atribuir esta mortalidad a las mismas condiciones experimentales ya que ésta se dio a medida que transcurrió el tiempo de experimentación. Se desconoce el efecto de compuestos tóxicos en el crecimiento del abulón, pero pudieran ser causantes de estrés.

VII. CONCLUSIONES

Es posible elaborar alimentos balanceados para el abulón (*Haliotis fulgens*) con ingredientes locales con resultados similares o mejores a los obtenidos con alimento comercial.

Los tres alimentos balanceados, con harina de pescado (**HP**), con ensilaje de víscera de abulón (**AV**) y el comercial y (**AC**), resultaron estar dentro del rango de crecimiento observado en su medio natural (25 mm anuales), donde los alimentos **HP** y **VA** presentaron mejores tasas de crecimiento, seguidas por el **AC**.

La estabilidad del alimento **AC** fue superior a la de **HP** y **VA**, por lo que se recomienda seguir haciendo un esfuerzo para obtener menor pérdida de la materia seca.

Las eficiencias en la conversión alimenticia fueron similares para los tres alimentos (**HP**, **VA** y **AC**).

VIII. LITERATURA CITADA

Andrade, M.,(1995). Comunicación personal. Sociedad Cooperativa Bahía Tortugas. Ensenada, BC.

Backhoff, H. P.,(1976). Some chemical changes in fish silage. **J. Fd. Technol.** 11:353-363.

Barlow, S. M. y Windsor, M. L., (1984). Subproductos de pesquería. **Asociación Internacional de Productores de harina de pescado.** 19:1-21.

Bernal-Castro, R. M., (1993). Variación de la composición química proximal de la víscera de abulón durante la época de su captura en Baja California. Tesis de Licenciatura, **Universidad Autónoma de Baja California**, Tijuana, B.C., México, 42 pp.

Bertullo, V., (1975). Tecnología de los Productos y Subproductos de Pescados, Moluscos y Crustáceos. Ed. **Hemisferio Sur**, Buenos Aires, Argentina 204 pp.

Britz, P. J., Hecht, T., Knauer, J. y Dixon, M. G., (1994). The development of an artificial feed for abalone farming. **South African Journal of Science.** 90: 7-8 .

Cox, W., (1962). California abalones, family *Haliotidae* Calif. Dept. Fish and Game. Fish. Bull. 118.pp 130.

Cruz, E., (1994). Comunicación personal. **Universidad Autónoma de Nuevo León**. Monterrey, Nuevo León. México.

Clausen, E., (1988). Kurshefte i Biokjemi for Fiskerifagstudenter. Norges Fiskerihøyskole. Tromsø, Norge. 45 pp.

Espe, M., (1993). Studies on the utilization of pre-digested fish proteins in Atlantic salmon (Salmo salar). **Tesis para obtener el grado de Doctor Scientiarum** en la Universidad de Bergen y el Institute of Nutrition Directorate of Fisheries, Bergen, Noruega.

Fagbenro, O. y Jauncey, K., (1995). Water stability, nutrient leaching and nutritional properties of moist fermented fish silage diets. **Aquacultural Engineering**. 14: 143-153.

Gorfine, H. y King, R., (1991). New food for abalon. **Austasia Aquaculture**, 5 (11): 40.

Guzmán del Prío., (1992). A review of the biology of abalone and its fishery in Mexico. **En:** S.A. Shepherd; M.J. Teneger y S.A. Guzmán del Prío (Editores), Abalone of the world, Fisheries and Culture. **Fishing News Books**, Oxford. pp 341-360.

Hahn, O. K., (1989). Nutrition and growth of abalone. **En:** K. Hahn (Ed). **Handbook of culture of abalone and other marine gastropods** CRC Press, Boca Raton, FL, USA. pp. 135 - 180.

Hardy, R. W.; (1991). Application of hazard analysis and critical control point principles to feed manufacturing. **En** D. M. Akimaya y R. K. H, Tan (Editores), **Proceedings of the acuaculture feed processing and nutrition workshop**. Soybean Association, Republica de Singapur.

Hochachka, P. y Somewro, G., (1984). Biochemical Adaptation. **Princeton University Press**.. Princeton, New Jersey. 537 pp.

Kan-no, H. y S. Kikuchi., (1962). On the rearing of *Andora broughtonii* (Schrenk) y *Haliotis discus hannai*. **Ino.Bull. Mar.Stn. Asamushi**. 11(2): 71-76.

Leighton, D.L., (1974). The influence of temperature on larval and juvenile growth in three species of southern California abalones. **Fish. Bull.** US, 72: 1137-45.

Leighton, D.L., Byhower, M. J., Kelly J. C., Hooker G. N y Morse, D. E., (1981). Acceleration of development and growth in young green abalone (*Haliotis fulgens*) using warmed effluent seawater. **J. World Maricul. Soc.**, 12(1): 170-180.

López-Acuña, L. M., (1994). Desarrollo de dietas artificiales para abulones juveniles de *Haliootis fulgens* (Phillips, 1845), utilizando diferentes fuentes de proteína. Tesis de Maestría, **Universidad Autónoma de Baja California**, Ensenada, B.C., México, x pp.

Mateus, H., (1985). Los Abulones de México. **Secretaría de Pesca**, México, D.F 31 p.

Mottet, M. G., (1978). A review of the fishery biology of abalones. **State of Washington Department of Fisheries**. Technical Report, 37: 1-81.

Norman-Boudreau, K., (1989). Abalone nutrition and the potential role of purified diets. Abstract of Annual Meeting, February 12-16. **National Shellfisheries Association**, Los Angeles California. p. 564.

Nava-López, C., (1993). Efecto del calentamiento en el subproducto pesquero sobre la hidrólisis del ensilaje de pescado. Tesis de Maestría, **Universidad Autónoma de Baja California**, Ensenada, B.C., México, 45 pp.

Nie, Z. Q.; Wang Z. Q. y Yan, J. P., (1986). Experiments on preparing of formulated feed and feeding efficiency of young abalone, *Haliootis discus hannanii* Imo. **Mar Fish. Res.** 7:53-64.

Paul, A. J., Paul, J. D., Hood, D. W., y Neve, R. A., (1977). Observations on food preferences, daily ration requirements and growth of *Haliotis Kamtschatkana* Jonas in captivity. **The Veliger**, 19(3): 303-309.

Raa, J. y Gildberg, A., (1982). Fish Silage: A review **En: CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. 116: 343 - 419.

Rocha, G. E., (1985). Diagnóstico de la Pesquería de Abulón (*Haliotis sp.*) en Baja California de los años 1972-73 a 1981 a 82, por medio de Modelos Globales de Rendimiento. Tesis de Licenciatura, **Universidad Autónoma de Baja California**, Ensenada, B.C., México, 191 p.

SARH. Tablas de composición proximal (1992). Secretaría de Agricultura y Recursos hidráulicos. México

Simpson, B. J., (1995). An investigation of diets of diet management strategies for the culture of the south african abalone, *Haliotis midae*. Tesis de Maestria, Universidad del Cabo, Sudáfrica, 80 pp.

Tacon, A. G.J., (1989). Nutrición y Alimentación de peces y Camarones Cultivados. Manual de Capacitación. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (**FAO- ITALIA**). Brasilia, Brasil 890 pp.

Uki, N.; Kemuyana, A. y. Watanabe, T., (1985 a). 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. y. Watanabe, T. (1985 b). Development of Semipurified Test Diets for Abalone. **Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.**, 51(11): 1825-1833.

Uki, N. y Watanabe, T., (1986). Optimum Protein Level in Diets for Abalone *Haliotis discus hannai* . **Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.**, 51(11):1835-1839.

Uki, N. y Watanabe, T., (1992). Review of the nutritional requirements of abalone (*Haliotis spp*) and development of more efficient artificial diets. **En: Abalone of the world.** S. A. Shepherd., M. J. Tegner, y S.A.Guzmán del Proó. (editores.) Biology, Fisheries and Culture. Fishing New Book, Oxford, pp. 504 - 517.

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

Viana, M.T., Cervantes, M. y Solana-Sensores., R., (1994) Atraction and palatability activities in juvenile abalone (*Haliotis fulgens*): nine ingredients used in artificial diets. **Aquaculture.** 127: 19-28

Viana, M.T., López, L.M., García-Esquivel, Z., y Mendez, E. (199). The use of silage made from fish and abalone viscera as an ingredient in abalone feed. **Aquaculture**, (en prensa).