

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**

**FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS**



**RESPUESTA DE CRECIMIENTO DE JUVENILES DE CORVINA  
BLANCA (*Atractoscion nobilis*) ALIMENTADOS CON DIETAS  
CON DIFERENTES NIVELES DE ALMIDÓN SUPLEMENTADAS  
CON BACTERIAS PROBIOTICAS.**

**T E S I S**

**Que para obtener el grado de**

**MAESTRO EN CIENCIAS EN  
OCEANOGRAFÍA COSTERA**

**Presenta**

**Idaly Trejo Escamilla**

**Ensenada, Baja California.**

**Febrero de 2009.**

**“RESPUESTA DE CRECIMIENTO DE JUVENILES DE CORVINA  
BLANCA (*Atractoscion nobilis*) ALIMENTADOS CON DIETAS  
CON DIFERENTES NIVELES DE ALMIDÓN SUPLEMENTADAS  
CON BACTERIAS PROBIOTICAS”**

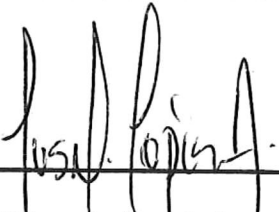
**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS  
EN OCEANOGRAFÍA COSTERA**

**PRESENTA:**

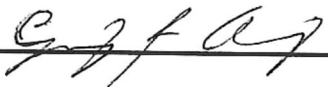
**TREJO ESCAMILLA IDALY**

**APROBADA POR:**

  
\_\_\_\_\_  
**Dra. Lus Mercedes López Acuña**  
\_\_\_\_\_

**SINODAL PROPIETARIO**

**Dr. Eduardo Durazo Beltrán**

  
\_\_\_\_\_

**SINODAL PROPIETARIO**

**Dr. Jorge Olmos Soto**

# **RESPUESTA DE CRECIMIENTO DE JUVENILES DE CORVINA BLANCA (*Atractoscion nobilis*) ALIMENTADOS CON DIETAS CON DIFERENTES NIVELES DE ALMIDÓN SUPLEMENTADAS CON BACTERIAS PROBIOTICAS.**

## **RESUMEN**

En la búsqueda de fuentes más económicas para reducir el costo de los insumos en los cultivos de peces carnívoros, se realizó un experimento de alimentación de ocho semanas de duración, donde se utilizó almidón como fuente alterna de energía y se observó el crecimiento en juveniles de corvina blanca, *Atractoscion nobilis*. Para ello, se utilizaron cinco dietas isoprotéicas e isocalóricas, variando el nivel de almidón en un 10%, 14%, 18% y 22%, donde el 50% de este ingrediente fue gelatinizado y el otro 50% crudo, a la mezcla de ingredientes de cada tratamiento (excepto a la dieta control) se le incorporó una misma concentración de cepa probióticas del género *Bacillus* spp. Se utilizó una dieta control con 10% de almidón a la cual no se le incorporaron las bacterias. Se analizó el crecimiento, eficiencia alimenticia y utilización de proteína en los juveniles alimentados con las diferentes experimentales. Los organismos alimentados con la dieta que contenía la mayor inclusión de almidón (22%) presentaron una sobrevivencia del 100% y alcanzaron las mayores tasas de crecimiento específico (TCE,  $2.1 \pm 0.06$  % día<sup>-1</sup>), índice hepato-somático (IHS,  $2.0 \pm 0.01$ ) y razón de eficiencia protéica (REP,  $2.10 \pm 0.12$ ). Los resultados obtenidos indican que juveniles ( $9.5 \pm 0.11$  g;  $9.0 \pm 0.10$  cm) de *A. nobilis* pueden llegar a utilizar fuentes económicas como los son los almidón hasta un nivel de 22% y tener un mejor crecimiento, si las dietas son suplementadas con bacterias del género *Bacillus* spp, y con ello en su momento poder reducir el uso del aceite de pescado, como fuente principal de energía en dietas comerciales de corvina blanca.

## *AGRADECIMIENTOS*

*A la Universidad Autónoma de Baja California, por haberme dado la oportunidad de crecer profesionalmente y brindarme las herramientas necesarias para mi formación.*

*A la Facultad de Ciencias Marinas por permitir el uso de sus instalaciones para el desarrollo de esta investigación.*

*Al CONACYT, por la beca otorgada durante mis estudios de Maestría, con número de registro 206339, y el proyecto 2003-206.*

*A la Dra. Lus M. López Acuña, por haberme aceptado en su equipo de trabajo, enseñarme los conocimientos necesarios, su paciencia y su apoyo para la realización de este trabajo. Por su amistad, su tiempo y consejos, se lo agradezco de corazón.*

*A mis sinodales, Dr. Eduardo Durazo Beltrán y Dr. Jorge Olmos, por su tiempo y sus importantes contribuciones para el desarrollo de este trabajo.*

*Al M.C. Conald David True por abrirme las puertas de su laboratorio, y siempre estuvo al pendiente de mi bioensayo.*

*Al Dr. Jorge Olmos quien proporciono la cepa bacteriana que se utilizó en el presente estudio, así como a su equipo de trabajo del Laboratorio de Microbiología Molecular y Biotecnología Marina del CICESE.*

*A la planta de maestros del posgrado de Oceanografía Costera, por impartirme sus conocimientos y herramientas para mi formación.*

*Al personal de la Unidad de Biotecnología en Piscicultura (Gerardo, Ivan, Miguel) por su apoyo y ayuda durante el desarrollo de mi experimento.*

*A Uddiel, por que has estado a mi lado en todo momento, apoyándome incondicionalmente, me ayudaste y aconsejaste cuando lo necesitaba, muchas gracias amor.*

*A mis compañeros de laboratorio Yesy, Mario, Karla, Isaura, Emmanuel y Lili, que me apoyaron de una u otra manera.*

*A mis compañeros de generación, por todos los momentos que compartimos juntos dentro y fuera del aula.*

*A todos aquellos que de alguna manera me apoyaron para poder concluir esta etapa de mi vida, y me alentaron a seguir adelante, sobre todo a mi familia.*



Consejo Nacional de  
Ciencia y Tecnología

Mil gracias





## *DEDICATORIA*

*A Dios*

*Por haberme regalado la vida y estar conmigo cada instante de ella.*

*A mis padres*

*Rosy y Adolfo que me dieron el regalo de la vida y me han brindado su apoyo y amor incondicional.*

*A mi esposo*

*Uddiel quien es la razón de mi vida y me ha dado todo su amor, comprensión y paciencia.*

*Te amo con toda mi alma.*

*Mis hermanos*

*Victor Adolfo y Citlaly, quienes me han alentado para salir adelante, los quiero mucho.*

## **Contenido**

|                                                                 |      |
|-----------------------------------------------------------------|------|
| RESUMEN.....                                                    | ii   |
| AGRADECIMIENTOS.....                                            | iii  |
| DEDICATORIA .....                                               | iv   |
| Contenido .....                                                 | v    |
| Lista de figuras.....                                           | vii  |
| Lista de tablas.....                                            | viii |
| 1.0 INTRODUCCIÓN .....                                          | 1    |
| 1.1 Descripción de la especie .....                             | 4    |
| 2.0 ANTECEDENTES .....                                          | 6    |
| 3.0 JUSTIFICACIÓN .....                                         | 9    |
| 4.0 OBJETIVOS.....                                              | 10   |
| 4.1 Objetivo general.....                                       | 10   |
| 4.1.1 Objetivos particulares.....                               | 10   |
| 5.0 METODOLOGÍA .....                                           | 11   |
| 5.1 Obtención de la bacteria (Probiótico).....                  | 11   |
| 5.2 Formulación y elaboración de las dietas experimentales..... | 11   |
| 5.3 Condición del cultivo .....                                 | 13   |
| 5.4 Muestreo y toma de datos .....                              | 13   |
| 5.5 Parámetros de crecimiento y eficiencia del alimento .....   | 14   |
| 5.5.1 Tasa de crecimiento específico (TCE) .....                | 14   |
| 5.5.2 Eficiencia de conversión alimenticia (ECA) .....          | 14   |
| 5.5.3 Razón de eficiencia protéica (REP).....                   | 14   |
| 5.5.4 Índice hepatosomático (IHS) .....                         | 15   |
| 5.6 Análisis químico proximal .....                             | 15   |
| 5.7 Digestibilidad aparente .....                               | 15   |
| 5.8 Análisis estadístico .....                                  | 16   |
| 6.0 RESULTADOS.....                                             | 17   |

|      |                                                           |    |
|------|-----------------------------------------------------------|----|
| 6.1  | Sobrevivencia .....                                       | 17 |
| 6.2  | Consumo de alimento .....                                 | 17 |
| 6.3  | Crecimiento en longitud .....                             | 17 |
| 6.4  | Crecimiento en peso .....                                 | 17 |
| 6.5  | Parámetros de crecimiento y eficiencia del alimento ..... | 20 |
| 6.6  | Índice hepatosomático (IHS).....                          | 21 |
| 6.7  | Composición corporal .....                                | 22 |
| 6.8  | Digestibilidad de las dietas .....                        | 23 |
| 7.0  | DISCUSIONES .....                                         | 27 |
| 7.1  | Crecimiento y supervivencia .....                         | 27 |
| 7.2  | Parámetros de crecimiento .....                           | 28 |
| 7.3  | Consumo .....                                             | 30 |
| 7.4  | Índice hepatosomático .....                               | 30 |
| 7.5  | Composición corporal .....                                | 31 |
| 7.6  | Coeficiente de digestibilidad aparente .....              | 34 |
| 8.0  | CONCLUSIONES .....                                        | 37 |
| 9.0  | RECOMENDACIONES .....                                     | 38 |
| 10.0 | BIBLIOGRAFÍA .....                                        | 39 |

## Lista de figuras

|                                                                                                                                                                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura I. Juveniles de corvina blanca.....                                                                                                                                                                                       | 5  |
| Figura II. Crecimiento en peso de juveniles de corvina blanca ( <i>A. nobilis</i> )<br>alimentados con dietas experimentales. ....                                                                                               | 18 |
| Figura III. Crecimiento diferencial de juveniles de corvina blanca ( <i>A. nobilis</i> )<br>alimentados con las dietas experimentales. ....                                                                                      | 18 |
| Figura IV. Peso ganado de juveniles de corvina blanca ( <i>A. nobilis</i> ) alimentados<br>con las dietas experimentales.....                                                                                                    | 19 |
| Figura V. Regresión lineal calculada para conocer la relación existente entre el<br>nivel de almidón de las dietas (%) y el peso final (g) de los juveniles de <i>A.</i><br><i>nobilis</i> cultivados durante ocho semanas ..... | 20 |
| Figura VI. Hígados de corvina blanca ( <i>A. nobilis</i> ), alimentadas con las diferentes<br>dietas experimentales después de ocho semanas. ....                                                                                | 22 |

## Lista de tablas

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla I. Formulación de las dietas experimentales ofrecidas a juveniles de corvina blanca ( <i>A. nobilis</i> ), variando el nivel de almidón y adicionadas con bacterias probióticas. ....                                                                                                                   | 12 |
| Tabla II. Análisis químico proximal de las dietas experimentales. ....                                                                                                                                                                                                                                        | 12 |
| Tabla III. Valores de digestibilidad y parámetros de crecimiento en juveniles de <i>A. nobilis</i> alimentados con dietas con diferentes niveles de almidones y suplementados con bacterias probióticas y una dieta control, durante ocho semanas. ....                                                       | 25 |
| Tabla IV. Composición corporal y contenido energético de la porción muscular, pez entero e hígado en base seca de juveniles de <i>A. nobilis</i> alimentados con dietas con diferentes niveles de almidones y suplementados con bacterias probióticas, así como una dieta control, durante ocho semanas. .... | 26 |



## 1.0 INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la población, ha hecho que el consumo mundial de pescado como alimento humano se triplique durante el mismo período (Brugère y Ridler, 2005), por lo que de acuerdo con la FAO (1996), aproximadamente el 70% de los recursos pesqueros mundiales se encuentran explotados, están sobre-explotados o han sido deprimidos por la pesca excesiva (Csirke, 1999). La captura de peces ha aumentado solo el 1.2% anual desde comienzos de los años setenta (Brugère y Ridler, 2005), por lo que probablemente está llegando a sus máximos permisibles, haciendo menos rentable esta actividad (Tacon *et al.*, 2005). Informes sobre la pesca de captura en 2001 procedentes de los principales países pesqueros indican que han disminuido notablemente las capturas mundiales, reduciéndose a unos 92 millones de toneladas (FAO, 2006).

No obstante la demanda creciente de pescado se ha abastecido en parte con la producción de la acuicultura y maricultura, por lo que este sector ha venido creciendo rápidamente (FAO, 2006), la acuicultura es uno de los principales consumidores de la harina y aceite de pescado producida por la pesca de captura (Csirke, 1999). Esta es una cuestión muy debatida, debido a la escasez de alimento para el cultivo de peces, la llamada "trampa de la harina de pescado" (Wijkström y New, 1989). El uso de esta ingrediente seguirá desempeñando una función determinante en la producción y el desarrollo de la acuicultura (FAO, 2006), ya que es la mayor fuente de proteína y energía en la industria alimenticia, por lo tanto, su demanda y precio ha ido incrementando con el crecimiento de esta actividad (Quinghui *et al.*, 2006; Ochoa-Solano, 2006; Ochoa-Solano y Olmos-Soto, 2006).

En particular el cultivo de peces carnívoros a lo largo de los 90's ha ido expandiendo y esto va en continuo aumento (FAO, 2003), por lo que el uso de la harina y el aceite de pescado ha ido incrementando, tal como la expansión



del cultivo de peces carnívoros (New y Wijkström, 2002), ya que en la formulación de alimentos para peces como *Dicentrarchus labrax*, *Salmon selar*, *Oncorhynchus mykiss* y *A. nobilis*, se necesitan altos niveles de proteína derivada de la harina de pescado (Wilson, 2002; Hardy, 2002; Agúndez-Amador, 2007 y Durazo *et al.*, 2009), por lo que este insumo es uno de los más caros para la producción de organismos y en particular en peces carnívoros.

Los organismos utilizados para la elaboración de harina y aceite de pescado son peces pelágicos menores como la sardina, arenque y anchoveta (Tacon, 1994), sin embargo, estas especies han experimentado cambios notables en su distribución y abundancia en los últimos 90 años, ya que en algunos lugares como en la costa occidental y Golfo de California, se denotan fluctuaciones en la disponibilidad de su biomasa relacionados a las condiciones oceanográficas y presión pesquera (García-Franco *et al.*, 2001). La anchoveta (*Engraulis ringens*) es una de las especies que puede llegar a constituir hasta una tercera parte de toda la materia prima para la elaboración de harinas de pescado de todo el mundo, no obstante su biomasa suele experimentar drásticas fluctuaciones de un año a otro afectado principalmente por el fenómeno del Niño (FAO, 2006).

Es por ello, se requiere buscar otras opciones para reducir los insumos referentes a la elaboración de dietas, por lo que es necesario proveerlos de nutrientes más económicos pero que sean aprovechados por los organismos (Arellano-Carbajal y Olmos-Soto, 2002; Ochoa-Solano y Olmos-Soto, 2006). Como una opción viable se encuentran los almidones que son la fuente de energía económica, sin embargo, estas fuentes son mejor utilizados en peces omnívoros y herbívoros, de agua tropical y agua dulce, que por peces carnívoros marinos y de agua fría (Wilson, 1994). La variabilidad en el aprovechamiento de los carbohidratos se debe a las diferencias anatómicas y funcionales del tracto digestivo y órganos asociados, puesto que las funciones



digestivas capaces de hidrolizar una gran variedad de carbohidratos contenidas en las dietas se han desarrollado en peces herbívoros y omnívoros, el caso contrario es con los peces carnívoros (Krogdahl *et al.*, 2005).

El almidón crudo es pobremente utilizado en peces carnívoros (Hemre *et al.*, 2000). Por otro lado, los almidones gelatinizados (Hemre *et al.*, 1996) y polisacáridos simples como la dextrina (Rust, 2002) al parecer son mejor digeridos por los peces, ya que varios estudios han encontrado una positiva correlación con el grado de gelatinización y el grado de digestibilidad de estos almidones (Rust, 2002).

En lo que respecta la elaboración de dietas para acuicultura es de gran importancia incluir los procesos de gelatinización y permitir así el uso eficiente de los almidones (Krogdahl *et al.*, 2005), ya que este proceso rompe los gránulos de almidón e incrementa el área superficial, permitiendo así que las enzimas actúen eficientemente (Bergot y Brèque, 1983; Stone, 2003).

De manera general, el uso de carbohidratos es recomendado en un 10% en las dietas elaboradas para peces carnívoros, mientras que en peces herbívoros se sugiere niveles de hasta 40% (Wilson, 1994, Peres y Oliva-Teles 2002, Enes *et al.*, 2008a, Enes *et al.*, 2008). Estudios realizados en *O. myskiss* muestran que son poco capaces de usar los almidones como fuente de energía, inclinándose por la harina y aceite de pescado preferentemente, de la misma manera, *Scaenops ocellatus*, siendo un pez carnívoro ha mostrado un efecto adverso al ingerir dietas enriquecidas con altos niveles de carbohidratos, utilizando como fuente de energía a los lípidos (Hardy, 2002; Gatlin, 2002). En un estudio preliminar realizado por Briggs-Fajardo (2006) alimentó a juveniles de *A. nobilis* con diferentes niveles de almidón en la dieta, y encontró que una inclusión arriba del 15% promovía un decremento en el desempeño de los peces.





Debido a las desventajas de usar almidones en peces omnívoros y/o carnívoros, es necesario pretratarlos y a su vez suplementar las dietas con bacterias probióticas (Arellano-Carbajal y Olmos-Soto, 2002), para lograr así una mejor utilización de los nutrientes. Según Kaushik y Mádale (1994) el aprovechamiento adecuado de la proteína puede ayudar a reducir la excreción de nitrógeno y mejorar la calidad del cultivo del pez, y a su vez poder reducir los costos en la producción de peces, caso particular de corvina blanca.

### 1.1 Descripción de la especie

*A. nobilis* (corvina blanca) es un pez marino (Figura 1) que habita en las costas del Pacífico desde Alaska hasta Baja California (Ruíz, 1985). Perteneció al orden Perciforme (peces en forma de perca). El suborden Percoidei y pertenece a la familia de los *Sciaenidos*.

La corvina blanca adulta llega a alcanzar una talla de 152 cm y peso máximo de 37.7 kg (Miller y Lea, 1972). Es un pez carnívoro, en su medio natural se alimenta principalmente de peces como sardinas y anchovetas, calamar y cangrejos pelágicos (Ruíz, 1985).

Esta especie es de importancia en la pesca deportiva en Baja California, México y California, E. U. A. Debido a su sobreexplotación en E.U.A. la población de esta especie se ha visto afectada, por lo que desde 1931 se establecieron normas, para la captura de corvina blanca en California, E. U. A. (Vojkovich y Reed, 1993). En 1996 se capturaron 46 toneladas y para el año 2002 aumentó a 194 toneladas (FAO, 2002). En México no existen registros donde indiquen sobreexplotación de corvina blanca, así en el 2003 solo se capturaron 7,553 kg en total en todo el territorio nacional (AEP, 2003). Desde 1983 el Instituto Hubbs-Sea World Research en San Diego, California,



## 2.0 ANTECEDENTES

El uso de almidón en peces carnívoros se ha venido estudiando en diversas especies carnívoras, dentro de los cuales se encuentra el trabajo de Peres y Oliva-Teles (2002) quienes evaluaron el efecto de la inclusión de almidones crudos y gelatinizados en juveniles de *Dicentrarchus labrax*, por lo que formularon tres dietas isoprotéicas (48%) e isolipídicas (12%); 1) almidón crudo, 25%; 2) almidón crudo y cocido, 12.5% y 12.5% respectivamente; 3) 25% almidón gelatinizado, y una dieta control a la cual no se incluyó almidones. Observaron una mejor razón de eficiencia protéica y un coeficiente de digestibilidad aparente con el tercer tratamiento con el mayor grado de gelatinización.

Enes *et al.* (2006) evaluaron el efecto de almidón crudo y pre-tratado en el crecimiento y metabolismo de *Dicentrarchus labrax* con cinco dietas isonitrogenadas (48% proteína) e isolipídicas (14%) con 1) 10% de almidón común; 2) 10% de almidón pre-tratado; 3) 20% de almidón crudo; 4) 20% de almidón pre-tratado; 5) una dieta control y una dieta sin inclusión de almidón y con 69% de proteína. Obteniendo el mejor crecimiento y eficiencia alimenticia en los peces alimentados con la dieta con mayor incorporación de proteína, respecto a los peces alimentados con diferentes niveles de almidón.

Enes *et al.* (2008) observaron el efecto de almidones pre-tratados y crudos, en el crecimiento, eficiencia alimenticia y digestibilidad aparente, de *D. labrax* con cinco dietas isoprotéicas (47% proteína) e isolipídicas (15%) con 1) 10% de almidón común; 2) 10% de almidón pre-tratado; 3) 20% de almidón crudo; 4) 20% de almidón pre-tratado; 5) una dieta sin almidón (control) y una dieta con alto contenido de proteína (70%) y 15% de lípidos. En este estudio se obtuvo que la reducción de proteína y aumento de almidones en las dietas no afectó significativamente el crecimiento de los peces. Así mismo, no se



observó diferencias entre la dieta control con respecto a las dietas ricas en almidones.

El uso de bacterias probióticas en la nutrición en humanos y animales terrestres ha sido bien documentado (Fuller, 1992; Rinkinen *et al.*, 2003; Ochoa-Solano y Olmos-Soto, 2006), por lo que beneficios en el uso de estas bacterias probióticas se han demostrado en humanos, pollos y puercos (Irianto y Austin, 2002). En los últimos años estos microorganismos se han venido empleando con éxito en los cultivos de moluscos, crustáceos y peces en lo que respecta al combate de enfermedades, actividad enzimática, supervivencia y crecimiento (Gómez-Gil *et al.*, 2000; Irianto y Austin, 2000; Verschuere *et al.*, 2000; Kesarcodi-Watson *et al.*, 2008).

En la exploración de un mejor cultivo de organismos acuáticos, se ha visto que las bacterias probióticas ayudan a contrarrestar efectos como el estrés y reducen la mortalidad (Taoka, 2006). En la búsqueda de una alternativa en prevención de enfermedades en algunas especies acuáticas de importancia se han empleado probióticos, en diferentes etapas de desarrollo obteniendo resultados favorables en el desafío de bacterias patógenas (Gatesoupe, 1999; Verschuere *et al.*, 2000; Balcázar *et al.*, 2006).

En este sentido hace falta llevar a cabo investigaciones donde se analice el efecto de las bacterias benéficas en la eficiencia alimenticia y/o aprovechamiento de nutrientes específicos como la proteína y lípidos, así como también en el aprovechamiento de almidones y evaluar el efecto en crecimiento de los organismos (Arellano-Carbajal y Olmos-Soto, 2002).

De los escasos trabajos que han visto los beneficios de usar bacterias probióticas en el aprovechamiento del almidón y proteína se encuentran el de Lara-Flores *et al.* (2003) quienes evaluaron el efecto de bacterias probióticas como inhibidoras de estrés y promotores de crecimiento en alevines de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*). Probaron cinco dietas, las cuales contenían



dos niveles de proteína y almidones (40%, 27% y 34%, 44%, respectivamente); a) dos de las cuales fueron suplementada con 0.1% de una mezcla de *Streptococcus faecium* y *Lactobacillus acidophilus*; b) dos suplementada al 0.1% de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*); c) una dieta control sin suplementos. Los mejores valores de factor de conversión alimenticia fueron observados con las dietas suplementadas con probióticos. Así mismo, la razón de eficiencia protéica fue más alta en peces alimentados con 27% de proteína y suplementados con probióticos.

Bairagi *et al.* (2004) utilizaron dos cepas bacterianas derivadas del intestino de peces, *Bacillus subtilis* y *Bacillus circulans*, las cuales fueron incorporadas a dietas de *Labeo rohita*, con el fin de observar el aprovechamiento de harina de *Leucaena leucocephala* como fuente de proteína. Encontraron que los organismos alimentados con las bacterias benéficas tuvieron un mejor crecimiento, respecto a la dieta control.



### 3.0 JUSTIFICACIÓN

Debido a que en el cultivo de peces marinos, el mayor insumo de esta actividad es el uso de la harina y aceite de pescado como fuente principal de proteína y energía, por lo que el aumento de precio afecta la producción de organismos que requieren de estos ingredientes. Es por esto la necesidad de buscar nuevas alternativas que puedan disminuir el uso de harina y/o aceite de pescado. Por lo que una opción viable es el uso de almidón en dietas suplementadas con bacterias benéficas, que ayuden al desdoblamiento y aprovechamiento de este nutriente por peces carnívoros como una alternativa de energía. Existen trabajos que han venido desarrollándose con almidón en peces carnívoros, sin embargo, existen escasas investigaciones acerca del uso de bacterias probióticas como auxiliares en la posible digestibilidad de nutrientes y sobre todo en peces carnívoros, es por ello, que en el presente trabajo se evaluó el uso de *Bacillus* spp., como coadyuvante en el aprovechamiento del almidón en dietas de juveniles de corvina blanca y el efecto en crecimiento.



#### 4.0 OBJETIVOS

##### 4.1 Objetivo general

Evaluar el crecimiento de juveniles de corvina blanca (*Atractoscion nobilis*) alimentados con dietas con diferentes niveles de almidón y suplementadas con bacterias probióticas (*Bacillus* spp.).

##### 4.1.1 Objetivos particulares

- 1) Evaluar sobrevivencia y crecimiento de juveniles de corvina blanca, alimentados con dietas formuladas con diferentes niveles de almidón (10%, 14%, 18% y 22%), y adicionadas con probiótico.
- 2) Determinar eficiencia de conversión alimenticia, tasa de crecimiento, razón de eficiencia proteica en juveniles de corvina blanca alimentados con dietas formuladas con diferentes niveles de almidón (10%, 14%, 18% y 22%), y adicionadas con probiótico.
- 3) Determinar los niveles químico proximal y contenido de energía en las muestras de organismo completo, músculo, hígado, heces y dietas formuladas con los diferentes niveles de almidón.



## 5.0 METODOLOGÍA

### 5.1 Obtención de la bacteria (Probiótico)

La cepa bacteriana (probiótico) utilizada en este trabajo fue proporcionada por el Dr. Jorge Olmos Soto del Laboratorio de Microbiología Molecular y Biotecnología Marina del CICESE. La bacteria (*Bacillus* spp.) utilizada fue aislada y seleccionada de acuerdo a la metodología de Ochoa-Solano y Olmos-Soto (2006).

### 5.2 Formulación y elaboración de las dietas experimentales

La fuente principal de proteína para la elaboración de las dietas fue de harina de pescado entero y harina de músculo de pescado, preparadas en el laboratorio de Unidad de Biotecnología en Piscicultura (UBP) de la Facultad de Ciencias Marinas de la UABC. Posteriormente se analizó la composición proximal de las fuentes proteicas mencionadas. En base a los resultados se formularon y elaboraron cinco dietas isoprotéicas e isocalóricas. Se utilizó fécula de maíz como fuente de carbohidratos. Se utilizaron cuatro niveles de almidón 10%, 14%, 18 y 22%. Los ingredientes fueron mezclados y posteriormente las bacterias probióticas se incorporaron a las dietas correspondientes. Posteriormente se agregó el aceite de pescado, la gelatina y el almidón de maíz (el 50% de este ingrediente fue gelatinizado para mejorar la estabilidad del pellet). Las dietas experimentales fueron secadas a 70° C en estufa de convección hasta que la humedad no fuera más del 5% (24 horas aproximadamente).



Tabla I. Formulación de las dietas experimentales ofrecidas a juveniles de corvina blanca (*A. nobilis*), variando el nivel de almidón y adicionadas con bacterias probióticas.

| INGREDIENTES<br>g 100 g <sup>-1</sup>     | Dietas |       |       |       |       |
|-------------------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|
|                                           | DC     | DP10  | DP14  | DP18  | DP22  |
| Harina de pescado entero <sup>a</sup>     | 37.00  | 37.00 | 37.00 | 35.80 | 27.00 |
| Harina de músculo de pescado <sup>b</sup> | 26.42  | 26.42 | 26.41 | 27.37 | 36.38 |
| Harina de krill <sup>c</sup>              | 3.00   | 3.00  | 3.00  | 3.00  | 1.00  |
| Celulosa                                  | 4.40   | 4.39  | 2.18  | 0.15  | 0.00  |
| Almidón de maíz                           | 10.00  | 10.00 | 14.00 | 18.00 | 21.90 |
| Aceite de pescado                         | 10.20  | 10.20 | 8.42  | 6.69  | 5.27  |
| Gelatina                                  | 5.00   | 5.00  | 5.00  | 5.00  | 5.00  |
| Minerales <sup>d</sup>                    | 1.80   | 1.80  | 1.80  | 1.80  | 1.80  |
| Vitaminas <sup>e</sup>                    | 1.80   | 1.80  | 1.80  | 1.80  | 1.80  |
| Bacterias probióticas                     | 0.00   | 0.01  | 0.01  | 0.01  | 0.01  |
| Colina                                    | 0.20   | 0.20  | 0.20  | 0.20  | 0.20  |
| Ácido ascórbico                           | 0.18   | 0.18  | 0.18  | 0.18  | 0.18  |

<sup>a</sup> Harina de pescado elaborada de *Paralabrax maculatofasciatus* entero.

<sup>b</sup> Harina de músculo de pescado de *Paralabrax maculatofasciatus*.

<sup>c</sup> Harina de krill comercial proporcionada por Skretting, Vancouver, British Columbia, Canadá.

<sup>d</sup> g/kg de mezcla de minerales:  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (250);  $\text{KI}$  (0.2);  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  (200);  $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (100);  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (1);  $\text{CoCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (0.04);  $\text{Al}(\text{OH})_3$  (0.1),  $\text{MnSO}_4$  (3);  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  (6);  $\text{ZnSO}_4$  (5);  $\text{Na}_2\text{Se}_2$  (0.05).

<sup>e</sup> Mezcla de vitaminas proporcionada por Skretting, Vancouver, British Columbia, Canadá.

Tabla II. Análisis químico proximal de las dietas experimentales.

| COMPOSICION PROXIMAL<br>g 100 g             | Dietas |      |      |      |      |
|---------------------------------------------|--------|------|------|------|------|
|                                             | DC     | DP10 | DP14 | DP18 | DP22 |
| Proteínas                                   | 56.5   | 56.1 | 56.0 | 54.2 | 55.9 |
| Lípidos                                     | 19.3   | 18.3 | 15.0 | 15.0 | 14.3 |
| Cenizas                                     | 9.8    | 10.5 | 10.2 | 10.8 | 8.9  |
| Almidón                                     | 10.3   | 10.5 | 13.9 | 18.8 | 21.4 |
| Energía cal g <sup>-1</sup>                 | 5076   | 5102 | 5037 | 5071 | 5066 |
| <i>Relación</i>                             |        |      |      |      |      |
| Proteína: energía kcal g <sup>-1</sup>      | 1.1    | 1.1  | 1.1  | 1.1  | 1.1  |
| Carbohidratos: lípidos (g g <sup>-1</sup> ) | 5.6    | 5.6  | 4.0  | 3.0  | 2.8  |





### 5.3 Condición del cultivo

Alevines de *A. nobilis* fueron suministrados por el Instituto Hubbs-Sea World Research, San Diego, California, para desarrollar los bioensayos de alimentación en la Unidad de Biotecnología en Piscicultura (UBP) de la Facultad de Ciencias Marinas de la UABC. Trescientos juveniles ( $9.5 \pm 0.11$  g;  $9.0 \pm 0.10$  cm) fueron seleccionados aleatoriamente y distribuidos en 15 estanques experimentales de 65 L, los cuales contaron con 50% de recambio de agua de mar filtrada (10 y 5 micras) por día, tratada con sistema UV con un flujo de  $1.46 \text{ L min}^{-1}$  y una temperatura de  $18^\circ$  a  $22^\circ\text{C}$ . Los peces fueron aclimatados por diez días con la dieta control (DC), posteriormente fueron alimentados con las dietas experimentales. El diseño experimental fue aleatorio simple y cada tratamiento se avalúo por triplicado. Los juveniles de corvina blanca fueron alimentados tres veces al día (7:30, 13:30 y 18:30) manualmente hasta saciedad aparente, los tanques fueron sifoneados para su limpieza dos veces al día. El experimento tuvo una duración de ocho semanas.

### 5.4 Muestreo y toma de datos

Para registrar el crecimiento los peces se midieron y pesaron individualmente, al inicio, a la cuarta semana y final del periodo experimental (8va semana). Para poder manipular a los organismos y disminuir el efecto por estrés durante las biometrías, los organismos se anestesiaron con una solución acuosa de aceite de clavo ( $100 \text{ mg L}^{-1}$ ) al 1:9 con etanol (Agüero-Grande, 2008).

Se registró diariamente la cantidad de alimento ofrecido, para determinar el consumo de cada tratamiento. La sobrevivencia se determinó como el número de organismos muertos en cada uno de los tratamientos.

A partir de la tercera semana del experimento se realizó recolección de heces tres días por semana una vez al día mediante sifoneo directo, después



de la segunda alimentación. Las heces fueron colectadas después de 10 minutos de haber alimentado a los organismos, estas fueron colectadas en un tamiz de 250 micras, posteriormente se removió el exceso de agua y se almacenaron en frascos de plástico a -20°C para su posterior análisis.

Para evaluar la composición química de los peces, se sacrificaron los organismos de cada uno de los tratamientos al final del periodo experimental. Los organismos fueron almacenados en bolsas de plástico etiquetadas y se congelaron a -20°C para su posterior análisis.

### 5.5 Parámetros de crecimiento y eficiencia del alimento

#### 5.5.1 Tasa de crecimiento específico (TCE)

$$TCE = \left[ (\ln P_f - \ln P_i) * (t_2 - t_1)^{-1} \right] \times 100$$

Donde:  $P_f$ = peso final (g),  $P_i$ = peso inicial (g) y  $t_2-t_1$ = número total de días

#### 5.5.2 Eficiencia de conversión alimenticia (ECA)

La eficiencia de conversión alimenticia se calculó como la relación del peso de los organismos entre el alimento seco consumido (Hardy y Barrows, 2002).

$$ECA = \frac{\text{peso ganado (g)}}{\text{alimento seco (g)}}$$

#### 5.5.3 Razón de eficiencia protéica (REP)

La razón de eficiencia de proteína se determinó mediante el peso ganado entre la proteína total consumida por los organismos (Hardy y Barrows, 2002).



$$REP = \frac{\text{peso ganado(g)}}{\text{proteína total consumida}}$$

#### 5.5.4 Índice hepatosomático (IHS)

Se obtuvo de acuerdo a la proporción del hígado respecto al peso del total del pez.

$$\text{Índice hepatosomático} = \frac{\text{peso del hígado(g)}}{\text{peso del pez(g)}} \times 100$$

#### 5.6 Análisis químico proximal

Cada uno de ingredientes de las dietas formuladas, los tejidos (músculo e hígado), el organismo entero y heces de los organismos se utilizaron para análisis químico proximal. Cada una de las muestras fue secada a 70° C hasta peso constante (menos del 5 % de humedad) en una estufa de convección de aire para deshidratar y obtener el contenido de humedad. Para análisis de proteína cruda (N x 6.25) se utilizó el método microkjeldahl (AOAC, 1995). Los lípidos totales se determinaron por extracción con cloroformo-metanol (2:1 v/v) según el método de Folch *et al.* (1957). Las cenizas se obtuvieron mediante calcinación durante 8 hrs. a 500°C (AOAC, 1995).

La determinación de almidón se realizó en el CIMAR/CIIMAR-Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental, Universidade do Porto, Portugal por medio del método descrito por Thivend *et al.* (1972). Una vez liberada la glucosa de la muestra, esta se determina por medio del método enzimático-colorimétrico utilizando: glucose Kit, cod. 1001191, Spinreact, Girona, España.

#### 5.7 Digestibilidad aparente

La digestibilidad aparente del alimento se determinó mediante el método de cenizas insolubles en ácido descrito por Tejada (1992). Para dicha determinación se utilizaron las heces colectadas durante el ensayo de



alimentación. El cálculo del coeficiente de digestibilidad aparente **CDA** se realizó con el uso de la siguiente ecuación:

$$CDA = 100 - \frac{I(\text{heces})}{I(\text{dieta})} \times 100$$

*I* = indicador (cenizas insolubles)

### 5.8 Análisis estadístico

El diseño experimental fue aleatorio simple. Se realizaron comparaciones entre las medias de los diferentes tratamientos empleando el método de análisis de varianza de una vía (ANOVA). La normalidad de los datos fue comprobada utilizando la prueba de Kolmogorov-Smirnov, y la homogeneidad de las varianzas se evaluó usando la prueba de Levene. Las diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los tratamientos, se determinaron mediante comparaciones múltiples de Tukey. Los datos no paramétricos se analizaron mediante la prueba de Kruskal-Wallis. El nivel de significancia de las pruebas estadísticas fue con un alfa de  $\alpha = 0.05$ .



## 6.0 RESULTADOS

### 6.1 Sobrevivencia

No se determinaron diferencias significativas ( $P>0.05$ ) en la sobrevivencia en juveniles de corvina blanca (90%-100%) entre los diferentes tratamientos (Tabla III).

### 6.2 Consumo de alimento

La mayor cantidad de alimento consumido por organismo se presentó en el tratamiento DP22 ( $20.7 \pm 1.01 \text{ g org}^{-1}$ ) en tanto que la DC presentó el menor valor ( $14.0 \pm 0.72 \text{ g org}^{-1}$ ), con diferencias significativas ( $P<0.05$ ) entre dichos tratamientos. En lo que respecta a los consumos de DP18, DP14 y DP10 no mostraron diferencias significativas ( $P>0.05$ ) entre sí (Tabla III).

### 6.3 Crecimiento en longitud

La longitud inicial fue semejante en todos los tratamientos ( $P>0.05$ ), con un promedio de  $9.0 \pm 0.07 \text{ cm}$ . Al final del bioensayo el mayor crecimiento en longitud se observó en los organismos alimentados con DP22 ( $13.7 \pm 0.13 \text{ cm}$ ), el cual fue significativamente diferente ( $P<0.05$ ) respecto de DP18, DP14, DP10 y DC ( $12.9 \pm 0.22$ ,  $12.1 \pm 0.10$ ,  $11.9 \pm 0.02$  y  $11.7 \pm 0.05 \text{ cm}$ , respectivamente). En cuanto a la ganancia de longitud, el tratamiento DP22 fue el que presentó la mayor ganancia ( $4.6 \pm 0.08 \text{ cm}$ ) y fue significativamente diferente ( $P<0.05$ ) al resto de los tratamientos. Por otro lado, los tratamientos DP10 y DC no fueron estadísticamente diferentes ( $P>0.05$ ) entre sí (Tabla III).

### 6.4 Crecimiento en peso

Al inicio del bioensayo los organismos tuvieron un peso promedio de  $9.5 \pm 0.11 \text{ g}$ . Al término del experimento, los juveniles de DP22 obtuvieron el mayor peso final ( $33.8 \pm 1.47 \text{ g}$ ), por lo que existieron diferencias significativas ( $P<0.05$ ) entre los tratamientos DP18, DP14, DP10 y DC ( $27.5 \pm 1.88$ ,  $21.7 \pm 0.59$ ,  $21.4 \pm 0.15$  y  $18.326 \pm 1.04 \text{ g}$ , respectivamente) (Figuras II, III, IV y V).

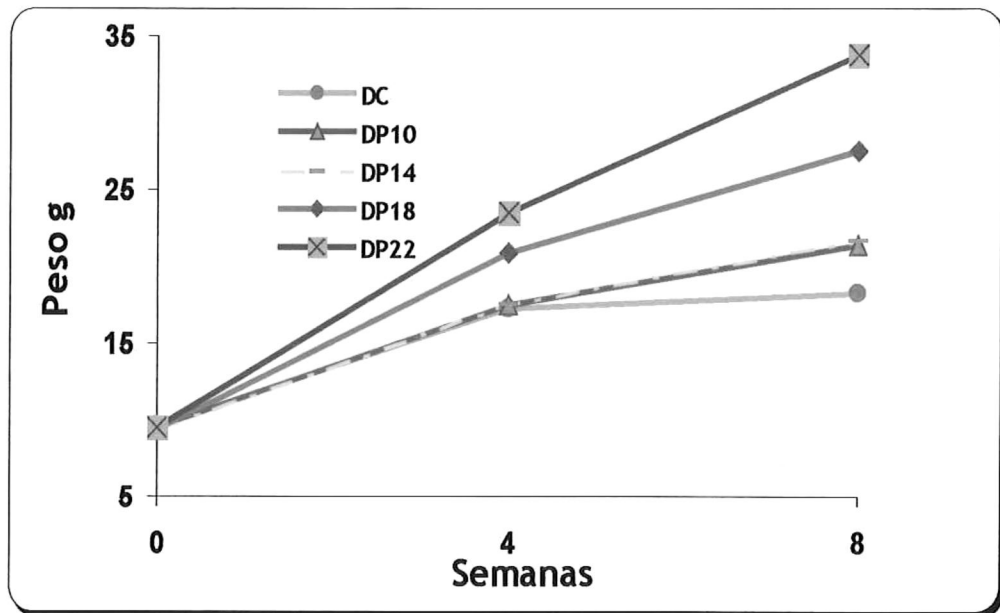


Figura II. Crecimiento en peso de juveniles de corvina blanca (*A. nobilis*) alimentados con dietas experimentales.

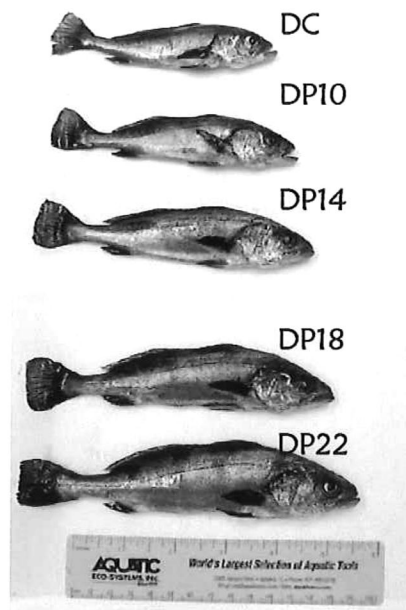


Figura III. Crecimiento diferencial de juveniles de corvina blanca (*A. nobilis*) alimentados con las dietas experimentales.



En la ganancia en peso, se observó que el tratamiento DP22 fue significativamente diferente del resto de los tratamientos ( $24.3 \pm 1.38$ ). Entre los tratamientos DP14 y DP10 ( $12.2 \pm 0.78$  y  $11.9 \pm 0.11$ ) no se observaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ). Los organismos alimentados con DC ( $8.6 \pm 1.02$ ) presentaron la menor ganancia en peso ( $P > 0.05$ ) en relación a los tratamientos que se les incorporó bacterias probióticas (Tabla III; Figuras II, III y IV).

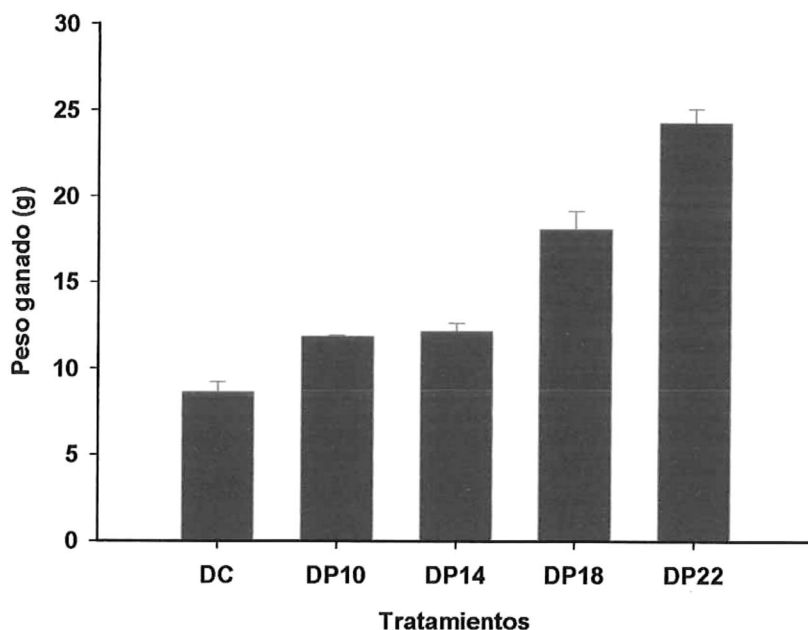


Figura IV. Peso ganado de juveniles de corvina blanca (*A. nobilis*) alimentados con las dietas experimentales.

Para analizar la asociación entre la cantidad de almidón de las dietas ( $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) y el crecimiento final en peso (g) se calculó la regresión lineal, que indicó que el 22% de almidón corresponde al máximo crecimiento (33 g). En la Figura V se muestra el resultado de la regresión lineal.

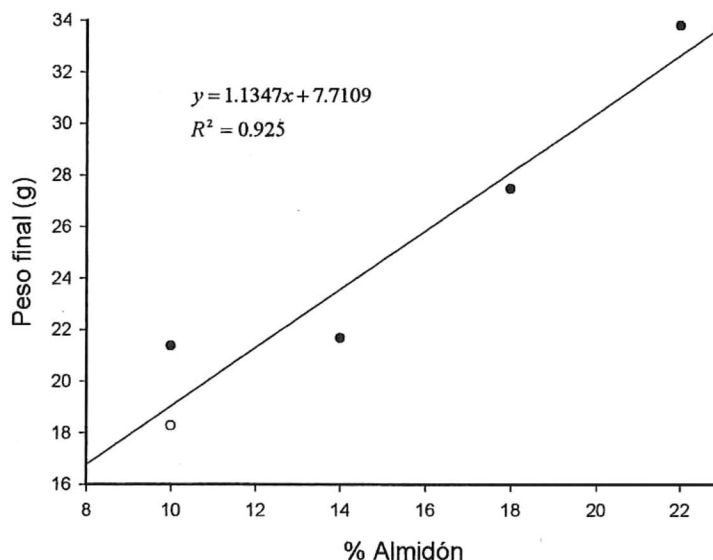


Figura V. Regresión lineal calculada para conocer la relación existente entre el nivel de almidón de las dietas (%) y el peso final (g) de los juveniles de *A. nobilis* cultivados durante ocho semanas

### 6.5 Parámetros de crecimiento y eficiencia del alimento

En la tasa de crecimiento específico (**TCE**), el valor más alto se observó en el tratamiento DP22 ( $2.1 \pm 0.06\%$ ), el cual fue estadísticamente diferente ( $P < 0.05$ ) del resto de los tratamientos experimentales (DP18, DP14, DP10 y sin probiótico DC). Los tratamientos DP14 y DP10 ( $1.4 \pm 0.08$  y  $1.3 \pm 0.01$  peso corporal día<sup>-1</sup>, respectivamente) no presentaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en la TCE.

La eficiencia de conversión alimenticia (**ECA**) de los organismos del tratamiento DP22 mostró el valor más alto ( $1.2 \pm 0.07$ ) y diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) con el resto de los tratamientos. Así mismo, se observó que en el tratamiento DC registró el valor más bajo de ECA ( $0.6 \pm 0.09$ ), y diferencias significativas con el resto de los tratamientos (Tabla III).





En la razón de eficiencia protéica (**REP**) se obtuvieron con DP22 ( $2.1 \pm 0.02$ ) y diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) con el resto de los tratamientos, DP18, DP14, DP10 y DC ( $1.9 \pm 0.6$ ,  $1.3 \pm 0.08$ ,  $1.4 \pm 0.01$  y  $1.1 \pm 0.63$ , respectivamente). Los organismos alimentados con los tratamientos DP14 y DP10 no presentaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en la REP (Tabla III).

#### 6.6 Índice hepatosomático (IHS)

Se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.001$ ) en el índice hepatosomático (IHS) entre los peces alimentados con las diferentes dietas experimentales (Tabla IV).

Los juveniles que presentaron el menor IHS fueron los que se alimentaron con DC ( $0.8 \pm 0.10$ ), este tratamiento fue significativamente diferente ( $P < 0.05$ ) de los tratamientos adicionados con las bacterias. El mayor IHS se presentó en los organismos alimentados con la dieta DP22 ( $2.0 \pm 0.01$ ), mostrando diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) con el resto de los tratamientos (Tabla III).

Se observó una diferencia en el tamaño de los hígados de los peces alimentados con las dietas experimentales (DP10, DP14, DP18 y DP22) respecto a aquellos que se alimentaron con la dieta (DC), la cual no contenía bacterias probióticas (Figura VI).

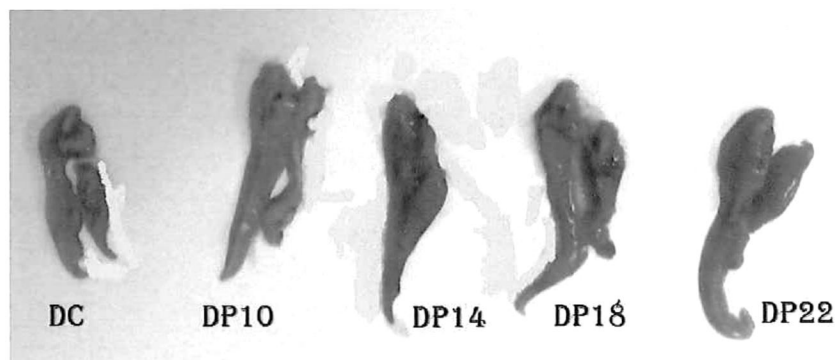


Figura VI. Hígados de corvina blanca (*A. nobilis*), alimentadas con las diferentes dietas experimentales después de ocho semanas.

### 6.7 Composición corporal

Los contenidos de proteína y cenizas en el *músculo* de los peces alimentados con las diferentes dietas experimentales y la dieta control, no mostraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ). El contenido de lípidos del *músculo* de los organismos sometidos a los diferentes tratamientos mostraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre los diferentes tratamientos. Los organismos que se alimentaron con las dietas DP22 y DP18, presentaron los contenidos de lípidos más altos ( $6.7 \pm 0.04\%$  y  $6.5 \pm 0.17\%$ , respectivamente) por lo que no fueron significativamente diferentes ( $P > 0.05$ ) entre sí, pero fueron significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ) de los tratamientos DP14, DP10 y DC ( $5.9 \pm 0.09\%$ ,  $5.7 \pm 0.25\%$  y  $5.4 \pm 0.259\%$ , respectivamente) (Tabla IV).

El contenido de humedad del *músculo* de los organismos fue menor en la dieta DP22 ( $82.1 \pm 0.14\%$ ) mostrando diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) con DC y DP10 ( $83.1 \pm 0.52\%$  y  $82.8 \pm 0.25\%$ ) (Tabla IV).

El contenido de proteína en muestras de *pez entero* no mostró diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre los diferentes tratamientos. El contenido de lípidos en el tratamiento DP22 ( $9.6 \pm 0.20$ ) los organismos obtuvieron un mayor contenido de lípidos, mostrando diferencias significativas



( $P < 0.05$ ) con el resto de los tratamientos. No se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre DP18 y DP14 ( $8.7 \pm 0.81$  y  $8.1 \pm 0.35$ , respectivamente), así como entre DP14 y DP10 ( $8.1 \pm 0.35$  y  $7.8 \pm 0.35$ , respectivamente). Respecto al contenido de cenizas sólo se mostraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre DC y DP22 ( $17.2 \pm 0.05$  y  $13.6 \pm 0.10$ , respectivamente). En contenido de humedad en pez entero fueron estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ) los tratamientos DC y DP10 ( $85.1 \pm 0.96$  y  $84.0 \pm 0.29$ , respectivamente), por lo que es resto de los tratamientos (DP22,  $84.1 \pm 0.22$ ; DP18,  $84.0 \pm 0.52$  y DP14,  $84.0 \pm 0.40$ ,  $P > 0.05$ ) (Tabla IV).

Los análisis de proteína y cenizas realizadas en *hígado*, mostraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre los diferentes tratamientos con valores que fluctuaron desde 63% a 37% y 7% a 4%, respectivamente. Por otro lado, en cuanto al contenido de lípidos en el *hígado* de los organismos alimentados con el tratamiento DP22 ( $47.9 \pm 0.86$ ) se aprecia que almacenaron casi el 50 % en lípidos respecto a su peso total, por lo que mostró diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) con DC y DP10 ( $27.546 \pm 0.12$  y  $34.8 \pm 0.69$ , respectivamente) (Tabla IV). En cuanto al contenido de humedad el *hígado* de los organismos alimentados con las dietas DP22 y DP18 mostraron menor contenido ( $69.0 \pm 0.93\%$  y  $71.7 \pm 2.30\%$ , respectivamente) con respecto al resto de los tratamientos, por lo que no hubo diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre estos tratamientos. Los tratamientos DP22 y DP18 fueron estadísticamente diferentes del resto de los tratamientos en el contenido de humedad (DC,  $78.7 \pm 1.51\%$ ; DP10,  $77.5 \pm 0.65\%$  y DP14,  $75.6 \pm 1.15\%$ ) ( $P < 0.05$ ) (Tabla IV).

#### 6.8 Digestibilidad de las dietas

Los valores de coeficiente de digestibilidad aparente de la proteína ( $CDA_P$ ) y energía ( $CDA_E$ ), mostraron una ligera tendencia de incremento conforme a la inclusión del almidón en las dietas experimentales (DC, DP10,



DP14, DP18 y DP22), los organismos del tratamiento DP22 registraron el porcentaje más alto de **CDA<sub>P</sub>** y **CDA<sub>E</sub>** (90.2% y 71.77%, respectivamente) (Tabla III).



## RESULTADOS

Tabla III. Valores de digestibilidad y parámetros de crecimiento en juveniles de *A. nobilis* alimentados con dietas con diferentes niveles de almidones y suplementados con bacterias probióticas y una dieta control, durante ocho semanas.

| Parámetros de Crecimiento      |                         |                         |                         |                         |                        |
|--------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| Tratamientos                   | DC                      | DP10                    | DP14                    | DP18                    | DP22                   |
| Peso inicial (g)               | 9.6±0.07                | 9.5±0.04                | 9.5±0.20                | 9.437±0.20              | 9.5±0.11               |
| Peso final (g)                 | 18.3±1.04 <sup>ed</sup> | 21.4±0.15 <sup>dc</sup> | 21.7±0.59 <sup>c</sup>  | 27.5±1.88 <sup>b</sup>  | 33.8±1.47 <sup>a</sup> |
| Peso ganado (g)                | 8.6±1.02 <sup>d</sup>   | 11.9±0.11 <sup>c</sup>  | 12.2±0.78 <sup>c</sup>  | 18.1±1.84 <sup>b</sup>  | 24.3±1.38 <sup>a</sup> |
| Longitud inicial (cm)          | 9.02±0.06               | 9.03±0.04               | 8.87±0.16               | 8.99±0.09               | 9.04±0.05              |
| Longitud final (cm)            | 11.7±0.05 <sup>ed</sup> | 11.9±0.02 <sup>dc</sup> | 12.1±0.10 <sup>c</sup>  | 12.9±0.22 <sup>b</sup>  | 13.7±0.13 <sup>a</sup> |
| Longitud ganada (cm)           | 2.6±0.07 <sup>d</sup>   | 2.9±0.02 <sup>d</sup>   | 3.3±0.18 <sup>c</sup>   | 3.9±0.16 <sup>b</sup>   | 4.6±0.08 <sup>a</sup>  |
| Consumo (g org <sup>-1</sup> ) | 14.0±0.72 <sup>c</sup>  | 14.7±0.05 <sup>cb</sup> | 16.4±1.18 <sup>cb</sup> | 18.1±2.34 <sup>ba</sup> | 20.7±1.01 <sup>a</sup> |
| TCE % día <sup>-1</sup>        | 1.1±0.09 <sup>d</sup>   | 1.3±0.01 <sup>c</sup>   | 1.4±0.08 <sup>c</sup>   | 1.8±0.11 <sup>b</sup>   | 2.1±0.06 <sup>a</sup>  |
| ECA                            | 0.6±0.09 <sup>d</sup>   | 0.8±0.01 <sup>c</sup>   | 0.7±0.04 <sup>c</sup>   | 1.0±0.03 <sup>b</sup>   | 1.2±0.01 <sup>a</sup>  |
| REP                            | 1.1±0.16 <sup>d</sup>   | 1.4±0.01 <sup>c</sup>   | 1.3±0.08 <sup>c</sup>   | 1.9±0.6 <sup>b</sup>    | 2.1±0.02 <sup>a</sup>  |
| Sobrevivencia %                | 90.0±10                 | 95.0±0.00               | 90.0±5.00               | 95.0±5.00               | 100.0±0.00             |
| IHS <sup>1</sup>               | 0.8±0.10 <sup>e</sup>   | 1.3±0.01 <sup>dc</sup>  | 1.4±0.07 <sup>cb</sup>  | 1.6±0.11 <sup>b</sup>   | 2.0±0.01 <sup>a</sup>  |
| CDA %                          |                         |                         |                         |                         |                        |
| Proteína                       | 85.2                    | 86.8                    | 87.9                    | 88.1                    | 90.2                   |
| Energía                        | 60.7                    | 61.1                    | 65.5                    | 67.4                    | 71.8                   |



Tabla IV. Composición corporal y contenido energético de la porción muscular, pez entero e hígado en base seca de juveniles de *A. nobilis* alimentados con dietas con diferentes niveles de almidones y suplementados con bacterias probióticas, así como una dieta control, durante ocho semanas.

| Parámetros        | Tratamientos            |                         |                         |                         |                         |
|-------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                   | DC                      | DP10                    | DP14                    | DP18                    | DP22                    |
| <i>Músculo</i>    |                         |                         |                         |                         |                         |
| Proteína          | 88.0±0.26               | 87.6±0.26               | 87.5±0.26               | 87.4±0.35               | 87.3±0.33               |
| Lípidos           | 5.4±0.25 <sup>b</sup>   | 5.7±0.25 <sup>b</sup>   | 5.9±0.09 <sup>b</sup>   | 6.5±0.17 <sup>a</sup>   | 6.7±0.04 <sup>a</sup>   |
| Cenizas           | 6.6±0.14                | 6.4±0.33                | 6.5±0.21                | 6.5±0.25                | 6.5±0.15                |
| Humedad           | 83.1±0.52 <sup>a</sup>  | 82.8±0.25 <sup>ba</sup> | 82.5±0.30 <sup>cb</sup> | 82.4±0.39 <sup>c</sup>  | 82.1±0.14 <sup>c</sup>  |
| <i>Pez entero</i> |                         |                         |                         |                         |                         |
| Proteína          | 76.1±0.15               | 76.0±0.21               | 76.0±0.10               | 75.4±0.28               | 75.4±0.14               |
| Lípidos           | 7.0±0.07 <sup>e</sup>   | 7.8±0.35 <sup>dc</sup>  | 8.1±0.35 <sup>cb</sup>  | 8.7±0.81 <sup>b</sup>   | 9.6±0.20 <sup>a</sup>   |
| Cenizas           | 17.2±0.07 <sup>a</sup>  | 16.5±0.05 <sup>ba</sup> | 16.3±0.10 <sup>ba</sup> | 15.0±0.40 <sup>ba</sup> | 13.6±0.10 <sup>b</sup>  |
| Humedad           | 85.1±0.96 <sup>a</sup>  | 84.0±0.29 <sup>b</sup>  | 84.0±0.40 <sup>ba</sup> | 84.0±0.52 <sup>ba</sup> | 84.1±0.22 <sup>ba</sup> |
| <i>Hígado</i>     |                         |                         |                         |                         |                         |
| Proteína          | 63.6±0.01 <sup>a</sup>  | 52.5±0.54 <sup>b</sup>  | 48.2±0.22 <sup>c</sup>  | 40.4±0.36 <sup>d</sup>  | 37.5±0.21 <sup>e</sup>  |
| Lípidos           | 27.5±0.12 <sup>cb</sup> | 34.8±0.69 <sup>cb</sup> | 36.8±0.68 <sup>ba</sup> | 46.1±0.54 <sup>ba</sup> | 47.9±0.86 <sup>a</sup>  |
| Cenizas           | 7.3±0.07 <sup>a</sup>   | 6.5±0.11 <sup>b</sup>   | 5.7±0.07 <sup>c</sup>   | 4.7±0.09 <sup>d</sup>   | 4.2±0.07 <sup>e</sup>   |
| Humedad           | 78.7±1.51 <sup>a</sup>  | 77.5±0.65 <sup>a</sup>  | 75.6±1.15 <sup>a</sup>  | 71.7±2.30 <sup>b</sup>  | 69.0±0.93 <sup>b</sup>  |



## 7.0 DISCUSIONES

### 7.1 Crecimiento y sobrevivencia

La sobrevivencia de los peces al término del experimento fue superior al 90% en todos los tratamientos, por lo que no existieron diferencias significativas entre estos (Tabla III). Durante el transcurso del bioensayo, existió mínima incidencia de mortalidad por causas de manejo de los organismos, ya fuese por biometrías o durante la limpieza de los estanques, ya que los peces llegaban a saltar fuera de estos. Los juveniles alimentados con la dieta DP22 mostraron un mayor porcentaje de sobrevivencia (100%) y no se presentó una variación significativa entre réplicas, por lo que, el nivel de almidón en esta dieta no provocó desequilibrio en el desempeño de los organismos.

En el presente estudio, los juveniles de *A. nobilis* (9.5 g peso inicial promedio) alimentados con la dieta experimental DP22 la cual contenía un mayor nivel almidón y suplementada con las bacterias probióticas, alcanzaron un mayor crecimiento en términos de ganancia en longitud y peso. Se observó una relación positiva entre el crecimiento y la inclusión de almidón en las dietas experimentales (DC, DP10, DP14, DP18 y DP22). Anderson *et al.* (1984) comenta que la incorporación apropiada de niveles de carbohidratos en las dietas, ayuda a tener un mejor crecimiento en diferentes especies de peces, y Hemre *et al.* (2002) hacen referencia que en peces carnívoros se muestra un mejor crecimiento si se alimenta con dietas con bajos niveles de carbohidratos (< 25%). Por lo que en el presente estudio, se observó que el incremento en la inclusión de almidón en las dietas no afectó el crecimiento de los peces, por lo que probablemente se utilizaron de manera eficiente la proteína y energía (lípidos y almidón).

Podría considerarse que las bacterias probióticas beneficiaron a la utilización de los nutrientes y con ello promovieron el crecimiento de los



organismos, ya que según Fuller (1992), el uso de probióticos en alimentos ha demostrado que ayudan a mejorar su utilización, esto puede ser logrado por eficiencia en el incremento de los procesos digestivos existentes, o bien auxiliando a la digestión previa de sustancias indigestibles. Lara-Flores *et al.* (2003) pudieron observar un mayor crecimiento en juveniles de *O. niloticus* al ser alimentados con bacterias probióticas, respecto a los peces alimentados con la dieta sin probiótico. Por lo que en el presente trabajo se observó la misma respuesta en los organismos a los cuales se les alimentó con dietas suplementadas con bacterias probióticas.

### 7.2 Parámetros de crecimiento

La TCE de los peces sometidos a las diferentes dietas experimentales indicó que el crecimiento de los peces fue significativamente diferente entre la mayoría de los tratamientos. A los juveniles de corvina blanca que se les proporcionó la dieta con una mayor inclusión de almidón (22%) tuvieron un mayor porcentaje de TCE. Fernández *et al.* (2007) encontraron una respuesta diferente en *S. aurata* en lo que respecta a las TCE, ya que esta fue más alta en las dietas que contenían 5% y 18% de almidón gelatinizado, en comparación con el tratamiento de mayor incorporación (26%). En el trabajo de Enes *et al.* (2006) también encontraron una respuesta similar al estudio de Fernández y colaboradores, ya que la TCE en *D. labrax* fue menor en los organismos a los cuales se les incluyó almidón en las dietas, por lo que fueron significativamente diferente al tratamiento libre de almidón.

En lo que respecta a estudios donde se utilizaron a los probióticos como herramienta para la utilización de almidones está el trabajo de Bairagi *et al.* (2004) con *L. rohita* (pez herbívoro) al ser alimentado con el almidón de la harina de *L. leucocephala* y suplementados con bacterias probióticas observaron el valor más alto de TCE, siendo estos significativamente más





altos en comparación a los tratamiento que no se les incluyó bacterias probióticas. En el presente estudio los TCE de los tratamientos a los cuales se les suplementó con bacterias probióticas fueron significativamente diferentes de la dieta a la cual no se le incorporó bacterias (DC), lo que hace suponer que las bacterias pudieron actuar sobre el almidón y ser utilizados por los juveniles de corvina.

La ECA obtenida a partir del presente estudio mostró tendencias similares a la TCE, ya que conforme aumentaba la inclusión del almidón la ECA tendió a aumentar. Por lo que se pudo observar que las dietas con altos niveles de almidón y suplementadas con bacterias probióticas, aparentemente promovieron en los organismos una alta eficiencia de conversión del alimento suministrado, a pesar de que *A. nobilis* es un pez carnívoro.

En cuanto a la utilización óptima de la proteína Nankervis *et al.* (2000) comenta que esto puede ser llevado a cabo por un incremento en la disponibilidad de energía, a través de la inclusión de fuentes no protéicas, tal como lípidos y carbohidratos. En lo que se refiere al aprovechamiento de la proteína en el presente experimento, se observó que los tratamientos DP14, DP10 y DC tuvieron un menor valor de REP, en contraste con las dietas DP22 y DP18, a los cuales se les incluyó un mayor nivel de carbohidratos, lo que hace suponer que en estos dos tratamientos existió una mayor disponibilidad de energía y pudo ser utilizada la proteína eficientemente. En el trabajo de Fernández *et al.* (2007) observó un patrón similar al nuestro, ya que el valor más alto de PER fue dado por el tratamiento con nivel más alto de almidón. Por otro lado, Enes *et al.* (2008) encontraron la misma respuesta para *S. aurata* al usar dietas con almidón tratado (20%), en comparación con la dieta a la cual no se incluyó este macro nutriente. Por lo que en el presente trabajo, el usar dietas con altos niveles de almidón gelatinizado y suplementados con bacterias probióticas, los peces aparentemente aprovecharon este ingrediente



como fuente de energía aunado a los lípidos incorporados en las dietas, y a su vez usar la proteína con fines de crecimiento.

Un caso particular lo encontró Lara-Flores (2003), donde obtuvo el valor más alto de PER para los juveniles de *O. nilotica* que fueron alimentados con bajos niveles de proteína, altos niveles de almidón y suplementados con bacterias y levadura, aunque *O. nilotica* es un organismo herbívoro, podríamos comparar de cierta manera un efecto similar en *A. nobilis* estudiada en el presente bioensayo, ya que las dietas de corvina blanca al ser adicionadas con bacterias no mostraron un efecto negativo en la eficiencia protéica, si no que, mostraron un mayor valor en el REP.

### 7.3 Consumo

En el presente estudio el consumo de alimento de los tratamientos DP22 y DP18 fue mayor que el resto de los tratamientos, donde la inclusión de almidón fue menor (Tabla III). Caso contrario se encontró en el trabajo de Mokoginta *et al.* (2004) donde existieron diferencias significativas en el consumo de las dietas experimentales de juveniles de *Osphronemus gouramy*, el cual fue disminuyendo conforme la incorporación de los almidones aumentaba. Según Rust (2002) comenta que los almidones tienden a ser poco consumidos, debido a la baja palatabilidad para los peces y en particular en carnívoros.

### 7.4 Índice hepatosomático

El mayor IHS lo presentaron los juveniles de *A. nobilis* que consumieron la dieta con mayor incorporación de almidón (DP22 y DP18), y el menor IHS lo registraron los organismos que consumieron las dietas con menor inclusión (DP14, DP10 y DC). El mismo patrón lo encontraron Cuoto *et al.* (2008) al estudiar el efecto de almidón en *S. aurata*, donde observaron que el IHS siempre fue más alto en los peces a los cuales se alimentaron con dietas con



mayor adición de almidón (30%) que las de menor incorporación (10%). En otro trabajo Sá *et al.* (2008) en *Diplodus sargus* observaron el valor más alto de IHS estuvo presente en los organismos a los cuales se les alimentó con dietas con altos niveles de almidón (42%). Así mismos, en estudios realizados en *O. mykiss*, se ha observado un incremento en el IHS cuando se incrementa el nivel de almidón en las dietas (Hemre *et al.*, 2002), y de acuerdo a Borba *et al.* (2006) el crecimiento del hígado se presenta cuando existe un incremento de carbohidratos en las dietas, como una consecuencia de la acumulación del glicógeno en este órgano.

Por otro lado, Kaushik *et al.* (1989) observaron que al alimentar a juveniles de (*Salmo gairdneri*) con dietas con altos niveles de almidón (> 25%) afectaron negativamente al hígado (en tamaño, morfología y función), ya que por ser un pez carnívoro tuvo una capacidad limitada en utilizar este nutriente. Así mismo, en un trabajo preliminar realizado por Briggs-Fajardo (2006) quién experimentó con juveniles de *A. nobilis* encontró que el IHS fue menor en los peces a los cuales se les alimento con la mayor inclusión de harina de soya. y niveles altos de almidón.

### 7.5 Composición corporal

Al analizar la composición corporal no se encontraron diferencias significativas en el contenido de proteína del *tejido muscular* de los juveniles de *A. nobilis*, alimentados con la dieta control y las dietas experimentales con diferentes niveles de almidón. A la fecha se ha reportado que la composición proximal del músculo en peces, está determinada por la genética de este (Jobling, 2001). También menciona que el contenido de proteínas en el tejido muscular en general es poco variable, ya que son las proteínas el último nutriente que se llega a utilizar cuando las condiciones nutricionales son adversas. En el trabajo realizado por Enes *et al.* (2006) tampoco encontraron



diferencias en el contenido de proteína en el músculo de *D. labrax* al ser alimentados con dietas de diferentes niveles de almidón.

En la depositación de lípidos en el músculo se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, encontrando una relación directa con la incorporación de almidón en las dietas, ya que los organismos alimentados con las dietas DP22 y DP18 presentaron mayor depositación de este nutriente en el músculo, en comparación al resto de los del tratamiento a los cuales se les incorporó un mayor nivel de lípidos y menor de almidón. Sargent *et al.* (2002) hacen referencia que los peces tienden a depositar grasa en el músculo cuando han sido alimentados con altos niveles de lípidos. Sin embargo, nuestros resultados sugieren que el contenido de lípidos en el músculo de los peces presenta relación con el nivel de almidón ingerido más que al nivel de lípidos proporcionados a los organismos. Según reportes, la excesiva ingesta de carbohidratos (almidón) transformados a glucosa lleva consigo una transformación de esta a grasa, formando parte del tejido adiposo (Peña-Díaz *et al.*, 1994; Roberts, 2002). Es por ello, que posiblemente se encontró una perceptible incorporación de lípidos en el tejido de los organismos alimentados con las dietas DP22 y DP18 respecto a los demás tratamientos.

En otros estudios se han encontrado patrones similares, tal como el de Enes *et al.* (2008) en donde la depositación de lípidos en el músculo de juveniles de *S. aurata* fue mayor en los tratamientos con mayor incorporación de almidón pre-tratado que en los con que consumieron almidón crudo, aunque estadísticamente no fueron diferentes en la composición de lípidos. Al parecer otros autores han observado que el incremento de lípidos en el tejido está relacionado con el incremento de energía digestible obtenido a partir de dietas ricas en carbohidratos (Kaushik y Oliva-Teles, 1985; Lanari *et al.*, 1999). Por lo que la grasa almacenada en el tejido de los juveniles de corvina se



debió quizás al aprovechamiento del almidón y suplementado con bacterias probióticas.

En cuanto al contenido de *humedad en músculo* de los juveniles de corvina, se encontró una relación inversa con el contenido de lípidos de los mismos, ya que, en el músculo como en los demás tejidos, cuando se depositan lípidos, generalmente estos reemplazan el contenido de agua (Bureau *et al.*, 2000).

La concentración de proteína depositada en *pez entero*, no mostró diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo, tuvo una pequeña tendencia a disminuir respecto a la depositación de los lípidos, ya que en general la incorporación de grasa en tejido fue incrementando respecto a la inclusión de los almidones, por lo que los peces alimentados con el tratamiento (DP22) con 22% de almidón mostraron el mayor contenido de lípidos totales en la composición de los peces. Otros autores han observado una tendencia similar, en el incremento de lípidos en el cuerpo de pez entero con una incorporación mayor de carbohidratos digestibles en las dietas (Kaushik *et al.*, 1989; Lanari *et al.*, 1999; Fernández *et al.*, 2007). Por lo que podría sugerirse que la incorporación de carbohidratos digestibles en las dietas podría promover el almacenamiento de lípidos en el organismo, y más aún si se suplementa a las dietas con bacterias probióticas que ayuden al organismo a la utilización de almidón, como lo fue en el presente estudio.

En lo que respecta a la composición proximal del *hígado*, el contenido de proteína depositada presentó variación en los tratamientos experimentales. Los organismos de la dieta DP22 mostraron el menor contenido de proteína, mientras que los de mayor concentración fueron los peces alimentados con la dieta DC (Tabla IV). Por otro lado, el contenido de lípidos fue incrementando respecto a la inclusión del almidón, lo que se pudo observar de manera particular en los organismos alimentados con la dieta DP22, ya que



presentaron el mayor nivel de lípidos almacenados en el hígado, deduciendo la posible capacidad de almacenar almidón (en forma de glucógeno) en este órgano. Según Cuoto *et al.* (2008) el alto IHS está relacionado con la depositación del glicógeno en el hígado.

En otro contexto Peres y Oliva-Teles (2002) también encontraron diferencias en los diferentes tratamientos suministrados a *D. labrax*, ya que el mayor nivel de lípidos depositados en el hígado, se presentó en el tratamiento con almidón gelatinizado, respecto al tratamiento con almidón crudo y combinado. En lo que en el presente trabajo se pudo observar, que el porcentaje de gelatinización del almidón de la dieta (DC) no aumentó el IHS de los peces, sin embargo los organismos alimentados con mayores niveles de almidón (50% gelatinizado) y suplementados con bacterias probióticas aparentemente tuvieron oportunidad de usar este macro nutriente teniendo como consecuencia un mayor IHS (DP22 y DP18).

#### 7.6 Coeficiente de digestibilidad aparente

Los coeficientes de digestibilidad para alimentos ricos en proteína se encuentran comúnmente en un intervalo que va de 75% a 95% (Guillaume, 2001), en lo respecta al presente trabajo el nivel de proteína manejado para la alimentación de los organismos se encontró dentro de los óptimos, según lo recomendo por Durazo *et al.* (2009), una inclusión hasta recomendable de 47% de proteína en la dieta de juveniles de *A. nobilis*.

En lo que se refiere a la digestibilidad, en este caso el CDA<sub>P</sub> de la dieta DP22 registró el valor más alto, siendo que un grado alto de incorporación de carbohidratos puede afectar la digestibilidad y con ello al crecimiento del organismo (Wilson, 1994; Lanari *et al.*, 1999). Sin embargo uno de los aspectos de la DP22 fue una incorporación mayor de la fuente de protéica de harina de músculo de pescado, por lo que en este caso pudieron verse



beneficiados los organismos, y contrarrestar el efecto del alto nivel de carbohidratos, aunque según Bergot (1993), "La digestibilidad de la materia, es el resultado de la combinación digerible de varios ingredientes". Por lo que varios autores han reportado que la digestibilidad depende de la incorporación de carbohidratos en las dietas, ya que la digestibilidad y aprovechamiento de la proteína podría ser menor en dietas con alto contenido de almidón (Peres y Oliva-Teles, 2002). Sin embargo Enes *et al.* (2006) comenta que la digestibilidad de la proteína es independiente de la naturaleza de los almidones (crudos o tratados), ya que en su trabajo reporta que  $CDA_P$  en juveniles de *D. labrax* fue más bajo en las dietas a las cuales se les incorporó almidón (crudo y pre-tratado).

En el presente trabajo pudo apreciarse con claridad un gran contraste de usar almidón con probiótico en *A. nobilis*, ya que de alguna manera las bacterias ayudaron a contrarrestar el efecto del almidón y mejorando la utilización de la proteína. Lara-Flores *et al.* (2003) encontraron que el valor más alto de digestibilidad obtenido en *O. nilotica* fue con las dieta suplementadas con bacterias, por lo que indican que la adición de estos microorganismos pueden ayudar a mejorar la utilización de la proteína.

En el presente trabajo se pudo observar que los juveniles de corvina blanca tuvieron tolerancia y capacidad de aprovechar dietas con altos niveles de almidón, como otra opción de energía, ya que en muchos de los casos los peces carnívoros prefieren a la harina o aceite de pescado como fuente de energía (Wilson, 1994).

De acuerdo a nuestros resultados el  $CDA_E$  fue en aumento a medida que aumentaba la incorporación del almidón, por lo que en este caso el bajo nivel de lípidos incorporados a las dietas no fue limitante para el metabolismo de los juveniles de corvina, ya que aparentemente los peces pudieron usar eficientemente al almidón suministrado. *Sciaenops ocellatus* muestra preferir



lípidos como fuente de energía en lugar de los almidones (Ellis y Reight, 1991). En otros peces carnívoros como *Clarias batrachus* y *Pseudoplatystoma coruscans*, pudieron utilizar eficientemente los almidones como fuente de energía, en lugar de las fuentes lipídicas (Erfanullah, 1998 y Martino *et al.*, 2002, respectivamente), según Wilson (1994) el uso de estas fuentes pueden variar entre las especies.

Con ello puede abrirse la posibilidad de usar niveles considerables de almidón (mínimo 22%) suplementados con bacterias probióticas como fuente de energía alterna, y probablemente reducir la incorporación de la harina y aceite de pescado, y así, el destino de la proteína sería solo para fines de crecimiento sin llegar a ser utilizada como una fuente energía. Por ello una estrategia nutricional para economizar la proteína, es un incremento adecuado de la cantidad de lípidos y carbohidratos en dietas de peces y así poder reducir la inclusión de proteína sin afectar en el crecimiento del organismo (Ellis y Reight, 1991; Ochoa-Solano y Olmos-Soto, 2006).





### 8.0 CONCLUSIONES

1. El mejor crecimiento en juveniles de *A. nobilis* se presentó en los organismos alimentados con las dietas de mayor inclusión de almidón (22%) y suplementadas con bacterias del género *Bacillus* spp.
2. El crecimiento de *A. nobilis* en el presente experimento no presentó un punto de inflexión en la regresión lineal entre peso final y nivel de almidón en las dietas que permitiera la determinación de una máxima inclusión y tolerancia de carbohidratos en la dieta.
3. Los valores de la razón de eficiencia protéica indican que el 22% de almidón en las dietas y suplementadas con bacterias del género *Bacillus* spp. mejoró la ganancia de peso en los juveniles de corvina blanca.
4. Los IHS más bajos fueron registrados en los organismos que consumieron la dieta control (DC) y D10, con mayor contenido de lípidos y menor contenido de almidón.



## 9.0 RECOMENDACIONES

Se sugiere continuar trabajando con el uso de dietas con niveles de almidón mayores al presente estudio y suplementados con bacterias probióticas, para poder determinar el máximo nivel de almidón con el cual los juveniles de corvina blanca pueden ser alimentados sin que se vea afectado el crecimiento.

Determinar la depositación de glicógeno en hígado y músculo, para poder observar de manera detallada el efecto del almidón en los tejidos de los juveniles de *A. nobilis*.

Realizar análisis enzimáticos del intestino de los juveniles de corvina blanca que hayan sido alimentados con dietas suplementadas con bacterias probióticas y observar el posible desarrollo de la actividad de las enzimas digestivas.

Realizar análisis hematológicos para conocer la salud de los organismos después de utilizar dietas ricas en almidón suplementados con bacterias probióticas.



### 10.0 BIBLIOGRAFÍA

- Agüero-Grande, K. A. 2008. Uso del aceite de clavo como anestésico natural para el manejo rutinario de organismos marinos en laboratorio. Tesis de Licenciatura. UABC-FCM. Ensenada, B.C. 36 pp.
- Agúndez-Amador, A. 2007. Efectos del nivel de proteína en la dieta en el crecimiento y composición corporal de corvina blanca (*Atractoscion nobilis*) bajo condiciones de cultivo. Tesis de maestría. UABC-FCM. Ensenada, B. C. 51 pp.
- Anderson, J., Jackson, A.J. y Capper, B.S. 1984. Effects of dietary carbohydrate and fibre on the tilapia *Oreochromis niloticus* (Linn). *Aquaculture*. 37: 303-314.
- Anuario Estadístico de Pesca (AEP). 2003. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. México, pp. 14-15.
- AOAC.1995. Official Methods of Analysis. 16<sup>th</sup> Edition. Vol 1. Arlington, VA.
- Arellano-Carbajal, F. y Olmos-Soto, J. 2002. Thermostable  $\alpha$ -1,4- and  $\alpha$ -1,6-glucosidase enzymes from *Bacillus* sp. Isolated from a marine environment. *J. of Microbiology & Biotechnology*. 18: 791-795.
- Balcázar, J. L., de Blas, I., Ruíz-Zarzuela, I., Cunningham, D., Vendrell, D. y Múzquiz, J. L. 2006 b. The role of probiotics in aquaculture. *Vet. Microbiol.* 114, 173-186.
- Bairagi, A., Sakar Ghosh, K., Sen, K. S. y Ray, A. K. 2004. Evaluation of the nutritive value of *Leucaena leucocephala* leaf meal, inoculated with fish intestinal bacteria *Bacillus subtilis* and *Bacillus circulans* in formulated diets for rohu, *Labeo rohita* (Hamilton) fingerling. *Aquaculture Research* 35: 436-446.



- Bergot, F. y Brèque, J., 1983. Digestibility of starch by rainbow trout: effects of the physical state of starch and of the intake level. *Aquaculture* 34, 203–212.
- Borba, M. R., Francalossi, D. M. y Pezzato, L. E. 2006. Dietary energy requirement of piracanjuba fingerlings, *Brycon orbignyanus*, and relative utilization of dietary carbohydrate and lipid.
- Briggs-Fajardo, D. I. 2006. Digestibilidad en corvina blanca (*Atractoscion nobilis*) utilizando harina de soya como fuente parcial de proteína. Tesis de licenciatura de la Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada B.C., México, 39 pp.
- Brugère, C. y Ridler, N. 2005. Perspectivas de la Acuicultura Mundial en los Próximos Decenios: Análisis de los pronósticos para 2030 de la Producción Acuícola de los principales países. FAO. Roma, Italia, 62 pp.
- Bureau, D.P., Azevedo, P.A., Tapia-Salazar, M. y Cuzon G.. 2000. Pattern and cost of growth and nutrient deposition in fish and shrimp: Potential implications and applications. In: Cruz-Suarez, L.E., Rique-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M. A. y Civera-Cerecedo, R. Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 19-22 Noviembre, 2000. Mérida, Yucatán, México, 60 pp.
- Csirke, J.1999. Retos para la pesca mundial de captura con posibilidades limitadas de expansión. Servicio de Recursos Marinos. Dirección de Recursos Pesqueros. Departamento de Pesca de la Sede de la FAO en Roma. <http://www.rlc.fao.org/prior/recnat/recursos/pesca/articulo.htm>
- Cuoto, A., Enes, P., Peres, H. y Oliva-Teles, A. 2008. Effect of water temperatura and dietary starch on growth and metabolic utilization of



- dites un gilthead sea bream (*Sparus aurata*) juveniles. Comp. Biochem. and Physiol. Part A. 151: 45-50.
- Durazo E., Cruz, A. C., López, L.M., Lazo, J.P., Drawbridge, M. Viana, M.T. 2009. Effects of digestible protein levels in isonitrogenous diets on growth performance and tissue composition of juvenile *Atractoscion nobilis*. En prensa *Aquaculture Nutrition*.
- Ellis, S. C. E. y Reigh, R. C. 1991. Effects of dietary lipid and carbohydrate levels on growth and body composition if juvenile red drum *Sciaenops ocellatus*. *Aquaculture*. 97: 383-394.
- Enes, P., Panserat S., Kaushik, S. C. y Oliva-Teles, A. 2006. Effect of normal and waxy maize starch on growth, food utilization and hepatic glucose metabolism in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. Comp. Biochem. Physiol. Part A. 143: 89-96.
- Enes, P., Panserat S., Kaushik, S. C. y Oliva-Teles, A. 2008. Growth performance and metabolic utilization of diets with native and waxy maize starch by gilthead sea bream (*Sparus aurata*) juveniles. *Aquaculture* 274: 101-108.
- Enes, P., Panserat S., Kaushik, S. C. y Oliva-Teles, A. 2008. Hepatic glucokinase and glucose-6-phosphatase renponse to dietary glucose and starch in giltheadnsea bream (*Sparus aurata*) juveniles reared at two temperatures. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*. 149: 80-86.
- Erfanullah & Jafri, A.K. (1998) Effect of dietary carbohydrate to lipid ratio on growth and body composition of walking catfish (*Clarias batrachus*). *Aquaculture*. 161: 159–168.
- FAO. Anuario. Estadísticas de pesca-capturas. 2002. Vol. 94/1 Colección FAO: Pesca N° 66. Colección FAO: Estadísticas N° 180. Roma. 2004 pp.



- FAO Fisheries Department. 2006. Estado mundial de la pesca y la acuicultura (SOFIA). FAO. 176 pp.
- FAO. 1996. Examen de la situación de los recursos pesqueros mundiales. Recursos marinos. FAO Documento Técnico de Pesca No. 335: 147 p.
- Fernández, F., Miquel, A. G., Córdoba, M., Varas M., Metón I., Caseras A. y Banante V. I. 2007. Effects of diets with distinct protein-to-carbohydrate ratios on nutrient digestibility, growth performance, body composition and liver intermediary enzyme activities in gilthead sea bream (*Sparus aurata*, L.) fingerlings. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 343: 1-10.
- Folch J., Lees M y Stanley G.H.S. (1975). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem. 226: 496-509.
- Fuller, R. 1992. History and development of probiotics. En: R. Fuller. (Ed), Probiotics. The Scientific Basis. Chapman y Hall, New York, NY. pp. 1-8
- García-Franco, Cota-Villavicencio, W. A. y Sanchez-Ruiz, F.J. 2001. Diagnostico de la pesquería de peces pelágicos menores en la Costa occidental de Baja California, México. Ciencia Pesquera. INP. 14, pp. 113-120
- Gatesoupe, F. J. 1999. The use of probiotics in aquaculture. Aquaculture 180, 147-165.
- Gatlin, D.M. 2002. Red Drum, *Sciaenops ocellatus*. In: Webster, D. C., Lim, C. (Eds.), Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture. CABI Publishing. pp. 184-203.



- Gomez-Gil, B., Roque, A. y Turnbull, J. 2000. The use and selection of probiotic bacteria in the larval culture of aquatic organisms. *Aquaculture*.191: 259-270.
- Guillaume, J., Kaushik, S., Bergot, P. y Métailler, R. 2001. Nutrition and Feeding of Fish and Crustaceans. Springer-Praxis Books in aquaculture and fisheries. 407 pp.
- Hardy, W. R. 2002. Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*. In: Webster, D. C., Lim, C. (Eds.), Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture. CABI Publishing. pp. 184-203.
- Hardy, R. W. y Barrows, F. T. 2002. Diet Formulation and Manufacture. In: Halver J.E. y Hardy R. W. Fish Nutrition . 3 th edition. Academic Press, San Diego, U.S.A. 824 pp.
- Hemre, G. I., Shiau, S. Y., Deng, F. D., Storebakken, T. y Hung, S. S.O. 2002. Utilization of hydrolysed potato starch by juvenile Atlantic salmon *Salmo salar* L., when using a restricted feeding regime. *Aquaculture Research*. 31: 207-212.
- Hemre, G.-I., Waagbø, R., Hjeltne, B. y Aksnes, A. (1996). Effect of gelatinized wheat and maize in diets for large Atlantic salmon (*Salmo salar*) on glycogen retention, plasma glucose and ash health. *Aquaculture Nutrition* 2: 33-39.
- Irianto A. y Austin, B. 2002. Review. Probiotics in aquaculture. *Journal of Fish Diseases*. 25: 633-642.
- Jobling, M. 1994. Fish Bioenergetics. Chapman and Hall. Gran Bretaña. 307 pp.



- Jobling, M. 2001. Nutrition partitioning and the influence of feed composition on body composition. En: Houlihan, D., Boujard, T., Jobling, M. Food Intake in Fish. Blackwell Science, U.K., pp. 354-375.
- Kaushik, S. y Médale, F. 1994. Energy requirements, utilization and dietary supply to salmonids. *Aquaculture* 124: 81-97.
- Kaushik, S., Médale, F. y Blanc, D. 1989. Effect of digestible carbohydrates on Protein/ Energy utilization and glucose metabolism in rainbow trout (*Salmo gairdneri* R.). *Aquaculture*, 79: 63-74.
- Kesarcodi-Watson A., Kaspar H., Lategan M.J. y Gibson, L. 2008. Probiotics in aquaculture: The need, principles and mechanisms of action and screening processes. *Aquaculture*. 274: 1-14.
- Krogdahl, A., Hemre, G.I. y Mommsen, T.P., 2005. Carbohydrates in fish nutrition: digestion and absorption in postlarval stages. *Aquac. Nutr.* 11: 103-122.
- Lanari, D., Poli, B.M., Ballestrazzi, R., Lupi, P., D'Agaro, E. y Mecatti, M., 1999. The effects of dietary fat and NFE levels on growing European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). Growth rate, body and fillet composition, carcass traits and nutrient retention efficiency. *Aquaculture* 179: 351-364.
- Lara, F. M., Olvera, N. M.A., Guzman, M. B. E. y López, M. W. 2003. Use of the bacteria *Streptococcus fecium* and *Lactobacillus acidophilus*, and the yeast *Saccharomyces cerevisiae* as growth promoters in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 216: 193-201.
- Martino, R. C., Cyprino, J. E. P., Portz, L. y Trugo, L. C. 2002. Effect of dietary lipid level on nutritional performance of the surubim, *Pseudoplatystoma corucans*. *Aquaculture*. 209: 209-218.





- Miller, D. J. y Lea, R. N. 1972. Guide to the coastal marine fishess of California. Bulletin 157: 1-249.
- Mokoginta, I., Takeuchi, T., Hadadi, A. y Dedi, J. 2004. Different capabilities in utilizing dietary carbohydrate by fingerling and subadult giant gouramy *Osphronemus gouramy*. Fisheries Science. 70: 996-1002.
- Nankervis, L., Matthews, S. J y Appleford, P. 2000. Effect of dietary non-protein energy source on growth, nutrient retention and circulating insulin-like growth factor I and triiodothyronine levels in juvenile barramundi, *Lates calcarifer*. Aquaculture. 191: 323-335.
- New, M. B y Wijkström U. N. 2002. Use of Fisméal and Oil in Aquafeeds. Further thoughts on the fishmeal trap. FAO Fisheries Circular No. 975, 71 pp.
- Ochoa-Solano, L. 2006. Desarrollo de Probióticos para la Camaronicultura. Tesis de doctorado. CICESE. Ensenada, Baja California, 99 pp.
- Ochoa-Solano, L. y Olmos-Soto, J. 2006. The functional property of *Bacillus* for shrimp feed. Food Microbiology. 23: 519-525.
- Peña-Díaz, A., Arroyo-Begovich, A., Gómez-Puyou, Y.R. y Tapia, I. 1994. Bioquímica. 2da edición. Limusa. México, D.F. 427 pp.
- Peres, H. y Oliva-Teles, A. 2002. Utilization of raw and gelatinized starch by European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. Aquaculture 205:287-299.
- Qinghui, A., Kangsen, M., Beiping, T., Wei, Xu, Qinghui, D., Hongming, M. y Zhang, L. 2006. Replacement of fish meal by meat and bone meal in diets for large yellow croaker, *Pseudosciaena crocea*. Aquaculture. 260: 255-263.



- Rinkinen, M., Westermarck, E., Salminen, S. y Ouwehand A. C. 2003. Absence of host specificity for in vitro adhesion of probiotic lactic bacteria to intestinal mucus. *Vet. Microbiol.* 97: 55-61.
- Roberts, R. J. 2002. Nutritional Pathology. In: Halver J.E. y Hardy R. W. *Fish Nutrition*. 3 th edition. Academic Press, San Diego, U.S.A. 824 pp.
- Ruiz, D. 1985. Recursos pesqueros de las costas de México. 2 da edición. Limusa. México. 208 pp.
- Rust, M. B. 2002. Nutritional Physiology. In: Halver J.E. y Hardy R. W. *Fish Nutrition*. 3 th edition. Academic Press, San Diego, U.S.A. 824 pp.
- Sá, R., Pousao-Ferraira, P., y Olive-Teles, A. 2008. Effect of dietary starch source (normal versus waxy) and protein levels on the performance of white sea bream *Diplodus sragus* (Linnaeus) juveniles. *Aquaculture Research*. 39: 1069-1076.
- Sargent J. R., Douglas, R., Tocher y Gordon Bell, J. 2002. The lipids In: Halver J.E. y Hardy R. W. *Fish Nutrition* 3 th edition. Academic Press. San Diego, U.S.A. 824 pp.
- Silverstein, J. T., Shearer, K. S., Dickhoff W. W. y Plisetskaya, E. M. (1999) Regulation and nutrient intake and energy balance in salmon. *Aquaculture*, 177:161–169.
- Stone, D. A., Allan, G. L. y Anderson, A. J. 2003. Carbohydrate utilization by juvenile silver perch, *Bibyanus bidyanus* (Mitchell). III. The protein-sparin effect of wheat starch-based carbohydrates.
- Tacon, A. G. J. 1994. Feed ingredients for carnivorous fish species: alternatives to fish meal and other dietary resources. *FAO Fish. Circ.* 881: 35.



- Tacon, A. G. J., Nates, S. F. y McNeil, R. J. 2005. Feeding strategies vary for shrimp producers. *Global Aquaculture Advocate*. 8 (2): 79-81.
- Taoka, Y., Maeda, H., Jo, J.Y., Kim, S. M., Park, S. L., Yoshikawa, T., y Sakata, T. 2006. Use of live and dead probiotic cells in tilapia *Oreochromis niloticus*. *Fisheries Science* 72: 755-766.
- Tejada, I. 1992. Control de calidad y análisis de alimentos para animales. Secretaría de Educación Pública. México, D.F. 397 pp.
- Thivend, P., Mercier, C., Guilbot, A., 1972. Determination of starch with glucoamylase. In: Whistler, R.L., Bemiller, J.N. (Eds.), *Methods in Carbohydrate Chemistry*. Academic Press, New York, USA, pp. 100–105.
- Verschuere, L., Rombaut, G., Sorgeloos, P., Verstraete, W., 2000. Probiotic bacteria as biological control agents in aquaculture. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 64: 655– 671.
- Vojkovich, M. y R.J. Reed. 1983. White seabass, *Atractoscion nobilis*, in California-mexican waters: status of the fishery. *CalCOFI Rep.*, Vol. XXIV.
- Wilson, R. P. 2002. *Dicentrarchus labrax*, D. C., Lim, C. (Eds.), *Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture*. CABI Publishing. pp. 144-175
- Wilson, R. P. 1994. Utilization of dietary carbohydrate by fish. *Aquaculture* 124: 67–80.
- Wijkström, U.N. y New, M.B. 1989. Fish for feed: a help or a hindrance to aquaculture in 2000? *INFOFISH International*, 6/89: 48-52.