



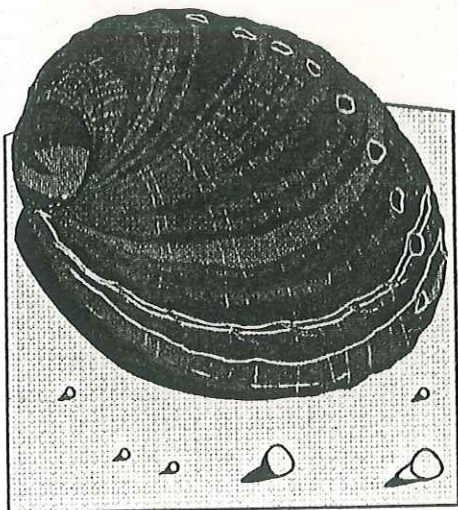
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

Facultad de Ciencias Marinas

POSGRADO EN OCEANOGRAFIA COSTERA



"EL USO DE FICOCOLOIDES EN DIETAS ARTIFICIALES PARA ABULÓN"



T E S I S

que para obtener el grado de
MAESTRO EN CIENCIAS

presenta

EDUARDO DURAZO BELTRÁN

Ensenada, Baja California, Mayo de 1997

R E S U M E N

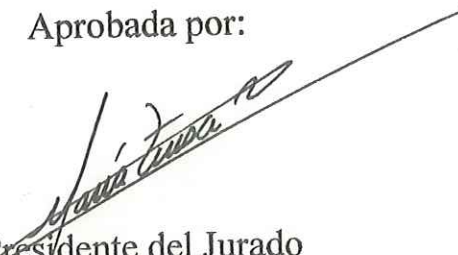
Con el propósito de evaluar el efecto de agar, alginato de sodio y carragenano como agentes enlazantes en dietas para abulón, se prepararon alimentos con ensilado de vísceras de abulón (EV) y harina de pescado (HP) como fuentes principales de proteína. La formulación base contenía almidón de maíz (21-24%). Los ficoloides se ensayaron al 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 y 2.5%. Se elaboraron dietas testigo con EV y HP con almidón y sin ficoloides. A las dietas se les determinó estabilidad en agua de mar a las 24 horas, dureza por penetrometría, contenido de proteína total por el método de microkjedhal y lavado de proteína soluble por el método de Lowry. Los datos obtenidos se analizaron mediante regresiones lineales, lineales múltiples y cuadráticas. Se observó que ambas dietas testigo mostraron valores mejores o similares a las dietas con ficoloides. Las dietas con EV y HP mostraron diferencias apreciables en todas las variables evaluadas, esto se atribuyó a características de las fuentes proteicas utilizadas. La estabilidad fue mayor en todas las dietas HP con respecto a las EV. La influencia del contenido de agar en las dietas estuvo determinada por la naturaleza de la fuente proteica principal, ya que en las dietas con EV el agar presentó influencia significativa ($P < 0.05$) en 3 de las variables analizadas, pero fue negativa para estabilidad y lavado de proteína soluble, en tanto que en las dietas con HP no mostró significancia ($P > 0.05$) en ninguna. El carragenano exhibió un patrón similar de influencia en las variables de ambas dietas, en el caso de la dureza mostró un efecto adverso, por lo que el tipo de fuente proteica no ejerció un efecto apreciable en sus características de enlazado. La tendencia encontrada en el alginato fue muy heterogénea con respecto a la fuente proteica y variables evaluadas, por lo que no se precisó un patrón definido. No se determinó un efecto sinérgico entre los ficoloides y el almidón presentes en las dietas.

**“EL USO DE FICOCOLOIDES EN DIETAS ARTIFICIALES PARA
ABULON”**

Tesis de Maestría
que presenta:


Eduardo Durazo Beltrán

Aprobada por:




Presidente del Jurado

Dra. María Teresa Viana Castrillón



Sinodal Propietario
M.C. Zaúl García Esquivel



Sinodal Propietario
M.C. Denisse Re Araujo

Dedicatoria

A mi Familia:

Beatriz Alicia,

Eduardo Alberto,

Rebeca Alejandra

y

Elena del Carmen.

Porque al avanzar uno todos estamos contribuyendo. De acuerdo a las distintas capacidades y obligaciones se comparte el esfuerzo. El asumir compromisos y resolverlos con éxito nos permite aumentar la confianza en nuestras aptitudes y progresar en nuestro desarrollo. La fortaleza está en el trabajo, constancia y responsabilidad, la cual debe manifestarse con las acciones y hechos cotidianos, a partir de lo sencillo se elabora lo complejo. Lo que perdura y construye al hombre es lo positivo de sus acciones y pensamientos.

Agradecimientos

A mi directora de tesis Dra. María Teresa Viana Castrillón por la experiencia transmitida, su constante apoyo, motivación, amistad y tiempo brindados.

A mis sinodales M.C. Zaúl García Esquivel y M.C. Denisse Re Araujo por el tiempo dedicado, comentarios y sugerencias realizados para la mejor presentación de éste trabajo.

Al Dr. Armando Shimada por las acertadas y oportunas observaciones efectuadas en la primera versión del trabajo, así como por su apoyo para la realización del análisis estadístico de los resultados.

A la M.C. Ofelia Mora por su desinteresada y valiosa ayuda, tiempo dedicado y disponibilidad para la realización e interpretación del análisis estadístico de los resultados.

Al Centro Regional de Investigación Pesquera-Ensenada, y en especial al Ocean. Enrique Hernández Garibay por las facilidades otorgadas y asesoría para el uso del penetrómetro universal.

Al M.C. Felipe Correa Díaz por su apoyo en la realización de las pruebas preliminares de dureza, así como por el préstamo de bibliografía sobre ficocoloides.

A la Facultad de Ciencias Marinas por los apoyos y facilidades otorgados para la realización de mis estudios.

Al Instituto de Investigaciones Oceanológicas por las facilidades otorgadas para el desarrollo experimental de mi tesis. En especial al Ocean. José M. Guzmán Calderón, por su ayuda durante la etapa de trabajo de laboratorio.

Al programa SUPERA de ANUIES por las becas otorgadas durante el transcurso de mis estudios de posgrado y para el desarrollo de mis tesis de Maestría.

I N D I C E

LISTA DE TABLAS	I
LISTA DE FIGURAS	II
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Alimentación artificial del abulón	1
1.2. Composición e ingredientes de dietas artificiales para abulón ...	3
1.3. Requerimientos en alimentación artificial para abulón	5
1.4. Tendencias de la investigación en dietas artificiales	6
2. ANTECEDENTES	9
2.1. Enlazantes en dietas artificiales para abulón	9
2.2. Estudios sobre dietas artificiales para abulón en México	12
3. OBJETIVO	15
4. METODOLOGÍA	16
4.1. Elaboración de dietas artificiales	16
4.2. Análisis de estabilidad	18
4.3. Análisis de dureza (penetración)	18
4.4. Análisis de proteína total	19
4.5. Análisis de proteína soluble	19
4.6. Análisis estadístico	19
5. RESULTADOS	22
5.1. Estabilidad	22
5.2. Dureza (penetración)	27
5.3. Proteína total	30
5.4. Proteína soluble	35
6. DISCUSIÓN	38
6.1. Estabilidad	41
6.2. Dureza (penetración)	45
6.3. Proteína total	49
6.4. Proteína soluble	52
6.5. Corolario	53

7. CONCLUSIONES	55
8. BIBLIOGRAFIA	56
9. ANEXO	64

LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Ingredientes utilizados en la elaboración de las dietas con ensilado de vísceras de abulón. Las cantidades se expresan en porcentajes en base seca.	17
Tabla 2. Ingredientes utilizados en la elaboración de las dietas con harina de pescado. Las cantidades se expresan en porcentajes en base seca.	17
Tabla 3. Regresiones cuadráticas de valores de estabilidad con relación a concentración de ficocoloide, en dietas con ensilado de vísceras de abulón y harina de pescado adicionadas con agar, carragenano y alginato.	24
Tabla 4. Regresiones lineales de valores de penetración con relación a la concentración de ficocoloide, en dietas con ensilado de vísceras de abulón y harina de pescado adicionadas con agar, carragenano y alginato.	29
Tabla 5. Regresiones lineales múltiples de valores de proteína total, con relación al tiempo (x_1) y concentración de ficocoloide (x_2), en dietas con ensilado de vísceras de abulón, y harina de pescado adicionadas con agar, carragenano y alginato.	32
Tabla 6. Regresiones lineales de valores de proteína total (g/100 g) con relación al tiempo, en dietas con ensilado de vísceras de abulón y harina de pescado adicionadas con agar, carragenano y alginato.	33
Tabla 7. Regresiones lineales de valores esperados y observados, y tasas de pérdida de proteína total en dietas con ensilado de vísceras de abulón y harina de pescado adicionadas con agar, carragenano y alginato.	33
Tabla 8. Regresiones lineales de valores de proteína total con relación al tiempo y tasas de pérdida en dietas testigo y comerciales.	34

Tabla 9. Regresiones lineales múltiples de valores de proteína soluble, con relación al tiempo (x_1) y concentración de ficocoloide (x_2), en dietas con ensilado de vísceras de abulón y harina de pescado adicionadas con agar, carragenano y alginato.	37
Tabla 10. Regresiones lineales de valores de proteína soluble con relación al tiempo, en dietas testigo y comerciales.	37
Tabla I. Valores promedio de estabilidad, dureza y proteína total en dietas con ensilado de vísceras de abulón adicionadas con alginato, agar y carragenano.	65
Tabla II. Valores promedio de estabilidad, dureza y proteína total en dietas con harina de pescado adicionadas con agar, alginato y carragenano.	66
Tabla III. Valores promedio de estabilidad, dureza y proteína total en dietas testigo de ensilado de vísceras de abulón y harina de pescado, y alimentos comerciales.	67
Tabla IV. Valores promedio de proteína soluble liberada por dietas con ensilado de vísceras de abulón adicionadas con agar, carragenano y alginato.	68
Tabla V. Valores promedio de proteína soluble liberada por dietas con harina de pescado adicionadas con agar, carragenano y alginato, a las 2, 6, 12 y 24 horas.	69
Tabla VI. Valores promedio de proteína soluble liberada por dietas testigo de ensilado de vísceras de abulón y harina de pescado a las 2, 6, 12 y 24 horas.	70

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Distribución de valores esperados (regresión) y observados de estabilidad en dietas con ensilado de vísceras de abulón, con relación a la concentración de ficocoloide. 25
- Figura 2. Distribución de valores esperados (regresión) y observados de estabilidad en dietas con harina de pescado, con relación a la concentración de ficocoloide. 26

1. INTRODUCCIÓN.

1.1. Alimentación artificial de abulón.

El cultivo de abulón es una actividad en plena expansión a nivel mundial. Tarea que se encuentra apoyada por varias décadas de investigación, en aspectos como biología, ecología, nutrición y diseño de sistemas. Tanto Japón como China son líderes en su cultivo con una alta producción comercial (Fleming y Hone, 1996). En México el cultivo del abulón no ha sido una actividad de importancia, sin embargo, la declinación de su pesquería hasta una etapa de colapsamiento (Guzmán -del Proó, 1992; Lluch-Belda *et al.*, 1996) ha motivado el interés en su cultivo (Salas-Garza y Searcy-Bernal, 1992; Mazón-Suástegui *et al.*, 1996). La gran demanda de este producto hace que el cultivo del abulón sea atractivo, que si bien, su crecimiento es lento, ya que tarda en llegar a la talla comercial hasta los 2 años de edad, su precio en el mercado es lo suficientemente atractivo como para pensar en la rentabilidad de su cultivo (Oakes y Ponte, 1996). Sin embargo, hasta que las técnicas de su cultivo no sean probadas fuera del ámbito experimental, el acuacultor permanecerá renuente a invertir en esta actividad. Dentro de estas técnicas para su cultivo, o "biotecnias", se pueden mencionar la obtención de semilla, técnicas de asentamiento y metamorfosis, tipo de cultivo (marino o en estanquería), y por último y no menos importante, su alimentación.

El abulón es un organismo gasterópodo considerado como un herbívoro que se alimenta de macroalgas (Hahn, 1989). Sin embargo, la actualidad, se sabe que para lograr un óptimo crecimiento, se requiere de cantidades de proteína mayores que

las contenidas en las macroalgas (Mai *et al.*, 1995b) Es por ésto que se plantea que el abulón debe de alimentarse en gran medida de organismos epífitos de las macroalgas. Este hecho hace que la nutrición del abulón en cultivo sea difícil, ya que es necesario el suministro de una alimentación diversa aparte de las macroalgas. Esto puede lograrse cuando es favorecida la producción de diatomeas bentónicas en los estanques (Arroyo *et al.*, 1996), que para que se forme en una cantidad substancial, es necesario el disminuir la densidad de organismos por tanque. Otra posibilidad es el empleo de dietas artificiales, que en la mayoría de los casos se ha logrado un mayor crecimiento que el obtenido con macroalgas (Viana *et al.*, 1993a; Britz *et al.*, 1994). El problema de su utilización ha sido hasta ahora, el alto precio en el mercado (Fleming *et al.*, 1996), el cual se debe seguramente, a que dichas dietas artificiales para abulón requieren de una tecnología especial, tanto en su forma de presentación como en sus características de comportamiento en el agua, diferentes a las requeridas por otras especies acuáticas.

Por ésto, las dietas artificiales se han visto como cruciales para el cultivo exitoso de abulón en países donde el gasterópodo no muestra un crecimiento rápido con alimento natural. O bien, en aquellos donde históricamente se han cosechado algas como fuente para la alimentación humana y/o industrial, o bien durante períodos de baja disponibilidad de algas (Fleming *et al.*, 1996).

En el cultivo comercial de abulón en Japón y China las dietas artificiales se utilizan ampliamente. La experiencia de los japoneses con más de 30 años en formulación de dietas artificiales para abulón ha culminado en la producción comercial de

alimentos con alta calidad. En China el uso de alimentos artificiales para el desarrollo de juveniles de abulón es común, aún cuando no se producen comercialmente, son suministrados a través de diversos institutos regionales de investigaciones marinas o se producen por los mismos acuacultores (Fleming *et al.*, 1996).

1.2. Composición e ingredientes de dietas artificiales para abulón.

En general las dietas artificiales muestran un alto contenido de proteínas (20-50%) y carbohidratos (30-60%) y bajo en lípidos (1.5-5.3%), fibra (0-6%), mezcla de minerales (4-5%) y vitaminas (0.5-2%) (Fleming *et al.*, 1996).

La proteína es proporcionada, por lo general, a partir de fuentes como harina de pescado, harina de soya y caseína (Uki *et al.*, 1985b; Hahn, 1989; Gorfine, 1991; Britz, 1996b). Aparte de que otras nuevas alternativas de proteína como ensilados de pescado (López y Viana, 1995), y vísceras de abulón (Viana *et al.*, 1996) o *Spirulina* spp. se han ensayado, aunque su utilización no ha sido hasta ahora muy significativa (Fleming *et al.*, 1996). En el caso de la dieta comercial sudafricana Abfeed se utiliza 10% de *Spirulina* spp. en la formulación (Britz *et al.*, 1994).

Productos de cereales de menor costo como harina de trigo, harina de maíz, almidón de maíz o almidón de arroz son frecuentemente utilizados como fuente de carbohidratos, donde el almidón juega un papel importante tanto para suministro de energía como por su papel como agente enlazante o ligantes en las dietas (Fleming *et al.*, 1996).

Los lípidos son suministrados en los alimentos artificiales en forma de aceite de pescado o aceite vegetal, ya sea con los lípidos contenidos en la harina de pescado o bien con combinaciones entre éstos (Hahn, 1989; Fleming *et al.*, 1996). Sin embargo, debido a que el abulón requiere de un nivel bajo de lípidos, en algunas formulaciones que contengan harina de pescado, los lípidos contenidos en ésta pueden constituir el único aporte de la dieta (Fleming *et al.*, 1996).

Es común que los minerales y vitaminas se incorporen en las dietas en forma de mezclas de acuerdo a lo establecido por Uki *et al.* (1985a). El uso de harina de algas (*v. gr. Macrocystis pyrifera*) en la elaboración de alimento artificial, con un elevado contenido de minerales, favorece en algunos casos la no incorporación adicional de macro y microelementos ya que la materia seca de las macroalgas es rica en minerales (Jensen, 1993). En acuicultura de peces se ha encontrado que las interacciones mineral-mineral y vitamina-mineral pueden afectar sus tasas de absorción, y por lo tanto el desarrollo de los organismos (De Silva y Anderson, 1995).

El contenido de fibra en alimento artificial para abulón se dice que debe de ser bajo, ya que se plantea que el organismo muestra una reducida capacidad para digerirla (Uki *et al.*, 1985a), aún cuando en algunas ocasiones su uso en baja proporción es con el fin de actuar como ligante o enlazante (Fleming *et al.*, 1996).

1.3. Requerimientos en alimentación artificial para abulón.

Las proteínas son el nutrimento más caro en una dieta artificial y son esenciales en el crecimiento del tejido suave del abulón. Los principales factores que influyen en la utilización de las proteínas son la digestibilidad, balance de aminoácidos y su disponibilidad, cantidad y tipo de los aminoácidos presentes y energía suministrada, condiciones ambientales, genotipo, sexo y tamaño del organismo (Fleming *et al.*, 1996). Desde un punto de vista de producción en acuicultura, un nivel óptimo de proteínas debe de estar definido en términos de tasa de crecimiento o tasa de depositación proteica y costo de los ingredientes de la dieta (Britz, 1996a). La identificación de aminoácidos limitantes en las dietas artificiales y los requerimientos diarios de aminoácidos para el abulón aún no se han efectuado experimentalmente. En *H. rufescens* se reportan como aminoácidos esenciales a la treonina, valina, metionina, isoleucina, leucina, fenilalanina, triptófano, lisina, histidina y arginina (Fleming *et al.*, 1996).

La utilización de carbohidratos complejos (polisacáridos) en el abulón aún no se conoce ampliamente, pues se dice que éstos presentan un sistema de enzimas capaces de hidrolizar carbohidratos complejos presentes en algas (Nakada y Sweeny, 1967), su alimento natural. Sin embargo, Uki *et al.* (1985a) establecieron que a medida que se incrementa el nivel de celulosa en la dieta es posible observar un efecto significativamente negativo en el crecimiento, aun a niveles bajos de celulosa. Por otro lado, los carbohidratos solubles constituyen la fuente primaria de energía, un abulón que consume > 2 % de su peso/día de una dieta artificial con 50% de carbohidratos por lo

general excede los requerimientos de energía del organismo (Gorfine, 1991).

Los lípidos no muestran un aporte de energía significativo en la dieta del abulón, se ha establecido que un nivel mayor al 5% resulta en un retardo en el crecimiento (Uki *et al.*, 1986; Mai *et al.*, 1995a).

Uki *et al.* (1985a) con base en valores establecidos para peces plantearon los requerimientos de minerales para abulón, reportando un óptimo crecimiento con 8%; posteriormente se recomendó un mínimo de 4% para mejorar la estabilidad del alimento (Uki y Watanabe, 1992). De la misma manera, el contenido de vitaminas utilizado en dietas artificiales también está basado en los requerimientos de peces (Fleming *et al.*, 1996).

1.4. Tendencias de la investigación en dietas artificiales.

Según Fleming *et al.* (1996) el nivel óptimo de proteína en las dietas artificiales para abulón se ha estimado a través de métodos empíricos donde se ha tomado como base la concentración de proteína cruda en la dieta a la cual se tiene un crecimiento favorable. Esto se basa en que los requerimientos de proteína no se pueden cubrir con el incremento en su suministro si se trata de una proteína inadecuada para un organismo dado. Por ésto, es necesario asegurar que la proteína suministrada sea de alta calidad antes de su inclusión en los niveles que el organismo requiere. Si las necesidades de cantidad de proteínas del abulón son cubiertas en forma adecuada, es necesario conocer

los requerimientos de aminoácidos específicos, para el balance más apropiado y su disponibilidad en una variedad de fuentes de proteínas (Mai *et al.*, 1994; Fleming *et al.*, 1996).

Se requieren también, estudios sobre las necesidades de lípidos y ácidos grasos esenciales y fuentes de suministro (Mai *et al.*, 1995a; Fleming *et al.*, 1996); además de establecer en forma precisa los requerimientos óptimos de vitaminas y minerales para el desarrollo del abulón, así como investigar los efectos interactivos de ingestión de proteína y energía sobre la depositación de proteína en el organismo (Fleming *et al.*, 1996).

Para cualquier estudio de nutrición y/o alimentación, es necesario asegurar la ingestión de los alimentos. En el caso del abulón resulta una tarea difícil, debido a su lenta respuesta ante el alimento, dando por resultado la pérdida de materia seca en el agua así como el lavado de micronutrientes (lixiviación). En sistemas de cultivo para abulón se espera que el alimento presente una baja pérdida de materia seca en el agua en un lapso de por lo menos 24 horas. Esto, no solo con el fin de asegurar la ingestión de los nutrimentos sino también para evitar el desperdicio de alimento y merma en la calidad del agua (Hahn, 1989). Esto también como resultado del lavado y pérdida de nutrimentos en el medio. La estabilidad (% de materia seca en la dieta después de su permanencia un tiempo dado en el agua con relación al contenido original) y lavado del alimento son problemas conocidos por los elaboradores de dietas artificiales, sin embargo, no se han determinado cantidades y/o tasas de lavado de nutrimentos aceptables o permitidos como normas de calidad para los productores de alimento (Fleming *et al.*, 1996). Como

alternativas para controlar la estabilidad y lavado de nutrimentos se plantea el uso o combinación de coloides y/o almidón (Knauer *et al.*, 1993; Fagbenro y Jauncey, 1995), además se propone el estudio de métodos de microencapsulación (Villamar y Langdon, 1993; López-Alvarado *et al.*, 1994) y extrusión (Botting, 1991; Gooddard, 1996).

Aparte de lograr que el alimento sea estable en el agua debe buscarse que no haya cambios significativos en su dureza. Se reporta que la dureza es un factor primario que determina la preferencia del abulón por un tipo de alimento; en *H. rubra* a mayor dureza disminuye la tasa de ingestión del alimento (McShane *et al.*, 1994).

2. ANTECEDENTES.

2.1. Enlazantes en dietas artificiales para abulón.

Las dietas artificiales para abulón se caracterizan por presentar una matriz a través de la cual los ingredientes están cohesionados o enlazados. Por los requerimientos asociados a la alimentación del abulón, el enlazante es crucial en el desarrollo de una dieta exitosa. Los diferentes tipos de enlazantes empleados en la elaboración de alimentos comerciales se mantienen como información reservada o están patentados. De igual forma hay poca información disponible sobre factores que influyen las propiedades de los enlazantes, tales como tipo de ingredientes, tamaño de partícula y técnicas de procesamiento (Fleming *et al.*, 1996).

El enlazante que regularmente se ha utilizado en dietas artificiales para abulón es el alginato (Uki *et al.*, 1985a; Gorfine, 1991; Uki y Watanabe, 1992; Viana *et al.*, 1993a; Knauer *et al.*, 1993; Monje-Ariza, 1994; López y Viana, 1995; Rivero y Viana, 1996), quizás debido a que este ficocoloide es el componente principal de las macroalgas pardas, el alimento natural de un gran número de abulones (Hahn, 1989).

Los alginatos son polisacáridos lineales conformados por ácido manurónico (M) y gulurónico (G), en bloques MM, GG y MG. Estos se encuentran principalmente en algas pardas y su uso se deriva de sus propiedades de gelificación y viscosidad en solución. Sus propiedades físicas dependen no solamente del contenido de ácidos urónicos, sino también de la proporción y arreglo estérico de los bloques. La habilidad para formar geles

en presencia de iones divalentes depende principalmente de los enlaces cooperativos intercadenas entre los bloques GG, así como de la selectividad iónica la cual muestra una alta afinidad por iones de calcio (Heyraud *et al.*, 1990). Los geles de alginato de calcio presentan como ventajas el ser fáciles de preparar, se pueden elaborar en un intervalo de temperaturas de 0-100 °C y son aditivos reconocidos generalmente como seguros en alimentos (Skjåk-Braek y Martisen, 1991). Una limitante en el uso de alginato de calcio para microencapsulados, es que los iones de calcio pueden ser intercambiados con otro tipo de iones, de tal forma que el gel puede ser desestabilizado en un medio con alta concentración de iones que no promueven la gelificación, tales como Na^+ y Mg^{2+} (Draget *et al.*, 1993).

El agar es un ficocoloide que ha sido también utilizado como enlazante en alimentos para abulón (Gorfine, 1991; Knauer *et al.*, 1993; McShane *et al.*, 1994). Este hidocoloide es obtenido a partir de algas rojas, el cual comprende una mezcla de los polímeros lineales agarosa y agaropectina, conformados por D y L-galactopiranosas. La agarosa es la fracción responsable de la capacidad gelificante del agar, la cual se caracteriza por su bajo contenido de sulfatos. En contraste, la agaropectina no muestra propiedades gelificantes y se presenta como un polisacárido cargado con grupos sulfato y piruvato (Lahaye y Rochas, 1991). Las características para su uso en alimentos se asocian a que produce geles fuertes y termoreversibles a bajas concentraciones, muestra una alta histéresis de gelificación (diferencia entre las temperaturas de gelificación y fusión), además de presentar un bajo contenido de grupos cargados y muy baja interacción con cationes en solución (Skjåk-Braek y Martisen, 1991). Los geles de agar

se generan a expensas de la formación de dobles hélices de agarosa a través de puentes de hidrógeno y la posterior integración de agregados de dobles hélices (Armisen, 1991).

Los carragenanos son ficocoloides que comprenden un grupo de poligalactanos sulfatados derivados de algas de la clase *Rhodophyceae*, que por sus características gelificantes y espesantes son utilizados con frecuencia en alimentos (Hegenbart, 1994, Trius *et al.*, 1994). En acuicultura se han empleado como enlazantes en dietas para camarón (Bautista *et al.*, 1989; Dominy y Lim, 1991) y en enlazado de dietas microparticuladas para larvas de peces (De Silva y Anderson, 1995), sin embargo no se ha ensayado su uso en dietas para abulón. Los tipos más importantes de carragenanos son el kappa, iota y lambda. El tipo kappa forma geles fuertes y termoreversibles en presencia de un exceso de iones K^+ , comparables en rigidez mecánica con geles de alginato y agarosa (Skjåk-Braek y Martisen, 1991). El tipo iota genera geles muy suaves, en tanto que el lambda no forma geles pero muestra capacidad espesante (Rochas *et al.*, 1989). Los geles de kappa carragenano se forman en presencia de sales de potasio mediante un proceso inducido por la fuerza iónica del medio. Se postula que el mecanismo de gelificación se puede deber a la interacción de agregados de dobles hélices (Heyraud *et al.*, 1990). Por ser un gel iónico el carragenano de potasio puede ser desestabilizado en presencia de altas concentraciones de iones no gelificantes como Na^+ (Skjåk-Braek y Martisen, 1991).

El almidón se utiliza con frecuencia en la formulación de dietas artificiales para abulón (Britz *et al.*, 1994; Monje-Ariza, 1994; Simpson, 1994; Guzmán-Calderón, 1995;

Lopez y Viana, 1995; Knauer *et al.*, 1996; Rivero y Viana, 1996; Viana *et al.*, 1996) como fuente de energía y enlazante. Debido a sus propiedades viscoelásticas (Kokini, 1992) el empleo de almidón en alta proporción favorece la cohesividad de los ingredientes de alimentos artificiales moldeados manualmente o en equipos convencionales. La mayoría de los almidones están integrados por un 25% del glucano lineal amilosa integrado y 75% del ramificado o amilopectina. Su uso en alimentos se asocia a sus características gelificantes, espesantes y estabilizadoras. En ocasiones para obtener las propiedades funcionales deseadas se requiere de una modificación física. Una de ellas es la gelatinización, la cual se genera cuando se calientan suspensiones de almidón a temperaturas >50 °C, lo que origina la ruptura de puentes de hidrógeno intermoleculares y se da lugar a la absorción de agua por el polisacárido (Charley, 1987; Ross, 1992).

2.2. Estudios sobre dietas artificiales para abulón en México.

En el Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la U.A.B.C. se ha estado trabajando desde 1991 en el desarrollo de dietas artificiales para abulón con ingredientes de la región. De esta manera, desperdicios pesqueros, en forma de ensilado han sido aprovechados como única fuente de proteína, o en combinación con otros ingredientes locales. Con su uso, ha sido posible detectar que el abulón crece de una manera similar o mejor que con otras fuentes proteicas o comparado con alimentos comerciales (Guzmán-Calderón, 1995). En parte, debido a la alta atractabilidad y palatabilidad que presenta el ensilado como ingrediente en dietas para abulón (Viana *et al.*, 1994; Rivero y

Viana, 1996), así como por el adecuado aprovechamiento de la proteína que contiene. Sin embargo, una desventaja ha sido su baja estabilidad y alto lavado de nutrimentos, lo que ha motivado el estudio en esta área.

La investigación sobre la estabilidad de alimentos artificiales elaborados con harina de soya, harina de pescado y ensilado de pescado, enlazados con alginato de sodio y gelatina al 8 y 12%, confirmó que el alginato de sodio favorece una mejor estabilidad en las dietas ensayadas con respecto al uso de gelatina (Morales-González, 1994).

El análisis de la influencia del contenido de alginato de sodio en dietas para juveniles de *H. fulgens*, formuladas con harina de soya y ensilado de vísceras de abulón y 1, 3, 5 y 20% del ficocoloide, mostró que el alginato puede ser utilizado en un 1% sin afectar la pérdida de materia seca de las dietas y el crecimiento de los organismos. En forma complementaria se señaló la necesidad de mejorar la retención de macro y micro constituyentes (Monje-Ariza, 1994).

Guzmán-Calderón (1995) evaluó la estabilidad de dos dietas experimentales, una con harina de pescado y otra con vísceras de abulón enlazadas con alginato de sodio (4 %), en contraste con un alimento comercial, donde la menor estabilidad fue observada en las dietas experimentales con relación la dieta comercial. De esta manera, se planteó la necesidad de realizar estudios posteriores para mejorar la estabilidad de las dietas en desarrollo, con el propósito de reducir la pérdida de nutrientes y el costo del alimento.

A partir del análisis del efecto del pH en la textura y estabilidad de alimento para *H. fulgens*, elaborado con ensilado de vísceras de abulón y harina de soya en presencia de 4% de alginato de sodio, se determinó que a pH 6 la dieta presentó la menor pérdida de materia seca y la textura más firme (Rivero y Viana, 1996).

Se reporta en el estudio de dietas artificiales para *H. fulgens*, elaborados con una mezcla de ensilados de pescado crudo y cocido, aglutinados con alginato de sodio (10%), un crecimiento de los organismos significativamente más alto que con macroalgas (Viana, *et al.*, 1996). Además, se establece que el lavado de proteína soluble no es un reflejo de la estabilidad, ya que la dieta con ensilado crudo mostró la mayor pérdida de proteína soluble pero su estabilidad fue alta en comparación con el alimento con ensilado cocido, por lo tanto se estima que el lavado de proteína soluble es independiente de la pérdida de materia seca en el agua (López y Viana, 1995; Viana *et al.*, 1996).

El presente trabajo se desarrolló con el propósito de contribuir al estudio de los ficocoloides alginato, agar y carragenano como enlazantes en dietas artificiales para abulón, a través de su influencia en las características de estabilidad, lavado de proteínas y dureza.

3. OBJETIVO .

Evaluar el efecto de los coloides alginato de sodio, agar y carragenano sobre la estabilidad, dureza y pérdidas de proteína total y soluble en dietas para abulón, elaboradas con ensilado de vísceras de abulón y harina de pescado como fuentes proteicas principales.

4. MATERIALES Y METODOS.

4.1. Elaboración de las dietas artificiales.

Se elaboraron dietas con ensilado de vísceras de abulón (EV) y harina de pescado (HP) como fuentes principales de proteína, de acuerdo a variantes de las formulaciones recomendadas por Viana *et al.* (1993a, 1996) (Tabla I). El ensilado se preparó según lo citado por Viana *et al.* (1993b). Se utilizaron como ficocoloides enlazantes al 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 y 2.5%: alginato de sodio grado alimenticio Kelgin[®], agar grado alimenticio Agarmex y carragenano grado comercial extraído de *Chondracantus canaliculatus* (proporcionado por la planta piloto del CRIP-Ensenada). Los ingredientes se mezclaron inicialmente en forma manual. El almidón de maíz por separado se gelatinizó a 75 °C (Ross, 1992) y se mezcló con los ingredientes, previo a la incorporación del agente enlazante. El alginato de sodio y carragenano fueron incorporados ya solubilizados en agua a temperatura ambiente con ayuda de un homogenizador mecánico, mientras que el agar se solubilizó en agua a 90 °C. Una vez hecha la mezcla, se homogenizó en el tanque de mezclado de una formadora de pastas Rosito Bisani TR95[®], previo a su texturizado a través de una boquilla con orificios de salida de 0.7 mm de apertura por 11 mm de ancho. Los texturizados se cortaron en porciones de 25-30 mm y se secaron durante 24 horas a 40 °C en estufa de convección. Las muestras secas se almacenaron en bolsas de polietileno a temperatura ambiente. En las dietas testigos se excluyó el uso de ficocoloides como agentes enlazantes, las formulaciones se completaron con almidón de maíz.

Tabla 1. Ingredientes utilizados en la elaboración de las dietas con ensilado de vísceras de abulón. Las cantidades se expresan en porcentaje en peso seco.

Ingredientes	EVT	EV*0.5%	EV*1%	EV*1.5%	EV*2%	EV*2.5%
Ensilado de abulón ¹	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5
Harina de pescado	12	12	12	12	12	12
Harina de algas	10	10	10	10	10	10
Harina de soya	5	5	5	5	5	5
Almidón de maíz	24.35	23.85	23.35	22.85	22.35	21.85
Harina de maíz	8	8	8	8	8	8
Celulosa	12	12	12	12	12	12
Minerales	4	4	4	4	4	4
Vitaminas	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Vitamina C	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
Metionina	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
Benzoato de sodio	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
Cloruro de colina	0.072	0.072	0.072	0.072	0.072	0.072
Butilhidroxitolueno	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036
Enlazante*	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5

¹ Ensilado de vísceras de abulón neutralizado.

*Tratamientos: agar (EVAG), carragenano (EVCA), alginato (EVAL).

Tabla 2. Ingredientes utilizados en la elaboración de las dietas con harina de pescado. Las cantidades se expresan en porcentaje en peso seco.

Ingredientes	HPT	HP* 0.5%	HP* 1%	HP* 1.5%	HP* 2%	HP* 2.5%
Harina de pescado	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5
Harina de algas	10	10	10	10	10	10
Harina de soya	5	5	5	5	5	5
Almidón de maíz	24.35	23.85	23.35	22.85	22.35	21.85
Harina de maíz	8	8	8	8	8	8
Celulosa	12	12	12	12	12	12
Minerales	4	4	4	4	4	4
Vitaminas	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Vitamina C	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
Metionina	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
Benzoato de sodio	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
Cloruro de colina	0.072	0.072	0.072	0.072	0.072	0.072
Butilhidroxitolueno	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036
Enlazante*	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5

*Tratamientos: agar (HPAG), carragenano (HPCA), alginato (HPAL).

4.2. Análisis de estabilidad.

La estabilidad de las dietas artificiales y comerciales de Sudáfrica (Abfeed[®] : alimento comercial 1) y de Nueva Zelanda (Makara 1100[®]: alimento comercial 2) se realizó con muestras de 0.5g de alimento en 100 mL de agua de mar filtrada (1 µm), las cuales se sometieron a agitación constante a 17 °C durante 24 horas con un agitador Mistral Multi-Mixer 4600 de Lab-line Instrumental[®]. La materia seca o sólidos totales remanentes en las muestras se determinaron por gravimetría en forma porcentual, previo secado a 100 °C durante 4 horas, de acuerdo a lo citado por López-Acuña (1994), mediante la siguiente expresión:

$$\% \text{ Estabilidad} = (\text{materia seca inicial} - \text{materia seca final}) * 100 / \text{peso muestra inicial}$$

4.3. Análisis de dureza (penetración).

La dureza se determinó como los mm de penetración a un peso determinado en un tiempo de 5 segundos (deMan *et al.*, 1976). Para ésto, se utilizó un penetrómetro universal Humboldt con una punta cónica de 35.064 g acoplada a una varilla de corrimiento de 47.502 g , y una carátula para la medición de longitudes con una exactitud de 0.15 mm. Dicho análisis se evaluó en réplicas de las dietas hidratadas en agua de mar a 17 °C durante 2 horas, de acuerdo a un ensayo previo de hidratación de los texturizados.

4.4. Análisis de proteína total.

El contenido de proteína total se evaluó mediante el método microkjedahl. Se utilizó 0.1 g de muestras secas de texturizados y alimentos comerciales, y de las respectivas dietas de la prueba de estabilidad, de acuerdo a lo referido por A.O.A.C. (1995). El valor porcentual de la proteína total (g/100g muestra) se calculó multiplicando el contenido de nitrógeno total (g/100g muestra) por el factor 6.25.

4.5. Lavado de proteína soluble.

El lavado de proteína fue estimado como la proteína soluble en agua de mar de los texturizados y dietas comerciales, mediante el método de Lowry modificado (Stevens, 1992). El experimento se efectuó con 0.5 g de muestra en 100 mL de agua mar y se tomaron alícuotas de 1 mL a las 2, 6, 12 y 24 horas de lixiviación a 17 °C, de acuerdo a lo planteado por Viana *et al.* (1996). La proteína se determinó como mg de proteína equivalente de suero de albúmina de bovino (SAB)/g de alimento.

4.6 . Análisis estadístico.

Se analizó solo una muestra por tratamiento, consistente en 7 ensayos de la misma dieta. Con el propósito de establecer relaciones entre variables asociadas a las dietas elaboradas con un mismo ficocoloide a distintas concentraciones, se efectuaron regresiones lineales, lineales múltiples y cuadráticas, pruebas de significancia y análisis

de residuos de acuerdo a los criterios establecidos por Sokal y Rohlf (1981).

En estabilidad, con base en los valores promedio obtenidos de las dietas con ficocoloides se calcularon las regresiones lineales respectivas. En estas se determinaron los residuos (valor observado - valor esperado), los cuales se graficaron contra concentración de coloide. De las tendencias encontradas se estableció la posibilidad de realizar regresiones cuadráticas. Entonces a partir de las ecuaciones cuadráticas de las regresiones significativas ($\alpha = 0.05$) se calcularon las estabilidades máximas, así como las primeras derivadas, para determinar las concentraciones de ficocoloides a las cuales la variable dependiente (estabilidad) presentó una tendencia constante.

En dureza, con el objetivo de predecir tendencias de la variable dependiente (penetración) a partir de la independiente (concentración de ficocoloide) a partir de los valores de penetración de las dietas con ficocoloides, se efectuaron regresiones lineales ($\alpha = 0.05$), por ajuste a una recta.

En los resultados de proteína total se realizaron regresiones lineales múltiples, con tiempo y concentración de ficocoloide como variables independientes para estimar su influencia en la dependiente. En los casos en que se presentó significancia ($\alpha = 0.05$) en solo una variable se procedió a efectuar las regresiones lineales simples, y con base en estas se calcularon los valores esperados de proteína total y las tasas de pérdida de proteína total/hora.

Para tratar de establecer si el contenido de proteína soluble se ajustaba a una combinación lineal de las variables independientes tiempo y concentración de ficocoloide los valores de proteína soluble se analizaron mediante regresiones lineales múltiples ($\alpha = 0.05$). En las dietas donde se determinó un comportamiento lineal significativo solo para una variable ($\alpha = 0.05$) se aplicaron regresiones lineales por variable.

Las regresiones correspondientes y pruebas de significancia se realizaron mediante los paquetes estadísticos Statistical Analysis System versión 6.03 (SAS Institute, Inc., 1988) y Sigma Stat versión 1.0 para Windows (Jandel, 1994).

5. RESULTADOS.

5.1. Estabilidad.

A partir de los valores de estabilidad para las dietas con ensilado de vísceras de abulón (Anexo: Tabla I) se calcularon las regresiones cuadráticas respectivas, las que se presentaron significativas ($P < 0.05$) en todas las dietas (Tabla 3). En la dieta EVAG se encontró un máximo de estabilidad de 78.39 % a 0.5 % de agar, donde los valores de y y x de la primera derivada de las ecuaciones cuadráticas (punto de inflexión o punto donde se invierte el patrón observado) mostraron un valor esperado de estabilidad de 75.31 % con 1.82 % de agar. En la dieta EVCA se determinó un máximo de estabilidad de 76.89 con 0.5% de carragenano. En el punto de inflexión de la regresión se encontró un valor esperado de estabilidad de 71.50 % con 1.73 % de carragenano. Para la dieta EVAL el valor máximo esperado de estabilidad fue el punto de inflexión de la regresión, el cual presentó 75.20 % de materia seca a la concentración de 1.65 % de alginato (Tabla 3, Figura 1).

Los valores de estabilidad de los alimentos con harina de pescado (Anexo, Tabla II) para las dietas HPCA y HPAL se ajustaron a regresiones cuadráticas ($P < 0.05$), en tanto que la dieta HPAG no presentó tendencia lineal o cuadrática (Tabla 3). La dieta con carragenano mostró un valor máximo de estabilidad de 91.57 % a 0.5 % de ficocoloide. En el punto de inflexión el valor esperado de estabilidad fue de 99.46 % con 2.43 % de carragenano. En tanto que el alimento con alginato presentó un máximo de estabilidad de 95.59 % con 0.5% de ficocoloide, cuyo punto de inflexión de la regresión

dió el valor esperado de estabilidad y fue de 93.26 % con 2.15 % de alginato (Tabla 3, Figura 2).

En las dietas testigo (ausencia de ficocoloides) y comerciales los valores promedio de estabilidad encontrados fueron: 74.05 % en EV testigo, 94.16 % en HP testigo, 95.12 % en alimento comercial 1 y 91.17 % en alimento comercial 2 (Anexo: Tabla III). En estos datos no fue factible aplicar el análisis de regresión ya que solo se contaba con un solo valor por tiempo.

Tabla 3. Regresiones cuadráticas de valores de estabilidad con relación a concentración de ficocoloide, en dietas con ensilado de vísceras de abulón y harina de pescado adicionadas con agar, carragenano y alginato.

Dietas	Ecuación de la regresión	R ² *	P*	Valor esperado punto inflexión	
				x	y
EVAG	$y = 81.318 - 6.785 x + 1.861 x^2$	0.547	< 0.001	1.820	75.133
EVCA	$y = 82.154 - 12.31 x + 3.551 x^2$	0.633	< 0.001	1.733	71.502
EVAL	$y = 72.641 + 3.102 x - 0.94 x^2$	0.255	0.009	1.650	75.200
HPAG	$y = 94.340 + 0.406 x - 0.095 x^2$	0.094	0.204	n.s.	n. s.
HPCA	$y = 96.930 - 5.550 x + 1.437 x^2$	0.288	0.004	1.931	91.570
HPAL	$y = 97.220 - 3.691 x + 0.86 x^2$	0.311	0.002	2.146	93.260

* : $\alpha = 0.05$.

n. s. : no significativo ($P > 0.05$).

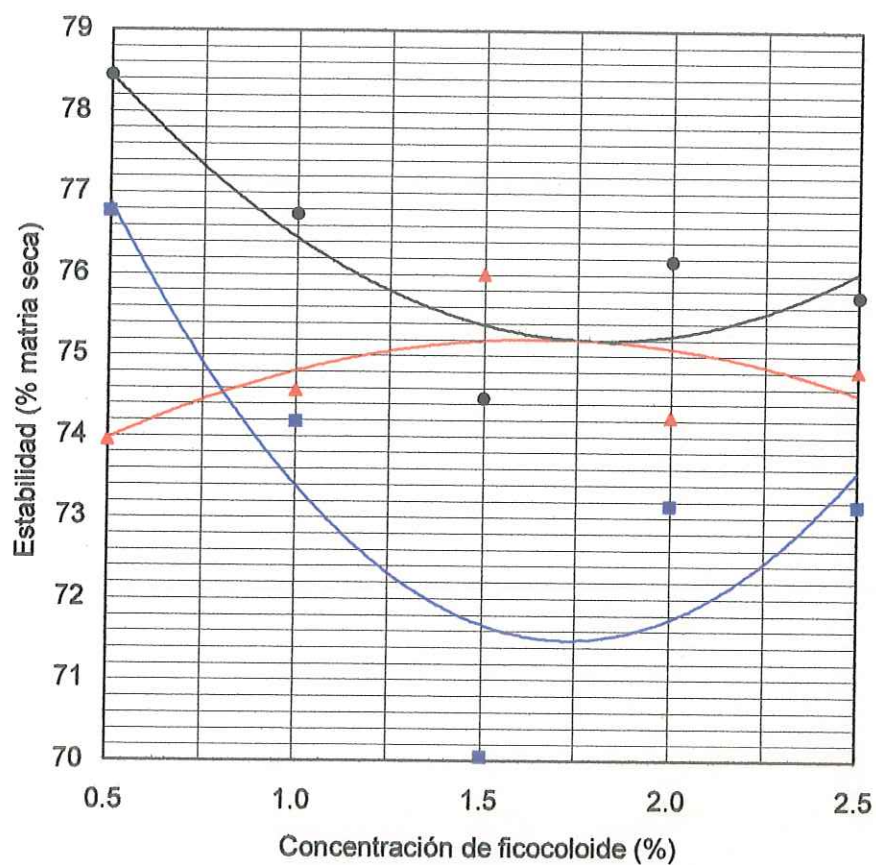


Figura 1. Distribución de valores esperados (regresión) y observados de estabilidad en dietas con ensilado de vísceras de abulón, con relación a la concentración de ficocoloide.

- Agar (observado)
- Carragenano (observado)
- ▲ Alginato (observado)

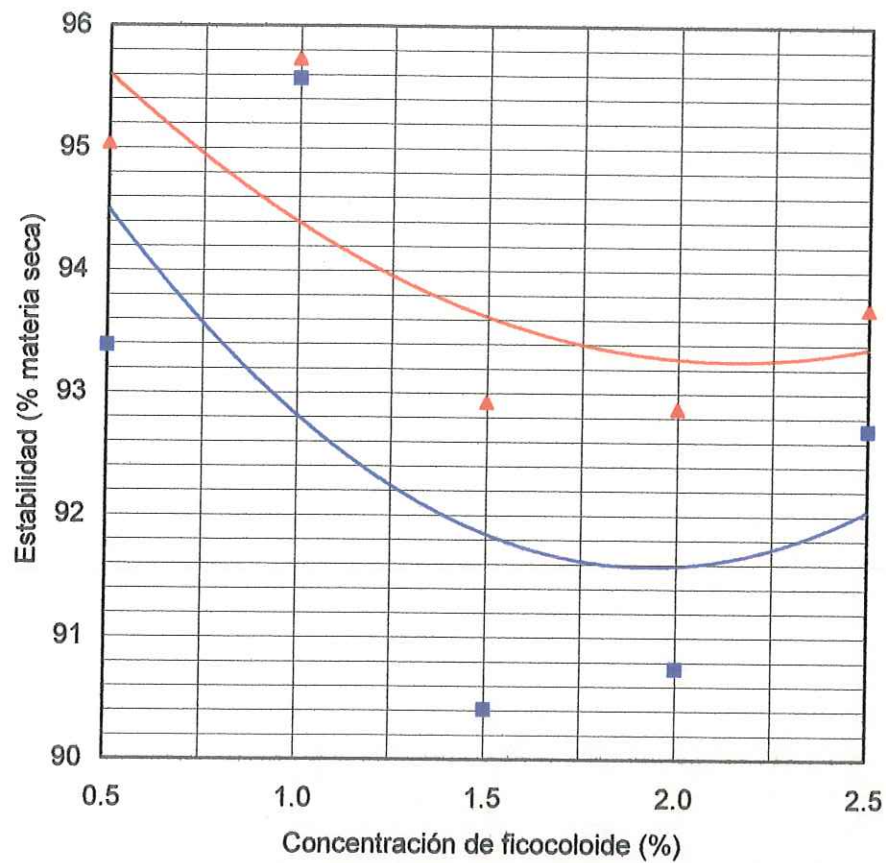


Figura 2. Distribución de valores esperados (regresión) y observados de estabilidad en dietas con harina de pescado, con relación a la concentración de ficocoloide.

- Carragenano (observado)
- ▲ Alginato (observado)

5.2. Dureza (penetración).

Los valores de penetración en los alimentos experimentales (Anexo: Tabla I y II) se analizaron mediante regresiones lineales, con el objetivo de predecir tendencias de la variable dependiente (penetración), a partir de la independiente (ficocoloide) por ajuste a una recta.

Los alimentos con ensilado de vísceras de abulón, las dietas EVAG y EVCA presentaron regresiones lineales significativas ($P < 0.05$); en tanto que en las EVAL, la variación del alginato no mostró influencia lineal significativa en los valores de dureza (Tabla 4). De acuerdo con la pendiente de la ecuación lineal, la dieta EVAG mostró un aumento en los valores de penetración o disminución de dureza con el incremento del agar, en contraste la dieta EVCA disminuyó sus valores de penetración o aumentó su dureza con el incremento en el contenido de carragenano.

En los alimentos con harina de pescado se encontró que las dietas con HPCA y HPAL presentaron regresiones lineales significativas ($P < 0.05$), en tanto que la regresión para las dietas HPAG no se mostró significativa (Tabla 4). Con relación a las pendientes encontradas, la dieta HPCA observó una disminución en penetración o aumento en dureza con el aumento del carragenano. El patrón obtenido en la dieta HPAL fue contrario, al incrementarse el contenido de alginato aumentó la penetración o disminuyó su dureza.

En las dietas testigos (ausencia de ficocoloides) y comerciales los valores promedio de penetración fueron 11.71 mm en EV testigo, 2.27 mm en HP testigo, 1.19 mm en alimento comercial 1 y 0.16 mm en dieta comercial 2 (Anexo, Tabla III). En estos datos no fue factible aplicar el análisis de regresión ya que solo se contaba con un solo valor por dieta .

Tabla 4. Regresiones lineales de valores de penetración, con relación a la concentración de ficocoloide, en dietas con ensilado de vísceras de abulón y harina de pescado, adicionadas con agar, carragenano y alginato.

Dietas	Ecuación de la regresión	R²*	P*
EVAG	$y = 10.952 + 0.398 x$	0.401	< 0.001
EVCA	$y = 12.373 - 0.620 x$	0.506	< 0.001
EVAL	$y = 11.478 + 0.016 x$	0.0004	0.904
HPAG	$y = 1.450 - 0.054 x$	0.011	0.540
HPCA	$y = 11.257 - 1.074 x$	0.320	< 0.001
HPAL	$y = 5.298 + 1.428 x$	0.177	0.012

* $\alpha = 0.05$.

5.3. Proteína total.

Los valores de proteína total de las dietas experimentales con ficocoloides (Anexo, Tabla I y II), con el propósito de establecer si el contenido de proteína total podría ser predecida por una combinación lineal del tiempo y concentración de ficocoloide, se analizaron mediante regresiones lineales múltiples,.

En los alimentos con ensilado de vísceras de abulón se determinó que las regresiones para las dietas EVAG y EVAL fueron significativas ($P < 0.05$) con respecto al tiempo, pero no para las dietas EVCA (Tabla 5). Con relación a la concentración de ficocoloide, los alimentos EVAG y EVAL mostraron regresiones no significativas ($P > 0.05$). Solo en las dietas EVCA se determinó una regresión significativa, con un valor de P (0.049) muy cercano al crítico (Tabla 5).

En las dietas con harina de pescado se estableció que las regresiones fueron significativas para la variable tiempo ($P < 0.05$), pero no se presentaron significativas para la concentración de ficocoloide (Tabla 5).

Con base en las regresiones múltiples significativas se determinaron regresiones lineales para la variable independiente tiempo y se obtuvieron las ecuaciones respectivas (Tabla 6). A partir de regresiones significativas ($P < 0.05$) se calcularon los valores esperados de proteína total, y con base en las pendientes se determinaron las correspondientes tasas de pérdida de % proteína total/hora (Tabla 7). En alimentos con

ensilado de vísceras de abulón se encontró menor tasa de pérdida en las dietas EVAG (7.0×10^{-3}) con relación a las EVAL (1.45×10^{-2}). En las dietas con harina de pescado, el alimento con agar mostró la menor pérdida de proteína en función del tiempo (15×10^{-2}) con respecto a las dietas con carragenano (18×10^{-2}) y alginato (19.8×10^{-2}).

Los valores de contenido de proteína total en las dietas testigo y alimentos comerciales (Anexo: Tabla III) se analizaron mediante regresiones lineales, con el propósito de predecir tendencias de concentración de proteína total con relación al tiempo. A partir de las expresiones encontradas se determinó la tasa de pérdida de % proteína total/hora, y se encontró las tasas menores se presentaron en las dietas EV testigo (12.90×10^{-2}) y comercial 1 (15.2×10^{-2}) y las mayores en las dietas HP testigo (25.1×10^{-2}) y comercial 2 (45.1×10^{-2}) (Tabla 8).

Tabla 5. Regresiones lineales múltiples de valores de proteína total, con relación al tiempo (x_1) y concentración de ficolóide (x_2), en dietas con ensilado de vísceras de abulón, y harina de pescado adicionadas con agar, carragenano y alginato.

Dietas	Ecuación de la regresión	R^{2*}	P^*
EVAG	$y = 15.55 - 0.066 x_1 - 0.250 x_2$	0.772	0.002 (x_1) 0.328 (x_2)
EVCA	$y = 18.36 - 0.058 x_1 - 1.094 x_2$	0.593	0.070 (x_1) 0.049 (x_2)
EVAL	$y = 18.96 - 0.145 x_1 - 0.122 x_2$	0.874	< 0.001 (x_1) 0.793 (x_2)
HPAG	$y = 22.47 - 0.150 x_1 - 0.324 x_2$	0.605	0.014 (x_1) 0.692 (x_2)
HPCA	$y = 18.70 - 0.180 x_1 - 0.163 x_2$	0.886	< 0.001 (x_1) 0.705 (x_2)
HPAL	$y = 21.50 - 0.198 x_1 - 0.163 x_2$	0.829	< 0.001 (x_1) 0.265 (x_2)

* : $\alpha = 0.05$.

Tabla 6. Regresiones lineales de los valores de proteína total (g/100g) con relación al tiempo, en dietas con ensilado de vísceras de abulón y harina de pescado adicionadas con con agar, carragenano y alginato.

Dietas	Ecuación de la regresión	R ² *	P*
EVAG	y = 15.18 - 0.007 x	0.736	0.001
EVCA	y = 16.72 - 0.058 x	0.266	0.121
EVAL	y = 19.14 - 0.145 x	0.872	< 0.001
HPAG	y = 21.98 - 0.150 x	0.595	0.008
HPCA	y = 18.47 - 0.180 x	0.883	< 0.001
HPAL	y = 20.42 - 0.198 x	0.793	< 0.001

* : $\alpha = 0.05$.

Tabla 7. Valores esperados y observados, y tasas de pérdida de proteína total en dietas con ensilado de vísceras de abulón y harina de pescado, adicionadas con agar, carragenano y alginato.

Dietas	Valor de proteína total (g/100 g)				Tasa de pérdida g /100 g/ hr.
	0 horas		24 horas		
	Observado	Esperado	Observado	Esperado	
EVAG	15.176	15.178	13.580	13.581	7.0×10^{-3}
EVCA	16.720	n. s.	15.326	n.s.	5.8×10^{-2}
EVAL	19.042	19.143	15.662	15.660	14.5×10^{-2}
HPAG	21.980	21.980	18.370	18.372	15×10^{-2}
HPCA	18.456	18.456	14.140	14.139	18×10^{-2}
HPAL	20.422	20.423	15.660	15.660	19.8×10^{-2}

n. s. = no significativo ($P > 0.05$).

Tabla 8. Regresiones lineales de valores de proteína total con relación al tiempo y tasas de pérdida en dietas testigo y comerciales.

Dietas	Ecuación de la regresión	Tasa de pérdida g prot. tot./100 g /hr.
EV testigo	$y = 19.56 - 0.129 x$	12.9×10^{-2}
HP testigo	$y = 25.75 - 0.251 x$	25.1×10^{-2}
Comercial 1	$y = 36.69 - 0.152 x$	15.2×10^{-2}
Comercial 2	$y = 47.49 - 0.451 x$	45.1×10^{-2}

5.4. Proteína soluble.

Con el propósito de establecer si el contenido de proteína soluble podría ser estimado por una combinación lineal del tiempo y concentración de ficocoloide, los valores de lavado de proteína soluble en la dietas experimentales con ficocoloides (Anexo: Tabla IV y V) se analizaron mediante regresiones lineales múltiples,.

En todas las dietas con ensilado de vísceras de abulón las regresiones fueron significativas ($P < 0.05$) para las variables independientes, tiempo y concentración de ficocoloide (Tabla 9). En las dietas con ensilado se encontró que las dietas EVCA presentaron la mayor pendiente con respecto al tiempo (7.626), y la menor con relación al contenido de ficocoloide (0.645).

En los alimentos con harina de pescado, solo las dietas HPCA presentaron regresión significativa ($P < 0.05$) para ambas variables independientes, con una mayor pendiente para la variable tiempo con respecto a la variable concentración de ficocoloide. En las dietas HPAG la pérdida de proteína soluble no dependió del tiempo o concentración de ficocoloide, mientras que en las dietas HPAL la regresión solo fue significativa para la variable concentración de alginato (Tabla 9).

Los valores de lavado de proteína soluble en las dietas testigo y comerciales (Anexo: Tabla VI) se analizaron mediante regresiones lineales, con el objetivo de predecir tendencias de concentración de proteína soluble con relación al tiempo. Se

encontró que las regresiones tanto de las dietas testigos como comerciales fueron significativas ($P < 0.05$), donde la dieta EV testigo presentó la menor tendencia a la pérdida de proteína soluble y el alimento comercial 2 la mayor (Tabla 10).

Tabla 9. Regresiones lineales múltiples de los valores de proteína soluble, con relación al tiempo (x_1) y concentración de ficocoloide (x_2), en dietas con ensilado de vísceras de abulón y harina de pescado adicionadas con agar, carragenano y alginato.

Dietas	Ecuación de la regresión	R^{2*}	P^*
EVAG	$y = 7.893 + 3.767 x_1 + 1.453 x_2$	0.582	0.005 (x_1) < 0.001 (x_2)
EVCA	$y = 24.470 + 7.626 x_1 + 0.645 x_2$	0.241	< 0.001 (x_1) < 0.001 (x_2)
EVAL	$y = -0.413 + 6.478 x_1 + 1.184 x_2$	0.430	< 0.001 (x_1) < 0.001 (x_2)
HPAG	$y = 16.840 - 2.504 x_1 + 0.204 x_2$	0.031	0.157 (x_1) 0.192 (x_2)
HPCA	$y = -0.119 + 2.843 x_1 + 0.410 x_2$	0.555	< 0.001 (x_1) < 0.001 (x_2)
HPAL	$y = 7.031 + 0.544 x_1 + 0.342 x_2$	0.369	0.239 (x_1) < 0.001 (x_2)

* : $\alpha = 0.05$.

Tabla 10. Regresiones lineales de los valores de proteína soluble con relación al tiempo, en dietas testigo y comerciales

Dietas	Ecuación de la regresión	R^{2*}	P^*
EV testigo	$y = 8.759 + 0.129 x$	0.736	0.009
HP testigo	$y = 4.645 + 0.312 x$	0.266	0.025
Comercial 1	$y = 6.387 + 0.307 x$	0.872	0.008
Comercial 2	$y = 2.569 + 0.444 x$	0.595	< 0.001

* : $\alpha = 0.05$.

6. DISCUSION.

En el presente trabajo se evaluó el efecto de los ficocoloides sobre dos diferentes ingredientes proteicos, ensilado de vísceras de abulón y harina de pescado. La formulación empleada en el presente trabajo contenía una alta proporción de almidón, el cual presenta propiedades gelificantes (De Silva y Anderson, 1995). Como se mencionó en los antecedentes, para que una dieta sea cohesiva debe tener un alto contenido de almidón, ya que en baja proporción, no se favorece la formación de las mismas, perdiendo integridad en pocos minutos de residencia en el agua. El porcentaje aquí considerado (23 % en promedio) debería de dar por resultado una capacidad de aglutinación adecuada, sin embargo, esta misma formulación que ya había sido probada no generó un alimento con buena estabilidad (> 90% de materia seca). Por esta razón fue la que se consideró el uso de los ficocoloides y así poder determinar un posible sinergismo.

En general puede decirse que ninguno de los ficocoloides presentó dicho efecto sinérgico con el almidón. Esto, al observar que ambas dietas testigos (EV testigo y HP testigo) mostraron valores mejores o similares a las dietas con presencia de los ficocoloides en cualquiera de las concentraciones utilizadas. Esto si bien cambia un poco la perspectiva esperada en este trabajo, es interesante el observar las tendencias y patrones de comportamiento de los ficocoloides con respecto a las diferentes concentraciones y los respectivos tipos de ingredientes, como posteriormente se discutirán.

Los ficocoloides utilizados en este estudio, se escogieron por ser de fácil disponibilidad en la región. Sin embargo, cabe mencionar que existen muchos otros coloides que podrían o son utilizados en la industria de alimentos. Dominy y Lim (1991) realizaron un estudio de estabilidad con 17 coloides disponibles comercialmente. Sus conclusiones fueron que varios cumplieron su objetivo y que su selección debería basarse en un criterio de costo. Con los resultados aquí obtenidos, podríamos decir que si seguimos ese mismo criterio, ninguno de los ficocoloides empleados cumplirían dicho objetivo. Ahora bien, es posible también evaluar cada una de las propiedades generadas (v. gr. dureza, lavado) y establecer un patrón de conveniencias para la obtención de un alimento dado. Es decir, al hablar de dureza, que sea conveniente para la aceptación de alimento por parte del abulón un cierto grado de dureza que solo sea obtenido al emplear un ficocoloide. Rivero y Viana (1996) y McShane *et al.* (1994) establecieron que la ingestión se encuentra relacionada con la dureza del alimento, y se intuye que el cambio de alimentación de los juveniles tempranos a juveniles se debe en la capacidad de poder ingerir alimentos de cierta dureza a consecuencia de la dureza de la rádula (Huges, 1996).

Otro aspecto interesante de este trabajo son los resultados obtenidos con las dos fuentes proteicas empleadas. Como se dijo en la introducción, el uso de ensilado ha probado dar buenos resultados, no solo por el efecto de atracción para el abulón (Viana *et al.*, 1994) sino por abaratar el costo de la proteína. Sin embargo, se sabe que cuando se utiliza el ensilaje como principal fuente de proteína, la eficiencia alimenticia disminuye retardando significativamente el crecimiento. Es por esto que se recomienda utilizar al menos en un 50% una fuente proteica no hidrolizada (Viana *et al.*, en preparación).

De esta manera es posible obtener un crecimiento similar al obtenido con alimentos conteniendo harina de pescado a un costo más bajo (Guzmán y Viana, en preparación). Ahora bien, ya que se cuenta con un alimento que presenta un óptimo crecimiento a un costo más bajo. Sin embargo, se tiene el problema en cuanto a la estabilidad que presenta, la cual es baja ($< 90\%$) con un consecuente porcentaje alto de lavado de nutrientes. Esto, como es obvio, presenta serios problemas para utilizar este alimento en la acuicultura. Primero, porque un alto porcentaje de alimento es perdido, lo cual ocasiona un costo considerable (proporcional al porcentaje de pérdida), y en segundo lugar, un problema de contaminación. Se sabe que hoy en día, la contaminación de agua residual de la acuicultura representa un serio problema (Raa, 1996), no solamente por el efecto medioambiental, sino también por disminuir la calidad del agua de cultivo lo que origina serios problemas en el desarrollo de los organismos, favoreciéndose el desarrollo de enfermedades (Goodard, 1996).

De esta manera, las dietas con ensilado de vísceras de abulón (EV) y harina de pescado (HP) mostraron diferencias apreciables en todas las variables evaluadas. Esto se atribuyó a las fuentes proteicas utilizadas, al presentar características disímiles, tanto físicas como químicas. El ensilado se caracteriza por contener una elevada proporción de productos de hidrólisis de proteínas (Wood *et al.*, 1985), en tanto que en la harina de pescado se evita que se presente dicha hidrólisis (Pigott y Tucker, 1990). Aparte del grado de hidrólisis proteica, otros factores que pudieron influir fueron el pH y contenido de sales, ya que en el caso del ensilado por efecto de su neutralización se genera una alta proporción de estas. Rivero y Viana (1996) demostraron que el pH del ensilado influye significativamente en la estabilidad y dureza de alimento para abulón.

6.1. Estabilidad.

De las propiedades que debe reunir una dieta artificial para ser considerada de buena calidad, son una estabilidad mayor al 90% a las 24 horas (Britz *et al.*, 1994), lo cual se observó en todas las dietas con harina de pescado, pero no así en las dietas que contenían ensilado de vísceras de abulón.

Los resultados de estabilidad se evaluaron a través de regresiones cuadráticas donde cada ficocoloide fue expresado independientemente con los diferentes niveles de concentración como puntos para la regresión. De esta manera fue posible evaluar el comportamiento de cada dieta y establecer el nivel óptimo donde la estabilidad se mantiene con una tendencia casi constante.

De ésta manera en las dietas EVAG la regresión cuadrática de los valores estimados mostró un valor máximo de estabilidad al 0.5% de agar. Esto puede deberse a que el agar presenta una mayor capacidad para disolverse a bajas concentraciones (Heyraud *et al.*, 1990), lo cual favoreció la aglutinación de los ingredientes de la dieta. Posterior al punto de inflexión, se observó una tendencia de incremento en la estabilidad, lo cual puede atribuirse al enlazado, ya que después del punto de inflexión al aumentar la concentración del agar se estima un aumento en la malla de enlazado (Armisen, 1991), dando por resultado una mayor estabilidad, siempre y cuando el agar este en capacidad de generar agregados.

En las dietas EVCA se presentó un patrón similar al anterior, donde el máximo de estabilidad se encontró a 0.5% de contenido de alginato. Aquí se asume que a esta concentración de ficocoloide ocurrió el mejor enlazado de ingredientes debido a las características de dispersión, solubilización y gelificación del carragenano (Rizzotti, 1993). En la curva de regresión se observó un descenso de los valores esperados en el porcentaje de materia seca hasta el mínimo en el punto de inflexión, con una tendencia posterior a incrementarse. Aquí, a diferencia del agar, las partículas del carragenano por su característica iónica tienden a presentar una fase de hidratación intermedia (“hinchado”) en contacto con agua (Rizzotti, 1993), la cual se podría reflejar en la estabilidad de una manera similar que con el agar.

En las dietas EVAL el valor máximo esperado de estabilidad se ubicó a una concentración de 1.65% de alginato. Concentración a la que se estima se presentó el mejor enlazado como producto de la homogeneización del ficocoloide con el ensilado. Se conoce que en un medio acuoso la solubilidad del alginato se ve limitada por la presencia de azúcares, almidón y/o proteínas al reducirse por competencia su tasa de hidratación (McHugh, 1987) además de los minerales. El patrón de disminución de la estabilidad en las otras concentraciones de alginato se podrían asociar en primer lugar, a que a bajas concentraciones del ficocoloide se presenta una reducida formación de enlaces, sin embargo, al aumentarla se disminuye su solubilidad (Heyraud *et al.*, 1990) y por tanto su capacidad de enlazado se reduce. Como se mencionó anteriormente, la solubilidad del alginato de sodio esta primeramente afectada por la presencia de compuestos con naturaleza iónica. La presente formulación cuenta con un hidrolizado proteico

con diversidad de iones, además de un alto contenido de sales generadas con la neutralización del ensilado más la presencia de un 4 % de mezcla de minerales. Esto trae por consecuencia que en este tipo de alimentos, el alginato de sodio no sea el coloide ideal.

En los alimentos con harina de pescado y agar los valores esperados de estabilidad no mostraron una tendencia lineal o cuadrática definida, a diferencia de lo que se encontró con las dietas EVAG. Aquí la variación en la concentración del agar no influyó en la estabilidad de las dietas HPAG. Este resultado contrasta con lo encontrado por Knauer *et al.* (1993) en dietas artificiales para abulón, donde concluyen que el aumento de agar favorece significativamente la estabilidad. Estos investigadores utilizaron caseína, harina de pescado y espirulina como fuentes protéicas, enlazadas con 9 y 13.5 % de agar, concentraciones mucho más altas de las estudiadas en este trabajo. Si en las concentraciones aquí utilizadas, hasta de un 2% no hubo un efecto, difícilmente, bajo las mismas condiciones aquí presentadas podría esperarse un efecto entre los niveles utilizados por Knauer y colaboradores. Por otro lado, Lobão *et al.* (1993) reportaron que en dietas para camarón, elaboradas con harina de pescado y harina de soya, el uso de agar al 2% como enlazante no evitó la desintegración completa de muestras en menos de 12 horas, bajo condiciones de agitación constante. Esto no se contrapone con lo expuesto aquí, donde aparte de no estar aplicando las propiedades de las harinas empleadas (maíz, soya), las propiedades del agar no fueron probablemente utilizadas de manera correcta. Por otro lado, en las dietas HPAG al contener proteína completa (a diferencia del hidrolizado del ensilado) dio lugar a un patrón de pérdida casi constante de

materia seca, independientemente de la concentración del agar. Esto podría también asociarse a las propiedades de solubilidad, enlazado y capacidad del agar para formar mallas (Armisen, 1991).

Las dietas HPCA presentaron una tendencia similar a la observada en las dietas EVCA, donde el máximo de estabilidad esperado fue a 0.5 % y el mínimo de estabilidad en el punto de inflexión de la curva de regresión. Por tanto se asume que los factores que determinaron el patrón en las dietas HPCA fueron similares a los referidos para las dietas EVCA.

Las dietas HPAL mostraron una distribución de valores esperados de estabilidad semejante a la encontrada en las dietas HPCA, con la máxima estabilidad en la concentración más baja de alginato (0.5%) y la mínima en el punto de inflexión de la regresión cuadrática. La capacidad del alginato como promotor de estabilidad fue más eficiente a bajas concentraciones, esto se relaciona con sus propiedades de solubilidad y facilidad para generar agregados entre sus cadenas en presencia de iones divalentes (Skjåk-Braek y Martisen, 1991), los cuales están presentes en los ingredientes de las dietas. De esta manera se podría inferir que la harina de pescado influyo de manera muy diferente a lo observado con el ensilado. El tipo de ingredientes y secuencia de elaboración del alimento (la cual permita un enlazado óptimo) son de gran importancia en la estabilidad del mismo. En dietas de camarón peletizadas y adicionadas con alginato al 2% se reporta una desintegración completa de muestras antes de 24 horas (Lobão *et al.*, 1993).

6.2. Dureza.

Los valores obtenidos para los dos tipos de ingredientes dieron por resultado tendencias muy diferentes. En el caso de las dietas con ensilado en presencia de agar y alginato de sodio se registró que al aumento de la concentración de éstos, hubo una disminución en dureza, mientras que al aumentar el carragenano la dureza aumentó. Con harina de pescado, todas las dietas mostraron una tendencia similar, donde con el aumento de concentración de ficocoloide aumentó la dureza.

Puede decirse que las características intrínsecas del ensilado hayan entonces influido de manera selectiva sobre la acción de los ficocoloides, donde únicamente el carragenano se comportó como se esperaba.

En las dietas EVAG el comportamiento encontrado en la dureza mostró un decremento con el aumento en el contenido de agar. Una posible explicación se podría relacionar con la disminución de la solubilidad del agar al aumentar su concentración, lo que se refleja en la posterior acción enlazante con el ensilado e ingredientes. Un punto crucial en la producción de alimentos para acuicultura es la adecuada adición de los enlazantes a la mezcla de ingredientes, de tal forma que sean efectivos con base en su concentración y propiedades físicas y químicas (Behnke *et al.* 1991). Esto aunado a las características de la máquina moldeadora aquí utilizada, la cual no presentaba control de temperatura, formando los alimentos solo por aplicación de presión mecánica a través de una sección longitudinal y una boquilla de salida. Por estas limitaciones técnicas no

fue posible incrementar el contenido acuoso de la mezcla agar:ensilado, para favorecer la solubilidad del ficocoloide. De esta manera, el aumento en la concentración del agar y la composición del ensilado no favorecieron la conformación de matrices homogéneas de enlazado y por tanto esto se reflejó en las dureza de las dietas.

El comportamiento de las dietas EVCA (aumento de dureza al aumento del ficocoloide) fue como se esperaba. La dureza está asociada al aumento de agregados, los cuales están conformados en presencia de sales de potasio. Gelificación que puede ser inducida por cationes monovalentes no específicos (v. gr. Li^+ , Na^+) y por monovalentes específicos (v. gr. K^+ , Cs^+), donde los cationes específicos generan geles más fuertes (Heyraud *et al.*, 1990). Se sabe que una concentración de 0.05M de KCl es suficiente para promover la gelificación del kappa carragenano, pero se ha determinado que el módulo de elasticidad del gel es fuertemente dependiente de la concentración salina (Rochas *et al.*, 1990). Por lo anterior se estima que las características de composición del ensilado e ingredientes (v. gr. harina de *M. pyrifera*), como una alta concentración de sales, presentaron influencia positiva en las propiedades de gelificación del carragenano y dureza en las dietas EVCA.

En las dietas EVAL al igual que con las dietas EVAG, la variación en el contenido de alginato no se reflejó en forma positiva en los valores de penetración encontrados. Como ya se mencionó anteriormente en el apartado para estabilidad, la solubilidad del alginato esta relacionada por la concentraciones de iones y su gelificación por la presencia de Ca. Se sabe que la formación de geles se da en presencia de

concentraciones de calcio arriba de 3 mM, y que una concentración salina de menos de 0.1M es suficiente para disminuir el proceso de disolución y por tanto limitar su solubilidad (Draget *et al.*, 1993). Con base en lo anterior, se puede plantear que la proporción de sales presentes en el ensilado e ingredientes de las dietas EVAL ejercieron influencia en la gelificación del alginato y por tanto en su capacidad promotora de dureza. Si se considera el valor de penetración encontrado en la dieta EV testigo (sin ficocoloide) se podría suponer que el alginato no influyó en la dureza de las dietas EVAL y por tanto fue el almidón el que determinó la dureza.

En los alimentos HPAG, la capacidad del agar para modificar la dureza con la variación de concentración no se apegó a una tendencia lineal significativa. Donde los valores de penetración no se vieron afectados en el intervalo de 0.5 a 2.5 % de agar. Lo anterior contrasta con lo encontrado por McShane *et al.* (1994), los cuales reportan que la dureza de dietas para *H. rubra* a base de agar se incrementó proporcionalmente con el aumento del 2 al 8 % en la concentración del ficocoloide. Estos investigadores no utilizaron otros ingredientes complementarios al agar para gelificar, donde no hay ningún efecto sinérgico con otros ingredientes con propiedades cohesivas (*v.gr.* almidón). Una característica del agar es que no muestra reactividad con cationes, por lo tanto la capacidad para formar mallas de gelificación se asocia con su solubilidad e histéresis de gelificación, donde los cambios en la concentración del gel producen variaciones en el tamaño de la malla (McHugh, 1987; Armisen, 1991). Ya que el valor absoluto de dureza sin ficocoloide (HP testigo) fue menor al encontrado con cualquiera de las concentraciones de agar, implica que el ficocoloide influyó positivamente en la dureza.

Sin embargo, al no existir variación entre 0.5 a 2.5%, da lugar a que el efecto del agar se encuentre en el intervalo de $> 0 \leq 0.5 \%$.

En la dieta HPCA si hubo una tendencia positiva, similar a la apreciada en las dietas EVCA. Aquí cabría considerar que el incremento en la concentración de carragenano favoreció la dureza de las dietas, con base también en los argumentos expuestos para las dietas EVCA. Sin embargo, cabe mencionar que la dieta testigo sin ficocoloide presentó un mayor grado de dureza que en presencia de carragenano. Con esto se puede señalar que en general el carragenano no favoreció la dureza de las dietas aún cuando el incremento de éste siguió un patrón esperado, donde a mayor concentración se obtuvo una mayor dureza. Se conoce el sinergismo entre coloides para mejorar sus propiedades de gelificación, como es el caso del κ -carragenano con almidón, sin embargo pudiera ser que la diferencia en concentración de ambos coloides sea un factor que limite dicho sinergismo. En este caso, no puede haber otra explicación más que el almidón se haya encontrado en concentración tan alta que no solamente haya enmascarado un posible efecto sinérgico, sino que hasta haya influido en las propiedades del carragenano, resultando en un efecto contrario. Por ejemplo, en productos lácteos se reporta que a concentraciones de almidón del 1-3.5% y valores de κ -carragenano de 0.2% se obtienen productos con una textura firme, donde un incremento en la concentración del almidón afecta la textura y la torna viscosa. Esto se debe a que las propiedades del almidón para impartir textura están dadas por el hinchado de partículas obtenidas durante la gelatinización, misma que puede ser retardada por la presencia de enlaces cruzados entre macromoléculas (Rizzotti *et al.*,1993).

Al igual que el anterior, las dietas HPAL mostraron la misma tendencia, donde el testigo fue mas duro que los experimentales mientras que las diferentes concentraciones resultaron en una progresiva mayor dureza de las dietas.

6.3. Proteína total.

Este análisis nos dio por resultado la relación de salida de los nutrientes después de haber sido sumergidos en agua de mar durante 24 h. De esta manera es posible relacionar si la pérdida de materia seca, o la estabilidad es proporcional al contenido de los ingredientes o no. Con esto se quiere decir que si hay una pérdida de un 5 %, se esperaría que este porcentaje perdido representara una parte proporcional de todos los ingredientes suministrados. Sin embargo, en las dietas testigos como en las experimentales, se observó que el contenido de proteína total en el alimento remanente a las 24 horas, fue menor que en el tiempo cero. Esto implica que la mayor proporción de la materia seca perdida correspondió a proteína.

Con esto, se puede afirmar que en general los ficocoloides no fueron capaces de retener en forma eficiente la salida de proteína total. En el caso del ensilado era de alguna manera de esperarse, ya que la proteína, al encontrarse hidrolizada debe ser más difícil de retener. Sin embargo, sorpresivamente las dietas con harina de pescado mostraron tasas de pérdida altas, aunque la cantidad total en términos absolutos fue menor, al presentar una menor pérdida de materia seca. El hecho de que los ficocoloides no hayan influido

en la retención de proteína indica que la salida es independiente del contenido de ficocoloide. Por sus características químicas, el agar no muestra propiedades de interacción directa con proteínas, en tanto que el alginato solo en un medio ácido ($\text{pH} \leq 5$) es factible que forme complejos (McHugh, 1987). Esto pudo influir en el patrón encontrado en estos ficocoloides. El carragenano si presenta interacciones iónicas con proteínas en solución (Hegenbart, 1994), sin embargo éstas no se apreciaron en las dietas HPCA quizás probablemente a que la cantidad de agua presente no haya sido la suficiente para promover las interacciones carragenano:proteína. En cambio en las dietas EVCA el contenido de carragenano si presentó significancia en el contenido de proteína total, esto se asociaría a que las características del ensilado pudieron favorecer las interacciones referidas.

Por otro lado, las tasas de pérdida de porcentaje de proteína total/hora de las dietas, corresponden a la estimación del patrón de pérdida que realmente ocurre en las dietas. Este tipo de cálculo se emplea con frecuencia para estimar la tasa de pérdida o desaparición de un ingrediente o compuesto durante ensayos de nutrición (Hardy, 1989). En el presente trabajo, las dietas con harina de pescado presentaron mayores tasas de pérdida con respecto a las dietas con ensilado de vísceras de abulón. Esto fue contrario a la tendencia que se esperaba, ya que el ensilado se caracteriza por una mayor hidrólisis proteica. Las dietas con ensilado presentaron estabilidades de ~75 % de materia seca, por tanto se podría considerar que la mayor pérdida de materia seca se debió a una salida de compuestos no proteicos (v. gr. minerales, carbohidratos, derivados de la hidrólisis de proteínas), lo cual se reflejó en un aumento en la proporción de proteínas en

los sólidos remanentes. Esto no se presentó en las dietas con harina de pescado, las que con estabilidades altas (~95% de materia seca), perdieron más proteína total en forma proporcional que las dietas con ensilado. Esto contrasta con lo encontrado por Wood *et al.* (1985) en dietas para carpa, elaboradas con ensilado de pescado y con harina de pescado, donde se observó una tasa de pérdida de proteína cruda del doble en la dieta con ensilado con respecto a la de harina.

Como se mencionó con anterioridad, las proteínas son el nutrimento más caro en una dieta artificial, además de ser esenciales en el desarrollo del abulón. El mantener un nivel proteico adecuado se relaciona con los óptimos que se desean alcanzar de eficiencia de conversión de alimento y tasa de crecimiento (Uki y Watanabe, 1992; Fleming *et al.*, 1996). En acuicultura el uso de enlazantes, como los ficocoloides, tiene entre otros propósitos el incrementar la eficiencia alimenticia al reducir pérdidas así como evitar la contaminación en los sistemas de cultivo (Fagbenro y Jauncey, 1995).

Como se vio con anterioridad, la selección del tipo y concentración del enlazante así como la forma de uso, son factores de primordial importancia para optimizar el uso del alimento artificial.

En las dietas testigo se determinó una tasa de pérdida mayor en la dieta con harina con relación a la de ensilado, por lo que se estima que se presentó un patrón similar al planteado para las dietas con los ficocoloides,

6.4. Proteína soluble.

Al contrario de los datos de proteína total mencionados anteriormente, la proteína soluble nos indica la tasa de salida de la proteína de la dieta, registrada en el sobrenadante. Esta por su lado, es cuantificada como equivalente de proteína y no puede relacionarse directamente a la concentración absoluta de los valores de proteína.

Los datos se analizaron a través de regresiones lineales múltiples utilizando como factores el tiempo y la concentración. De esta manera, puede verse globalmente, que la mayoría fue significativa al tiempo, lo cual era de esperarse, a medida que pasa el tiempo, la cantidad de proteína fue incrementándose. Solo las dietas HPAG y HPAL no fueron significativa contra el tiempo. Esto en teoría significaría que no hay salida de proteína con relación al tiempo, sin embargo, por la R^2 calculada podría pensarse en ambos casos que la dispersión de los datos fue tal que la salida presentó una tendencia lineal no significativa.

Con respecto a la concentración se observa que excepto al agar, todos los tratamientos fueron significativos, donde a mayor concentración del ficocoloide la pérdida de la proteína fue mayor. Era de esperarse que las regresiones resultaran con pendientes negativas, donde el incremento de los ficocoloides dieran por resultado el decremento en la pérdida de la proteína. En este caso, a diferencia de lo observado para la proteína total, los ficocoloides no solo no influyeron positivamente, sino que influyeron negativamente, es decir, a mayor concentración del ficocoloide mayor fue la pérdida

de proteína soluble.

Esto podría asociarse a un efecto global del texturizado, que si el ficocoloide al no tener una influencia positiva sobre la dieta, se ejerza un efecto contrario, donde las mallas enlazantes, al estar más laxas o poco compactas, la salida de solubles sea directamente proporcional.

Entre las dietas testigos y comerciales se encontró a partir de las regresiones lineales, que la dieta con mayor tendencia al lavado de este grupo, fue el alimento comercial 2, el cual presenta caseína en su composición, la cual tiende a ser muy soluble (Charley, 1987). El resto de las dietas presentaron menores pendientes o tendencia a pérdida de proteína soluble. No obstante, esto se tiene que tomar con reserva, ya que sus coeficientes de determinación fueron bajos.

6.5. Corolario.

Con base en lo expuesto a lo largo de la discusión, se pueden establecer los siguientes criterios con respecto al papel de los ficocoloides en las dietas artificiales:

- a) La influencia del contenido de agar en las dietas estuvo determinada por la naturaleza de la fuente proteica principal. En las dietas con ensilado de vísceras de abulón el incremento en la concentración del ficocoloide presentó influencia significativa en 3 de las variables evaluadas. En contraste, en las dietas con harina de pescado no

mostró significancia en ninguna de las características estimadas .

- b) El carragenano mostró un patrón similar de influencia en las variables de las dietas con ensilado y harina de pescado, aunque en el caso de dureza fue negativo . En el contenido de proteína total en las dietas HPCA el coloide no presentó influencia. Esto sería atribuible a las propiedades de la harina y el ficocoloide, las cuales no favorecieron la interacción proteína:carragenano. En general se puede plantear que el tipo de fuente proteica no mostró efecto apreciable en las características enlazantes del carragenano.
- c) La tendencia encontrada para el alginato fue muy heterogéneo con respecto a la fuente proteica y variables evaluadas. El ficocoloide mostró significancia en la estabilidad de las dietas con ensilado y con harina de pescado, sin embargo la influencia en la tendencia de la variable en las dietas fue contraria. En dureza se observaron diferencias significativas del alginato en las dietas con harina, pero no para las de ensilado. En contraste se encontraron diferencias significativas en la concentración de la proteína soluble de las dietas con ensilado, pero no para las de harina.

Como se señaló al inicio de este capítulo, los resultados obtenidos mostraron que los ficocoloides no mejoraron esencialmente las propiedades de las dietas que contenían solamente almidón como agente enlazante. Sin embargo el efecto que presentaron en algunas variables (*v. gr.* dureza) deberá de evaluarse en forma práctica a través de pruebas de alimentación, para determinar su impacto en la aceptación e ingestión por parte del abulón.

7. CONCLUSIONES.

Las dietas testigos (con solo almidón como agente enlazante) mostraron propiedades mejores o similares a las encontradas en dietas con ficocoloides.

La fuente proteica influyó en la estabilidad obtenida en las dietas experimentales, donde los alimentos con harina de pescado presentaron mayor estabilidad con relación a las de ensilado de vísceras de abulón.

No se observó un efecto positivo de ninguno de los ficocoloides con respecto a la pérdida de proteína total de las dietas experimentales.

El agar no mostró influencia positiva significativa en ninguna de las propiedades de las dietas con harina de pescado, al incrementarse la concentración del ficocoloide. En las dietas con ensilado de vísceras de abulón si presentó un efecto negativo en la estabilidad y lavado de proteína soluble.

El carragenano no favoreció la dureza de las dietas con ensilado de vísceras de abulón, y ejerció un efecto adverso en las dietas con harina de pescado.

El comportamiento disímil que presentó el alginato en la estabilidad y dureza de las dietas con ensilado de vísceras de abulón y con harina de pescado se asoció a las características de las fuentes proteicas.

8. BIBLIOGRAFÍA.

- A.O.A.C., 1995. Official Methods of Analysis of A.O.A.C. 16th.ed. Vol. I, Arlington, Virginia, p. 7.
- Armisen, R., 1991. Agar and agarose biotechnological applications. *Hydrobiologia* 221: 157-166.
- Arroyo, E., Flores-Aguilar, R. y Vázquez, E., 1996. Producción de diatomeas utilizadas como alimento de postlarvas de abulón rojo (*Haliotis rufescens*). Resúmenes Taller sobre Biología, Pesquería y Cultivo de Abulón en México, 21-24 octubre, Ensenada, B.C., p. 1.
- Bautista, M.N., Millamena, O.M. and Kanazawa, A., 1989. Use of kappa-carrageenan microbound diet (C-MBD) as feed for *Peneaus modon* larvae. *Marine Biology* 103: 169-173.
- Benke, K.C., Fahrenholtz, C. And Dominy, W.G., 1991. Mixing and mixers for the aquaculture industry. En: Proceedings of the acuaculture feed processing and nutrition workshop. American Soybean Association, Singapore, pp. 158-162.
- Botting, C.A., 1991. Extrusion technology in aquaculture feed processing. En: Proceedings of the acuaculture feed processing and nutrition workshop. American Soybean Association, Singapore, pp. 129-137.
- Britz, P.J., Hecht, T., Knauer, J. and Dixon, M.G., 1994. The development of an artificial feed for abalone farming. *South Afr. J. Sci.* 90: 7-8.
- Britz, P.J., 1996a. Effect of dietary protein level on growth performance of South African abalone *Haliotis midae*, fed fishmeal based semipurified diets. *Aquaculture* 140: 55-61.

- Britz, P.J., 1996b.** The suitability of selected protein sources for inclusion in formulated diets for the South African abalone, *Haliotis midae*. *Aquaculture* 140:63-73.
- Charley, H., 1987.** Tecnología de Alimentos. Ed. Limusa, S.A. de C.V., México, D.F. Capt. 8, pp. 163-188.
- deMan, J.M., Voisey, P.W., Casper, V.F. and Stanley, D.W., 1976.** Rheology and Texture in Food Quality. The AVI Publ. Co., Westport, Conn., pp. 469-471.
- De Silva, S.S. and Anderson, T.A., 1995.** Fish Nutrition in Aquaculture. Chapman & Hall Aquaculture Series 1. Chapman & Hall, London, 319 p.
- Draget, K.I., Simensen, M.K., Onsøyen, E. and Smidsrød, O., 1993.** Gel strength of Ca-limited alginate gels made *in situ*. *Hydrobiologia* 260/261: 563-565.
- Dominy, W.G. and Lim, C., 1991.** Performance of binders in pelleted shrimp diets. En: Proceedings of the aquaculture feed processing and nutrition workshop. American Soybean Association, Singapore, pp. 149-157.
- Fagbenro, O. and Jauncey, K., 1995.** Water stability, nutrient leaching and nutritional properties of moist fermented fish silage diets. *Aquacultural Eng.* 14: 143-153.
- Fleming, A.E. and Hone, P.E., 1996.** Abalone aquaculture. *Aquaculture* 140: 1-4.
- Fleming, A.E., Van Barneveld, R.J., Hone, W.O., 1996.** The development of artificial diets for abalone: A review and future directions. *Aquaculture* 140: 5-53.
- Gooddard, S., 1996.** Feed Management in Intensive Aquaculture. Chapman & Hall, New York, 194 pp.

Gorfine, H.K., 1991. An artificial diet for hatchery-reared abalone *Haliotis rubra*. Internal Report No. 190, Marine Science Laboratories, Queenscliff, Victoria, Australia, 34 pp.

Guzmán-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, UABC, Fac. de Cs. Marinas, Ensenada, B.C., 54 pp.

Guzmán-Calderón, J.M. and Viana, M.T., en preparación. The growth effect on the abalone *haliotis fulgens* by replacing the fish meal in the diet with abalone viscera silage and soybean meal, compared to a commercial diet.

Guzmán-del Proo, S.A., 1992. A review of the biology of abalone and its fishery in Mexico. En: Shepherd, S.A., Tegner, M.J. Guzmán-del Proo, S.A. (Eds.), Abalone of the World: Biology, Fisheries and Culture. Fishing News Books, Oxford, pp. 341-360.

Hahn, K. 1989. Nutrition and growth of abalone. En: K. Hahn (Ed.), Handbook of Culture of Abalone and other Marine Gastropods. CRC Press, Boca Raton, FL. pp. 41-51.

Hardy, R.W., 1989. Diet preparation. En: Halver, J.E. (Ed.), Fish Nutrition, 2d. Ed. Academic Press, Inc., San Diego, pp. 475-548.

Hegenbart, S., 1994. Understanding carrageenan. Food Product Design, June, pp. 109-120.

Heyraud, A., Rinaudo, M. and Rochas, C., 1990. Physical and chemical properties of phycocolloids. En: Akatsuka, I. (Ed.), Introduction to Applied Phycology. SPB Academic Publ., The Hague, The Netherlands, pp. 151-176.

Huges, R.N., 1986. A Functional Biology of Marine Gastropods. Crom Helm, London & Sydney, 245 pp.

Jandel, 1994. SigmaStat for Windows Version 1.0. Jandel Corporation.

Jensen, A., 1993. Present and future needs for algae and algal products. *Hydrobiologia* 260/261: 15-23.

Knauer, J., Britz, P.T. and Hecht, T. 1993. The effect of seven binding agents on 24 hour stability of an artificial weaning diets for the South African abalone, *Haliotis midae* (Haliotidae, Gastropoda). *Aquaculture*, 115: 327-334.

Kokini, J.L., 1992. Rheological properties of foods. En : Heldman, D.R. and Lund, D.B. (Eds.), *Handbook of Food Engineering*. Marcel Dekker, Inc., New York, pp. 1-38.

Lahaye, M. and Rochas, C., 1991. Chemical structure and physico-chemical properties of agar. *Hydrobiologia* 221: 137-148.

Lluch-Belda, D., Vega, A., Hernández, S., Muciño, M., León, G., Lluch, D.B. y Lluch, S.E. 1996. Variabilidad de largo plazo en la abundancia del abulón en la región centro-occidental de la península de Baja California: posibles efectos de factores climáticos. Resúmenes Taller sobre Biología, Pesquería y Cultivo de Abulón en México, 21-24 octubre, Ensenada, B.C., p. 7.

Lobão, V.L., Pazinato, A.C., Roverso, E.A., Marques, H.L.A. e Hortencio, E., 1993. Avaliação da eficácia de aglutinantes empregados em rações para camarões. *Boletim Inst. Pesca, São Paulo*, 20 (único):87-94.

López, L.M. y Viana, M.T., 1995. Determinación de la calidad del alimento elaborado con ensilados de pescado crudo y cocido para abulones juveniles de *Haliotis fulgens*. *Ciencias Marinas* 21(3): 331-342.

- López-Acuña, L.M. 1994.** Desarrollo de dietas artificiales para abulones juveniles de *Haliotis fulgens* (Phillips, 1845), utilizando diferentes fuentes de proteínas. Tesis de Maestría, U.A.B.C., Fac. de Ciencias Marinas, Ensenada, B.C., 15 pp.+ artículos.
- López-Alvarado, J., Langdon, C.J., Teshima, S. and Kanazawa, A. 1994.** Effects of coating and encapsulation of crystalline amino acids on leaching in larval feeds. *Aquaculture*, 122: 335-346.
- Mai, K., Mercer, J.P. and Donlon, J. 1994.** Comparative studies on the nutrition of two species of abalone, *Haliotis tuberculata* L. and *Haliotis discus hannai* Ino. II. Aminoacid composition of abalone and six species of macroalgae with an assessment of their nutritional value. *Aquaculture* 128: 115-130.
- Mai, K., Mercer, J.P. and Donlon, J. 1995a.** Comparative studies on the nutrition of two species of abalone, *Haliotis tuberculata* L. and *Haliotis discus hannai* Ino. III. Response of abalone to various levels of dietary lipid. *Aquaculture* 134: 65-80.
- Mai, K., Mercer, J.P. and Donlon, J. 1995b.** Comparative studies on the nutrition of two species of abalone, *Haliotis tuberculata* L. and *Haliotis discus hannai* Ino. IV. Optimum dietary protein level for growth. *Aquaculture* 136: 165-180.
- Mazón-Suástegui, J.M., Muciño-Díaz, M. y Bazúa-Sicre, L.A., 1996.** Cultivo de abulón *Haliotis* spp. En: Casas-Valdéz, M. y Ponce-Díaz, G. (Eds.), Estudio Potencial Pesquero y Acuicola de Baja California Sur, Volumen II. SEMARNAP, México, pp. 475-511.
- McHugh, D.J., 1987.** Production and Utilization of Products from Commercial Seaweeds. FAO Fish. Tech. Paper 288: 189 p.

- McShane, P.E., Gorfine, H.K. and Knuckey, I.A. 1994.** Factors influencing food selection in the abalone *Haliotis rubra* (Mollusca: Grastopoda). *J. Exp. Biol. Ecol.*, 176: 27-37.
- Monje-Ariza, H. 1994.** El alginato de sodio como nutriente o aglutinante en dietas para juveniles de abulón *Haliotis fulgens* (Phillips, 1845). Tesis de licenciatura, U.A.B.C., Fac. de Cs. Marinas, Ensenada, B.C., 47 pp.
- Morales-González, S. 1994.** Estabilidad de pelets con dos tipos de aglutinantes en dietas para abulones. Tesis de Licenciatura, U.A.B.C., Fac. Cs. Marinas, Ensenada, B.C., 35 pp.
- Nakada, H.I. and Sweeny, D.C., 1967.** Alginic acid degradation by eliminases from abalone hepatopancreas. *J. Biol. Chem.* 242: 845-851.
- Oakes, F.R. and Ponte, R.D., 1996.** The abalone market: opportunities for cultured abalone. *Aquaculture* 140: 187-195.
- Pigott, G.M. and Tucker, B.W., 1990.** *Seafood: Effects of Technology on Nutrition.* Marcel Dekker, Inc., New York, 362 pp.
- Raa, J., 1996.** Health, antibiotics and environment in aquaculture. What will be the future challenge. *Aqua Vision 2000*, Stavanger, 12-14 November, 12 pp.
- Rivero, L.E. and Viana, M.T., 1995.** Effect of pH, water stability and toughness of artificial diets on the palatability for juvenile abalone *Haliotis fulgens*. *Aquaculture* 144: 353-362.
- Rizzotti, R., 1993.** *Carrageenans in Food Products*, Sanofi Bio-Industries, Food Development Center, Texture Division, France, 92 pp.

Rochas, C., Rinaudo, M. and Landry, S., 1989. Relation between the molecular structure and mechanical properties of carrageenan gels. *Carbohydrate Polymers* 10: 115-127.

Rochas, C., Rinaudo, M. and Landry, S., 1990. Role of the molecular weight on the mechanical properties of kappa carrageenan gels. *Carbohydrate Polymers* 12: 255-266.

Ross, Y.H., 1992. Phase transitions and transformations in food systems. En : Heldman, D.R. and Lund, D.B. (Eds.), *Handbook of Food Engineering*. Marcel Dekker, Inc., New York, pp. 145-197.

Salas-Garza, A.E. and Searcy-Bernal, R., 1992. Desarrollo y estado actual del cultivo de abulón en México. En: Shepherd, S.A., Tegner, M.J. Guzmán-del Proo, S.A. (Eds.), *Abalone of the World: Biology, Fisheries and Culture*. Fishing News Books, Oxford, pp. 538-546.

SAS, Institute Inc., 1988. SAS/STAT User's Guide, Release 6.03 edition. Cary, N.C.

Simpson, B. J. A. 1994. An investigation of diet management strategies for the culture of the South African abalone *Haliotis midae*. Thesis of Master of Science, University of Cape Town, 80 pp.

Skjåk-Braek, g. and Martinsen, A., 1991. Applications of some algal polysaccharides in biotechnology. En: Guiry, M.D. and Bluden, G. (Eds.), *Seaweed Resources in Europe: Uses and Potential*. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, pp. 219-257.

Sokal, R.R. and Rohlf, F.J., 1981. *Biometry*. 2d. Edition. W.H. Freeman and Company, New York, 859 pp.

- Stevens, L. 1992.** Buffers and the determination of protein concentrations. En: Eisenthal, R. and Danson, M.J. (Eds.), *Enzyme Assays: a Practical Approach*, Oxford University Press, New York, pp. 330-332.
- Uki, N., Kemuyama, A. and Watanabe, T., 1985a.** Development of semipurified test diets for abalone. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 51: 1825-1833.
- Uki, N., Kemuyama, A. and Watanabe, T., 1985b.** Nutritional evaluation of several protein sources in diets for abalone *Haliotis discus hannai*. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 51: 1835-1839.
- Uki, N., Kemuyama, A. and Watanabe, T., 1986.** Optimum protein level in diets for abalone. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 52: 1005-1012.
- Uki, N. and Watanabe, T. 1992.** Review of the nutritional requirements of abalone (*Haliotis* spp.) and development of more efficient diets. En: Shepherd, S.A., Tegner, M.J. Guzmán-del Proo, S.A. (Eds.), *Abalone of the World: Biology, Fisheries and Culture*. Fishing News Books, Oxford, pp. 504-517.
- Viana, M.T., Cervantes-Trujano, M. and Solana-Sansores, R., 1994.** Attraction and palatability activities in juvenile abalone (*Haliotis fulgens*): nine ingredients used in artificial diets. *Aquaculture* 127: 19-28.
- Viana, M.T., Guzmán-Calderón, J.M. and Escobar, R., en preparación.** Effect of heated fish silage as a protein source in purified diets for abalone (*Haliotis fulgens*).
- Viana, M.T., López, L.M. and Salas, A. 1993a.** Diet development for juvenile abalone, *Abalone fulgens*, evaluation of two artificial diets and macroalgae. *Aquaculture*, 117: 149-156.

Viana, M.T., López, L.M., García-Esquivel, Z. Y Méndez, E., 1996. The use of silage made from fish and abalone viscera as an ingredient in abalone feed. *Aquaculture* 140: 87-98.

Viana, M.T. Nava, C. Y Solana-Sansores, R., 1993b. Ensilajes ácidos de pescado. Efectos del precalentamiento y adición de ácidos fosfórico y cítrico sobre la calidad bioquímica. *Ciencias Marinas* 19(4): 415-433

Villamar, D.F. and Langdon, C.J., 1993. Delivery of dietary components to larval shrimp (*Penaeus vannamei*) by means of complex microcapsules. *Marine Biology* 115: 635-642.

Windsor, M. y Barlow, S., 1984. Introducción a los Productos de Pesquería. Ed. Acribia, Zaragoza, España, 204 pp.

Wood, J.F. Capper, B.S. and Nicolaidis, L., 1985. Preparation and evaluation of diets containig fish silage, cooked fish preserved with formic acid and low-temperature-dried fish meal as protein resources for mirror carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture* 44: 27-40.

9. ANEXO.

Tabla I. Valores promedio de estabilidad, dureza y proteína total en dietas con ensilado de vísceras de abulón adicionadas con agar, carragenano y alginato.

Dietas EV	Coloide %	Estabilidad % materia seca	Dureza mm penetración	Proteína total g/100 g	
				0 hrs.	24 hrs.
Agar	0.5	78.44	11.42	15.25	14.36
	1.0	76.75	10.99	15.10	13.07
	1.5	74.47	11.51	15.91	13.23
	2.0	76.16	11.81	15.29	13.53
	2.5	75.73	12.01	14.33	13.71
Carragenano	0.5	76.77	12.11	17.94	14.51
	1.0	74.17	11.60	18.21	17.00
	1.5	70.04	11.55	16.94	15.97
	2.0	73.13	11.20	15.18	14.97
	2.5	73.14	10.76	15.33	14.18
Alginato	0.5	73.94	11.27	19.60	14.46
	1.0	74.56	11.73	18.79	15.61
	1.5	76.00	11.31	19.43	15.85
	2.0	74.23	12.04	19.37	16.44
	2.5	74.81	11.16	18.02	15.95

Tabla II. Valores promedio de estabilidad, dureza y proteína total en dietas con harina de pescado, adicionadas con agar, carragenano y alginato.

Dietas HP	Coloide %	Estabilidad % materia seca	Dureza mm penetración	Proteína total g/100 g	
				0 hrs.	24 hrs.
Agar	0.5	94.58	1.49	22.68	15.39
	1.0	94.58	1.22	22.37	20.72
	1.5	94.58	1.40	23.42	19.51
	2.0	95.03	1.55	20.81	18.52
	2.5	94.65	1.07	20.62	17.71
Carragenano	0.5	93.38	10.41	20.40	13.81
	1.0	95.57	10.69	17.92	13.51
	1.5	90.41	9.66	18.04	14.14
	2.0	90.74	8.79	17.95	14.14
	2.5	92.70	8.68	17.97	15.10
Alginato	0.5	95.04	3.47	22.98	14.46
	1.0	95.73	8.96	21.42	15.61
	1.5	92.92	9.01	19.81	15.85
	2.0	92.87	8.46	19.40	16.43
	2.5	93.69	7.29	18.50	15.95

Tabla III. Valores promedio de estabilidad, dureza y proteína total en dietas testigo de ensilado de vísceras de abulón y harina de pescado, y alimentos comerciales .

Dieta	Estabilidad % materia seca	Dureza mm penetración	Proteína total g/100 g	
			0 hrs.	24 hrs.
EV testigo	74.05	11.71	19.56	16.46
HP testigo	94.16	2.27	25.74	19.72
Comercial 1	95.12	1.19	36.69	33.05
Comercial 2	91.17	0.16	47.49	36.67

Tabla IV. Valores promedio de proteína soluble liberada por dietas con ensilado de vísceras de abulón, adicionadas con agar, alginato y carragenano, a las 2, 6, 12 y 24 horas.

Dietas EV	Coloide %	Proteína soluble mg SAB/g			
		2 hrs.	6 hrs.	12 hrs.	24 hrs.
Agar	0.5	5.16	11.15	27.55	53.67
	1.0	15.18	14.89	21.59	49.90
	1.5	27.42	26.71	28.93	45.79
	2.0	19.96	43.19	38.03	48.26
	2.5	13.12	21.55	30.94	46.50
Carragenano	0.5	7.21	9.02	23.19	25.74
	1.0	4.95	18.70	19.37	35.51
	1.5	5.91	15.30	19.62	46.63
	2.0	5.32	17.36	10.61	51.28
	2.5	44.32	16.68	33.17	34.87
Alginato	0.5	7.21	9.02	23.19	25.74
	1.0	4.95	18.70	19.37	35.51
	1.5	5.91	15.30	19.62	46.63
	2.0	5.33	17.36	10.61	51.28
	2.5	44.24	16.69	33.17	34.89

Tabla V. Valores promedio de proteína soluble liberada por dietas con harina de pescado, adicionadas con agar, carragenano y alginato, a las 2, 6, 12 y 24 horas.

Dietas HP	Coloide %	Proteína soluble mg SAB/g			
		2 hrs.	6 hrs.	12 hrs.	24 hrs.
Agar	0.5	16.35	13.79	23.13	26.62
	1.0	12.87	17.90	9.85	9.35
	1.5	8.93	35.01	12.03	18.20
	2.0	8.47	8.47	13.00	16.90
	2.5	10.40	12.24	15.60	17.99
Carragenano	0.5	1.43	4.74	7.92	13.21
	1.0	3.06	6.96	6.08	10.44
	1.5	5.41	6.16	4.78	14.04
	2.0	4.95	6.29	9.18	14.55
	2.5	7.50	11.87	16.52	17.15
Alginato	0.5	7.92	11.95	10.52	16.14
	1.0	9.05	10.06	9.18	15.09
	1.5	5.37	10.31	11.11	12.79
	2.0	7.21	16.90	14.38	18.62
	2.5	8.55	8.09	11.02	17.82

Tabla VI. Valores promedio de proteína soluble liberada por dietas testigos de ensilado de vísceras de abulón y harina de pescado a las 2,6, 12 y 24 horas.

Dietas	Proteína soluble mg SAB/g			
	2 hrs.	6 hrs.	12 hrs.	24 hrs.
EV testigo	9.02	11.87	20.17	22.77
HP testigo	1.55	12.91	5.62	12.24
Comercial 1	8.68	8.30	8.85	15.05
Comercial 2	2.73	7.00	6.58	13.50