



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA
CALIFORNIA**



FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

**EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE ABULÓN ROJO (*Haliotis*
rufescens) EN CULTIVO ALIMENTADO CON UNA DIETA DE
MACROALGAS**

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

Ariadna Ruiz Gómez

Ensenada, Baja California, México, Agosto del 2013.

**EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE ABULÓN ROJO (*Haliotis rufescens*) EN
CULTIVO ALIMENTADO CON UNA DIETA DE MACROALGAS**



Dr. José Antonio Zertuche González

SINODAL PROPIETARIO

Dr. Enrique Hernández Garibay

SINODAL PROPIETARIO

Oc. José Manuel Guzmán Calderón

RESUMEN

Se evaluó el crecimiento del abulón rojo *Haliotis rufescens* durante cuatro meses, dentro de un cultivo en Bahía Falsa, San Quintín, B.C., bajo siete dietas diferentes a base de tres macroalgas de la región. Las algas utilizadas en las dietas fueron *Ulva* spp.(U), *Eisenia arborea* (E) y *Chondracanthus squarrulosus* (C), y las siete combinaciones para cada tratamiento fueron: 1) C ; 2) C + E; 3) C + U ; 4) E ; 5) E + U; 6) U y 7) C + E + U. Los tratamientos fueron por triplicado con 23 organismos cada uno, los cuales fueron colocados dentro de artes de cultivo suspendidos con una capacidad aproximada de 20 litros. Aún cuando se observó un consumo en todos los tratamientos, los resultados en este experimento muestran la preferencia alimenticia de los abulones por la mono-dieta con el alga *Eisenia arborea*, que mostró los mejores crecimientos tanto en longitud promedio con 3.32 ± 0.62 mm/mes, como en peso promedio con 1.06 ± 0.12 g/mes; seguido por los tratamientos de E, E + U y C + E. En cuanto a los análisis proximales para los cuatro meses de experimentación, los resultados mostraron un mayor contenido proteico para el alga *E. arborea* con 11.02 ± 0.74 %, seguido de *Ulva* spp. con 10.36 ± 0.79 % y finalmente el más bajo se registró para *C. squarrulosus* con 8.49 ± 0.69 %. Este estudio demuestra que *H. rufescens* puede ser cultivado en Bahía San Quintín a partir de las dietas presentes en la zona pero que su mejor crecimiento se da cuando es alimentado preferente o exclusivamente con *E. arborea*.

Palabras clave: *Haliotis rufescens*, crecimiento, macroalgas.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS por ayudarme a no perder la fé, y por darme una gran familia que siempre estuvo pendiente de mi estudio y logros a lo largo de mi carrera, porque de muchas maneras contribuyeron a mi formación personal y académica. Gracias a mis PADRES por motivarme durante todo este tiempo en mi estudio, y por impulsarme a seguir adelante pese a cualquier circunstancia: los amo con todo mi corazón.

A MIS HERMANOS gracias por sus consejos, comprensión y cariño y por estar ahí cuando los necesite, los quiero muchísimos. Sofí, por fin cumplimos la promesa que un día hicimos; no fue fácil, lo sé, pero al final lo logramos.

A MI ESPOSO quien siempre estuvo conmigo apoyándome incondicionalmente en todo momento durante esta travesía y parte de mi carrera, motivándome, y a ser firme en mis objetivos hasta alcanzarlos, gracias amor por creer en mí, por ser paciente y aún más agradecida estoy contigo por darme el mejor de los regalos: a nuestra HIJA Alexia, quien pese a las circunstancias se aferró a la vida y gracias a Dios hoy está con nosotros contagiándonos con su alegría y llenando nuestras vidas de sueños e ilusiones, pero más que nada nos impulsa cada día a ser mejores seres humanos y esforzarnos como padres, los amo.

A MIS COMPAÑEROS, AMIGOS Y FAMILIARES: creo que no me cansaría de agradecer y mencionar a todos y cada uno de ellos que fueron piezas importantes en mi vida, que siempre estuvieron al pendiente de mi trabajo y apoyándome en todo momento. Gracias también a todos mis MAESTROS e INVESTIGADORES del IIO, por sus consejos, aportaciones, enseñanzas y motivaciones para llegar a cumplir mis metas, por todo eso y más MIL GRACIAS. !!!!

A mi Director de tesis José Antonio Zertuche González, a mis sinodales Dr. Enrique Hernández Garibay y al Oc. José Manuel Guzmán Calderón, así también como en especial al Dr. Antonio Trujillo Ortiz por su colaboración en la parte estadística de este trabajo a todos ellos gracias por su valioso tiempo, dedicación, comprensión, paciencia y motivación durante todo el estudio y así poder concluir este proyecto.

Al Instituto de Investigaciones Oceanológicas (IIO), por la oportunidad de participar en este proyecto y por las facilidades otorgadas en laboratorios, para la realización de este proyecto así como a todo su amable personal.

Al CONACYT por la beca otorgada para la realización de este proyecto, el cual me permitió concluir mis estudios.

A la Facultad de Ciencias Marinas y a la Universidad Autónoma de Baja California por permitir ser parte de esta institución la cual me llena de mucho orgullo, por las enseñanzas y formación adquiridas durante mi carrera profesional.

A la empresa Nautilus S. de R.L. de C.V.; en especial al Sr. Vicente Guerrero, a su familia por sus contribuciones y apoyo durante todo este tiempo y a todo el equipo de trabajo de su empresa, quienes en todo momento me apoyaron, y de los cuales aprendí muchas cosas valiosas que serán una gran herramienta para mi futuro desempeño como profesionista en el campo laboral.

A la empresa Productores Marinos Baja S.A. de C.V., al Oc. Enrique Vázquez y familia, quienes nos proporcionaron los lotes de abulón para la fase experimental del proyecto, por dedicarnos parte de su tiempo y por todos sus consejos y atenciones.

INDICE

RESUMEN.	i
AGRADECIMIENTOS.	ii
LISTA DE FIGURAS.	vii
LISTA DE TABLAS.	viii
1. INTRODUCCIÓN.	1
2. ANTECEDENTES.	5
2.1. Acuicultura del abulón en Baja California.	5
3. OBJETIVOS GENERALES.	9
3.1. Objetivos Específicos.	9
4. ÁREA DE ESTUDIO.	10
5. MATERIALES Y MÉTODOS.	14
5.1. VARIABLES BIOLÓGICAS.	17
5.1.1. Evaluación de crecimiento por dieta utilizada.	17
5.2. ANÁLISIS QUÍMICOS.	18
5.2.1. Humedad.	18
5.2.2. Cenizas.	18
5.2.3. Proteínas.	18
5.2.3.1. Digestión.	18
5.2.3.2. Destilación por arrastre de vapor.	19
5.2.3.3. Titulación.	19
5.2.4. Carbohidratos.	20
5.3 VARIABLES QUÍMICAS.	20
5.3.1. Calidad nutricional del alga.	20

5.4 TEMPERATURA.	20
5.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.	21
6. RESULTADOS.	23
6.1. VARIABLES BIOLÓGICAS.	23
6.1.1. Crecimiento	23
6.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.	28
6.3. ANÁLISIS PROXIMAL.	35
6.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.	40
7. TEMPERATURA.	44
8. DISCUSIONES.	46
9. CONCLUSIONES.	52
10. LITERATURA CITADA.	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área de trabajo en Bahía Falsa, San Quintín.	13
Figura 2. Especies de algas utilizadas como alimento en cultivo de abulón y sus posibles combinaciones (<i>Ulva</i> spp., <i>E. arborea</i> , <i>C. squarrulosus</i>).	14
Figura 3. a) y b) Cubetas (20 l) previamente perforadas utilizadas como arte de cultivo suspendido del abulón rojo (<i>Haliotis rufescens</i>) c) Cubetas atadas al Long-line en Bahía Falsa.	16
Figura 4. a) Limpieza de las artes de cultivo realizadas semanalmente. b) Inspección de los organismos dentro de las cubetas.	16
Figura 5. Serie de datos de temperatura promedio registrada semanalmente en la zona de experimentación durante las estaciones de primavera-verano del 2009 en Bahía Falsa, San Quintín.....	45

LISTA DE TABLAS

Tabla I. Promedio $\pm$ error estándar (ee) inicial (Abril) y final (Julio) de longitud de concha y peso corporal de juveniles de abulón rojo (<i>Haliotis rufescens</i>) alimentados con las siete dietas diferentes de algas.	25
Tabla II. Valores de crecimiento de las dietas de abulón rojo (<i>Haliotis rufescens</i>) durante cuatro meses. Donde L = longitud de concha y P = Peso corporal. T1= abril-mayo; T2= mayo-junio; T3= junio-julio, $\bar{X}$ = promedio, ee = error estándar.	26
Tabla III. Tasas de crecimiento específico (%) de juveniles de abulón (<i>Haliotis rufescens</i>) alimentados con siete dietas naturales diferentes durante cuatro meses.	27
Tabla IV. ANOVA de dos vías Modelo III (mixto) para longitud. El factor dietas presenta un diseño <i>a priori</i> (planeado). Fte. var., fuente de variación; SC, suma de cuadrados; gl, grados de libertad; CM, cuadrados medios; F, estadístico F; P, nivel de significancia; 1:6, hipótesis; S, significativo.....	30
Tabla V. ANOVA de dos vías Modelo III (mixto) para peso. El factor dietas presenta un diseño <i>a priori</i> (planeado). Fte. var., fuente de variación; SC, suma de cuadrados; gl, grados de libertad; CM, cuadrados medios; F, estadístico F; P, nivel de significancia; 1:6, hipótesis; S, significativo.	31

Tabla VI. Diseño de la planeación de las hipótesis del factor de dietas a probar. Se muestran los vectores y el resultado de su ortogonalidad. Las dietas (7), corresponden a: 1. U; 2. U+E; 3. E; 4. C+U; 5. C; 6. C+E, y 7. U+E+C. De las cuales, U = *Ulva* spp.; E = *Eisenia arborea*; C = *Chondracanthus squarrulosus*. Los números del rubro dietas, corresponden a las seis hipótesis que se están probando *a priori* (diseño planeado) 1. Ho: Algas solas vs. combinadas [U, E, C vs. U+E, C+U, C+E, U+E+C], 2. Ho: Entre las algas solas [U, E vs. C], 3. Ho: Entre las algas solas [U vs. E], 4. Ho: Entre las combinadas de dos vs. combinada de tres algas [U+E, C+U, C+E vs. U+E+C], 5. Ho: Entre las combinadas de dos algas [U+E, C+U vs. C+E] y 6. Ho: Entre las combinadas de dos algas [U+E vs. C+U]. 32

Tabla VII. Promedio de la longitud debido a las dietas de las hipótesis a probar en el diseño planeado (*a priori*). Las dietas (7), corresponden a: 1. U, 2. U+E, 3. E, 4. C+U, 5. C, 6. C+E, y 7. U+E+C. De las cuales, U = *Ulva* spp.; E = *Eisenia arborea*; C = *Chondracanthus squarrulosus*. 33

Tabla VIII. Promedio del peso debido a las dietas de las hipótesis a probar en el diseño planeado (*a priori*). Las dietas (7), corresponden a: 1. U, 2. U+E, 3. E, 4. C+U, 5. C, 6. C+E, y 7. U+E+C. De las cuales, U = *Ulva* spp.; E = *Eisenia arborea*; C = *Chondracanthus squarrulosus*. 34

Tabla IX. Promedios mensuales de los análisis químicos correspondientes a cenizas obtenida para los tres diferentes tipos de algas que se usaron como alimento en un cultivo de abulón rojo (*Haliotis rufescens*) en Bahía Falsa San Quintín. El error estándar se indica dentro del paréntesis (); el símbolo $\bar{X}$ = promedio. 37

Tabla X. Promedios mensuales del contenido proteico realizado a partir de un análisis químico a cada una de las tres especies de algas usadas como alimento en un cultivo de abulón. El error estándar se indica dentro del paréntesis (); el símbolo $\bar{X}$ = promedio. 38

Tabla XI. Promedio mensual de los carbohidratos (CHOs) obtenidos de los análisis químicos realizados a las tres diferentes algas que se utilizaron como alimento para abulón rojo (*Haliotis rufescens*). El error estándar se indica dentro del paréntesis (); el símbolo $\bar{X}$ = promedio. 39

Tabla XII. ANOVA de dos vías Modelo III (mixto) para proteína. El factor algas es un Modelo I y los meses un Modelo II. Fte. var., fuente de variación; SC, suma de cuadrados; gl, grados de libertad; CM, cuadrados medios; F, estadístico F; P, nivel de significancia; S, significativo; NS, no significativo. 41

Tabla XIII. ANOVA simple Modelo II para proteína en los meses. Fte. var., fuente de variación; SC, suma de cuadrados; gl, grados de libertad; CM, cuadrados medios; F,

estadístico F; P Comp., valor de significancia de la componente; *var.*, valor de la varianza; % *Contr.*, valor de porcentaje de contribución. 42

Tabla XIV. Promedio en proteína y tamaño de muestra de las algas, donde 1= *Ulva* spp.; 2= *E.arborea*; 3=*C. squarrulosus*. 42

Tabla XV. ANOVA simple Modelo I para proteína de las algas. La SC, corresponde a suma de cuadrados; gl, grados de libertad; CM, cuadrados medios; F, estadístico F; y *P*, nivel de significancia. 43

Tabla XVI. Comparaciones múltiples *a posteriori* por Bonferroni entre los promedios de proteína en las algas, donde 1 = *Ulva* spp.; 2 = *E. arborea*; y 3 = *C. squarrulosus*.43

1. INTRODUCCIÓN

El abulón es un gasterópodo bentónico herbívoro con hábitos alimenticios muy lentos (Hahn, 1989). Los abulones se alimentan de fitoplancton en su fase inicial y adquieren gradualmente la capacidad de alimentarse de macroalgas alrededor de los 10 mm de talla (Cox, 1962). La boca tiene una estructura especial para raspar la superficie de las algas, así como para consumir las diatomeas bentónicas que se fijan a las rocas. El abulón presenta hábitos alimenticios nocturnos y lentos, por lo que puede durar varias horas en completar su alimentación, y la mayor parte de su movimiento está asociado a esta actividad.

En la actualidad existen aproximadamente 200 especies de abulón descritas que pertenecen al género (*Haliotis* spp.) y abarcan casi todas las regiones del mundo (Geiger, 2000). Sin embargo, sólo diez especies son de importancia comercial a nivel mundial (Hahn, 1989); de las cuales siete de esas especies se encuentran en Norteamérica (Hooker y Morse, 1985). En México también se encuentran las siete especies comerciales de abulón, entre las cuales destaca el abulón rojo (*Haliotis rufescens*), la cual es una de las principales que se cultiva comercialmente en la parte norte de la península de Baja California (Searcy-Bernal *et al.*, 2010). En esta especie en particular, se han encontrado los ejemplares más grandes con tallas de más de 30 cm de longitud. El abulón rojo, al igual que las demás especies, es de lento crecimiento y tarda en llegar a su talla comercial (7.5 a 8.5 cm) hasta tres años de edad

y aproximadamente de 6 a 8 años en alcanzar una longitud de 12 cm (Ebert y Houk, 1984; Hahn, 1989).

En particular, el abulón rojo se distribuye desde Bahía Sunset, Oregón (E.U.A), hasta Bahía Tortugas, Baja California Sur, por lo que México cubre un tercio de su distribución. Aunque se le puede encontrar desde la línea de bajamar, se distribuye hasta los 65 m de profundidad y su máxima abundancia ocurre entre los 6 y 18 m de profundidad. (DOF 2011) Su hábitat, son los sustratos rocosos de aguas subárticas y templadas (de 11 °C a 18 °C), usualmente no se encuentran en bahías protegidas, ya que prefieren localidades donde hay una considerable acción de las olas y vientos que provocan surgencias de aguas profundas, es decir puntas costeras, bajos, promontorios y farallones (Cox, 1960). Además, son estas zonas de alta productividad donde diversas especies de algas cafés y rojas forman extensas comunidades de macroalgas, de las cuales el abulón se alimenta en su etapa adulta; así como microalgas bentónicas que consumen en las primeras etapas de su desarrollo (Leighton, 2000).

A escala mundial, el cultivo comercial de abulón es una actividad en plena expansión, y se encuentra en la etapa de investigación y desarrollo en países como Japón, E.U.A., China, Taiwán, Corea, Nueva Zelanda, Australia, Sudáfrica, México y Chile, entre otros.

En la última década el cultivo del abulón pasó de una producción de 1220 ton en el 2002 a 85,000 ton en el 2012. China es responsable por el 66% de la

producción mundial, seguido por Corea, Chile, Sudáfrica y Australia (Gordon y Cook, 2009). Lo más relevante, es que actualmente en más de una docena de países en cuatro continentes se practica el cultivo comercial de abulón. Esta rápida expansión se debe más que nada a que los principales países productores (China y Corea) desarrollaron exitosamente técnicas para la engorda del abulón en el mar (www.fishttech.com)

De acuerdo con Ebert (1991), las especies de abulón que se cultivan y comercializan en California (E.U.A.), son *Haliotis rufescens* (abulón rojo), *Haliotis corrugata* (abulón amarillo) y *Haliotis fulgens* (abulón azul), sin embargo el abulón rojo constituye el 95% de la producción obtenida.

En México, el abulón es un recurso que se ha explotado comercialmente desde hace más de 120 años. El registro más antiguo de la pesquería de abulón en Baja California se remonta al año de 1929, con una producción de 180 ton (Guzmán del Proó, 1989). Sin embargo, los registros más precisos son a partir de los años cuarenta.

En 1950 fue cuando obtuvo la captura histórica anual más alta de 6000 toneladas (Guzmán del Proó, 1992), y para la década de los setentas llegó a ser el principal productor mundial, aportando el 34% de la captura de 2000 a 3000 toneladas anuales (FAO, 1975). Fue a partir de 1976, a pesar de las medidas regulatorias impuestas por la Secretaría de Pesca para proteger el recurso, tales como épocas de veda y talla mínima

de captura, que la producción declinó de manera constante hasta llegar a menos de 400 toneladas anuales durante la década de los 80's provocando el colapso de la pesquería nacional (Guzmán del Proó, 1992).

El colapso de la pesquería se atribuye principalmente a la pesca ilegal, la sobreexplotación del recurso, enfermedades del organismo, la destrucción de su hábitat natural, e incluso los cambios climáticos globales como el fenómeno de “El Niño” (León y Muciño, 1995).

La recuperación del recurso no se ha logrado por medio del manejo de las pesquerías o a través de los programas de repoblamiento, y se reconoce que la alternativa más viable para lograr la recuperación de las poblaciones naturales, o bien no acabar con las poblaciones existentes, es la acuacultura (Ramírez- Granados, 1992).

La captura comercial de abulón para el 2011 fue de 424 ton con un valor de 62.55 millones de pesos; en este mismo año la producción de abulón de cultivo ascendió a cerca de 40 toneladas con un valor de 8.2 millones de pesos (Anuario Estadístico de pesca, 2011).

La actual crisis mundial y la reducción de los precios del abulón desalienta aun más el establecimiento de nuevas granjas y plantea nuevos retos a la industria existente, la cual tendrá que encontrar formas creativas para ser más eficientes y vender sus productos en los mercados locales e internacionales (Searcy-Bernal *et al.*, 2010).

2. ANTECEDENTES

2.1. Acuacultura del abulón en Baja California

Desde los años setenta se han intensificado los esfuerzos a nivel mundial para el cultivo de abulón y a partir el modelo japonés se han obtenido notables avances tecnológicos, cuya aplicación se ha extendido a países como Australia, Canadá, Chile, Francia, E.U.A. y México (Ebert y Houk, 1984).

En la década de los sesentas se iniciaron los primeros intentos por conocer la biología y ecología, de las poblaciones de abulón en México. En 1961 la M.C. Margarita Lizárraga Saucedo, contempló la producción de crías de abulón en laboratorio y la posibilidad de producción masiva por cultivo; con el establecimiento de un lugar (Con limitaciones en equipo y por el agua de mar contaminada) para producción de crías de abulón en El Sauzal (Estación de Investigación Pesquera, I.N.P.) [Ortiz-Quintanilla y Medina-Jiménez, 1978].

Así fue, que a partir de 1962 las cooperativas pesqueras y algunos empresarios formaron un fondo abulonero, aportando 6 ¢ de dólar por kilogramo de abulón capturado, para realizar estudios sobre el recurso que incluyeron los primeros intentos por cultivar el abulón en México (Mateus-Valdés, 1986; Ramírez-Granados, 1989).

En nuestro país, las primeras granjas operadas por el gobierno mexicano y las cooperativas, fueron con fines de repoblación y se establecieron durante la década de 1980 (Salas-Garza y Searcy-Bernal, 1992).

En 1983 se inicio el programa de cultivo de abulón en el Centro de Eréndira por la Secretaria de Pesca y la Federación de Sociedades Cooperativas que operó hasta el año de 1986 (Secretaría de Pesca, 1987).

En 1984 la U.A.B.C., a través del Instituto de Investigaciones Oceanológicas y con el apoyo de la Secretaria de Educación Pública, inicia un programa sobre la ecología y trasplante de juveniles de abulón en Baja California (Searcy-Bernal y Salas-Garza, 1987).

Durante el período, de julio de 1985 a agosto de 1986, se inició el primer cultivo experimental de engorda de abulón en cautiverio, en artes suspendidas (barriles) a media agua, en la Bahía de Todos Santos, B.C., con abulones rojos obtenidos de la empresa Ab. Lab. De California (E.U.A.), los cuales se alimentaron con diferentes dietas (*Macrocystis pyrifera* y *M. pyrifera* con *Egria menziensis*), obteniendo una sobrevivencia del 80% (Salas-Garza y Searcy-Bernal, 1992).

En 1987, la Cooperativa de Producción Pesquera “Bahía Falsa” en San Quintín, implementó un cultivo a nivel piloto de abulones en fase de engorda (para su posterior impulso a nivel comercial) en la Isla San Martín y Bahía de San Quintín B.C., con base en la asesoría proveniente del centro de Eréndira, utilizando sus propias artes de cultivo

“Medio barril y Farol”. En este proyecto se trabajo con un lote procedente de Eréndira de 25,000 organismos (Secretaría de Pesca, 1987).

Flores-Aguilar (1989), realizó un estudio para determinar la factibilidad técnico-económica para desarrollar un cultivo de abulón en Baja California, en donde se analiza por primera vez, la viabilidad económica de construir y operar una granja de abulón vendiendo el abulón cultivado a talla medallón (5 a 7.5 cm de longitud de concha).

La primera granja de abulón comercial se inició en 1989 con una cooperativa que posteriormente se convirtió en Abulones Cultivados, en 1992, cuando las leyes mexicanas cambiaron para permitir la acuicultura del abulón por empresas privadas (Pérez-Muñoz, 1995).

A partir de diciembre de 1994, Abulones Cultivados inició la venta de su producto en los mercados internacionales, Sur de California, E.U. y Japón, logrando el precedente de ser los primeros abulones cultivados mexicanos vendidos en el extranjero y logrando altas cotizaciones (com. per. Oc. Flores Aguilar).

Actualmente, en Baja California operan cuatro granjas privadas que producen abulón rojo a nivel comercial:

- 1) Abulones Cultivados, S. de R. L de C. V.
- 2) Productores Marinos Baja, S. A de C. V.
- 3) Grupo Empresarial Mexicano de Acuicultura Sustentable S. A de C. V. (GEMAS).

4) Asociación Pesquera Regasa 2, S. P. R de R. L.

Además, en el sector cooperativo operan varios laboratorios de producción de larva y semilla que son destinadas principalmente al repoblamiento en la costa occidental de la península (Searcy-Bernal *et al.*, 2010).

Existen dos opciones de engorda de abulón ya sea en el mar (jaulas o barriles) o en tierra (estanques) en México, la primera opción es la que más se ha probado y ha dado buenos resultados en un tiempo razonable. Sin embargo, uno de las principales limitantes para la producción de abulón en cultivo es la disponibilidad de las macroalgas.

Baja California presenta excelentes perspectivas para el desarrollo de la acuacultura del abulón. También cabe mencionar que en la península se cuenta con tres especies susceptibles de cultivo comercial, que representan un alto valor en los principales mercados internacionales. En este estudio, se pretende evaluar el crecimiento del abulón rojo *Haliotis rufescens* mediante su engorda en una laguna costera, en base a dietas de algas frescas de la localidad y así demostrar, que la engorda de abulón por medio de este tipo de dietas es también una buena opción en una laguna costera donde se tienen algas todo el año.

3. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la efectividad de las macroalgas *Eisenia arborea*, *Ulva* spp. y *Chondracanthus squarulosus* como alimento en el cultivo de abulón rojo (*Haliotis rufescens*) en una laguna costera de Baja California.

3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Evaluar el crecimiento en cultivo de *Haliotis rufescens* usando diferentes dietas de macroalgas dentro de Bahía San Quintín.
- b) Evaluar los cambios en la composición química de las macroalgas y su efecto en el crecimiento del abulón.

4. ÁREA DE ESTUDIO

La Bahía de San Quintín con un área total de 4,000 ha., se localiza a 220 Km al sur de la ciudad de Ensenada B.C., en la costa Pacífico noroccidental de Baja California entre los 30° 24' y 30° 30' de latitud Norte y a los 115° 57' y 116° 01' de longitud Oeste. Esta es una laguna costera en forma de "Y" que tiene su entrada de agua en el extremo sur. Se comunica con el mar por un camino estrecho de 1.5 Km. de ancho. Está dividido en dos brazos, Oeste y Este. El brazo Oeste, llamado Bahía Falsa (Fig. 1) tiene un canal generalmente estrecho con fondo y margen volcánica al Este de la Bahía. La margen Oeste del canal está caracterizada por lodos y bajos de arena, presenta una profundidad promedio de 4m. Por otro lado Bahía San Quintín en el brazo Este, tiene una profundidad promedio de 8m, con los valores más altos cerca de la boca (Del valle-Lucero, 1979).

Con excepción de los canales, ambos brazos del sistema son muy someros, caracterizándose, por la presencia de bajos dominados por vegetación, pastos marinos (*Zostera marina*) [Dawson, 1962].

La región es árida, con una precipitación media anual de 150 mm, donde la mayor precipitación ocurre entre los meses de octubre y marzo (Aguirre-Muñoz *et al.*, 2003, Camacho-Ibar *et al.*, 2003).

La salinidad y la temperatura tienden a aumentar de la boca al interior de ambas bahías (Álvarez-Borrego *et al.*, 1977; Millán-Núñez *et al.*, 1982).

Dentro de la bahía ocurre una alta evaporación durante el año lo cual lo hace un sistema hipersalino (Camacho-Ibar *et al.* 2003). Los tiempos de residencia del agua dentro de la bahía son menores en verano (13 días) que en invierno (20 días) debido a la mayor intensidad de los vientos del noroeste durante primavera y verano, lo cual facilita la expulsión del agua de la bahía hacia el océano (Aveytua-Alcazar, 2002).

Tiene una amplitud de marea de 2.4 m durante mareas vivas, la temperatura del agua varía entre 11-22 °C en la boca y 13-27 °C al final del brazo Este (Álvarez- Borrego y Álvarez-Borrego, 1982).

Bahía San Quintín, es una laguna costera influenciada por surgencias costeras del Sistema de La Corriente de California (SCC) (Millán-Núñez *et al.*, 1982). La característica del área oceánica adyacente a la laguna, radica en que el efecto de la circulación oceánica se suma al de los vientos para producir un intenso fenómeno de surgencias (Álvarez-Borrego, 2004). Por otro lado, se han reportado los índices más elevados de las surgencias aproximadamente en mayo y junio (Millán-Núñez *et al.*, 1982; Álvarez Borrego *et al.*, 2004).

La mayoría de los estudios caracterizan a la Bahía San Quintín desde el punto de vista físico-químico enfocados a evaluar su potencial productivo (Millán- Núñez y Álvarez-Borrego, 1978; Lara-Lara, 1975; Monreal-Gómez, 1980). Todos ellos la consideran un cuerpo de agua fértil, principalmente Bahía Falsa.

El cultivo experimental de abulón de este estudio, se desarrolló en Bahía Falsa en la zona del canal principal del lado Este, frente a la empresa Ostrícola Nautilus, S. de R.L. de C.V.



Fig 1.- Localización del área de trabajo (■) en Bahía Falsa, San Quintín. Las artes de cultivo suspendidas fueron colocadas dentro del canal principal del lado Este a 6 metros de distancia frente a la empresa Ostrícola Nautilus S. de R. L de C.V., entre 3 y 5 metros de profundidad.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

Para este proyecto se utilizó un lote de 483 abulones de edad y talla similar ($21.16 \text{ mm} \pm 0.28 \text{ mm}$ y $1.26 \text{ g} \pm 0.5 \text{ g}$ aprox.) donados por la empresa Productores Marinos Baja S.A. de C.V., con los que se evaluaron siete diferentes tratamientos por triplicado (c/u con 23 organismos); se utilizaron tres especies de macroalgas presentes en la localidad como monodieta y con sus posibles combinaciones (Fig. 2)

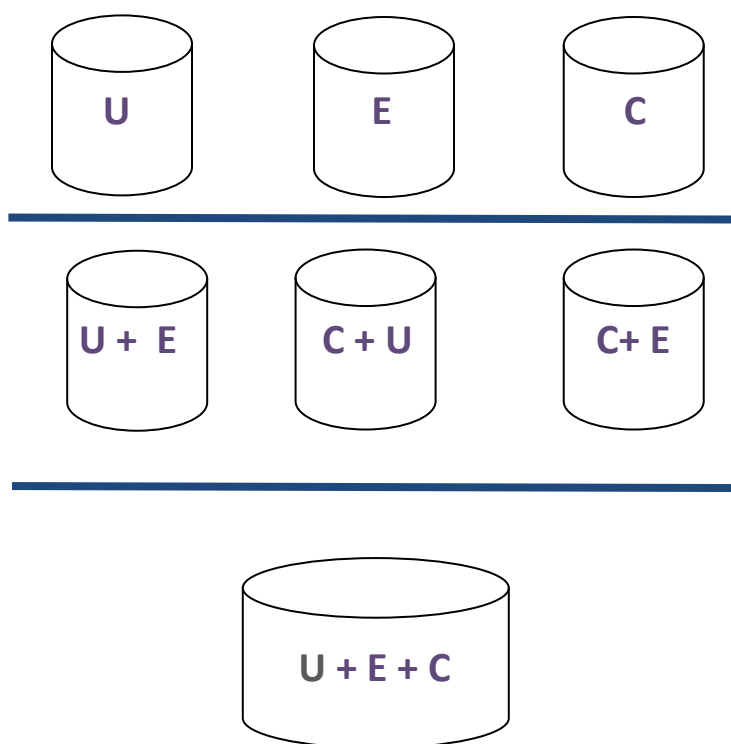


Figura 2.- Algas utilizadas en los diferentes tratamientos y sus posibles combinaciones

C: Chondracanthus squarulosus, E: Eisenia arborea y U: Ulva spp.

Los abulones se colocaron dentro de artes de cultivo suspendidos (cubetas de plástico de 20 l). Cada cubeta estaba previamente perforada en toda su superficie con pequeños orificios de 3 mm de diámetro para permitir la circulación del agua dentro de los mismos, pero también para evitar que el abulón pueda escaparse o que algún tipo de depredador pueda entrar y afectar a los organismos (Fig. 3). Las cubetas estuvieron sumergidas entre 3 y 5 metros de profundidad y atadas a una línea madre (Long-line) de 14 mm de diámetro por 30m de longitud en Bahía Falsa, San Quintín, aproximadamente a 6 metros frente a la Ostrícola Nautilus S. de R.L. de C.V.

Las algas utilizadas para las dietas del abulón fueron: *Ulva* spp., *Chondracanthus squarulosus*, y *Eisenia arborea* usadas por separado y en combinaciones entre ellas; fueron colectadas dentro de la misma Bahía el día en que los organismos eran alimentados. Se tomó una muestra de cada especie para su posterior análisis proximal. Las muestras de algas, se colectaron en campo y fueron secadas sobre mallas mosquiteras, una vez secas, fueron colocadas en bolsas selladas herméticamente y transportadas al laboratorio de macroalgas del Instituto de Investigaciones Oceanológicas en Ensenada, donde se procedió a su respectivo análisis químico.

Cada semana, durante cuatro meses que duró el experimento, los abulones se alimentaron con proporciones de 100 g de alga. Para el caso de las dietas combinadas, las algas se mezclaron en proporciones iguales y el conjunto de ellas sumaron los 100 g.

Semanalmente se realizó una limpieza general e inspección de los barriles para evaluar las condiciones de cada uno de los organismos (Fig. 4).

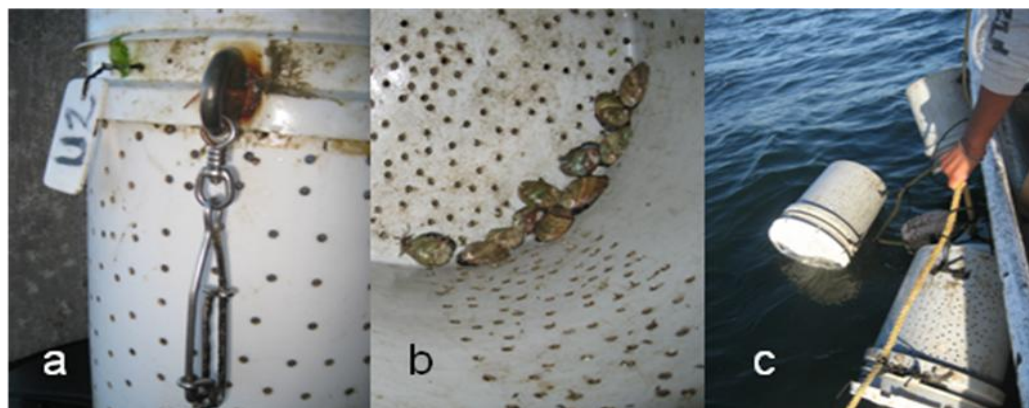


Fig.3. a) y b) Cubetas (20 l) previamente perforadas utilizadas como arte de cultivo suspendido del abulón rojo (*Haliotis rufescens*) c) Cubetas atadas al Long-line en Bahía Falsa.



Fig. 4. a) Limpieza de las artes de cultivo realizadas semanalmente. b) Inspección de los organismos dentro de las cubetas.

5.1. VARIABLES BIOLÓGICAS:

5.1.1. Evaluación de crecimiento por dieta utilizada.

Peso y medición: Mensualmente, se obtuvo el peso corporal (g) y la longitud de concha (mm) de cada abulón; se utilizó una balanza analítica marca OHAUS con una precisión de ± 0.01 g y un vernier electrónico, respectivamente. Con estos datos se determinaron los promedios de longitud y peso, el crecimiento y tasa de crecimiento específico (TCE) de cada tratamiento mediante la fórmula:

$$TCE_{(peso)} = (\ln W_f - \ln W_o) / t$$

Y

$$TCE_{(longitud)} = (\ln L_f - \ln L_o) / t$$

Donde:

W_o = Peso inicial, W_i = Peso final, L_o = *Longitud Inicial*, L_i = Longitud Final y t = *tiempo*.

5.2. ANÁLISIS QUÍMICOS:

5.2.1. Humedad

Se pesaron por triplicado 3 g de muestras de las macroalgas secas recolectadas semanalmente en una balanza analítica digital (Sartorius modelo BB 2105). Posteriormente se deshidrataron en una estufa (Precision Scientific modelo 2 EG), a 60°C hasta obtener peso constante (A.O.A.C., 1990).

5.2.2. Cenizas

Se pesaron por triplicado 3 g de muestras de las macroalgas secas en una balanza analítica digital (Sartorius BB 2105). Posteriormente se calcinaron a 450°C por cuatro horas en una mufla Thermoline, posteriormente se coloca en desecador por 15 minutos y se pesa.

5.2.3. Proteínas

Se usó el método microkjeldahl (A.O.A.C., 1990), el cual consta de tres pasos.

5.2.3.1. Digestión

En un matraz microkjeldahl de 30 ml, se coloca 0.1 g de muestra seca y molida, 0.5 g de K_2SO_4 , algunos granos de $CuSO_4 \cdot 5 H_2O$ y 2 ml de H_2SO_4 concentrado. La digestión se realizó calentando en el digestor microkjeldahl, hasta que la mezcla quedó libre de partículas negras (color azul-verde cristalino). El blanco se hizo bajo las mismas condiciones, con todos los reactivos

excepto la muestra. Los digeridos se dejaron enfriar, se disolvieron en agua destilada y se aforaron a 25 ml.

5.2.3.2. Destilación por arrastre de vapor

Para la destilación, se empleó el aparato de destilación Rapid destilation unit (LABCONCO), se tomó una alícuota de 5 ml del digerido y se agregaron 9 ml de NaOH al 40%. En la salida se colocó el matraz de recepción de destilado con 5 ml de ácido bórico saturado, más 5 ml de agua destilada con algunas gotas de indicador Shiro-Tashiro; se colectaron 40 ml del destilado.

5.2.3.3. Titulación

Se tituló con HCl 0.01 N hasta que la muestra viró de verde a violeta. El porcentaje de proteínas se calculó mediante la fórmula:

%Nitrógeno proteico (Np) =

$$\frac{[(\text{ml muestra} - \text{ml blanco}) \times N (\text{HCl}) \times 1.4] \times \text{factor de alícuota}}{\text{Peso de la muestra en g}} \times 100$$

Donde: N es la normalidad del ácido empleada en la titulación.

Factor de Alícuota= Vol. Total del digerido/ Vol. de muestra empleado.

El porcentaje de proteínas se calculó multiplicando el porcentaje de Nitrógeno por el factor proteico de 6.25

5.2.4. Carbohidratos

El contenido de carbohidratos se determinó por la diferencia del 100 de la suma del resto de los componentes.

$$\% \text{ CHOs} = 100 - (\text{Humedad} + \text{Cenizas} + \text{Proteínas} + \text{Lípidos})$$

Donde:

$$\text{Humedad} = 12\%$$

$$\text{Lípidos} \leq 1\%$$

5.3. VARIABLES QUÍMICAS

5.3.1. Calidad nutricional del alga

La calidad nutricional de las algas, se determinó a partir del análisis proximal (proteínas totales, cenizas totales, humedad y CHOs).

Los datos de crecimiento de los abulones se correlacionaron con la condición nutricional del alga y la temperatura ambiental del agua.

5.4. TEMPERATURA

Las lecturas de temperatura del agua, fueron registradas utilizando un termógrafo de acoplamiento óptico modelo HOBO Water Temperature Pro V2 Data Logger - U22-

001 proporcionado por el laboratorio de macroalgas del Instituto de Investigaciones Oceanológicas. La temperatura se registró diariamente en intervalos de 30 minutos durante los cuatro meses del experimento. El termógrafo se colocó a un costado del cultivo, y a dos metro de profundidad frente a la Ostrícola Nautilus. Posteriormente, con la serie de datos obtenidos se realizó un promedio semanal y se graficaron con ayuda del programa Sigma Plot 12.3.

5.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizaron pruebas estadísticas para determinar si existieron diferencias significativas entre cada uno de los tratamientos empleados. Se analizaron los resultados de crecimiento y los resultados de la composición química de las distintas algas utilizadas en las dietas.

En todo el análisis estadístico se utilizó una significancia (α) de 0.05. Para investigar si en el análisis de los datos se utilizará un procedimiento estadístico paramétrico o no paramétrico (Zar, 2009), se probó la normalidad utilizando la prueba de D'Agostino-Pearson (Trujillo-Ortiz y Hernandez-Walls, 2003) y para la homocedasticidad la prueba de O'Brien (Trujillo-Ortiz y Hernandez-Walls, 2003).

Para analizar estadísticamente el efecto de las dietas y los meses en el peso de los abulones, se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) de dos vías paramétrico Modelo III

(mixto) con un factor *a priori* (planeado): el factor meses es aleatorio y el factor dieta es fijo y planeado (Trujillo-Ortiz y Hernandez-Walls, 2013).

Si se obtienen resultados significativos para los meses, se utilizará un análisis de componentes de la varianza, y para las dietas se deberá revisar la ortogonalidad (independencia) de las hipótesis propuestas ($k - 1$).

Respecto a los análisis proximales, para los datos en porcentaje del contenido de proteína de las tres especies de algas utilizadas (*Ulva* spp., *E. arborea* y *C. squarrulosus*), por la naturaleza de los datos (en %), a través de la prueba de normalidad de D'Agostino-Pearson (Trujillo-Ortiz y Hernandez-Walls, 2003a) y la homocedasticidad por la prueba de Bartlett (Trujillo-Ortiz y Hernandez-Walls, 2003b), se investigará si se requiere transformarlos o no.

Para el promedio del contenido proteico, si al aplicar la prueba de ANOVA de dos vías Modelo III no se presenta interacción, se procederá a realizar un ANOVA simple de acuerdo a Doncaster y Davey (2007). También, si se tienen resultados significativos para el contenido proximal se realizará, en el caso de los meses un análisis de las componentes de la varianza, y para las algas el análisis de comparaciones múltiples *a posteriori* de los promedios por Bonferroni.

Todos los análisis estadísticos se realizaron mediante el programa de MATLAB versión 7.10 (R2010).

6. RESULTADOS

6.1. VARIABLES BIOLÓGICAS

6.1.1. Crecimiento

El tratamiento que mejores resultados de crecimiento mostró después de cuatro meses de cultivo, fue la mono-dieta *E. arborea* donde los abulones alcanzaron una talla promedio de 31.41 ± 0.54 mm de longitud total de concha y un peso total promedio de 4.49 ± 0.23 g, mientras que los resultados más bajos correspondieron a la mono-dieta *Ulva* spp. con un promedio de 23.50 ± 0.26 mm de longitud total de concha y un peso total promedio de 1.77 ± 0.07 g (Tabla I).

La dieta que tuvo mejor crecimiento en longitud de concha durante los cuatro meses, fue la mono-dieta *E. arborea* con 3.32 ± 1.06 mm/mes, con un crecimiento en peso corporal de 1.06 ± 0.12 g/mes y fue entre los meses de mayo y junio. Después continuaron las dietas EU, Mixto y CE con 2.31 ± 0.62 , 2.02 ± 0.91 , y 1.65 ± 0.95 mm/mes de longitud de concha respectivamente, y 0.78 ± 0.14 , 0.53 ± 0.25 y 0.47 ± 0.33 g/mes de peso corporal, los meses donde se observó mayor crecimiento para EU y CEU fue durante mayo y junio y para CE fue durante los primeros meses de abril y mayo (Tabla II). Las restantes, CU y C fueron de las de menor crecimiento con 1.00 ± 0.62 y 0.92 ± 0.18 mm/mes de

longitud de concha respectivamente, y peso corporal de 0.21 ± 0.24 y 0.22 ± 0.08 g/mes, los máximos crecimientos de estos tratamientos fueron para los meses de mayo y junio. Finalmente de las siete en total, U fue la dieta que menor crecimiento tuvo, con 0.71 ± 0.52 mm/mes de longitud de concha y 0.18 ± 0.11 g/mes de peso corporal y el mayor crecimiento que tuvieron los abulones con este tratamiento fue durante los meses de mayo y junio.

La tasa de crecimiento específico (TCE) que mejor resultado presentó durante los cuatro meses fue para la dieta E, con 9.5 % en longitud de concha y 30.57 % en peso corporal. Contrario a esto la dieta con menor tasa de crecimiento específico fue U, con 2.4 % en longitud de concha y 9.06 % en peso (Tabla III).

Tabla I. Promedio $\pm$ error estándar (e.e.) inicial (Abril) y final (Julio) de longitud de concha y peso corporal de juveniles de abulón rojo (*Haliotis rufescens*) alimentados con siete dietas diferentes de algas.

Tratamientos	Longitud de concha		Peso corporal	
	(mm)		(g)	
	Inicial	Final	Inicial	Final
U	21.36 $\pm$ 0.25	23.50 $\pm$ 0.26	1.23 $\pm$ 0.05	1.77 $\pm$ 0.07
E	21.44 $\pm$ 0.28	31.41 $\pm$ 0.54	1.32 $\pm$ 0.05	4.49 $\pm$ 0.23
C	21.25 $\pm$ 0.26	24.00 $\pm$ 0.44	1.27 $\pm$ 0.06	1.92 $\pm$ 0.12
EU	21.86 $\pm$ 0.29	28.80 $\pm$ 0.52	1.33 $\pm$ 0.06	3.68 $\pm$ 0.18
CU	21.19 $\pm$ 0.32	24.20 $\pm$ 0.47	1.31 $\pm$ 0.07	1.94 $\pm$ 0.11
CE	22.1 $\pm$ 0.27	27.06 $\pm$ 0.57	1.47 $\pm$ 0.06	2.98 $\pm$ 0.19
CEU	18.92 $\pm$ 0.38	24.99 $\pm$ 0.76	0.89 $\pm$ 0.07	2.47 $\pm$ 0.23

Tabla II. Valores de crecimiento promedio mensual del abulón rojo (*Haliotis rufescens*) durante cuatro meses, en donde L = longitud de concha y P = Peso corporal; ΔL = Incremento en longitud; ΔP = Incremento en peso; T1= abril-mayo; T2= mayo-junio; T3= junio-julio, Σ = sumatoria, $\bar{x}$ = promedio, e.e.= error estándar.

TRATAMIENTOS								
		U	E	C	EU	CU	CE	CEU
T1 =	L (mm/mes)	0.12	3.06	0.96	2.01	1.43	3.28	2.7
	P (g/mes)	0.22	0.97	0.32	0.81	0.41	0.87	0.86
T2 =	L (mm/mes)	1.76	4.51	1.21	3.51	1.79	1.69	3.15
	P (g/mes)	0.34	1.29	0.28	1.02	0.49	0.73	0.69
T3 =	L (mm/mes)	0.26	2.4	0.58	1.42	- 0.21	- 0.01	0.22
	P (g/mes)	-0.02	0.91	0.05	0.52	- 0.27	- 0.18	0.03
Σ =	ΔL (mm)	2.14	9.97	2.75	6.94	3.01	4.46	6.07
	ΔP (g)	0.54	3.17	0.65	2.35	0.63	1.42	1.58
$\bar{x}$ =	L (mm/mes)	0.71	3.32	0.92	2.31	1.00	1.65	2.02
	P (g/mes)	0.18	1.06	0.22	0.78	0.21	0.47	0.53
e.e. =	L (mm/mes)	0.52	0.62	0.18	0.62	0.62	0.95	0.91
	P (g/mes)	0.11	0.12	0.08	0.14	0.24	0.33	0.25

Tabla III. Tasas de crecimiento específico (%) de juveniles de abulón (*Haliotis rufescens*) alimentados con siete dietas naturales diferentes durante cuatro meses.

Dietas	Longitud de concha (%)	Peso corporal (%)
U	2.4	9.06
E	9.5	30.57
C	3.0	10.57
EU	6.9	25.33
CU	3.3	9.80
CE	5.1	17.62
CEU	7.0	25.56

6.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Debido a que los datos originales de longitud que resultaron, satisficieron el criterio de la homocedasticidad ($P = 0.2710$), pero no el de normalidad ($P = 0.0272$), se procedió a realizar una transformación logarítmica base 10, la cual permitió que se cumplieran ambos criterios dando como resultado una normalidad de $P = 0.3049$ realizada con la prueba de D'Agostino-Pearson (Trujillo-Ortiz y Hernández-Walls, 2003) y la homocedasticidad de $P = 0.2228$ realizada por la prueba de O'Brien (Trujillo-Ortiz y Hernández-Walls, 2003).

Para el peso, igual que en el caso anterior, se cumplió el criterio de la homocedasticidad ($P = 0.0327$), pero no el de normalidad ($P = 0.0003$), por lo tanto se procedió a realizar las mismas pruebas que en el caso de longitud, obteniendo así mediante las pruebas correspondientes una normalidad de $P = 0.7128$ y la homocedasticidad de $P = 0.4775$.

En relación al análisis de varianza (ANOVA) aplicado, la longitud y el peso de los abulones resultó altamente significativo para los meses y las dietas; así como la existencia de una interacción entre ellos (Tablas IV y V).

Para los meses, y por ser un factor aleatorio, se estimaron las componentes de la varianza [CoVar Meses = 0.0207 (73.451%), CoVar Interacción = 0.0034 (12.169%) y CoVar Error = 0.004 (14.38%)]; indicando que la variabilidad de los meses sobre el peso resulta significativa ($P < 1 \times 10^{-4}$) [Tabla V].

En la comparación de las dietas (7), las hipótesis *a priori* probadas (6), que fueron independientes (ortogonales) [Tabla VI], tuvieron un efecto altamente significativo en la longitud (Tabla IV) y el peso promedio (Tabla V) de los abulones, siendo el mayor asociado a *Eisenia arborea* sola (Tablas VII y VIII).

Tabla IV. ANOVA de dos vías Modelo III (mixto) para longitud. El factor dietas presenta un diseño *a priori* (planeado). Fte. Var., fuente de variación; SC, suma de cuadrados; gl, grados de libertad; CM, cuadrados medios; F, estadístico F; *P*, nivel de significancia; 1:6, hipótesis; S, significativo.

Fte. var.	SC	gl	CM	F	<i>P</i>	Decisión
Tratamientos	20.2709	27				
Meses	11.2578	3	3.7526	28.450	<<0.01	S
Hipótesis	6.6375	6				
1	1.2149	1	1.2149	25.101	<<0.01	S
2	0.2617	1	0.2617	5.407	<<0.0237	S
3	2.8554	1	2.8554	58.996	<<0.01	S
4	0.7499	1	0.7499	15.494	<<0.01	S
5	0.5903	1	0.5903	12.196	<<0.01	S
6	0.9653	1	0.9653	19.994	<<0.01	S
Meses-Dietas	2.3756	18	0.1319	2.729	0.0022	S
Error	2.7077	56	0.0484			
Total	22.9787	83				

Tabla V. ANOVA de dos vías Modelo III (mixto) para el peso. El factor dietas presenta un diseño *a priori* (planeado). Fte. Var., fuente de variación; SC, suma de cuadrados; gl, grados de libertad; CM, cuadrados medios; F, estadístico F; *P*, nivel de significancia; 1:6, hipótesis; S, significativo.

Fte. var.	SC	gl	CM	F	<i>P</i>	Decisión
Tratamientos	2.249	27				
Meses	1.345	3	0.448	31.311	$<1 \times 10^{-4}$	S
Hipótesis	0.647	6				
1	0.070	1	0.070	17.378	0.0001	S
2	0.033	1	0.033	8.272	0.0057	S
3	0.332	1	0.332	82.086	$<1 \times 10^{-4}$	S
4	0.029	1	0.029	7.190	0.0096	S
5	0.076	1	0.076	18.802	0.0001	S
6	0.106	1	0.106	26.149	$<1 \times 10^{-4}$	S
Meses-Dietas	0.258	18	0.014	3.539	0.0001	S
Error	0.227	56	0.004			
Total	2.476	83				

Tabla VI. Diseño de la planeación de las hipótesis del factor de dietas a probar. Se muestran los vectores y el resultado de su ortogonalidad. Las dietas (7), corresponden a: 1. U, 2. U+E, 3. E, 4. C+U, 5. C, 6. C+E, y 7. U+E+C. De las cuales, U = *Ulva* spp.; E = *Eisenia arborea*; C = *Chondracanthus squarulosus*. Los números del rubro dietas, corresponden a las seis hipótesis que se están probando *a priori* (diseño planeado).

1. Ho: Algas solas vs. combinadas [U, E, C vs. U+E, C+U, C+E, U+E+C], 2. Ho: Entre las algas solas [U, E vs. C], 3. Ho: Entre las algas solas [U vs. E], 4. Ho: Entre las combinadas de dos vs. combinada de tres algas [U+E, C+U, C+E vs. U+E+C], 5. Ho: Entre las combinadas de dos algas [U+E, C+U vs. C+E] y 6. Ho: Entre las combinadas de dos algas [U+E vs. C+U].

Dieta								
Hipótesis	1	2	3	4	5	6	7	Ortogonalidad
1	4	-3	4	-3	4	-3	-3	SI
2	1	0	1	0	-2	0	0	SI
3	1	0	-1	0	0	0	0	SI
4	0	1	0	1	0	1	-3	SI
5	0	1	0	1	0	-2	0	SI
6	0	1	0	-1	0	0	0	SI

Tabla VII. Promedio de la longitud debido a las dietas de las hipótesis a probar en el diseño planeado (*a priori*). Las dietas (7), corresponden a: 1. U, 2. U+E, 3. E, 4. C+U, 5. C, 6. C+E, y 7. U+E+C. De las cuales, U = *Ulva* spp.; E = *Eisenia arborea*; C = *Chondracanthus squarulosus*

DIETAS	PROMEDIO	
	1	2
1	24.831	23.777
2	24.525	25.442
3	22.458	26.593
4	23.777	22.358
5	24.298	22.735
6	25.468	23.129

Tabla VIII. Promedio del peso debido a las dietas de las hipótesis a probar en el diseño planeado (*a priori*). Las dietas (7), corresponden a: 1. U, 2. U + E, 3. E, 4. C + U, 5. C, 6. C + E, y 7. U + E + C. De las cuales, U = *Ulva* spp.; E = *Eisenia arborea*; C = *Chondracanthus squarulosus*.

DIETAS	PROMEDIO	
	1	2
1	2.313	2.012
2	2.240	2.457
3	1.558	2.923
4	2.012	1.834
5	2.186	1.664
6	2.573	1.799

6.3. ANÁLISIS PROXIMALES

En las muestras analizadas, el componente que se encontró en mayor proporción fue el de cenizas, seguido por carbohidratos y proteínas respectivamente. El cálculo de los diferentes componentes fue ajustado para un contenido de humedad del 12 %.

El mayor porcentaje de ceniza obtenido fue para la dieta *Ulva* spp. con 47.81 ± 1.1 % para el mes de mayo, seguido de la dieta *C. squarrulosus* con 39.46 ± 0.97 % para el mes de junio y 31.28 ± 1.24 % para la dieta *E. arborea* durante el primer mes de abril (Tabla IX).

El porcentaje más bajo obtenido fue para la dieta *E. arborea* con 22.23 ± 0.86 % para el mes de mayo, continuando con el mes de junio para la dieta *Ulva* spp. con 36.38 ± 1.42 %, y finalmente el mes de abril representado por la dieta *C. squarrulosus* con 36.72 ± 0.94 %.

En base a los promedios mensuales de cada una de las algas se realizó un promedio de promedios, esto con la finalidad de analizar en cuales de las algas existió un mayor % cenizas en general. Los resultados indican que el mayor contenido se obtuvo con el alga *Ulva* spp. con un promedio de 40.96 ± 2.51 %, seguido de *C. squarrulosus* con 37.52 ± 0.65 % y el menor fue para *E. arborea* con 26.82 ± 2.01 %.

El mayor porcentaje de contenido proteico en algas obtenido durante los cuatro meses fue para el alga *E. arborea* durante el primer mes de abril con 13.12 ± 0.48 % y

el más bajo para el mes de junio con $9.07 \pm 0.39 \%$, continuando con el alga *Ulva spp.* con $12.57 \pm 0.32 \%$ como máximo para julio, y el mínimo de $9.09 \pm 0.41\%$ para el mes de mayo. Finalmente *C. squarulosus* que fue la que menor contenido proteico presentó de las tres, pero su mayor porcentaje fue de $10.47 \pm 0.96 \%$ para el mes de abril, y el menor de $7.23 \pm 0.19 \%$ para julio (Tabla X).

Es importante mencionar que el contenido proteico presente en el alga *Ulva spp.* disminuyó en mayo que fue justo a finales de este mes cuando se observó un ligero aumento en la temperatura dentro de la bahía y una rápida degradación del alga para posteriormente empezar a florecer para el mes de julio (Figura 5), y por lo tanto un nuevo aumento en su contenido proteico.

Para el caso de los promedios de promedios el mayor % de contenido de proteínas se obtuvo para el alga *E. arborea* con $11.02 \pm 0.74 \%$, seguido de *Ulva spp.* con $10.36 \pm 0.79 \%$ y el más bajo fue para *C. squarulosus* con $8.49 \pm 0.69 \%$.

Respecto a los carbohidratos, los mejores porcentajes estuvieron presentes nuevamente para el alga *E. arborea* con un mayor contenido para el mes de mayo con 63.69% y el mínimo de $52.72 \pm 2.47 \%$, seguido por *C. squarulosus* quien tuvo los más altos valores durante julio con 41.07% y los más bajos para el mes de junio con $38.15 \pm 0.49 \%$. Para el caso del alga *Ulva spp.*, los porcentajes más altos fueron durante el mes de junio con 39.61% y el más bajo de 29.76% para el mes de mayo.

El promedio de promedios, en general los mayores % de carbohidratos fueron para el alga *E. arborea* con 59.35 ± 2.42 %, continuando con *C. squarrulosus* con 39.55 ± 0.60 % y el menor valor se obtuvo para el alga *Ulva* spp. con 33.51 ± 2.23 % (Tabla XI).

Tabla IX. Promedios mensuales de los análisis químicos, correspondientes a cenizas obtenida para los tres diferentes tipos de algas que se usaron como alimento en un cultivo de abulón rojo (*Haliotis rufescens*) en Bahía Falsa San Quintín. El error estándar se indica dentro del paréntesis (); el símbolo $\bar{X}$ = promedio.

Mes	<i>Ulva</i> spp.	<i>E.arborea</i>	<i>C. squarrulosus</i>
Abril	41.31 (0.97)	31.28 (1.24)	36.72 (0.94)
Mayo	47.81 (1.1)	22.23 (0.86)	37.05 (0.56)
Junio	36.38 (1.42)	28.84 (1.45)	39.46 (0.97)
Julio	38.32 (2.01)	24.91 (1.24)	36.83 (0.43)
$\bar{X}=$	40.96 ± 2.51	26.82 ± 2.01	37.52 ± 0.65

Tabla X. Promedios mensuales del contenido proteico realizado a partir de un análisis químico a cada una de las tres especies de algas usadas como alimento en un cultivo de abulón. El error estándar se indica dentro del paréntesis (); el símbolo $\bar{X}$ = promedio.

Mes	<i>Ulva</i> spp.	<i>E.arborea</i>	<i>C. squarrulosus</i>
Abril	10.45 (0.8)	13.12 (0.48)	10.47 (0.96)
Mayo	9.09 (0.41)	10.9 (0.28)	8.17 (0.32)
Junio	9.34 (0.22)	9.7 (0.39)	8.1 (0.53)
Julio	12.57 (0.3)	10.34 (0.11)	7.23 (0.19)
$\bar{X}$ =	10.36 $\pm$ 0.79	11.02 $\pm$ 0.74	8.49 $\pm$ 0.69

Tabla XI. Promedios mensuales de los carbohidratos (CHOs) obtenidos de los análisis químicos realizados a las tres diferentes algas que se utilizaron como alimento para abulón rojo (*Haliotis rufescens*). El error estándar se indica dentro del paréntesis (); el símbolo $\bar{X}$ = promedio.

Mes	<i>Ulva</i> spp.	<i>E.arborea</i>	<i>C. squarrulosus</i>
Abril	34.00 (3.31)	52.72 (2.47)	39.53 (*)
Mayo	29.76 (*)	63.69 (*)	39.46 (*)
Junio	39.61 (*)	58.9 (0.80)	38.15 (0.49)
Julio	30.67 (1.05)	62.1 (2.27)	41.07 (*)
$\bar{X}=$	33.51 $\pm$ 2.23	59.35 $\pm$ 2.42	39.55 $\pm$ 0.60

6.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

De acuerdo al rango de los porcentajes de los datos, no se requirió realizar una transformación, aplicándose un análisis estadístico paramétrico por un análisis de varianza (ANOVA) de dos vías (meses y especie de alga) [Zar, 2009].

Los valores ($n=32$) de la proteína fueron desde 6.15 a 15.45 %. En base a cada una de las pruebas correspondientes realizadas, la proteína resultó normal y homocedástica ($P = 0.1505$ y 0.061 , respectivamente).

El ANOVA de dos vías Modelo III (Mixto) [Tabla XII] muestra que la variabilidad del contenido de proteína resultó no significativa para los meses ($P = 0.1282$), significativamente diferente entre las 3 algas estudiadas ($P = 0.0007$) y no se presentó interacción ($P = 0.088$). De acuerdo a Doncaster y Davey (2007), si en un ANOVA de dos vías no existe interacción, deben de realizarse ANOVAS simples.

Debido a esto último, se realizó un ANOVA simple Modelo II para los meses (Tabla XIII) [Trujillo-Ortiz y Hernández-Walls, 2003c] resultando una componente de varianza para los meses significativa ($P = 0.0385$) y un ANOVA simple Modelo I para las algas, resultando una diferencia entre los promedios (Tabla XIV) estadísticamente significativos ($P = 0.0069$) [Tabla XV].

El análisis de comparaciones múltiples de los promedios de proteína entre las 3 algas por Bonferroni (Tabla XVI), muestra que entre *Ulva* spp. y *E. arborea* no existió diferencia significativa ($P = 0.08$).

Tabla XII. ANOVA de dos vías Modelo III (mixto) para proteína. El factor algas es un Modelo I y los meses un Modelo II. Fte. var., fuente de variación; SC, suma de cuadrados; gl, grados de libertad; CM, cuadrados medios; F, estadístico F; *P*, nivel de significancia; S, significativo; NS, no significativo.

Fte. var.	SC	gl	CM	F	<i>P</i>	Decisión
Modelo	90.659	11				
Meses	31.905	3	10.635	2.838	0.1282	NS
Algas	36.268	2	18.134	10.566	0.0007	S
Meses-Algas	22.486	6	3.748	2.184	0.0880	NS
Error	34.324	20	1.716			
Total	124.983	31				

Tabla XIII. ANOVA simple Modelo II para proteína en los meses. Fte. var., fuente de variación; SC, suma de cuadrados; gl, grados de libertad; CM, cuadrados medios; F, estadístico F; *P Comp.*, valor de significancia de la componente; *var.*, valor de la varianza; % *Contr.*, valor de porcentaje de contribución.

Fte. var.	SC	gl	CM	F	<i>P Comp.</i>	<i>var.</i>	% <i>Contr.</i>
Meses	31.905	3	10.635	3.199	0.0385	0.931	21.88
Error	93.078	28	3.324			3.324	78.12
Total	124.983	31					

Tabla XIV. Promedio en proteína y tamaño de muestra de las algas, donde 1= *Ulva* spp.; 2= *E.arborea*; 3=*C. squarrulosus*.

Alga	Tamaño	Promedio
1	10	10.380
2	12	11.199
3	10	8.649

Tabla XV. ANOVA simple Modelo I para proteína de las algas. Fte. Var., fuente de variación; SC, suma de cuadrados; gl, grados de libertad; CM, cuadrados medios; F, estadístico F; *P*, nivel de significancia; S, significativo.

Fte. var.	SC	gl	CM	F	<i>P</i>	Decisión
Algas	36.268	2	18.134	5.928	0.0069	S
Error	88.715	29	3.059			
Total	124.983	31				

Tabla XVI.- Comparaciones múltiples *a posteriori* por Bonferroni entre los promedios de proteína en las algas, donde 1 = *Ulva* spp.; 2 = *E. arbórea*; y 3 = *C. squarrulosus*. *t*, estadístico *t* de student; *P*, nivel de significancia; S, significativo; NS, no significativo.

Comparación	Diferencia	<i>t</i>	<i>P</i>	Decisión
3 2	2.550	4.546	1×10^{-3}	S
3 1	1.731	2.955	0.004	S
2 1	0.819	1.460	0.080	NS

6.5. TEMPERATURA

Las temperaturas registradas por el termógrafo durante los cuatro meses de experimentación en el cultivo de abulón dentro de la bahía, mostraron que los aumentos durante este período variaron de 1 a 2 °C entre cada mes aproximadamente (Figura 5).

La temperatura promedio más baja registrada se presentó durante la primera semana de mayo que fue de 15.61°C y a partir de la segunda los incrementos se dieron paulatinamente hasta llegar a los 19.7 °C como máxima la semana del 16 de julio, justo una semana antes de concluir el experimento.

El cambio y aumento repentino de la temperatura, se vio reflejado en las algas *Ulva* spp., y *C. squarulosus*, quienes al parecer fueron las más afectadas, las cuales mostraron una rápida degradación, afectando no sólo en la disminución del contenido proteico en las algas, sino que también se observó una disminución de crecimiento en los abulones durante este período.

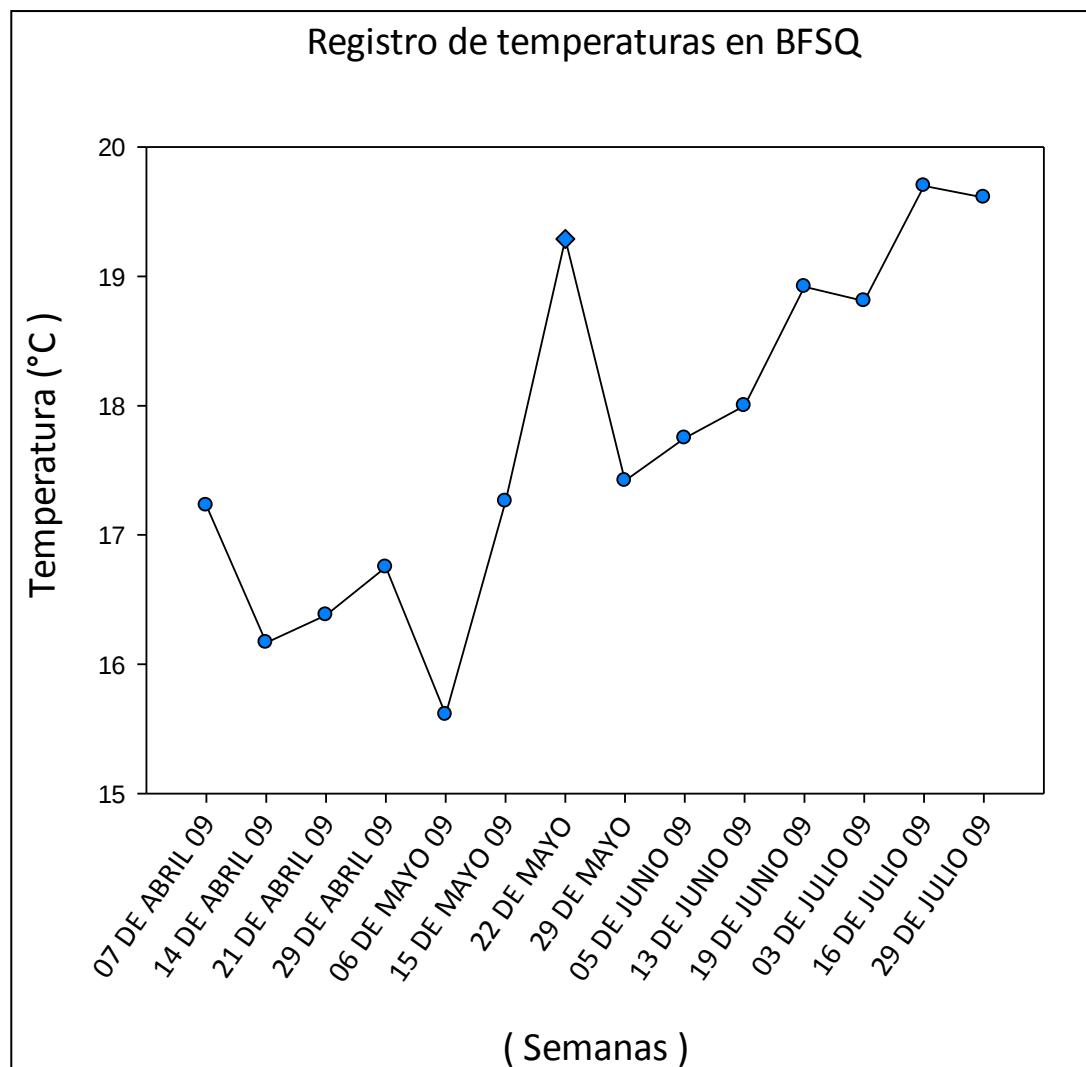


Figura 5.- Serie de datos de temperatura promedio registrada semanalmente en la zona de experimentación durante las estaciones de primavera-verano del 2009 en Bahía Falsa San Quintín.

7. DISCUSIONES

En este evaluó por primera vez, el crecimiento de *H. rufescens* en cultivo en el mar utilizando monodietas y una mezcla de algas que incluyen una alga parda, una verde y una roja así como las mezclas de estas. Nuestros resultados demuestran un mejor crecimiento con *E. arborea* y, a diferencia de otros estudios con otras especies de abulón, no se observaron mejoras con dietas mixtas.

Estudios anteriores sobre el contenido estomacal de *Haliotis fulgens* en Baja California demostraron que esta especie es capaz de consumir varios tipos de algas (Serviere *et al.*, 1998) aún es estadios juveniles (Guzmán del Proo *et al.*, 2003; Serviere-Zaragoza *et al.*, 2001). En un estudio en laboratorio, Serviere *et al.*, 2001; probó la preferencia de juveniles de *H. fulgens* con tres especies de macroalgas y una especie de pasto marino. Las algas probadas fueron *Macrocystis pyrifera*, *Eisenia arborea* y *Gelidium robustum*. Sus resultados probaron una preferencia por *M. pyrifera* y un menor crecimiento con *Gelidium robustum*.

Para que un cultivo de abulón, en donde la alimentación es principalmente a base de algas sea factible, es de vital importancia la disponibilidad de las mismas durante todo el año. Aunque en nuestro estudio se observó una clara preferencia de los

abulones por el consumo de *E. arborea*, se observó también que *H. rufescens* es capaz de consumir *Ulva* spp. y/o *C. squarulosus*. Además de mejorar el crecimiento cuando parte de la dieta incluya *E. arborea*. Este resultado es importante porque demuestra la posibilidad de utilizar dietas alternativas cuando las algas pardas no estén disponibles o escaseen.

La mayoría de la literatura sobre la dieta natural de abulón se basa en los análisis del contenido estomacal de adultos y la información en las dietas de pequeños juveniles es escasa. (e. g., Tomita and Tazawa 1971, Shepherd and Cannon 1988, Wood and Buxton 1996).

El abulón silvestre generalmente se alimenta de una amplia selección de algas, normalmente por lo menos con dos especies, que son las que se han encontrado en el intestino en un momento dado (Barkai & Griffiths, 1986). Esto implica que el abulón típicamente selecciona más de una simple especie y preferentemente elige una mezcla de algas.

En la naturaleza, los abulones adultos se alimentan de los tres grupos principales de macroalgas: pardas, rojas y verdes, aunque en diferentes proporciones (Fallu 1991, Shepherd and Steinberg 1992).

Se sabe que el crecimiento del abulón es muy lento, y a menudo varia con el tamaño y la edad. Por lo tanto la dieta es muy importante y se ha demostrado que las

dietas diferentes producen diferentes tasas de crecimiento. (Leighton, 1974; Britz, 1996a; Guzmán J. M. & Viana 1998; Shpigel *et al.*, 1999; Boarder & Shpigel, 2001; Bautista-Tervel *et al.*, 2003).

En este estudio se demuestra que el crecimiento del abulón puede ser fácilmente influenciado por el tipo de alga y en el cultivo, el alga preferida por los abulones fue la de la dieta con *E. arborea*, quien produjo los más altos niveles de crecimiento durante el experimento (3.32 ± 0.62 mm/mes y 1.06 ± 0.12 g/mes) mientras que los más bajos fueron los producidos por el alga *Ulva* spp. (0.71 ± 0.52 mm/mes y 0.18 ± 0.11 g/mes).

El crecimiento específico (%/mes) mostró también que el más alto porcentaje fue con el tratamiento de la alga *E. arborea* con 9.5 % en longitud y 30.57 % en peso (Tabla III), en comparación con *Ulva* spp. que creció un 2.4 % en longitud y 9.06 % en peso. Las otras algas son buenas pero no ofrecen el mismo crecimiento, por lo tanto estas podrían ser usadas como otra alternativa de alimentación de abulón en caso de que no se encuentre disponible (escasez) la alga principal.

Los análisis de varianza indican que hay diferencias significativas respecto al peso en los abulones, para las dietas, siendo mayor la mono dieta *E. arborea* durante el último mes de julio (Tablas IV y VII). Esta diferencia quizá se deba en el caso de las dietas al valor nutricional de la alga ya que varía en cada especie. Para poder determinar esto, se llevó a cabo el análisis proximal de cada una de las tres especies usadas en los siete

tratamientos, lo que muestra que el mayor contenido proteico se presentó para el alga *E. arborea* con 13.12 ± 0.48 % para el mes de abril y el más bajo fue para *C. squarrulosus* con 7.23 ± 0.19 % en el mes de julio (Tabla X).

Los valores de los análisis proximales al parecer tuvieron una variación entre cada mes y por especie, lo mismo sucedió para el análisis de varianza realizado para proteínas en las tres algas donde no hubo diferencias significativas entre los meses pero sí entre las algas ($P = 0.0007$) (Tabla XII). Esto probablemente por el efecto de la temperatura ya que se observaron cambios en su apariencia física, presentando signos de descomposición en el alga *Ulva* spp. y *C. squarrulosus* ambas durante los meses de mayo y junio (Tabla X), y esto al parecer también afectó la composición química de las mismas. Sin embargo, el alga *E. arborea* no mostró cambios aparentes en su estructura, ya que fue el alga en la que mayor contenido proteico se encontró para estos meses en los que empezó aumentar considerablemente la temperatura (Fig. 5) en comparación con las dos algas afectadas por este cambio.

La composición química de las algas puede variar por diversos factores estacionalmente y entre especies. Ya sea por el cambio de mareas y su exposición solar (tratándose de una bahía y de la zona de recolección), a las concentraciones de nutrientes, a la profundidad, temperatura, etapas de desarrollo de las algas, son factores que pueden influenciar sus características químicas (Lobban y Harrison, 1994).

Hay otros estudios como los realizados por Hernández-Carmona (1988), donde muestran que las altas temperaturas están generalmente asociadas con la disminución en nutrientes, y subsecuentemente con la reducción de las tasas de crecimiento en las macroalgas. Con lo anterior podemos corroborar que también la temperatura es sin duda uno de los factores que afecta el crecimiento de los organismos (Hochachka y Somero, 1988). Lamentablemente este es un factor que no se puede controlar en el medio natural y la cual tuvo diversas variaciones durante el periodo de experimentación con 15.6 °C como mínima durante la primera semana de mayo y de 19.7 °C como máxima durante la semana del 16 de julio (Fig. 5).

Durante estos meses en que aumentaron las temperatura del agua, se tuvieron también algunas mortalidades de algunos abulones durante el último mes de experimentación (julio), con temperaturas superiores a 19 °C (Figura 5) en donde se encontraron en el fondo de algunos barriles, abulones visiblemente con pérdida de peso, debilidad, y letargia, y se sabe que este tipo de signos podrían estar más asociados al “Síndrome de deshidratación” ocasionado por la bacteria intracelular *Xenohaliotis californiensis* de la familia Rickettsiaceae. Se sabe que el síndrome del deterioro está asociado con una exposición prolongada de los abulones a altas temperaturas (Moore *et al.*, 2000).

Según Leighton (1974), la tolerancia térmica de *H. rufescens* es de 10 a 19.5°C, por su parte, Hooker y Morse (1985) señalan que la temperatura óptima para su desarrollo

es alrededor de 15°C. Mientras que Díaz-Herrera *et al.* (2000) reportaron una temperatura preferida de 18°C para juveniles de esta especie.

Algunos autores sugieren que la preferencia alimenticia por una determinada especie de alga se deba a la abundancia y estacionalidad en su hábitat, como en este caso las principales macroalgas de ambientes bentónicos reportadas en la costa occidental de Baja California son algas cafés como *M. pyrifera*, *E. arborea*, y otras laminariales, algas rojas como *Gelidium* spp., *Acrosorium* spp, entre otras (Dawson *et al.*, 1960; Guzmán del Prío *et al.*, 1972 y 1991; Mateo-Cid y Mendoza-González, 1994). Existen reportes de algunos autores que coinciden con estos resultados como los de Leighton (1966) y Tutschulte and Connell (1988) en donde *M. pyrifera* y *E. arborea* son las algas preferidas por *Haliotis fulgens* en el Sur de California. Así también como las investigaciones realizadas por Guzmán del Prío *et al.* (1972), Guzmán del Prío *et al.* (1991) en donde menciona a *Gelidium robustum*, *Eisenia arborea*, y *Phyllospadix torreyi* como especies importantes en las comunidades de abulón y alimento potencial de este a lo largo de Baja California.

9. CONCLUSIONES

- 1) Se demostró que las macroalgas probadas son efectivas para alimentar abulón en cultivo.
- 2) Las algas con mayor contenido de proteínas, coinciden con las de mejor crecimiento obtenido.
- 3) El alga parda *E. arborea* fue la que resultó con las mejores propiedades nutricionales
- 4) La mono-dieta, con la alga parda *E. arborea* resultó la mejor en crecimiento en peso corporal, y longitud de la concha.
- 5) Todas las dietas que contienen *E. arborea*, dieron como resultado un mejor rendimiento en tamaño y peso.

10. LITERATURA CITADA

Aguirre-Muñoz, A., R. W. Boddemeir, V. F. Camacho-Ibar, J. D. Carriquiry- Bautista- Teruel M. N., Fermín A. C., Koshio S. S. (2003). Diet development and evaluation for juvenile abalone, *Haliotis asinina* and plant protein sources. *Aquaculture* 219; 645-653.

Álvarez-Borrego, S. J. R. Lara-Lara Y M. J. Acosta-Ruiz (1977). "Parámetros relacionados con la productividad orgánica primaria en dos anti estuarios de Baja California" *Ciencias Marinas* 4(1): 12-22.

Álvarez-Borrego, J Y S. Álvarez-Borrego (1982). Temporal and spatial variability of temperature in two coastal lagoons. *CalCOFI Reports* XXIII, 188 - 197.

Álvarez-Borrego, S. (2004). "Dinámica de nutrientes y fitoplancton en una granja costera fuertemente afectada por surgencias costeras". *Ciencias Marinas* 30(1A): 1-19.

Anuario Estadístico de la Pesca 2011. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D. F.

AOAC, (1990). *Official Methods of Analysis*, 15 th edn., vol. 1. Association of Official Analytical Chemists. Arlington. VA, USA.

Aveytua-Alcazar, L. (2002) "Carbono orgánico disuelto en Bahía San Quintín, Baja California. "Tesis de Maestría en Ciencias en Oceanografía Costera. UABC. Ensenada, Baja California. 59 pp.

Barkai, R. & C. L. Griffiths (1986). Diet of the South African Abalone *Haliotis midae*. S. Afr. J. Mar. Sci. 4:37 – 44.

Boarder S. J., Shpigel M. (2001). Comparative growth performance of juvenile *Haliotis roei* fed on enriched *Ulva rigida* and various artificial diets. Journal of Shellfish Research 20: 653-657.

Britz P.J. (1996a). Effects of dietary protein level on growth performance of South African abalone, *Haliotis midae*, fed on fishmeal based semi-purified diets. Aquaculture 140: 55-61.

Camacho-Ibar, V. F., J. D. Carriquiry-Beltran and S.V. Smith (2003). "Non-conservative P. and N fluxes and net ecosystem production in San Quintín Bay, Mexico." Estuaries 26(5): 1220-1237.

Cox, K. W., 1960. Review of the abalone in California-Calif Fish and Game 46(4): 381-406.

Cox, K. W., 1962. California Abalones, Family Haliotidae. Calif. Dept. Fish and Game. Fish Bulletin. 118 (1), pp. 130.

Dawson, E. Y., M. Neushul Y R. D. Wildman, 1960. Seaweeds associated with kelp beds along southern California and northwestern Mexico. Pacific Naturalist 1: 3-61.

Dawson, E. Y. 1962. Benthic marine exploration of Bahía San Quintín, Baja California, 1960-1961. Marine and Marsh vegetation. Pacific Naturalist, Vol. 3(7): 275-280.

Del Valle Lucero, I. 1979. Aplicación de un modelo numérico y análisis de condiciones hidrodinámicas en Bahía San Quintín B.C. Tesis de M. en Cs. C.I.C.E.S.E. 145 pp.

Díaz, F., F. Buckle, B. Barón, Y C. Farfán. 1996. Behavioral thermoregulation of *Bulla gouldiana* (Gastropoda: Opisthobranchia: Cephalaspidea). J. Therm. Biol. 21(5/6): 319-322p.

Díaz-Herrera F., M. A. del Río Portilla, M. Aguilar Juárez, E. Sierra Uribe y A. D. Re Araujo. 2000. Preferred temperature and critical thermal maxima of red abalone *Haliotis rufescens*. *Journal of Thermal Biology* 25 (3) 257-261.

Doncaster, C. P. y A. J. H., Davey. (2007). Analysis of variance and covariance: how to choose and construct models for the life science. Cambridge University Press, Cambridge: UK.

Ebert, E. E. Y J. L. Houk, 1984. Elements and innovations in the cultura of the red abalone *Haliotis rufescens*. *Aquaculture* 39: 375- 392.

Ebert, E. E. 1991. Growth and Status of Abalone Aquaculture in California; 44. Anhu. Meet. Pacif Coast Oyster Growers Association. National Shellfisheries Association (Pacif Coast Section); Portland, OR (USA); 27-29 Sep 1990. J. Shell Fish Res; 10 (1): pp.235-236.

Fallu, R. 1991. Abalone farming. Fishing News Books, Oxford.

FAO, (1975) Year book of fisheries statistics vol. 40, United Nations food and agricultural organization. Rome, Italy.

Flores- Aguilar, R. A. (1989). Estudio de factibilidad técnico-económico para un cultivo de abulón en Baja California. Tesis de Especialidad en Administración de Recursos Marinos. Facultad de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, México. 75 pp.

Gordon H. R. y P. A. Cook. 2009. World abalone supply markets and pricing historical, current and future prospectives. Presentación en el 7mo Simposium Internacional de Abulón. Pattaya, Tailandia.

Geiger. P. H. D. Daniel. 2000. Distribution and Biogeography of Haliotidae (Gastropoda: Vestigastropoda) World wide. Bolletino Malacologico 35:57-120.

Guzmán del Prío, S. A., S. de la Campa & B. J. Pineda. 1972. Flora macroscópica asociada a los bancos de abulón (*Haliotis spp.*) en algunas áreas de la costa occidental de Baja California. Memorias IV Congreso Nacional de Oceanografía. pp. 257-263.

Guzmán del Prío 1989: Una revisión sobre la biología y la pesquería del abulón *Haliotis* sp. en México. 1er. Simposio Internacional del abulón, biológica, pesquera y cultivo, La Paz Baja California Sur México.

Guzmán del Prío, S. A., P. S. R. Mille, G. R. Guadarrá, G. S. de la Campa, L. J. Carrillo, C. A. Pereira, P. J. Belmar, A. M. J. Parra & G. A. C. Luque, 1991. La comunidad bentónica de los bancos de abulón (*Haliotis spp.* Mollusca: gastropoda) en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México. *An Esc.Nac. Cien. Biol., Méx.* 36:27-59.

Guzmán del Prío, S. A. 1992. A review of the biology of abalone and its fishery in México. In *Abalone of the world, Biology. Fisheries and Culture*, Ed. Shepherd, S.A.; Tegner, M.J.; Guzmán del Prío, S.A. 1992. Fishing News Books.

Guzmán J. M. & VIANA M. T. (1998). Growth of abalone *Haliotis fulgens* fed diets with and without fish meal, compared to a commercial diet. *Aquaculture* 165: 321-333.

Guzmán del Prío, S. A., L. Carreón-Palau, J. Belmar- Pérez, J. Carrillo-Laguna & R. Herrera- Fragoso, 2003. Effects of the “El Niño” event on the recruitment of benthic invertebrates in Bahía Tortugas, Baja California Sur. *Geofis. Int.* 42: 429 – 438.

Hahn, K.O., 1989. Handbook of Culture of abalone and Other Marine Gastropods. CRC Press. Inc. Boca Raton, Florida. 348 pp.

Hernández-Carmona, G. (1988). Evaluación, Crecimiento y regeneración de mantos de *Macrocystis pyrifera* en la costa occidental de la península de Baja California. México. Tesis de Maestría, CICIMAR-IPN. 157 p.

Hochachka, P. Y Somero, G. (1984). Biochemical Adaptation. Princeton University press. Princeton, New Jersey. 538 pp.

Hooker, N., and Morse, D. E. (1985). Abalone: The emerging development of commercial cultivation in the United States. P: 365-413 In: Hunger, J.V. and Brown, E.E. Crustacean and mollusk aquaculture in the United States. AVI Publishers, Westport, USA.

Lara-Lara, R. 1975. Ciclo anual de clorofilas y producción orgánica primaria en la Bahía de San Quintín, B.C. Tesis Esc. Sup. de Ciencias Marinas. 89pp.

Leighton, D. 1966. Studies of food preferences in algivorous invertebrates of southern California kelp beds. *Pac Sci.* 20:104-113.

Leighton L. D. 1974. The influence of temperature on larval and juvenile growth in three species of Southern Californian abalones. *Fisheries Bulletin* (72): 1137-1145.

Leighton L. D. 2000. The biology and culture of the California abalones. Dorrance Publishing Co, Pittsburgh, Pennsylvania. 216 pp.

León, C. J. G. y M. Muciño. 1995. Nota informativa sobre la pesquería del abulón en Baja California. Centro Regional de Investigaciones pesqueras en la Paz. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (Inédito): 1-6.

Lobban C. S. Y P. J. Harrison (1994). Seaweed Ecology and Physiology. Cambridge University press: UK.

Mateo-Cid, L. E. & A. C. Mendoza- González. 1994. Floristic study of the benthic algae of Bahía Asunción, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas.* 20:41-64.

Mateus-Valdes, Hernán. 1986. Los abulones de México. Secretaría de Pesca. Primera edición. México, D.F. pp 38.

Millán Núñez, R. y S. Álvarez Borrego (1978). Series de tiempo de clorofilas a, b, c y sus feofitinas en las bocas de dos lagunas costeras. Ciencias Marinas, 5(2): 41-52.

Millán-Núñez, R., S. Álvarez- Borrego and D. M. Nelson (1982). "Effects of Physical phenomena on the distribution of nutrients and phytoplankton productivity in a coastal lagoon. " Estuarine, Coastal and Shelf Science 15: 317-335.

Monreal Gómez, M. A. (1980). Aplicaciones de un modelo de dispersión en la Bahía de San Quintín, Baja California, México. Tesis M. en C. C.I.C.E.S.E.

Moore, J. D.; Robbins, T. T, Friedman, C.S. 2000. Withering syndrome in farmed red abalone *H. rufescens*: thermal induction and association with a gastrointestinal Rickettsiales-like prokaryote. J. Aquat. An Health, 12:26-34.

Ortiz Quintanilla M., I. Medina Jiménez. (1978). Proyecto para la construcción del laboratorio productor de juveniles de abulón en B.C.S. Depto. De Pesca, Dirección General de Acuacultura.

Pérez-Muñoz, G.E. (1995) Cultivo de abulón en México: Desarrollo histórico, estado actual y sus perspectivas. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, B.C. México. 121 pp.

Ramírez-Granados R. (1989). Alternativas científicas para la recuperación de los recursos abuloneros de la B.C. México: Administración Biológico-Pesquera y acuacultura. Abalone of the world. Symposium on abalone. La Paz, México. 1989. pp. 21-25.

Ramírez-Granados R. 1992. Alternativas científicas para la recuperación de los recursos abuloneros de la Baja California, México: administración, biológico pesquera y acuacultura. En: S. A. Sheperd, M. J. Tegner y S.A. Guzmán del Proó (Eds.) Abalone of the world, biology, fisheries and culture. Fishing News Book. Oxford. pp. 361-379.

Salas-Garza A. y Searcy-Bernal R. (1992) Problemas y alternativas de cultivo de abulón en México. Serie Científica U.A.B.C., México, 1, 51-8.

Searcy-Bernal R. y Salas-Garza A. (1987). Alternativas de cultivo de abulón en Baja California I, siembra en el medio natural. Informe final, p 49-70. Proyecto de ecología y transplante de juveniles de abulón (*Haliotis* spp.) en Baja California, 1984-1986 Instituto de Investigaciones Oceanológicas. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada B.C.

Searcy-Bernal R, Ramade-Villanueva M. R., Altamira B. (2010) Current status of abalone fisheries and culture in Mexico. Journal of Shellfish Research 29: 573-576.

Secretaría de Pesca, (1987). Problemática del centro de acuacultura del Ejido Eréndira B.C. Informe Semestral, 1987.

Serviere-Zaragoza, E., D. Gómez –López y G. Ponce-Díaz, 1998. The natural diet of the green abalone (*Haliotis fulgens* Philippi) in the southern part of its range, Baja California Sur, México, assessed by an analysis of gut contents. *Journal of Shellfish Research* 17(3): 777-782.

Serviere-Zaragoza, E., Mazariegos-Villareal, A., Ponce-Díaz, G. & Montes-Magallon, S., 2001. Growth of juvenile abalone, *Haliotis fulgens* Philippi fed different diets. *J. Shellfish Res.*, 20, 689-694.

Shepherd, S. A. and J.Cannon. 1988. Studies on southern Australian abalone (genus *Haliotis*) X. Food and feeding of juveniles. *J. Malacol. Soc. Aust.* 9:21-26.

Shepherd, S. A. Y P. D. Steiberg, 1992. Food preferences of three Australian abalone species with a review of the algal food of abalone. In: S.A. Shepherd, M. J. Tegner and S. A. Guzman del prío. (Eds.). *Abalone of the World. Biology, Fisheries and culture*. Fishing News Books, London. Pp. 169-181.

Shpigel M., Ragg N. L., Lapatsch I., Neori A. (1999). Protein content determines the nutritional value of the seaweed *Ulva lactuca* L. for the abalone *Haliotis tuberculata* L. and *H. discus hannai* Ino. *Journal of Shellfish Research* 18: 227-233.

Tomita, K., and N. Tazawa. 1971. On the stomach contents of juvenile abalone *Haliotis discus hannai* Ino, in Rebun Island, Hokkaido. *Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn.* 13:31 – 38 (in Japanese with English abstract).

Tutschulte, T. C. & J. H. Connell. 1988. Feeding behavior and algal food of three species of abalone (*Haliotis*) in Southern California *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 49:57-64.

Wood, A. D., and C. D. Buxton. 1996. Aspects of the biology of the abalone *Haliotis midae* (Linne, 1958) on the east coast of South Africa. 1. Feeding biology. *S. Afr. J. Mar. Sci. / S. Afr. Tydskr. Seewetenskap* 17: 61 – 68.

Zar, J. H. (2009). *Biostatistical Analysis*. 5Ed. Prentice-Hall, Englewood Cliffs: NJ.

ELECTRONICAS

Fishtech, INC. 2013 (www.fishtech.com). Consultado el día 28 de junio 2013.

DOF (Diario Oficial de la Federación 2011). Carta Nacional Acuícola (SFNA/DGPRNR/0088/12). Consultado el día 24 mayo 2013 en: https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5249902,

Trujillo-Ortiz, A. y R. Hernández-Walls. (2003). DagoSPtest: D'Agostino-Pearson's K2 test for assessing normality of data using skewness and kurtosis. A MATLAB file. [WWW document]. URL <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/3954-dagosptest> . Consultado el día 12 de junio 2013.

Trujillo-Ortiz, A. y R. Hernández-Walls. (2003). Homvar: Homogeneity of variances tests menu. A MATLAB file. [WWW document]. URL

<http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/3510-homvar>. Consultado el día 12 de junio 2013.

Trujillo-Ortiz, A. Y R. Hernández-Walls. (2003A). DagoSPtest: D'Agostino-Pearson's K2 test for assessing normality of data using skewness and kurtosis. A MATLAB file. [WWW document]. URL <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/3954-dagosptest> . Consultado el día 12 de junio 2013.

Trujillo-Ortiz, A. y R. Hernández-Walls. (2003B). Homvar: Homogeneity of variances tests menu. A MATLAB file. [WWW document]. URL <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/3510-homvar>. Consultado el día 16 de junio 2013.

Trujillo-Ortiz, A. y R. Hernández-Walls. (2003C). AOV1: Single-factor Analysis of variance test A MATLAB file. [WWW document]. URL <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/3313-aov1> . Consultado el día 16 de junio 2013.

Trujillo-Ortiz, A. y R. Hernández-Walls. (2013). aov2apr: Two-way analysis of variance with a planned (a priori) factor. A MATLAB file [WWW document]. URL <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/41305-aov2apr> . Consultado el día 16 de junio 2013.