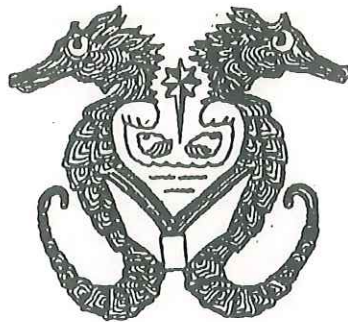




**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
BAJA CALIFORNIA**

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS



**DIETAS ARTIFICIALES COMO POSIBLE SUSTITUTO DE
LAS DIATOMEAS BENTÓNICAS COMO ALIMENTO
PARA JUVENILES DE ABULÓN AZUL
Haliotis fulgens (PHILLIPI, 1845).**

**T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
O C E A N O L O G O
PRESENTA
MARTHA ROSALIA ENRÍQUEZ DÍAZ**

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, MAYO DE 1997.

RESUMEN

Se evaluaron los efectos de cinco tratamientos alimenticios, sobre el crecimiento en longitud estandar y peso humedo de juveniles de *Haliotis fulgens* (PHILLIPI, 1845) durante 154 días. El alimento natural estuvo compuesto de diatomeas bentónicas, la siguiente dieta fue la macroalga *Macrocystis pyrifera* seca y molida, y las tres dietas denominadas A, B y C son alimentos artificiales producidos comercialmente. El contenido de proteínas, lípidos y humedad se da a continuación, para A (harina de pescado) 70%, 7.22% y 1.77%; para B 32%, 8% y 7%; para C 27%, 10% y 8%. Cada uno de los cinco tratamientos se realizó por triplicado en cubetas de 18 litros con 25 organismos cada una, con talla promedio inicial de cinco milímetros. Se alimentaron cada 56 horas con una ración del 50% de su peso total; fueron medidos y pesados cada 30 días.

Los abulones alimentados con las dietas A y B fueron los que mejores crecimientos presentaron durante los 154 días, alcanzando tallas promedio de 103mm/día y 7.52mg/día con la dieta A y de 102.5mm/día y de 7.54mg/día con la dieta B; la dieta menos eficiente fue la de *M. pyrifera* con tallas promedio de 44.6mm/día y 1.24gr/día. Las comparaciones en las dietas se realizaron con una prueba ANOVA de una vía y resultaron ser significativas ($P > 0.05$).

Las dietas A y B con el mayor contenido de proteínas son un excelente sustituto y/o complemento de las diatomeas bentónicas, alcanzando los juveniles de abulón tallas promedio de 2.12mm y 2.13mm respectivamente al final del experimento.

DIETAS ARTIFICIALES COMO POSIBLE SUSTITUTO DE LAS DIATOMEAS
BENTÓNICAS COMO ALIMENTO PARA JUVENILES DE ABULÓN AZUL
Haliotis fulgens (PHILLIPI, 1845).

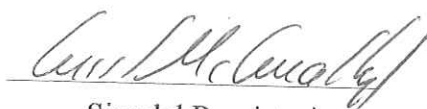
TESIS
QUE PRESENTA:

MARTHA ROSALIA ENRÍQUEZ DÍAZ

Aprobada por:



Presidente del Jurado
M.C. Alfredo E. Salas Garza



Sinodal Propietario
Oc. Lewis S. McAnally Salas



Sinodal Propietario
Oc. Carlos Granados Manchuca

A RUBEN Y CONSTANZA

A JUAN

AGRADECIMIENTOS

Al M.C. Alfredo Salas por todo el tiempo que espero para que este trabajo se concluyera, porque siempre estuvo dispuesto a asesorarme y por sus consejos que tan bien me van.

Al Oc. Lewis McAnally por los comentarios muy acertados sobre este trabajo, por las asesorías para usar los programas de computación y por su ayuda en la elaboración de las figuras. Al Oc. Carlos Granados por su colaboración en la revisión de este trabajo.

Al M.C. Carlos Foo Kong y en especial al Oc. Roberto Flores que sin ayuda en laboratorio, difícilmente podría haber terminado tan satisfactoriamente este trabajo.

A mamá por apoyarme siempre y darme toda la libertad que necesito, a papá porque su presencia siempre me hace pensar dos veces las cosas. A mis hermanos Mary, Flor y Jesús que aún en la distancia han estado siempre conmigo, a Rubén por siempre estar dispuesto a ayudarme; a Alex, Al-Yac, Javier, Carlos y Arnold porque cuando los veo me la paso muy bien. A todos ellos por ser mi familia.

A Manolo y Estela Alvarez, porque me han enseñado a disfrutar la naturaleza y buscar nuevas aventuras. A Emilio por el cariño de siempre.

A los amigos que gane Gaby, Lety, Triny, Minerva, Jazmín, Enrique, Fer, Fermochis, Tony, Angel y Octavio. A la XXXIII y a los Farzantes por los mejores momentos de la carrera.

A las dos Aídas por enseñarme a seguir siempre adelante.

A la Asociación de Salvavidas y Rescate, a Joyese Connel y a Don Carlos Avila por mantener este grupo unido. A la memoria de Bruce Baird, por el cariño que me dió. A los instructores Mauricio Bustos (Bubu), Jorge Chulini (Pato), Marco A. Valdés, Francisco Becerril (BC) y Victor Zavala, por todo lo que me enseñaron; a la "Raza Mala" y a los "viejos" por esos duros pero buenos momentos.

A Juan Botella, BC, Vic y los compañeros de buceo por darme la oportunidad de seguir viviendo.

A Juan por lo que hemos compartido.

ÍNDICE

	Página
1.- INTRODUCCIÓN	1
1.1 GENERALIDADES	1
1.2 ANTECEDENTES	3
2.- OBJETIVO	8
3.- MATERIALES Y MÉTODOS	9
3.1 OBTENCIÓN DE DATOS	13
3.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	14
4.- RESULTADOS	16
5.- DISCUSIÓN	27
5.1 DIATOMEAS BENTÓNICAS	28
5.2 <i>Macrocystis pyrifera</i>	29
5.3 DIETAS A, B y C	32
5.4 SOBREVIVENCIA	35
6.- CONCLUSIONES	37
7.- LITERATURA CITADA	38
8.- ANEXO	41

LISTA DE TABLAS

Página

TABLA I. Contenido nutricional de las dietas comerciales utilizadas en el experimento.	9
TABLA II. Longitud y peso alcanzado al final del experimento (154 días), para cada grupo alimentado con las diferentes dietas (\bar{x} =promedio, s =desviación estandar y n =número de organismos).	16
TABLA III. Promedio obtenido en longitud y peso total a los 185 días; porcentaje del peso de la concha, peso seco y humedad para <i>Haliotis fulgens</i> .	26
TABLA IV. Porcentaje de sobrevivencia (% S) y tasa instantanea de mortalidad para <i>Haliotis fulgens</i> alimentado con cinco dietas diferentes.	45
TABLA V. Análisis de varianza de una vía para la longitud de <i>Haliotis fulgens</i> alimentado con cinco dietas diferentes, durante 154 días.	43
TABLA VI. Análisis de varianza de una vía para el peso total de <i>Haliotis fulgens</i> alimentado con cinco dietas diferentes, durante 154 días.	44
TABLA VII. Prueba <i>a posteriori</i> de Tukey para el crecimiento en longitud de <i>Haliotis fulgens</i> (D.B.= Diatomeas bentónicas, <i>Mp</i> = <i>Macrocystis pyrifera</i>). *=significativo a 0.05, NS= no significativo.	45
TABLA VIII. Prueba <i>a posteriori</i> de Tukey para el crecimiento en peso total de <i>Haliotis fulgens</i> (D.B.= Diatomeas bentónicas, <i>Mp</i> = <i>Macrocystis pyrifera</i>). *=significativo a 0.05, NS= no significativo.	46
TABLA IX. Comparaciones entre las pendientes del peso total y longitud de <i>Haliotis fulgens</i> alimentado con cinco dietas diferentes (R.C.= regresión común, R.P.= regresión "pooled").	48
TABLA X. Múltiples comparaciones entre las pendientes del peso total y la longitud, obtenidas con las cinco dietas dadas como alimento a <i>Haliotis fulgens</i> . *=significativo a 0.05, NS= no significativo.	48
TABLA XI. Análisis de varianza de una vía para los diferentes pesos obtenidos a los 185 días en <i>Haliotis fulgens</i> alimentado con cinco dietas diferentes.	49
TABLA XII. Prueba <i>a posteriori</i> de Tukey para los diferentes pesos obtenidos a los 185 días en <i>Haliotis fulgens</i> alimentado con cinco dietas diferentes. *=significativo a 0.05, NS= no significativo.	50

LISTA DE FIGURAS

Página

FIGURA 1. Representación esquemática del modelo experimental utilizado, ejemplificando las cinco dietas y sus réplicas.	12
FIGURA 2. Crecimiento promedio mensual en longitud (cm), del abulón <i>Haliotis fulgens</i> alimentado con cinco dietas diferentes.	18
FIGURA 3. Tasa diaria de crecimiento en longitud para <i>Haliotis fulgens</i> alimentado con cinco dietas de diferente composición durante 154 días.	19
FIGURA 4. Crecimiento promedio mensual en peso total para <i>Haliotis fulgens</i> alimentado con cinco dietas diferentes.	21
FIGURA 5. Tasa diaria de crecimiento en peso total para <i>Haliotis fulgens</i> alimentado con cinco dietas de diferente composición durante 154 días.	23

INTRODUCCIÓN

GENERALIDADES

El abulón (*Haliotis* spp.) es un organismo marino que se consume como alimento humano desde hace más de 120 años (Kikuchi, 1965). Tiene un papel importante como recurso pesquero debido a que se paga un alto precio por la gran demanda mundial (Hooker y Morse 1985).

Este molusco se encuentra en las aguas templadas del mundo abundando en las costas rocosas de Australia, Japón y el Pacífico de América (Cox, 1962). La distribución de abulón en México se da a lo largo de la costa Bajacaliforniana, desde las Islas Coronado en Baja California hasta Isla Margarita, Baja California Sur (Cox, 1962).

El incremento en la eficiencia de la captura comercial y su intensificación, aunados a la lenta tasa de crecimiento que presenta esta especie, ha dado como resultado un gran declinamiento en la pesquería de este recurso (Leighton, 1974; Grant, 1981). En México, después de obtenerse una captura máxima de 6,000 toneladas en 1950, empieza a tener un descenso en los niveles de producción, para las décadas de los

60 y 70 se captura en promedio 2,000 y 3,000 toneladas respectivamente. Para la década de 1980 la captura fluctuó entre las 300 y 500 toneladas (Searcy-Bernal y Salas-Garza, 1989), y para 1994 la producción se encontró entre las 500 y 600 toneladas (Pérez-Muñoz, 1995).

Actualmente existe, a nivel mundial, una demanda insatisfecha de abulón y dada la situación actual del recurso, esta solo podrá satisfacerse a través de su cultivo (Baqueiro-Cárdenas, 1984). Así surge el interés por desarrollar las técnicas de cultivo de abulón como una alternativa para mantener y elevar la producción y satisfacer adecuadamente la demanda del mercado (Kan-no, 1975; Ebert y Houk, 1984; Rocha-Loghlan, 1985).

Esta industria acuacultural tiene mas de 30 años en Japón, consta de dos etapas; la producción de semilla en laboratorio y su cultivo posterior en cautiverio (Grant, 1981).

Regularmente la producción de semilla de abulón en laboratorio cuenta a su vez con diferentes fases que son: a) Inducción a la maduración de organismos adultos; b) Inducción al desove; c) Cultivo de larvas; d) Inducción al asentamiento y metamorfosis; e) Cultivo de postlarvas y juveniles y, f) Crecimiento de juveniles (Hahn, 1989).

Los abulones juveniles son mantenidos en el laboratorio hasta alcanzar de 1 a 3cm, talla en la cual se puede hacer el trasplante al medio natural o a un sistema de engorda (Flores-Aguilar, 1989).

ANTECEDENTES

En México dió inicio el programa de producción de semilla de abulón en laboratorio con fines de repoblamiento en 1983. La Secretaría de Pesca determinó en 1987 que esta producción sería destinada al sistema de cultivo y al repoblamiento (SEPESCA, 1987). Sin embargo, aún prevalece el problema de la deficiente producción de semilla como el principal obstáculo para el desarrollo de la acuicultura de este recurso (Salas-Garza y Searcy-Bernal, 1990).

Uno de los factores que más encarecen una empresa acuacultural, en la mayoría de las veces, es la preparación y administración del alimento, ya sea natural o artificial (Hahn, 1989).

El estudio de la nutrición del abulón usualmente se estima en base al crecimiento generado por alimentación natural, la cual consiste en diatomeas bentónicas y macroalgas (Hahn, 1989). Las diatomeas son la principal fuente de alimento en las postlarvas y juveniles de abulón y son necesarios entre los 7 o 10 mm de longitud, después del cual se da el cambio de alimentación a macroalgas (Ebert y Houk, 1984; Hooker y Morse, 1985).

Los abulones menores a 10 mm de longitud normalmente subsisten con una dieta a base de diatomeas sésiles penadas tales como *Cocconeis* spp., *Nitzchia* spp., *Navicula* spp. y algunas bacterias (Leighton, 1974; Mottet, 1978; Hahn, 1989). Por lo general estas especies se captan de forma natural en los tanques de cultivo dando buen crecimiento al abulón (Norman-Boudreau *et-al* 1986).

El uso de diatomeas bentónicas es común debido a la facilidad de captarlas; una forma de cultivarlas es utilizar contenedores de polietileno plástico para su asentamiento, mantener el flujo abierto (aproximadamente 0.5 l/min) de agua de mar filtrada, a temperatura ambiente y colocar lámparas como fuente de luz. Normalmente el cultivo esta listo para colectarse después de siete días (Ebert y Houk, 1994).

Cuando el abulón juvenil se encuentra entre los 7 y 10 mm de longitud es alimentado con macroalgas, comen diariamente del 10 al 30% de su peso humedo en

algas (Mottet, 1978; Ino, 1980). Cada especie de abulón define ciertas preferencias por determinado tipo de algas. Uki, *et-al* (1986) compararon 57 especies de macroalgas, en donde determinan que *Haliotis discus hannai* tiene preferencia por algas café generalmente del orden laminaral, Leighton (1985) encontró que para *Haliotis fulgens*, las algas *Macrocystis* sp y *Egregia* sp son el alimento principal.

Usar macroalgas como la principal fuente de alimento, puede ser altamente costoso ya que requiere un gran trabajo en la colecta, mantenimiento y almacenamiento ya sean frescas, secas o congeladas (Hahn, 1989). En las granjas de abulón en Corea se utilizan *Ulva* spp. y *Undaria* spp. como principal alimento para los abulones juveniles que ya pueden comer macroalgas. Rho (1982) probó 10 especies de plantas terrestres (calabaza china, mora, acacia, entre otras) como alimento potencial para abulones juveniles, en busca de una fuente alternativa para aliviar la escasez estacional de estas algas.

Generalmente, la localización geográfica y la estación del año son factores muy importantes que pueden determinar la abundancia o escasez de las algas, por lo que la alimentación del abulón es variada. Los abulones encontrados en California consumen algas café como *Macrocystis* spp., *Nerocystis* spp., *Egregia* spp., y *Eisenia* spp.; algas rojas como *Gigartina* spp., *Gelidium* spp., y *Plocamium* spp.; también el alga verde *Ulva* spp. (Hooker y Morse, 1985).

Ebert y Houk (1984) trabajaron con *Haliotis rufescens* y determinaron que los abulones mayores de 8 mm, generalmente se alimentan con *Macrocystis* spp. y ocasionalmente con *Nerocystis lutekana* y *Egregia menziessii*.

Emplear una alimentación artificial en los juveniles de abulón puede ser una gran ventaja en la producción de semilla para los cultivadores, en diversos experimentos se han obtenido resultados en los que se observa como organismos alimentados con dietas artificiales sobrepasan el crecimiento promedio obtenido cuando son alimentados naturalmente. El desarrollo de alimentos artificiales para abulón está basado en estudios de niveles óptimos de proteínas, lípidos y otros nutrientes necesarios para el crecimiento. En 1964, Ogino y Kato propusieron que las dietas artificiales para abulón debían contener por lo menos el 20% de proteína cruda; Uki *et-al* (1985a), propone que niveles de proteína cercanos al 28% y 30% son necesarios para un mejor crecimiento.

Uki *et-al* (1985b) probó dietas semipurificadas para *Haliotis discus hannai* que contenían como fuente de proteína caseína o harina de pescado y encontró como mejor dieta la que contenía caseína; ese mismo año Uki *et-al* (1985a) hizo evaluaciones en la calidad nutricional de algunas fuentes de proteína para el abulón *Haliotis discus hannai*, se probaron harinas de caseína, soya, de maíz y de pescado, en las que se encontró nuevamente a la caseína como mejor alimento.

Además de una buena alimentación, se tienen que observar factores externos e internos en el cultivo, como la temperatura y el oxígeno, ya que pueden afectar el crecimiento del abulón. Estos factores deben tratar de controlarse en rangos óptimos para tener un buen crecimiento (Cox, 1962). La temperatura del agua juega un papel muy importante en el crecimiento de los juveniles de abulón, el mantenerla constante en grados óptimos para el organismo puede menguar el lento crecimiento que se da en invierno por la baja temperatura del agua. (Leighton *et-al*, 1981; Hooker y Morse, 1985). Los juveniles de *Haliotis fulgens* tienen mejores crecimientos cuando las temperaturas se encuentran entre los 20°C y 24°C (Leighton 1974).

Un problema presente para los cultivadores de abulón, es que el crecimiento de este organismo es heterogeneo y lento, crecen de 2 a 3 cm/año y requieren de dos a cinco años para alcanzar la talla comercial (7-8 cm cuando es cultivado).

El triunfo económico en la acuicultura del abulón depende, en parte, del crecimiento del organismo y de la conversión alimenticia durante el cultivo. Así, el desarrollo en la industria del cultivo de abulón, tendrá que enfocarse en implementar y/o adaptar técnicas en la obtención de alimento a bajos costos.

En los cultivos de abulón, desde las primeras etapas de vida es importante tener alternativas en la alimentación, como el acceso a dietas artificiales de bajo costo, fácil

almacenamiento y disponibilidad durante todo el año. Esto permitirá sustituir y/o complementar la dieta de diatomeas bentónicas cuando estas no alcancen a cubrir las necesidades del cultivo durante la producción de semilla. Por tal motivo, es necesario incursionar en esta área de estudio, hacer pruebas con alimentos balanceados de bajo costo, siempre compararlos con los alimentos naturales, en este caso, las diatomeas bentónicas y las macroalgas.

Se espera que los abulones alimentados con las dietas artificiales, altas en proteína, se obtenga un mayor incremento en peso y longitud que con las dietas naturales.

OBJETIVO

Evaluar la eficiencia de alimentación con tres dietas artificiales y *Macrocystis pyrifera* seca, en abulones de *Haliotis fulgens* de cinco milímetros, como posibles complementos y/o sustitutos de las diatomeas bentónicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este experimento forma parte del proyecto "Estudios acuaculturales del abulón en Baja California" y fué llevado a cabo durante 154 días (marzo-agosto) en las instalaciones del Laboratorio de Moluscos del Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la Universidad Autónoma de Baja California.

El experimento comprendió cinco dietas diferentes, cuatro de ellas en forma seca y granulada. La dieta con la macroalga *Macrocystis pyrifera* se dio seca y molida, el siguiente alimento denominado "A" consistió en harina de pescado producida en Ensenada. Las últimas dos dietas "B" y "C" fueron productos balanceados, elaborados comercialmente. Cada dieta tuvo diferente composición en proteínas, grasas y humedad (Tabla I).

¹ TABLA I. Contenido nutricional de las dietas utilizadas en el experimento.

DIETA	PROTEINAS %	GRASAS %	HUMEDAD %
DIATOMEAS BENTÓNICAS	--	--	--
* <i>Macrocystis pyrifera</i>	9.2	1.1	13.3
**A	70	7.2	1.2
**B	32	8	7
**C	27	10	8

¹ * Mateus-Valdes, H., 1972.

**Datos proporcionados por el fabricante.

La dieta control estuvo compuesta por un cultivo mixto de diatomeas bentónicas, el cual fué captado del medio natural en cubetas de polietileno con agua de mar filtrada a $1\mu\text{m}$. Se mantuvo con luz fluorescente, en el primer día se le administró nutrientes (24gr de urea y 30gr de SO_4) para garantizar un crecimiento rápido y continuo, hasta el segundo día se abrió el flujo de agua a 0.5 l/min. El cultivo estuvo listo aproximadamente en siete días. Las microalgas dominantes a lo largo del experimento fueron *Nitzschia* spp y *Cocconeis* spp.

La dieta de macroalgas consistió en frondas de *Macrocystis pyrifera*, las cuales fueron lavadas en agua dulce para eliminar sales y cualquier tipo de organismo, después fueron expuestas al sol para quitar el exceso de agua. Posteriormente se secaron en un horno a temperatura de 60°C durante seis horas, cuando desapareció todo rasgo externo de humedad. Fueron molidas y pasadas por tamices hasta obtener partículas menores de $240\mu\text{m}$.

Al alimento balanceado se le hicieron pruebas preliminares en las que se determinó que el alimento se encontró estable durante 72 horas, sin problemas de aceptación por parte de los organismos. Después de este tiempo se observó el crecimiento de algas filamentosas, diatomeas y el deterioro de la calidad del agua, por lo que el cambio de alimento se realizó cada 56 horas. En cada cambio de alimento se dió limpieza a las cubetas para evitar el crecimiento de bacterias y microalgas.

La ración de alimento seco para los abulones fue fijada sobre el 50 % de su peso, para evitar cualquier posible limitación. Antes de suministrarse, las dietas artificiales y la de *Macrocystis pyrifera* se hidrataron en agua de mar por 10 minutos para evitar su flotación en el tanque y posteriormente su pérdida.

Los abulones alimentados con microalgas se cambiaron cada dos semanas a cubetas que tenían una nueva película de diatomeas.

La figura 1 muestra en forma esquemática el modelo experimental utilizado durante el trabajo. En este caso se utilizó como diseño experimental un modelo con un factor fijo, con igual número de réplicas. El modelo se representa de la siguiente manera:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij} = Efecto causado por el tipo de dieta

μ = Media general de la población

α_i = Desviación fija de la media del grupo i respecto de la media general μ

ε_{ij} = Desviación aleatoria del j -ésimo individuo del grupo i sobre lo esperado que es $\mu+i$

i = Grupo o experimento

j = Individuo del grupo i

Se utilizaron 375 abulones en estadio juvenil (cinco meses de edad), con talla promedio de 5 mm, producidos en el Laboratorio de Moluscos del Instituto de

DIETAS

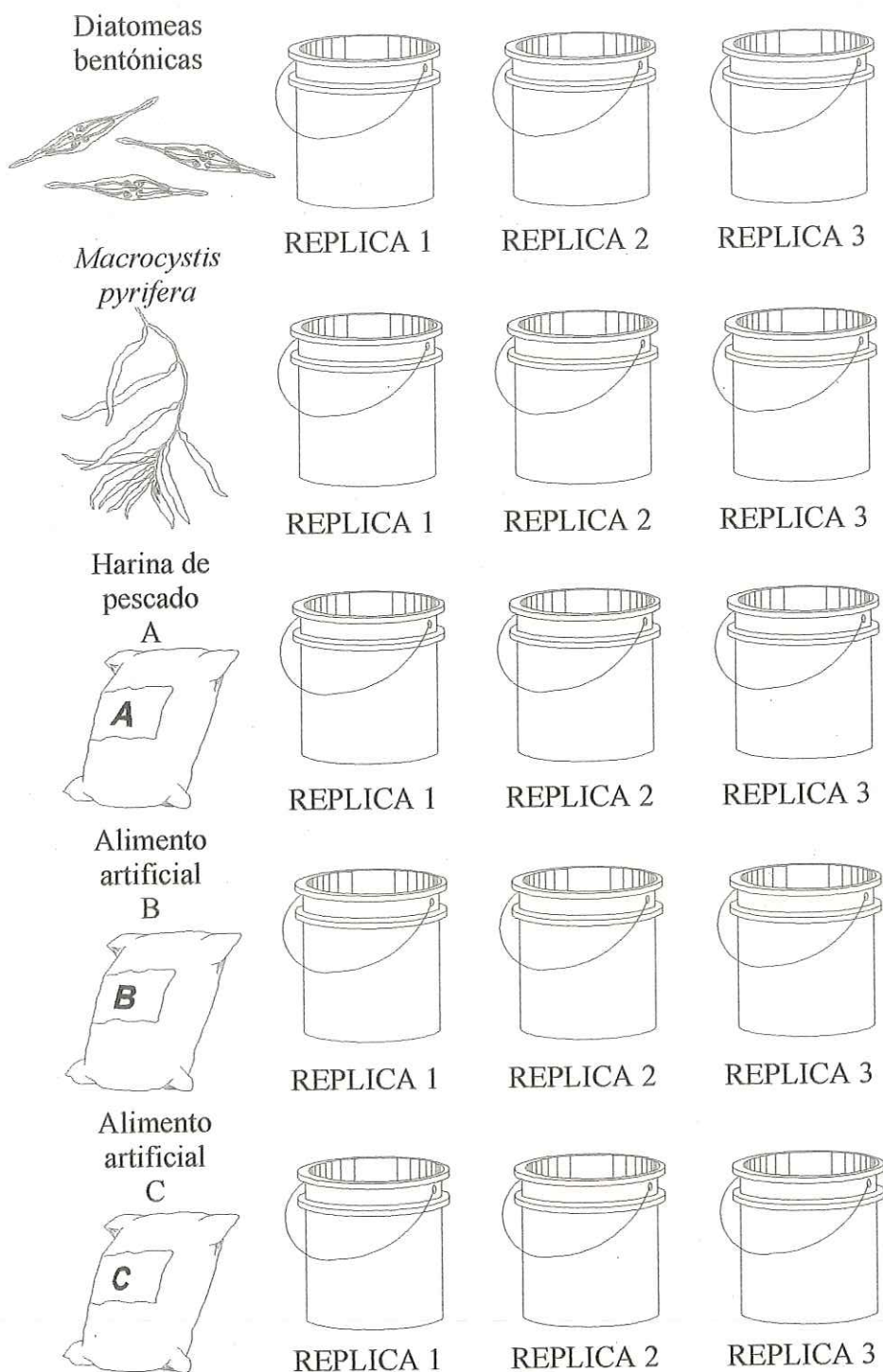


FIGURA 1.- Representación esquemática del modelo experimental utilizado, ejemplificando las cinco dietas y sus réplicas (en cada réplica se usaron 25 organismos).

Investigaciones Oceanológicas. Los juveniles fueron distribuidos en cubetas de plástico de 18 litros, con flujo continuo de agua (500 ml/min) y aireación. La temperatura, el oxígeno y el pH fueron medidos cada tres días. Cada tratamiento se realizó por triplicado; finalmente quedaron 15 cubetas con 25 organismos cada una, las cuales fueron distribuidas al azar en una charola de fibra de vidrio.

Con la finalidad de observar más claramente las diferencias en la ganancia de biomasa, se decidió dejar que los abulones obtuvieran más peso, por lo cual los organismos siguieron con el mismo plan de alimentación por 30 días más después de finalizar el tiempo de experimentación planeado. Se hizo una comparación entre los diferentes pesos del abulón (peso total, peso de la concha, peso húmedo y peso seco).

3.1 OBTENCIÓN DE DATOS

Para la obtención de los datos, mensualmente se seleccionaron al azar 20 organismos de cada cubeta, a los cuales se les determinó el crecimiento por la medición de la longitud de la concha con un vernier de 0.05 mm de precisión y el peso total con una balanza electrónica con precisión de 0.01 gr. Antes de pesar los organismos, fueron puestos en papel secante para eliminar el exceso de agua; las porciones alimenticias fueron ajustadas cada mes de acuerdo al nuevo peso.

La muestra de abulones que se tomó a los 185 días para determinar las diferencias en los pesos fué de 10. Se midió la longitud de la concha, el peso total (concha y organismo), el peso húmedo (sin concha), el peso de la concha y el peso seco. Para medir el peso húmedo, se separó el organismo de la concha por medio de un bisturí y se colocó sobre papel aluminio previamente pesado y etiquetado; la concha fué lavada y secada para obtener su peso. Para determinar el peso seco, se utilizaron los organismos puestos en el papel aluminio y fueron colocados en una estufa, a una temperatura de 105°C, en donde permanecieron por 24 horas.

La sobrevivencia fue estimada por conteo directo del número de organismos vivos en las cubetas después de cada limpieza.

3.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos mensuales de longitud y peso total presentaron normalidad con la prueba de Kolmogorov-Smirnov, y homogeneidad de varianzas con la prueba de Bartlett (Sokal y Rohlf, 1981), por lo que se aplicó un análisis de varianza de una vía (Zar, 1984). Cuando se encontraron diferencias entre los tratamientos se aplicó la prueba *a posteriori* de Tukey para tamaños desiguales de observaciones en los tratamientos (Zar, 1984). Todas las pruebas fueron evaluadas a un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

Se aplicó la regresión funcional que calcula la relación básica entre peso total y longitud (Ricker, 1975) de la cual se obtuvieron los valores de las pendientes de las cinco dietas. Se compararon los resultados con la prueba de comparaciones entre más de dos pendientes, y cuando se encontraron diferencias entre los tratamientos se aplicó la prueba de comparaciones múltiples entre pendientes (Zar, 1984).

Los pesos obtenidos a los 185 días fueron analizados con un ANOVA de una vía, cuando se encontraron diferencias se aplicó la prueba *a posteriori* de Tukey, para tamaños desiguales de observaciones en los tratamientos (Zar, 1984).

Se calculó el porcentaje de sobrevivencia total y la tasa de mortalidad instantánea (Odum, 1972 ; Ricker, 1975).

RESULTADOS

La temperatura del medio fluctuó entre los 17.6°C y los 22°C, mientras que la salinidad se mantuvo constante en 33 ‰; las concentraciones de oxígeno tuvieron fluctuaciones entre los 7 - 8 mg/l, las variaciones de pH se encontraron entre 7.9 y 8.4, por lo que la calidad del medio fue buena de acuerdo a los estándares mencionados por Hahn (1989).

El crecimiento en longitud promedio alcanzado por los juveniles de abulón con las diferentes dietas se muestra en la figura 2. Las longitudes promedio al finalizar el experimento fueron de 1.64 cm con la dieta de diatomeas; 1.23 cm con la dieta de *Macrocystis pyrifera*; 2.12 cm con la dieta A, de harina de pescado; 2.13 cm con la dieta B y 1.82 cm con la dieta C (tabla II).

TABLA II. Longitud y peso alcanzado al final del experimento (154 días) para cada grupo alimentado con las diferentes dietas (= promedio, s = desviación estandar, n = número de organismos).

		DIETA				
		DIATOMEAS BENTÓNICAS	<i>Macrocystis pyrifera</i>	A	B	C
Número de organismos	n	54	38	60	60	24
Longitud (cm)	\bar{x}	1.64	1.23	2.12	2.13	1.82
	σ	0.02	0.02	0.03	0.02	0.037
Peso (gr)	\bar{x}	0.44	0.2	1.17	1.19	0.71
	σ	0.936	0.01	0.038	0.03	0.04

El crecimiento fué constante, a los 121 días se observó una ligera disminución en la dieta de diatomeas bentónicas (figura 2). Los abulones alimentados con las diatomeas y la dieta C tuvieron un desarrollo similar la mayor parte del tiempo. Los organismos alimentados con la dieta de macroalgas siempre se encontraron por debajo de los demás, por el contrario los alimentados con las dietas A y B fueron los que mayores longitudes alcanzaron (figura 2).

Los crecimientos obtenidos en longitud resultaron significativamente diferentes ($p > 0.05$) (tablas V; anexo), la prueba *a posteriori* encontró que de los 62 a los 121 días no hay diferencias significativas para los abulones de las dietas de microalgas y C, la dieta con *Macrocystis* fué la que mayor diferencia tuvo a causa del menor crecimiento que presentaron los abulones, entre los 62 y 121 días (tabla VII; anexo).

La tasa de crecimiento promedio en longitud durante el experimento fue de 103 $\mu\text{m}/\text{día}$ con la dieta A, 102 $\mu\text{m}/\text{día}$ con la dieta B, 83.4 $\mu\text{m}/\text{día}$ con la dieta C; 71.6 $\mu\text{m}/\text{día}$ con la dieta de microalgas y de 44.6 $\mu\text{m}/\text{día}$ con la dieta de macroalgas. Los máximos fueron con las dietas A y B (147 $\mu\text{m}/\text{día}$ y 116 $\mu\text{m}/\text{día}$ respectivamente) que se presentaron a los 92 días, y en las dietas de microalgas, *Macrocystis* y C estos máximos se dieron a los 121 días (110 $\mu\text{m}/\text{día}$, 72 $\mu\text{m}/\text{día}$ y 97 $\mu\text{m}/\text{día}$) (figura 3). La tasa diaria de crecimiento decayó fuertemente a los 92 días para los organismos alimentados con la dieta A de harina de pescado y ligeramente para la dieta B; los organismos

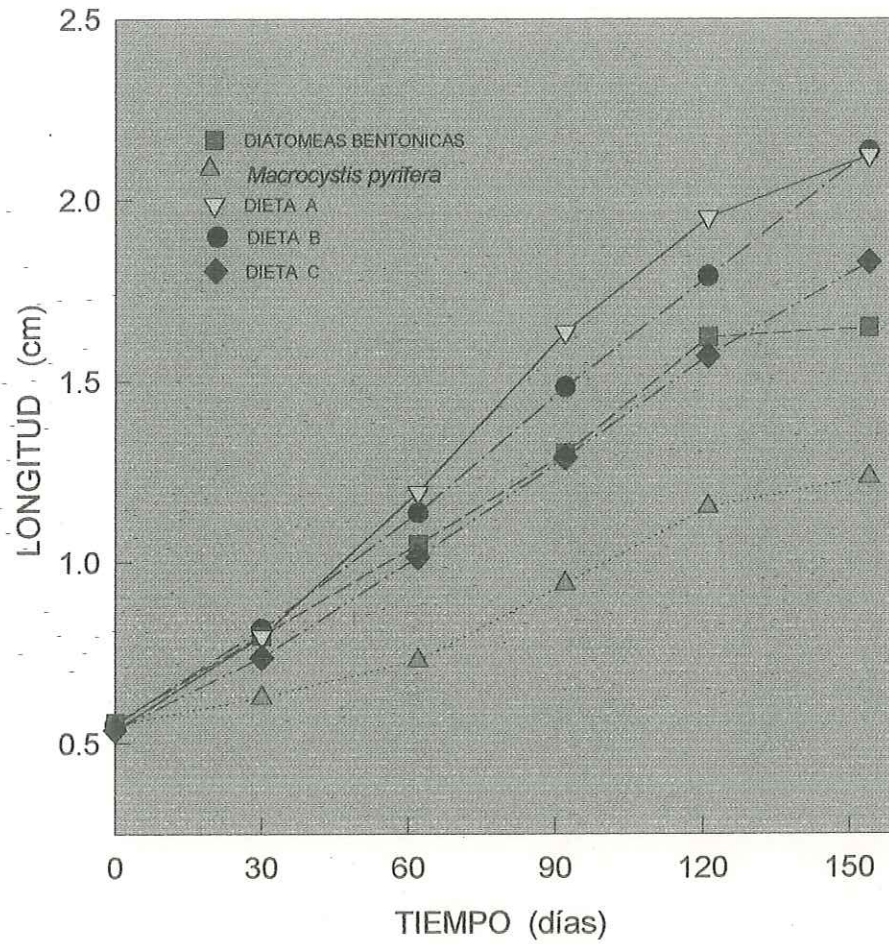
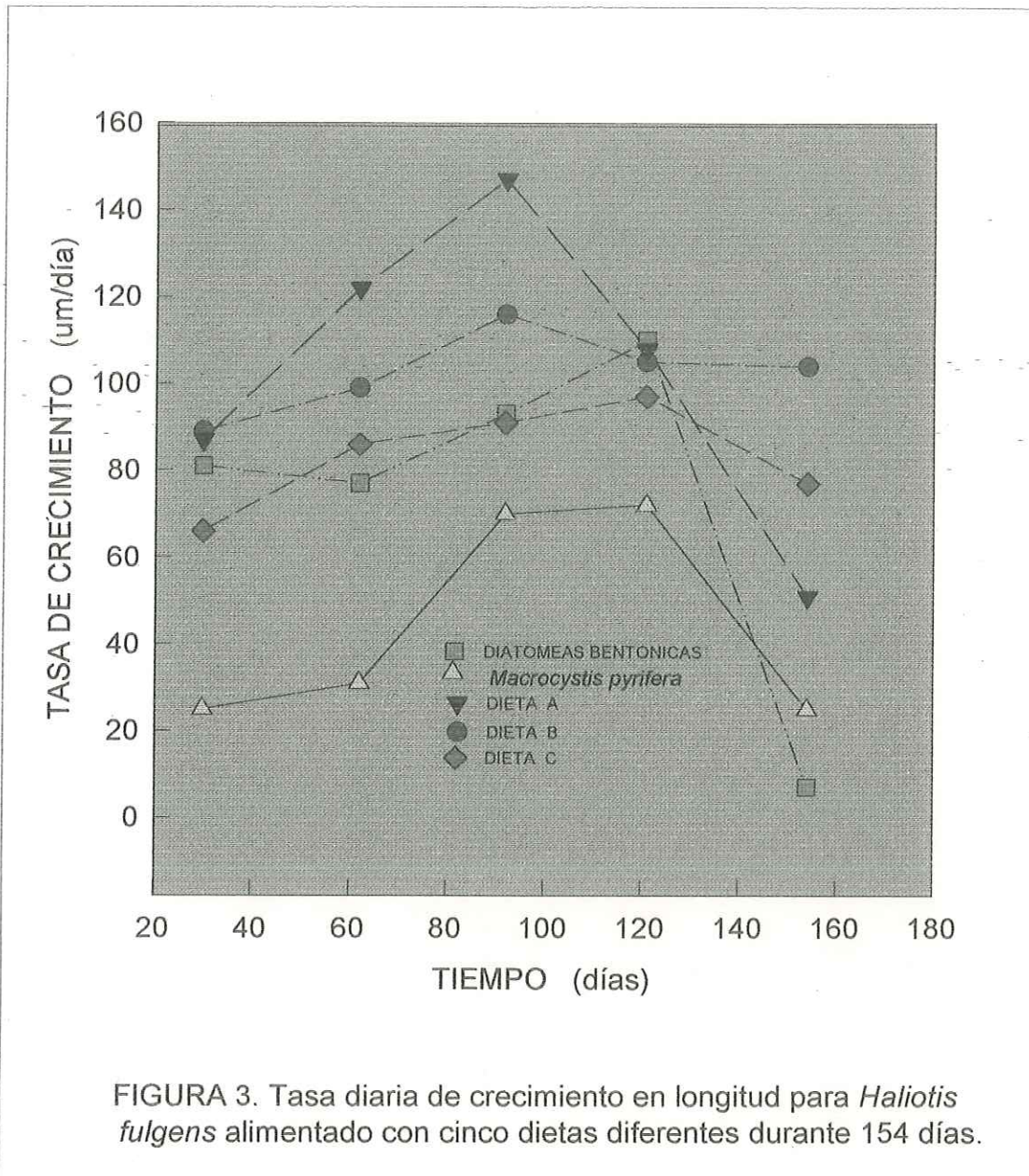


FIGURA 2. Crecimiento promedio mensual en longitud (cm), del abulón *Haliotis fulgens* alimentado con cinco dietas diferentes.



alimentados con las otras dietas también bajaron su tasa de crecimiento apartir de los 121 días, los abulones que consumian la dieta de diatomeas disminuyeron $103\mu\text{m}$ en 33 días, los alimentados con *Macrocystis pyrifera* $47\mu\text{m}$ y los alimentados con la dieta C $20\mu\text{m}$ en el mismo intervalo de tiempo (figura 3).

En la figura 4 se muestra el peso total promedio obtenido con las cinco dietas. Los abulones alimentados con la dieta de microalgas, alcanzaron un peso final de 0.44gr , con la dieta de *Macrocystis pyrifera* seca, 0.20gr ; con la dieta A de harina de pescado, 1.17gr ; con la dieta B, 1.19gr siendo la que mayor peso ganó y 0.94gr con la dieta C (tabla II). Los abulones de las dietas A y B presentaron los mejores incrementos en el peso. La dieta de macroalgas proporcionó el incremento de peso más bajo de los abulones (figura 4).

El peso total ganado por los abulones presentó diferencias entre las distintas dietas, ($p>0.05$)(tabla VI, anexo). Al igual que con la longitud la prueba *a posteriori* no encontró diferencias significativas para la dieta de microalgas y la dieta C entre los 62 y 121 días, también durante este período la mayores diferencias se encontraron entre los abulones de la dieta A con mayor peso y los alimentados con la dieta de diatomeas y *Macrocystis* esta última fué la que menor peso ganó durante todo el experimento (tabla VIII, anexo).

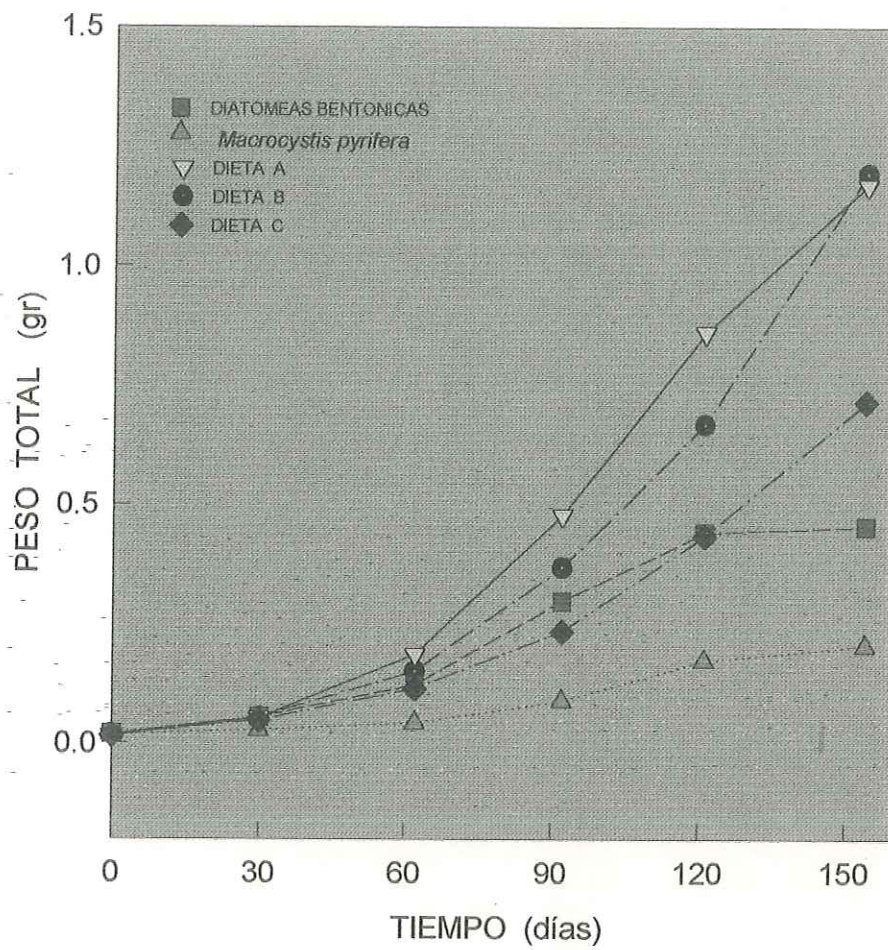


FIGURA 4. Crecimiento en peso total (gr), de *Haliotis fulgens* alimentado con cinco dietas diferentes durante cinco meses.

La tasa de crecimiento promedio en peso total de los abulones fue de 7.54mg/día con la dieta A de harina de pescado; 7.52mg/día con la dieta artificial B; 4.58mg/día con la dieta C; 2.97mg/día con la dieta de diatomeas y 1.24mg/día con la dieta de *Macrocystis pyrifera*.

Las mejores tasas de incremento en peso se presentaron con las dietas A, B y C, el incremento máximo ocurrió a los 121 días para las dietas A y C de 13.2 mg/día y 10.5 mg/día con la dieta B se obtuvo un máximo de 15.96 mg/día en la última medición (154 días). Los abulones alcanzaron sus máximos incrementos a los 92 días con la dieta de diatomeas bentónicas y con la dieta de *Macrocystis pyrifera* (5.86 mg/día y 2.92 mg/día respectivamente), estos últimos presentaron la tasa de incremento en peso total más baja (figura 5). En la dieta B la tasa de crecimiento del peso total mostró un incremento sostenido, mientras los organismos alimentados con *Macrocystis pyrifera* presentaron disminución a los 92 días y las dietas A, C y Diatomeas presentaron disminución a los 121 días (figura 5).

Los abulones alimentados con la dieta B obtuvieron las mayores ganancias en peso total (1.93gr), peso de la concha (1.3gr), peso humedo (0.60gr) y peso seco (0.40gr); a estos pesos les siguieron los de los abulones alimentados con la dieta A, la cual presentó resultados muy similares. Al obtener los porcentajes del peso de la concha y peso seco se encontró que las dietas A, B y la de *Macrocystis* tienen valores similares

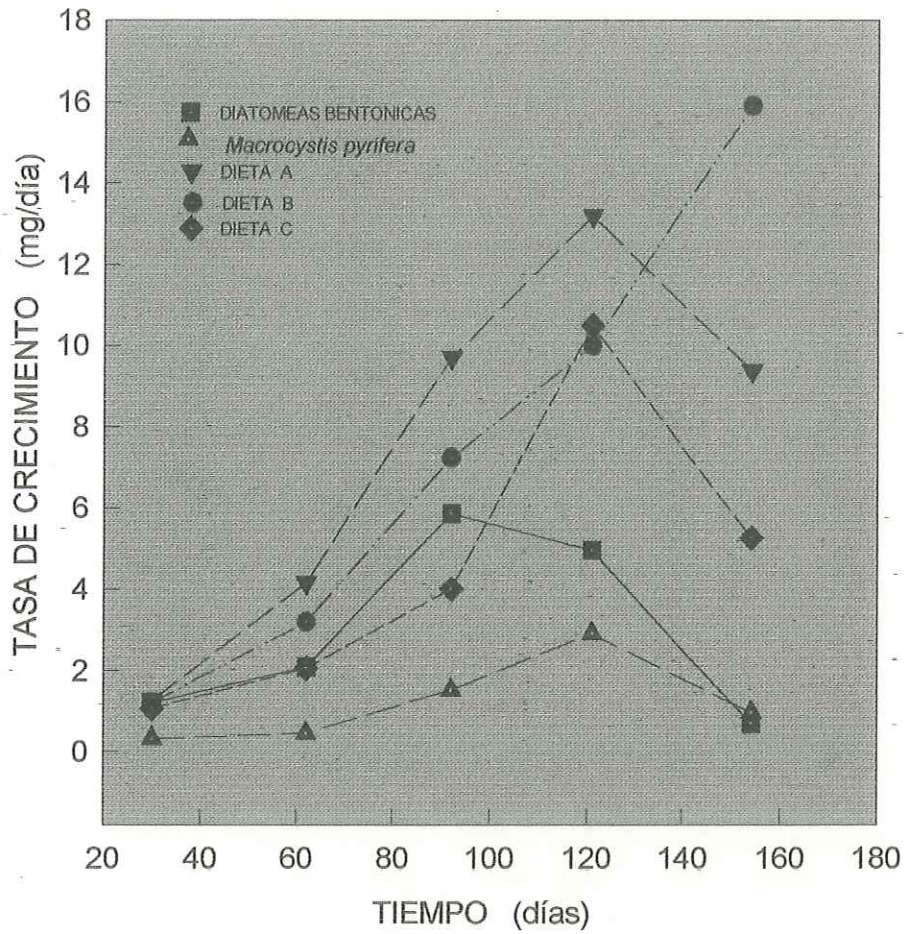


FIGURA 5. Tasa diaria de crecimiento en peso total para *Haliotis fulgens* alimentado con cinco dietas diferentes durante 154 días.

con respecto a su peso total y también los valores de humedad que corresponden al peso humedo; los organismos alimentados con la dieta C presentaron menores porcentajes de peso de la concha y peso seco, teniendo mayor contenido de humedad (tabla III). Los abulones que se alimentaron con las dietas de diatomeas y *Macrocystis* seca obtuvieron ganancias de peso total menores.

TABLA III. Promedio obtenido en longitud y peso total a los 185 días; porcentaje del peso de la concha, peso seco y humedad para *Haliotis fulgens*.

DIETA	LONGITUD (cm)	PESO TOTAL (gr)	% PESO CONCHA	% PESO SECO	% HUMEDAD
DIATOMEAS BENTÓNICAS	1.49	0.4	65	71.42	28.5
<i>Macrocystis</i> <i>pyrifera</i>	1.27	0.19	68.42	83.33	16.6
A	2.24	1.09	68.51	84.37	15.6
B	2.58	1.93	68.39	85.24	14.7
C	2.12	1.08	58.71	51.11	48.9

En los análisis de la regresión funcional se encontró que los valores de las pendientes b , de los abulones alimentados con las diferentes dietas presentaron diferencias significativas entre estos (tabla IX; anexo). Los coeficientes de asociación entre peso y longitud (r) fueron mayores de 80 para las dietas de *Macrocystis*, A, B y C. La prueba de comparaciones entre las pendientes no encontró diferencia significativa

($p > 0.05$) entre los abulones de las dietas A de harina de pescado y los de la dieta artificial B (tabla X; anexo).

El análisis de varianza efectuado para los pesos finales (peso total, peso de la concha, peso húmedo y peso seco) (tabla XI; anexo) encontró diferencias significativas entre las dietas y, la prueba de comparaciones múltiples de Tukey muestra que los abulones de la dieta B fueron los que mayor peso obtuvieron en las diferentes mediciones, por lo cual tuvo las mayores diferencias con las demás dietas. Los abulones alimentados con la dieta de diatomeas y con *Macrocystis* no tuvieron diferencias significativas; tampoco los de las dietas artificiales A y C, dentro de estos alimentos en los que no hubo diferencias, A y C presentaron pesos mayores (tablas XII; anexo), lo cual indicaría que los alimentos artificiales A, B y C pueden ser buenos suplementos y/o complementos del alimento natural.

La sobrevivencia final de los abulones en las dietas A y B fue del 100%, en la dieta de diatomeas del 90%, en la dieta de macroalgas del 63.4% y en la dieta C el 40% (tabla IV). En esta última la sobrevivencia se vio afectada a los 121 días por problemas en el laboratorio, debido a una sobresaturación de oxígeno (12mg/l) en la zona donde se encontraban estos organismos, lo cual causó gran mortalidad (tabla IV).

TABLA IV. Porcentaje de sobrevivencia (% S) y Tasa instantanea de mortalidad (T.I.M.) para *Haliotis fulgens* alimentado con cinco dietas diferentes.

DIETA	T.I.M. 30	T.I.M. 60	T.I.M. 92	T.I.M. 121	T.I.M. 154	% S 154
	DÍAS	DÍAS	DÍAS	DÍAS	DÍAS	DÍAS
DIATOMEAS	0	0	0.03	0.01	0.3	90
BENTÓNICAS						
<i>Macrocystis pyrifera</i>	0	0	0.12	0.24	0.56	63.4
A	0	0	0	0	0	100
B	0	0	0	0	0	100
C	0	0	0.03	0.3	2.4*	40

* La mortalidad registrada en este mes fué por problemas en laboratorio, no por efecto de la dieta.

DISCUSIÓN

Las cinco dietas probadas en este trabajo aportaron diferentes grados de proteína a los abulones juveniles (tabla I), lo cual puede explicar en parte las diferencias en el crecimiento de los organismos (peso-longitud) (figuras 2 y 4). El crecimiento diario promedio que se obtuvo con las dietas A y B fué mejor al obtenido con las otras dietas (figura 3 y 5), seguramente porque la cantidad (70 y 32% respectivamente) de las fuentes de proteína ocasiona diferencias en el crecimiento de los abulones como lo mencionan Uki *et-al* 1985a; Viana *et-al*, 1993 y López-Acuña, 1994.

Ogino y Kato (1964), Mottet (1978) indicaron que los nutrientes demandados en la fase de desarrollo juvenil en moluscos requiere niveles de proteína alrededor del 20% en dietas artificiales; Uki y Watanabe (1992) reportaron que los niveles óptimos de proteínas se encuentran alrededor del 28%; y Uki *et-al* (1985a) menciona que niveles arriba del 30% de proteína en el alimento para abulón no causan diferencias significativas en el crecimiento, en este trabajo los valores de proteína de las dietas A y B (70 % y 32% respectivamente), que son mayores a los encontrados como óptimos no causaron diferencias en el crecimiento del organismo (Uki *et-al*, 1985a) ; lo cual puede observarse en los resultados obtenidos en los abulones alimentados con la dieta A, la cual contenía un 70% de proteína; en cambio la cantidad de proteína de la dieta C (27%) pudo repercutir en un menor incremento de talla y peso para los abulones alimentados

con esta dieta. Este alimento se encuentra muy cercano al porcentaje señalado como óptimo con lo cual se puede pensar que en este caso el 28% es tomado como mínimo y no como óptimo para alcanzar crecimientos como con las dietas A y B que tienen una mayor cantidad de proteína,

Los resultados encontrados muestran los beneficios de utilizar dietas balanceadas que se encuentran disponibles durante todo el año como sustitutos temporales y/o complementarios de la alimentación con diatomeas bentónicas y *Macrocystis* seca.

DIATOMEAS BENTÓNICAS

Los abulones alimentados con las diatomeas bentónicas mantuvieron un crecimiento similar a los alimentados con la dieta artificial C hasta el día 121. Con microalgas generalmente se obtienen buenos crecimientos y se consideran como el mejor alimento de los abulones en sus primeras etapas, ya que llegan a proporcionar proteínas y energía de alta calidad que necesita el organismo (Helm, 1977).

Como se observa en la figura 3, la tasa de crecimiento obtenida a los 154 días con la dieta de diatomeas puede considerarse baja ($71.6\mu\text{m}/\text{día}$), pero debe tomarse en cuenta que el abulón se encuentra ya con una talla de 16 mm, lo cual representa un avance en el tiempo de alimentación con microalgas; ya que regularmente estos

organismos cambian de dieta entre los 7 y 10 mm. Si tomamos en cuenta que a los 121 días tenían una tasa de crecimiento de $87.75\mu\text{m}/\text{día}$, esta podría ser comparada con las reportadas para abulones alimentados con microalgas, por ejemplo Searcy-Bernal *et-al* (1988) encontraron un crecimiento de $87\mu\text{m}/\text{día}$ para *Haliotis fulgens* y Leighton (1974) encontró para *Haliotis rufescens* crecimientos de $90\mu\text{m}/\text{día}$ (Leighton, 1974), entre otros.

También al analizar las comparaciones de los pesos finales (peso total, seco, húmedo y de la concha) (anexo; tabla XII) se observa como bajaron de peso los abulones alimentados con las microalgas, a tal punto de no encontrar diferencias estadísticas con la dieta de *Macrocystis*, la cual, durante todo el experimento presentó los menores crecimientos; como anteriormente ya se discutió, esta baja de peso pudo deberse a que el abulón en esta talla necesita otros requerimientos nutricionales que las diatomeas ya no le dieron, por lo que no sostuvo el crecimiento (Mottet, 1978; Hanh, 1989)

Macrocystis pyrifera

El crecimiento observado en longitud y peso total de los abulones con la dieta de *Macrocystis pyrifera* seca fue el más bajo en este trabajo (1.23cm y 0.20gr) (figuras 1 y 2). En el medio natural estos organismos se alimentan de una mezcla compuesta por

microorganismos, diatomeas y *Macrocystis* fresca entre otras macroalgas, con las cuales satisfacen sus requerimientos nutricionales (Leighton, 1974; Mottet, 1978).

La tasa de crecimiento alcanzada con este régimen alimenticio fue de 44.6µm/día en promedio, que comparada con las tasas de las otras cuatro dietas es la más baja, Hahn (1989) encontró crecimientos para *Haliotis discus hannai* de 80µm/día al ser alimentado con *Egregia*, 1.5mm/mes con *Nerocystis* y 1.9mm/mes con *Macrocystis*. Es muy difícil hacer comparaciones entre las tallas de crecimiento, ya que los estudios no son iguales y muy pocas veces se encuentran trabajos realizados con la misma especie, aunque los resultados encontrados en este trabajo para esta dieta no son los mejores, se encuentran dentro del intervalo estimado para abulones alimentados con macroalgas, 23.7µm/día a 90µm/día (Salas-Garza *et-al*, 1996; en proceso).

La diferencia en los resultados obtenidos puede estar dada en que las macroalgas siempre van acompañadas de una microflora la cual en este trabajo fue eliminada. Todavía no se sabe a ciencia cierta la influencia del valor nutricional de esta flora en los abulones, pero se ha observado mejores crecimientos cuando estos se encuentran alimentados con dietas mixtas y la presencia de microflora; Leighton (1981) encontró crecimientos de 3.69mm/mes en *Haliotis fulgens* alimentado con una dieta basada en una mezcla de macroalgas (*Egregia* sp, *Macrocystis* sp, *Ulva* sp y *Gigartina* sp), las cuales cubren las diversas necesidades nutricionales del organismo.

Otro factor que pudo afectar los resultados es que la harina de macroalgas es baja en energía y su valor principal se encuentra en el contenido de minerales y vitaminas (Jensen, 1963); Mateus-Valdés (1972) señala que probablemente los organismos alimentados con macroalgas utilizan las proteínas que obtienen de ellas en energía (locomoción, alimentación) y muy pocas las emplean en crecimiento, además cuando la macroalga es transformada, se corre el riesgo, como en todos los tratamientos sometidos al calor, de que durante el secado algún componente sea alterado y su valor nutricional baje (Chirife y Gardener, 1969; Mottet, 1978); por ejemplo, Koike (1979) encontró mejores resultados al alimentar a los abulones con macroalgas frescas que con macroalgas secas (20.8mm/mes y 89mg/mes con *Laminaria* fresca, 14.9mm/mes y 63.9mg/mes con *Laminaria* seca). Salas-Garza *et-al* (1996, en proceso) encontró crecimientos de 32.5µm/día para *Haliotis fulgens* alimentado con *Macrocystis* fresca. Por lo que podemos ver en este caso que *Macrocystis* seca puede mantener nutricionalmente a los abulones, aunque comparado con las dietas probadas en este trabajo su crecimiento fue muy bajo.

Por lo anterior se considera que para lograr producciones máximas en el cultivo de abulón como convertidor de alimentos y de energía al utilizar *Macrocystis pyrifera* seca y molida, debe contemplar dietas suplementarias (Leighton y Boolotian, 1963), que lo ayuden a complementar su nutrición.

DIETAS A, B y C

Las dietas A, B y C probaron ser adecuados sustitutos de las diatomeas bentónicas y de *Macrocystis pyrifera* en la alimentación de los abulones juveniles, ya que estas dietas fueron fácilmente consumidas y además A y B reportaron mejores crecimientos.

Los organismos alimentados con las dietas A y B crecieron 3 y 2.9 veces su tamaño inicial, y los alimentados con la dieta C crecieron 2.5 veces; que equivale a un incremento del 30% para A, 45% para B y 11% para C, sobre los abulones alimentados con diatomeas. Los crecimientos encontrados en este trabajo con las dietas A y B pueden ser el resultado de que estos alimentos tienen ciertos ingredientes que las hicieron más atractables para los abulones, por lo que fueron más consumidas y dieron mejor crecimiento, además de ser las que mayor contenido en proteína tuvieron

Las tasas de crecimiento promedio encontradas con las dietas artificiales A, B y C (103 $\mu\text{m}/\text{día}$, 102.6 $\mu\text{m}/\text{día}$ y 83.4 $\mu\text{m}/\text{día}$ respectivamente) son mejores que la dieta de diatomeas y *Macrocystis* seca presentadas aquí y, similares con las encontradas en otros trabajos como el de Guzmán-Calderón (1995) que encontró mejores crecimientos con harina de pescado (97.1 $\mu\text{m}/\text{día}$), ensilaje de víscera de abulón (95.7 $\mu\text{m}/\text{día}$) y con un alimento artificial producido en Sudáfrica (86 $\mu\text{m}/\text{día}$). Viana *et-al* (1993) encontró

crecimientos máximos de $101\mu\text{m}/\text{día}$ con harina de pescado y $98\mu\text{m}/\text{día}$ con caseína. Los alimentos balanceados que cubran los niveles nutricionales señalados para abulón (Hahn, 1989), dan como resultado un mejor y rápido crecimiento que los alimentos naturales.

Uki, Kemuyana y Watanabe (1986) observaron una relación directa entre el contenido y calidad de la fuente de proteína con el crecimiento del abulón. En este caso solo podemos saber el contenido de la proteína ya que no se hicieron análisis de calidad y no se determinó la fuente de procedencia, pero podría asumirse por los resultados obtenidos con las dietas A y B que tuvieron buena calidad y la cantidad pareció no ser limitante para el crecimiento de los juveniles.

Las comparaciones entre los pesos finales ponen a las dietas A y C en un nivel sin diferencias estadísticas, se observa que los organismos alimentados con la dieta de harina de pescado no incrementaron su crecimiento como en los meses anteriores, esto puede deberse a que la calidad del alimento quizá se vio disminuida a causa de las altas temperaturas que se dieron en ese mes (22°C). Aproximadamente a las 36 horas de suministrado el alimento los abulones se empezaban a alejar de este, probablemente había perdido ya sus propiedades atrayentes (Akiyama y Chwang, 1989).

Los abulones alimentados con las dietas A y B guardaron proporciones similares con respecto a su peso total en los porcentajes de peso seco, peso de la concha y humedad, lo cual indicaría que estos alimentos tienen una similitud en la asimilación y aprovechamiento del abulón; la dieta C, fué la que menor porcentaje en el peso de la concha tuvo, presentando una concha delgada y frágil. El porcentaje de agua retenida en el cuerpo del abulón alcanzó el 48.9% (tabla III), y el porcentaje en peso seco fué bajo, por lo que se cree esta dieta no parece ser fácilmente convertida en materia orgánica por el abulón.

La dieta A con harina de pescado fué uno de los mejores alimentos artificiales, al parecer es una dieta altamente palatable. Uki *et-al* (1986), Uki y Watanabe (1986, 1992) indican que los alimentos de harina de pescado son un excelente suplemento de vitaminas y también contienen aminoácidos importantes, lo cual los hace un alimento apropiado para estos organismos siempre y cuando la harina de pescado sea de la mejor calidad, para esto es necesario saber cual es el tipo de materia prima de la que fue hecha (especie, pescado entero o subproducto), saber la frescura de la materia prima, temperatura de sacado y tiempo de permanencia en el secador (Pike y Hardy, 1992 en Cruz-Suárez *et-al* 1993).

En este trabajo, al igual que el de López-Acuña (1994), las tasas de crecimiento no fueron constantes para ninguna dieta, y los valores fueron bajando por debajo del

promedio los últimos 30 días del experimento. Esto no se sabe realmente por qué sucede, pero puede ser atribuido a factores físicos que intervienen en el medio (Leighton, 1981). Los cambios estacionales y del medio ambiente afectan en la composición de las algas al igual que en los alimentos artificiales, en particular el aumento de temperatura los últimos 60 días llegó a afectar el alimento artificial, el tiempo de duración en el agua fue bajando paulatinamente, las dietas A, B y C se alteraban más rápido conforme transcurría el tiempo y aumentaba la temperatura (entre las 40 y 50 horas de estancia en el agua se presentaba una capa blanca gelatinosa sobre el alimento), la calidad del agua parecía deteriorarse, ya que se volvía turbia, por lo que se consideró como contaminación del medio, por lo que la limpieza se volvió más importante.

Las dietas A, B probaron ser buenos sustitutos de los alimentos naturales y podrían utilizarse temporalmente, cuando la disponibilidad por las fluctuaciones estacionales se vea afectada. Mozqueira (1992) afirmó que los abulones alimentados con una dieta artificial pueden recortar el tiempo de alimentación con microalgas y eliminar el uso de las macroalgas.

SOBREVIVENCIA

La sobrevivencia de los abulones alimentados con las dietas artificiales A y B no se vio afectada, como se observó estos tratamientos tuvieron cero mortalidad. En el caso de la dieta C la sobrevivencia se vió afectada fuertemente por problemas puntuales del laboratorio que redujeron la población en un 60% . Los abulones alimentados con esta dieta se vieron afectados a los 154 días por el mal funcionamiento del sistema de aireación. Se presentó una sobresaturación de oxígeno (12mg/l), que causó inflamación en los tejidos de los abulones, haciendolos subir a la superficie del tanque donde algunos sufrieron desecación, Elston (1983) reporta este estado como una embolia por sobresaturación de oxígeno.

La sobrevivencia en el tratamiento de *Macrocystis pyrifera* se encuentra relacionada con las necesidades nutricionales del abulón, que como se observó en el crecimiento, la dieta de macroalgas secas es apenas suficiente para el sostenimiento de los organismos por un tiempo. Es probable que al ser limpiada la lámina de *Macrocystis* se hayan eliminado nutrimentos que le son necesarios al abulón y que le ayudan a mantenerse, además de no saber en que forma pudo afectarse por los tratamientos de secado y molido .

De acuerdo con los resultados encontrados en este trabajo, se confirma la posibilidad de utilizar las dietas artificiales en laboratorios de producción como sustituto temporal o auxiliar de las diatomeas bentónicas y macroalgas. Con estas dietas pueden obtenerse ahorros considerables, además de ser una alternativa sencilla que trae beneficios por su fácil almacenamiento y viabilidad para tener todo el año. Los alimentos artificiales para abulón en el mercado tienen un alto precio, \$3.20 a \$10.0 dólares/Kg (Guzmán-Calderón, 1995) mientras que los alimentos propuestos en este trabajo tienen un costo entre \$0.50 y \$1.0 dólares por kilogramo.

El uso permanente de estas dietas debe de ser estudiado, pues se desconocen las consecuencias de un uso mas prolongado, de manera que pudiera afectar la calidad del sabor del organismo si se continuara con esta alimentación hasta su talla comercial.

CONCLUSIONES

- Las dietas artificiales son un buen sustituto y/o complemento de las diatomeas bentónicas y de *Macrocystis pyrifera* seca.

- Las mejores tasas de crecimiento diario que se obtuvieron en los juveniles de *Haliotis fulgens* ocurrieron con los alimentos artificiales elaborados comercialmente, con un 70% y 32% de proteínas, superaron a las dietas de diatomeas y *Macrocystis pyrifera* seca.

- El uso de dietas artificiales como alimento no tuvo un efecto negativo en la sobrevivencia de los abulones juveniles.

- *Haliotis fulgens* puede ser alimentado con diatomeas bentónicas hasta los 16mm con excelentes resultados.

LITERATURA CITADA

Akiyama, M. and N.L.W. Chwang, 1989. Shrimp Feed Requirements and Feed Management. Proceedings of the Southeast Asia shrimp farm management workshop. American Soybean Association. 140 pp.

Baqueiro-Cárdenas E., 1984. Status of molluscan aquaculture on the Pacific Coast of Mexico. *Aquaculture*, 39:83-93.

Cox, K.W., 1962. California abalones, Family Haliotidae. Fish Bull. 118. Resources Agency of CA. Dept. Fish and Game.

Cruz-Suárez L.E., M.D. Ricque y R. Mendoza-Alfaro, 1993. Memorias del primer simposium internacional de nutrición y tecnología de alimentos para acuicultura. Programa Maricultura. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Nuevo León.

Ebert E. and J. Houk, 1984. Elements and innovation in the cultivation of the red abalone *Haliotis rufescens*. *Aquaculture*, 39:375-392.

Elston R., 1983. Histopatología de oxígeno intoxicación en el juvenil rojo abalone, *Haliotis rufescens* SWAISON. *Journal of fish diseases* 6:101-110.

Flores-Aguilar R., 1989. Estudio de la factibilidad técnico económica para un cultivo de abulón *Haliotis spp.* en Baja California. Tesis de Licenciatura. F.C.M., U.A.B.C. México.

Grant J.F., 1981. Abalone culture in Japan: development and current comercial practice. *Tasmanian Fish. Res. Lab* 23:2-17.

Gúzman-Calderón, J.M., 1995. Comparación de dos alimentos balanceados experimentales y otro comercial en juveniles de abulón *Haliotis fulgens* (Phillips, 1845), utilizando diferentes fuentes de proteína. Tesis de Licenciatura. F.C.M., U.A.B.C. México.

Hahn K., 1989. Handbook of culture of abalone and other marine gasteropods. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, USA. 348 pp.

Helm M.M., 1977. Mixed algal feeding of *Ostraea edulis* larvae with *Isochrysis galbana* and *Tetraselmis suecica*. *Jour. Mar. Biol. UK*. 57:1019-1029.

Hooker N., D. Morse, 1985. Abalone: The emerging development of comercial cultivation in the United States. *Crustacean and Mollusk aquaculture in the United States*. Eds. Huner, J.V. and Draw, E.E. AVI publishing Co., Westport, CT. 413 pp.

Ino T., 1980. Fisheries in Japan, Abalone and Oyster, Japan Marine Products Photo Materials Assoc., Tokyo.

Jensen A., 1963. The nutritive value of seaweed meal for domestic animals. Norwegian Institute of Seaweed Research. Trondheim, Norway.

Kan-no, H., 1975. Recent advances in the abalone culture in Japan. Proceedings of the first international conference on aquaculture nutrition. October 1975, 195-211.

Kikuchi S., 1965. Study on the culture of abalone *Haliotis discus hannai* Ino. Symposium Japan Agric. Agencies, 861-878.

Leighton D. and R.A. Boolotian, 1963. Diet and growth in the black abalone *Haliotis cracherodi*. Ecology 44(2):227-238.

Leighton D., 1974. The influence of temperature on larval and juvenile growth in three species of the southern California abalone, Fish. Bull., 72(4): 1137-1145.

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

Leighton D., 1985. Early growth of green abalone in the hatchery and field. Proceedings Joint International Scientific Diving Symposium, American Academy of Underwater Sciences. La Jolla, California. Nov. 1-3. 1985, pp 1-12.

López-Acuña L.M., 1994. Desarrollo de dietas artificiales para abulones juveniles de *Haliotis fulgens* (Phillipi, 1845) utilizando diferentes fuentes de proteína. Tesis de Licenciatura. F.C.M., U.A.B.C., México.

Mateus-Valdés H., 1972. Studies on the marine brawn alga *Macrocystis pyrifera*. Thesis presented for the degree of Master of Science. Graduate School of Cornell University. U.S.A.

Mottet M.G., 1978. A review of the fishery biology of abalones. Completion Rep. Wash. St. Dept. of Fish. Olympia, Wa. 240 pp.

Mozqueira A., 1992. Abalone growth rates on an artificial diet. Austasia aquaculture 6(1):50-51.

Norman Boudreau K., D. Burns, C.A. Cooke and A. Austin, 1986. A simple technique for detection of feeding in newly metamorphosed abalone, Aquaculture, 51, 313.

Odum E.P., 1972. Ecología. 3a ed. Nueva Editorial Interamericana S.A. de C.V. México, 639 pp.

Ogino C., N. Kato, 1964. Studies on the nutrition of abalones . II Protein requirements for growth of abalone, *Haliotis discus*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 30 (6), 523.

Perez-Muñoz, G.E., 1995. El cultivo de abulón en México: desarrollo histórico, estado actual y sus perspectivas. Tesis de Licenciatura. F.C.M., U.A.B.C., México.

Ricker W.E., 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish population. Bull. Fish. Res. Board of Canada.

Rho S., 1982. The utilization of terrestrial plant as food as young abalon *Haliotis discus hannai*. Master Thesis. University of Iusan. Japón.

Rocha-Loghlan, 1985. Diagnóstico de la pesquería de abulón *Haliotis spp.* en Baja California, de los años 1972-1973 a 1981-1982, por medio de modelos globales de rendimiento. Tesis de Licenciatura. F.C.M., U.A.B.C., México.

Salas-Garza A., R. Searcy-Bernal, 1990. El repoblamiento de abulón en Baja California. Boletín 21-110, 4pp.

Searcy-Bernal R., Salas-Garza A., 1989. Investigaciones en México sobre la etapa crítica de la producción de semilla de abulón (*Haliotis spp.*). Symp. Inter. de abulón, Biología, Pesquería y Cultivo. La Paz, B.C.S., México., 21-25 de Noviembre.

SEPESCA, 1987. Esquema de regulación propuesto para la administración de la pesquería de abulón. Comisión Consultiva de Pesca. México, D.F..

Sokal R.R., F.J. Rohlf, 1981. Biometry. 2th Ed by W.H. Freeman and Co, USA., 839 pp.

Uki N., A. Kemuyana, T. Watanabe, 1985a. Nutritional evaluation of several protein sources in diets for abalone *Haliotis discus hannai*, Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., 51(11):1835-1839.

Uki N., A. Kemuyana, T. Watanabe, 1985b. Development of semipurified test diets for abalone, Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., 51(11):1825-1833.

Uki N., M. Sigiura, T. Watanabe, 1986. Dietary value of seaweeds occurring on the Pacific Coast of Tohoku for Growth of the abalone *Haliotis discus hannai*. Bull. Jap. Soc. Fish. Nissuishi., 52(2):257-266.

Uki N., A. Kemuyana, T. Watanabe, 1986. Optimun protein level in diets for abalone. Bull. Jap. Soc. Fish. Nissuishi. 52(6):1013-1023.

Uki N., T. Watanabe, 1986. Effect of heat treatment of dietary protein sources on their protein quality for abalone. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. Nissuishi. 52(7):1199-1204.

Uki N., T. Watanabe, 1992. Review of the nutritional requirements of abalone *Haliotis spp.* and development of more efficient artificial diets. En Abalone of the Word.

Biology, Fisheries and Culture. Edited by S.A. Sheperd, M.J. Tegner and S.A. Guzmán-del Prío. Fishing News Books. 608 pp.

Viana-Castrillón, M.T., L.M. López-Acuña, A. Salas-Garza, 1993. Diet development for juvenile abalone *Haliotis fulgens* evaluation of two artificial diets and macroalgae. *Aquaculture* 117:149-156.

Zar J.H., 1984. *Bioestatistical Analysis*. Prentice Hall. Inc. New Jersey, USA. 718 pp.

APÉNDICE

TABLA V. Análisis de varianza de una vía, para la longitud de *Haliotis fulgens* alimentado con cinco dietas diferentes, durante 154 días.

a) Inicio del experimento

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	G.L.	CUADRADOS MEDIOS	F
ENTRE GRUPOS	0.0182287	4	0.0045572	4.197
DENTRO GRUPOS	0.3249796	295	0.0011016	
TOTAL	0.3432082	299		

b) 30 días

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	G.L.	CUADRADOS MEDIOS	F
ENTRE GRUPOS	1.4811653	4	0.3712913	81.96
DENTRO GRUPOS	1.3327983	295	0.004518	
TOTAL	2.8139637	299		

c) 62 días

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	G.L.	CUADRADOS MEDIOS	F
ENTRE GRUPOS	7.7484747	4	1.9371187	256.4
DENTRO GRUPOS	2.22864	295	0.0075547	
TOTAL	9.9771147	299		

d) 92 días

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	G.L.	CUADRADOS MEDIOS	F
ENTRE GRUPOS	15.695919	4	3.9239798	285.8
DENTRO GRUPOS	3.980837	289	0.013727	
TOTAL	19.676756	293		

e) 121 días

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	G.L.	CUADRADOS MEDIOS	F
ENTRE GRUPOS	17.95956	4	4.4898899	212
DENTRO GRUPOS	5.547189	264	0.0211725	
TOTAL	29.506749	262		

f) 154 días

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	G.L.	CUADRADOS MEDIOS	F
ENTRE GRUPOS	25.917924	4	6.4794809	253.9
DENTRO GRUPOS	5.894915	231	0.0255191	
TOTAL	31.812839	295		

TABLA VI. Análisis de varianza de una vía, para el peso total de *Haliotis fulgens* alimentado con cinco dietas diferentes, durante 154 días.

a) Inicio del experimento

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	G.L.	CUADRADOS MEDIOS	F
ENTRE GRUPOS	0.0004953	4	1.23833E-004	3.775
DENTRO GRUPOS	0.0096767	295	3.28029E-005	
TOTAL	0.010172	299		

b) 30 días

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	G.L.	CUADRADOS MEDIOS	F
ENTRE GRUPOS	0.0317687	4	0.0079422	48.4
DENTRO GRUPOS	0.0484083	295	0.0001641	
TOTAL	0.080177	299		

c) 62 días

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	G.L.	CUADRADOS MEDIOS	F
ENTRE GRUPOS	0.6816053	4	0.1704013	175.9
DENTRO GRUPOS	0.2857583	295	0.0009687	
TOTAL	0.9673637	299		

d) 92 días

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	G.L.	CUADRADOS MEDIOS	F
ENTRE GRUPOS	4.9377249	4	1.2344312	244.1
DENTRO GRUPOS	1.461395	289	0.0050567	
TOTAL	6.3991199	293		

e) 121 días

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	G.L.	CUADRADOS MEDIOS	F
ENTRE GRUPOS	14.155504	4	3.5388761	174
DENTRO GRUPOS	5.311171	264	0.0202716	
TOTAL	19.466675	262		

f) 154 días

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	G.L.	CUADRADOS MEDIOS	F
ENTRE GRUPOS	38.0461	4	9.511523	0.83
DENTRO GRUPOS	2,517.81	231	10.899619	
TOTAL	2,555.85	235		

TABLA VII. Prueba *a posteriori* de Tukey para el crecimiento en longitud de *Haliotis fulgens*. (D.B.= Diatomeas bentónicas, *Mp* = *Macrocystis pyrifera*). * = significativo a 0.05, NS = no significativo.

a) Inicio del experimento

DIETA	D.B.	<i>Mp</i>	A	B	C
D.B.	-	NS	***	NS	***
<i>Mp</i>		-	NS	NS	NS
A			-	NS	NS
B				-	NS
C					-

d) 92 días

DIETA	D.B.	<i>Mp</i>	A	B	C
D.B.	-	**	**	*	NS
<i>Mp</i>		-	***	***	**
A			-	*	**
B				-	*
C					-

b) 30 días

DIETA	D.B.	<i>Mp</i>	A	B	C
D.B.	-	***	NS	NS	*
<i>Mp</i>		-	***	***	**
A			-	*	*
B				-	*
C					-

e) 121 días

DIETA	D.B.	<i>Mp</i>	A	B	C
D.B.	-	**	**	*	NS
<i>Mp</i>		-	***	***	**
A			-	*	**
B				-	*
C					-

c) 62 días

DIETA	D.B.	<i>Mp</i>	A	B	C
D.B.	-	*	*	*	NS
<i>Mp</i>		-	***	***	**
A			-	*	*
B				-	*
C					-

f) 154 días

DIETA	D.B.	<i>Mp</i>	A	B	C
D.B.	-	**	**	**	*
<i>Mp</i>		-	***	***	**
A			-	NS	*
B				-	*
C					-

TABLAVIII. Prueba *a posteriori* de Tukey para el crecimiento en peso total de *Haliotis fulgens*. (D.B.= Diatomeas bentónicas, *Mp* = *Macrocystis pyrifer*). * = significativo a 0.05, NS= no significativo.

a) Inicio del experimento

DIETA	D.B.	<i>Mp</i>	A	B	C
D.B.	-	NS	***	NS	NS
<i>Mp</i>		-	NS	NS	NS
A			-	***	NS
B				-	NS
C					-

d) 92 días

DIETA	D.B.	<i>Mp</i>	A	B	C
D.B.	-	**	**	*	NS
<i>Mp</i>		-	***	***	*
A			-	*	***
B				-	*
C					-

b) 30 días

DIETA	D.B.	<i>Mp</i>	A	B	C
D.B.	-	***	NS	NS	NS
<i>Mp</i>		-	***	***	***
A			-	NS	NS
B				-	NS
C					-

e) 121 días

DIETA	D.B.	<i>Mp</i>	A	B	C
D.B.	-	*	**	*	NS
<i>Mp</i>		-	***	***	*
A			-	*	**
B				-	*
C					-

c) 62 días

DIETA	D.B.	<i>Mp</i>	A	B	C
D.B.	-	**	**	*	NS
<i>Mp</i>		-	***	***	**
A			-	*	**
B				-	*
C					-

f) 154 días

DIETA	D.B.	<i>Mp</i>	A	B	C
D.B.	-	*	**	**	*
<i>Mp</i>		-	***	***	**
A			-	NS	*
B				-	*
C					-

TABLA IX. Comparaciones entre las pendientes del peso total y longitud de *Haliotis fulgens* alimentado con cinco dietas diferentes. (R.C.= regresión común, R.P.= regresión "pooled").

DIETAS	Σx^2	Σxy	Σy^2	n	a	b	r	SC	GL
DIATOMEAS BENTÓNICAS	530.7	120.3	30.68	352	-0.65	0.88	0.13	3.41	350
<i>Macrocystis pyrifer</i>	244.9	28.36	4.47	318	-0.13	0.26	0.8	1.18	316
A	1,044	318.4	222	360	-0.52	0.71	0.93	124	358
B	741.7	278.7	131	360	-0.54	0.72	0.93	26.2	358
C	410.3	91.04	28.39	308	-0.3	0.47	0.93	8.19	306
R.P.								163	1,688
R.C.	2,971	836.9	416.5					180	1,692

F= 34.92

TABLA X. Múltiples comparaciones entre las pendientes de peso total y longitud obtenidas con las cinco dietas dadas como alimento a *Haliotis fulgens*. * = significativo a 0.05, NS = no significativo. (D.B. = Diatomeas bentónicas, *Mp* = *Macrocystis pyrifer*).

DIETA	D.B.	<i>Mp</i>	A	B	C
D.B.	-	***	*	*	*
<i>Mp</i>		-	***	***	***
A			-	NS	*
B				-	*
C					-

TABLA XI. Análisis de varianza de una vía para los diferentes pesos obtenidos a los 185 días, en *Haliotis fulgens* alimentado con cinco dietas diferentes.

a) peso total

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	G.L.	CUADRADOS MEDIOS	F
ENTRE GRUPOS	18.398132	4	4.5995331	75.98
DENTRO GRUPOS	2.784636	46	0.0605356	
TOTAL	21.182769	50		

b) peso de la concha

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	G.L.	CUADRADOS MEDIOS	F
ENTRE GRUPOS	3.175706	4	0.0314544	25.21
DENTRO GRUPOS	1.4469039	46	0.0314544	
TOTAL	4.6194745	50		

c) peso húmedo

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	G.L.	CUADRADOS MEDIOS	F
ENTRE GRUPOS	9.2407781	4	2.3101945	56.15
DENTRO GRUPOS	1.8925916	46	0.0411433	
TOTAL	11.133369	50		

d) peso seco

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	G.L.	CUADRADOS MEDIOS	F
ENTRE GRUPOS	0.4558281	4	0.113957	46.49
DENTRO GRUPOS	0.5685686	46	0.00245	
TOTAL	0.5685686	50		

TABLA XII. Prueba *a posteriori* de Tukey para los diferentes pesos obtenidos a los 185 días en *Haliotis fulgens* alimentado con cinco dietas diferentes. * = significativo a 0.05, NS = no significativo.

a) peso total

DIETA	D.B.	Mp	A	B	C
D.B.	-	NS	*	***	*
Mp		-	**	***	*
A			-	**	NS
B				-	**
C					-

b) peso de la concha

DIETA	D.B.	Mp	A	B	C
D.B.	-	*	**	**	*
Mp		-	***	***	*
A			-	NS	*
B				-	*
C					-

c) peso humedo

DIETA	D.B.	Mp	A	B	C
D.B.	-	NS	*	***	**
Mp		-	**	***	*
A			-	**	NS
B				-	**
C					-

d) peso seco

DIETA	D.B.	Mp	A	B	C
D.B.	-	NS	*	***	*
Mp		-	*	***	*
A			-	**	NS
B				-	*
C					-