



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

UNIVERSIDAD DE SONORA
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS



1963

**CRECIMIENTO Y SUPERVIVENCIA DE JUVENILES DEL PEZ BOTETE DIANA,
Sphaeroides annulatus, ALIMENTADOS CON TRES DIETAS COMERCIALES**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
LICENCIADO EN BIOLOGÍA CON OPCIÓN EN ACUACULTURA

PRESENTA:
CHRISTIAN MINJAREZ OSORIO

HERMOSILLO, SONORA.

FEBRERO DE 2010

Repositorio Institucional UNISON



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"



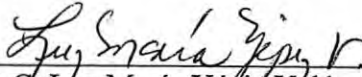
Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

APROBACIÓN

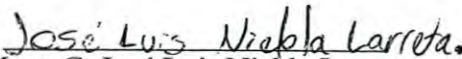
Los miembros del Jurado designado para revisar la Tesis Profesional de Christian Minjarez Osorio, la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito parcial para obtener el Título de Biólogo, con Opción en Acuicultura.



Dra. Reina Castro Longoria
Director de Tesis



M. en C. Luz María Yépez Velázquez
Secretario



M. en C. José Luis Niebla Larreta
Vocal



M. en C. José Carlos Aguirre Rosas
Suplente

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Sonora por aceptarme como estudiante y a lo largo de un proceso de 4 años de duración, brindarme el conocimiento, tanto en lo científico como en lo ético es por esto que nunca olvidaré mis orígenes, a mi querida Alma Máter.

Al Centro Reprodutor de Especies Marinas del Estado de Sonora (CREMES) que bajo el proyecto de “Cultivo experimental de Botete diana en Sonora” nos brindó el apoyo en cuanto a material e instalaciones para la realización de este trabajo de tesis. De igual manera se agradece al personal del CREMES: M.C. José Luis Niebla Larreta, Biol. Ulises Barajas, y M.C Francisco Hoyos Chaírez quienes me brindaron sus sabios consejos y apoyo en todos los momentos de mi estancia en sus instalaciones.

A la Doctora Reina Castro Longoria quien estuvo conmigo en los buenos momentos y en los malos, quien se desveló muchos días con tal de brindarme sus sabios conocimientos y apoyo, quien nunca me negó la ayuda, MUCHAS GRACIAS.

A mis amigos Martín Acedo Valdez y Sergio David Moreno por brindarme ayuda durante el experimental así como en el laboratorio, alguna vez oí que los buenos amigos se cuentan con los dedos de las manos, estoy orgulloso de tener amigos como ustedes, quienes siempre me brindaron todo el apoyo necesario.

A Daniela Nessi quien siempre tuvo sugerencias, consejos y recomendaciones, gracias por ayudarme y por siempre tener tiempo para escucharme.

A mis padres por la formación que me dieron desde niño, gracias a ellos llegué hasta este momento, muchas gracias, un éxito más en la vida.

A mis hermanos Pamela y Jorge quienes siempre me apoyaron y nunca dudaron de mis capacidades, y a toda la familia Osorio quienes somos caso especial muchas gracias.

Al grupo de acuacultura: Tere, Iraís, chewaca, caro, diana y el coco, nosotros fuimos el mejor grupo de todas las especialidades y claro esta a mi amiga Gissel quien también estuvo conmigo en las buenas y en las malas.

A mis maestros por la formación que me dieron, especialmente a los de la especialidad, quienes siempre se esforzaron mucho por compartirnos su conocimiento y experiencias.

A mis amigos Felipe y Ami quienes han estado conmigo desde hace mucho tiempo.

DEDICATORIA

A mis padres: Luis Alejandro Minjarez y María del Carmen Osorio quienes me formaron desde pequeño.

A la Doctora Reina quien siempre me brindó todo su apoyo y lo mas valioso, su tiempo.

A mis amigos de la especialidad: Tere, Iraís, chewaca, caro, diana y el coco.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN	i
ÍNDICE DE TABLAS	ii
ÍNDICE DE FIGURAS	iii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	5
II.1. Clasificación taxonómica	5
II.2. Biología de la especie	5
II.3. Alimentación de larvas	10
II.4. Requerimientos nutricionales	12
II.4.1. Proteína	12
II.4.2. Lípidos	12
II.4.3. Carbohidratos	14
II.5. Alimentos balanceados	15
II.5.1. Alimentos extruídos	16
II.6. Absorción de proteínas en el epitelio intestinal	16
II.7. Variables fisicoquímicas del agua	16
II.7.1. Oxígeno disuelto (OD)	17
II.7.2. Temperatura	19
II.7.3. pH	19
II.7.4. Salinidad	20

II.8. Regulación del balance hídrico en peces	21
II.8.1. Regulación del balance hídrico en peces de agua dulce	21
II.8.2. Regulación del balance hídrico en peces marinos	21
II.8.3. Alimento para juveniles	21
III. HIPÓTESIS	22
IV. OBJETIVOS.	23
III.1. Objetivo general.	23
III.2. Objetivos particulares.	23
V. MATERIALES Y MÉTODOS	24
V.1. Obtención de los organismos	24
V.2. Diseño experimental.	24
V.3. Índices de crecimiento	27
V.4. Índice de condición	27
V.5. Análisis histológico	28
V.5.1. Análisis de cilios intestinales	29
V.6. Análisis de costos de los alimentos	29
V.7. Análisis estadístico	29
VI. RESULTADOS	30
VI.1. Variables Fisicoquímicas del agua	30
VI.1.1. Oxígeno Disuelto (OD)	30
VI.1.2. Temperatura	32
VI.1.3. pH	34
VI.1.4. Salinidad	36

VI.2. Crecimiento de <i>Spherooides annulatus</i>	38
VI.2.1. Crecimiento en peso	38
VI.2.2. Crecimiento en longitud	39
VI.3. Prueba de regresión lineal	40
VI.4. Índices de crecimiento	42
VI.4.1. Tasa de crecimiento absoluta en peso diaria ($P_f - P_i / t$)	42
VI.4.2. Tasa de crecimiento absoluta en talla diaria ($T_f - T_i / t$)	43
VI.4.3. Tasa del crecimiento específico en peso ($\ln P_f - \ln P_i \times 100/t$)	44
VI.4.4. Tasa del crecimiento específico en talla ($\ln T_f - \ln T_i \times 100/t$)	45
VI.4.5. Supervivencia	46
VI.5. Tasa de conversión alimenticia	47
VI.6. Tasa de eficiencia del alimento	48
VI.7. Índice de condición	49
VI.8. Análisis de los epitelios intestinales	51
VI.9. Análisis de costos de los alimentos	53
VII. DISCUSIÓN	54
VIII. CONCLUSIONES	60
IX. LITERATURA CITADA	61
X. ANEXOS	66

RESUMEN.

El cultivo de peces marinos esta poco desarrollado en el país, sin embargo se cuenta con un amplio territorio de costa para que esta actividad se desarrolle. El pez botete diana, *Sphoeroides annulatus*, forma parte importante de las pesquerías en México. El Centro Reprodutor de Especies Marinas del Estado de Sonora (CREMES) ha logrado obtener el primer desove en cautiverio en el 2008 en Bahía de Kino y el cultivo larval. En la alimentación de las larvas de los primeros 30 días, CREMES utilizó alimento vivo y particulado, sin embargo aún no existe en el mercado un alimento exclusivo para fases posteriores de cultivo. Para cumplir este propósito, se evaluaron tres alimentos balanceados extruidos comerciales para peces marinos (Inve), camarón (Silver Cup) y tilapia (Nutripec) con el fin de determinar cuál de estos proporciona el mejor crecimiento y supervivencia. El CREMES donó 450 larvas de juveniles de *S. annulatus* de 45 días de vida con un peso de $1100 \text{ mg} \pm 100$ y longitud promedio de $33 \text{ mm} \pm 2.3$, las cuales se repartieron aleatoria y equitativamente en nueve acuarios con agua de mar. Los alimentos utilizados variaron en precio y cantidad de proteína: Inve (P:55 \$100 pesos/Kg), Silver Cup (P:45 \$ 10 pesos/Kg) y Nutripec (P:35 \$10 pesos/Kg). Los alimentos Silver Cup y Nutripec se trituraron y se tamizaron a 800 y 1200 μm . Se alimentó con el 5 % del peso total de la biomasa en nueve raciones. Al final de cada semana, en dos semanas de experimentación, los organismos fueron medidos y pesados. La mortalidad se determinó por la fórmula: $\text{Número final de individuos} / \text{Número inicial de individuos} \times 100$. Mediante histología se determinó el tamaño de los cilios intestinales de acuerdo con cada alimento. Se encontraron diferencias significativas $p \leq 0.05$ entre el peso y la talla en todos los tratamientos. Los peces alimentados con Inve presentaron un mayor peso y longitud, el cual fue de $1664.50 \text{ mg} \pm 420.0$ y $39.72 \text{ mm} \pm 3.23$ respectivamente, seguido por Silver Cup con $1463.3 \text{ mg} \pm 380.0$ y $38.2 \text{ mm} \pm 2.95$ y por último Nutripec con $1271.7 \text{ mg} \pm 311.0$ y $37.20 \text{ mm} \pm 2.57$. Los peces alimentados con Inve mostraron un desarrollo ciliar en los epitelios intestinales más avanzado que en los demás tratamientos. Los resultados indicaron que el alimento para camarón es el más conveniente para los organismos en experimentación en cuanto a la eficiencia y precio. Sin embargo, el alimento Inve fue el que registró los valores más altos en cuanto a crecimiento. Todos los tratamientos mostraron altos niveles de supervivencia superiores al 88 %. Se encontró una relación lineal peso-talla en los organismos alimentados con Inve y Silver Cup. Se concluye en este trabajo que los requerimientos del botete diana están basados en una dieta alta en proteína animal (alimento INVE) y que una segunda opción con menor costo y proteína puede ser el alimento para camarón.

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla I. Promedio de las variables del agua tomadas en el reservorio.	24
Tabla II. Composición química de cada alimento: Inve: (Peces marinos), Silver Cup: (Camarón), Nutripec: (Tilapia).	25
Tabla III. Frecuencia de alimentación para <i>S. annulatus</i> .	26
Tabla IV. Procedimiento histológico para el deshidratado de las muestras.	28

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Fig.1. Esquema general del Botete diana <i>Sphoeroides annulatus</i> donde se muestran algunas de sus partes externas. Se puede observar también un acercamiento de la cavidad bucal del organismo donde se aprecia claramente los cuatro dientes que le dan el nombre a la familia Tetradontidae (Thomson <i>et al.</i> 1987; Bussing, 1995; García-Ortega, 2007).	6
Fig.2. Distribución geográfica mundial de la especie <i>S. annulatus</i> (Bussing, 1995).	8
Fig.3. Protocolo de alimentación para <i>S. annulatus</i> .	13
Fig. 4. Variación promedio del oxígeno en el tratamiento donde se utilizó el alimento Inve (alimento para peces marinos). En la gráfica se muestra el valor máximo y mínimo.	30
Fig. 5. Variación promedio del oxígeno en el tratamiento donde se utilizó el alimento Silver Cup (alimento para camarón). En la gráfica se muestra el valor máximo y mínimo.	31
Fig. 6 Variación promedio del oxígeno en el tratamiento donde se utilizó el alimento Nutripec (alimento para tilapia). En la gráfica se muestra el valor máximo y mínimo.	31
Fig. 7. Variación promedio de la temperatura en el tratamiento donde se utilizó el alimento Inve (alimento para peces marinos). En la gráfica se muestra al valor máximo y mínimo.	32
Fig. 8. Variación promedio de la temperatura en el tratamiento donde se utilizó el alimento Silver Cup (alimento para camarón). En la gráfica se muestra el valor máximo y mínimo	33
Fig. 9. Variación promedio de la temperatura en el tratamiento donde se utilizó el alimento Nutripec (alimento para tilapia). En la gráfica se muestra el valor mínimo y máximo.	33
Fig. 10. Variación promedio del pH en el tratamiento donde se utilizó el alimento Inve (alimento para peces marinos). En la gráfica se muestra el valor máximo y mínimo.	34
Fig. 11. Variación promedio del pH en el tratamiento donde se utilizó el alimento Silver Cup (alimento para camarón). En la gráfica se muestra el valor máximo y mínimo.	35

	Pág.
Fig.12. Variación promedio del pH en el tratamiento donde se utilizó el alimento Nutripec (alimento para tilapia). En la gráfica se muestra el valor máximo y mínimo.	35
Fig.13. Variación promedio de la salinidad en el tratamiento donde se utilizó el alimento Inve (alimento para peces marinos). En la gráfica se muestra el valor máximo y mínimo.	36
Fig.14. Variación promedio de la salinidad en el tratamiento donde se utilizó el alimento Silver Cup (alimento para camarón). En la gráfica se muestra el valor máximo y mínimo.	37
Fig.15. Variación promedio de la salinidad en el tratamiento donde se utilizó el alimento Nutripec (alimento para tilapia). En la gráfica se muestra el valor máximo y mínimo.	37
Fig. 16. Comparación entre el promedio obtenido en peso del botete durante la primera y segunda semana de experimentación. Letras diferentes indican diferencias significativas $p \leq 0.05$.	39
Fig. 17. Comparación entre el crecimiento promedio en talla del botete obtenido durante la primera y segunda semana de experimentación. Letras diferentes indican diferencias significativas $p \leq 0.05$.	40
Fig.18. Relación peso-talla de los peces alimentados con el alimento Inve (alimento para peces marinos) $n = 150$.	41
Fig.19. Relación peso-talla de los peces alimentados con el alimento Silver Cup (alimento para camarón) $n = 150$.	41
Fig.20. Relación peso-talla de los peces alimentados con el alimento Nutripec (alimento para tilapia) $n = 150$.	42
Fig.21. Tasa de crecimiento absoluta en peso $(P_f - P_i/t)$ por tratamiento para <i>S. annulatus</i> .	43
Fig.22. Tasa de crecimiento absoluta en talla $(T_f - T_i/t)$ por tratamiento para <i>S. annulatus</i> .	44

Continuación	INDICE DE FIGURAS	Pág.
Fig.23. Tasa de crecimiento específica en peso ($\ln Pf - \ln Pi \times 100/t$) por tratamiento para <i>S. annulatus</i> .		45
Fig.24. Tasa de crecimiento específica en talla ($\ln Tf - \ln Ti \times 100/t$) por tratamiento para <i>S. annulatus</i> .		46
Fig.25. Supervivencia total por tratamiento para <i>S. annulatus</i> .		47
Fig.26. Comparación de la tasa de conversión alimenticia en la primera y segunda semana.		48
Fig.27. Comparación de la tasa de eficiencia del alimento en la primera y segunda semana		48
Fig.28. Índice de condición de los organismos alimentados con Inve (alimento para peces marinos).		49
Fig.29. Índice de condición de los organismos alimentados con Silver Cup (alimento para camarón).		50
Fig.30. Índice de condición de los organismos alimentados con Nutripec (alimento para tilapia).		50
Fig.31. Corte histológico del intestino de un organismo alimentado con Inve. CIA: Cilios intestinales altamente desarrollados. Tomada a 1000 X.		51
Fig.32. Corte histológico del intestino de un organismo alimentado con Silver Cup. CIM: Cilios intestinales medianamente desarrollados. Tomada a 1000 X.		52
Fig.33. Corte histológico del intestino de un organismo alimentado con Nutripec. CIP: Cilios intestinales poco desarrollados. Tomada a 1000 X.		52
Fig.34. Comparación del precio de los alimentos con la eficiencia obtenida.		53

I. INTRODUCCIÓN

La acuicultura es una actividad que ha mostrado un crecimiento acelerado en los últimos años y en lo que respecta al cultivo de peces marinos, en el periodo 2000-2004 se incrementó de una forma considerable y aunque el volumen de producción aún no se compara con los registrados para moluscos y crustáceos, no cabe duda que esta actividad sigue creciendo para alcanzar volúmenes de producción altos. El cultivo de peces marinos ocupa el sexto lugar entre los organismos que más se cultivan en el mundo con un volumen anual de 1,447 miles de toneladas y ocupa también la sexta posición en lo que a valor económico se refiere. Sin embargo, el cultivo de peces marinos ocupa la tercera posición entre los organismos cuya cantidad pagada es mayor que la cantidad producida, después de los crustáceos y de los peces diadromos (FAO, 2006), lo cual indica el alto valor económico que tienen.

FAO (2006) indica que el cultivo de peces costeros se encuentra en el octavo lugar con relación a los organismos que más aumentaron su producción durante el periodo 2002-2004, con un incremento de 492,429 t. A su vez, dentro del mismo periodo, el cultivo de peces demersales se encuentra en el noveno lugar con un aumento de 14, 893 t.

En general, México registró para el año de 2002 una cantidad menor a 1,000 t (sin contar la producción de atún) de peces producidos por acuicultura, lo que es insignificante si se compara con los grandes productores de peces en el mundo (García-Ortega, 2007). Sin embargo, se cuenta con un amplio territorio de costa con un gran potencial para que el cultivo de peces marinos se desarrolle (Alvárez-Borrego y Fajer-Ávila, 2006). Para lo anterior, se necesita avanzar en la búsqueda de especies susceptibles de cultivo.

Para que una especie pueda ser considerada apropiada para su cultivo debe presentar algunas características como son: tener un alto valor en el mercado, ser tolerante al manejo y a

los cambios ambientales, ser capaz de reproducirse en cautiverio para la producción de huevos, larvas y juveniles así como, presentar crecimiento rápido a altas densidades y buenas tasas de conversión alimenticia, además ser resistente a enfermedades.

La especie *Sphoeroides annulatus* se encuentra distribuida a lo largo de todo el Golfo de California, desde San Diego hasta Perú (Thomson *et al.* 1987; García-Ortega, 2007). Es parte importante en las pesquerías artesanales del país, principalmente en la costa noreste (Alvárez-Borrego y Fajer-Ávila, 2006) donde se capturan alrededor de 500 t anuales (García-Ortega, 2007). Tiene un alto valor en el mercado mexicano, el cual oscila entre los 70 y los 100 pesos/kg y en Japón estos peces son considerados como un manjar y el precio llega a alcanzar los 300 pesos/kg, lo que lo convierte en el principal mercado potencial de exportación de la especie (García-Ortega, 2007).

El botete diana presenta una amplia tolerancia ambiental y habita a lo largo de la costa, en estuarios y lagunas costeras (Thomson *et al.*, 1987). Además se adapta rápidamente a las condiciones de cultivo y al alimento balanceado por lo que ya se ha logrado su reproducción en cautiverio, así como la obtención controlada de huevos y juveniles (García-Ortega, 2007).

Es parte de la fauna de acompañamiento en la pesca del camarón y habita en condiciones ambientales similares a las de este crustáceo. Aunque no existen reportes sobre su cultivo, se ha observado como un subproducto en estanques de engorda de camarón, lo que señala que puede ser cultivado en estos sistemas.

En Japón, desde de la década de los 60s, se cultiva exitosamente *Takifugu rubripes*, la cual es una especie perteneciente a la misma subfamilia del botete diana. Esta presentó una producción en el 2002 que fue de 5,200 t, lo cual lo tiene situado en el quinto lugar entre los peces marinos más cultivados en Japón. Es un organismo muy apreciado, su precio es 1.5

veces mayor al del lenguado japonés, *Paralichthys olivaceus*, y tres veces más que el del jurel *Seriola lalandi*; por estas razones se considera como el candidato más prometedor dentro de la acuacultura japonesa (Kikuchi, 2006).

En México, el Centro de Investigación en Alimentos y Desarrollo (CIAD) unidad Mazatlán ha sido el pionero en la investigación del cultivo del botete diana logrando avances en la maduración sexual de la especie y su reproducción además de estudios sobre el desarrollo embrionario y la producción de larvas y juveniles. Todo lo anterior se ha visto reflejado en exitosos desoves en cautiverio y en la formulación de protocolos de alimentación después de la eclosión de los huevos (Chávez-Sánchez *et al.*, 2008).

Actualmente, el Centro de Reproducción de Especies Marinas del estado de Sonora (CREMES,) ubicado en Bahía de Kino, ha logrado obtener su primer desove de la especie, obteniéndose alrededor del 10% de sobrevivencia.

Si se toman en consideración las características anteriormente citadas y los avances en el cultivo del botete diana, éste puede llegar a convertirse a escala comercial en uno de los más importantes cultivos de peces marinos en México. Para esto, es necesario impulsar acciones tendientes al conocimiento de los parámetros de producción en todas las fases de cultivo de la especie.

Aunque se ha establecido un protocolo de alimentación de las larvas durante sus primeros 30 días de vida, aún no existe en el mercado un alimento para las fases de pre-engorda y engorda de la especie. Determinar cuál es el mejor alimento comercial tanto en crecimiento como en costos será de gran importancia para que el cultivo de esta especie sea atractivo para los productores y así tener otra opción de cultivo, lo que sin duda permitirá que

el país siga explotando nuevas especies y a su vez convertir a México en uno de los grandes países exportadores y generadores de divisas.

II. ANTECEDENTES

II.1. Clasificación Taxonómica

Reino: Animalia
Phyllum: Cordata
Subphyllum: Vertebrados
Clase: Actinopterygii
Orden: Tetradontiformes
Familia: Tetradontidae
Género: <i>Sphoeroides</i>
Especie: <i>annulatus</i>

II.2 Biología de la especie

La especie *S. annulatus* presenta una talla de pequeña a moderada (18-44 cm), de cuerpo robusto, capaz de inflarse rápidamente por aspiración de agua o aire. Posee cabeza grande con pequeñas manchas de color oscuro, las mandíbulas se ha transformado en un pico constituido por cuatro dientes grandes y fuertes, dos en cada mandíbula. Los ojos se localizan en posición alta, las aletas dorsal y anal en posición muy posterior y carecen de aletas pélvicas, la locomoción se realiza mediante la acción de movimientos en forma de abanico de las aletas dorsal y anal (Fig. 1). La aleta caudal generalmente se encuentra levemente redondeada. La coloración dorsal es negruzca a café – olivo, con un característico patrón de anillos pálido-amarillento en forma de diana (Bussing, 1995).

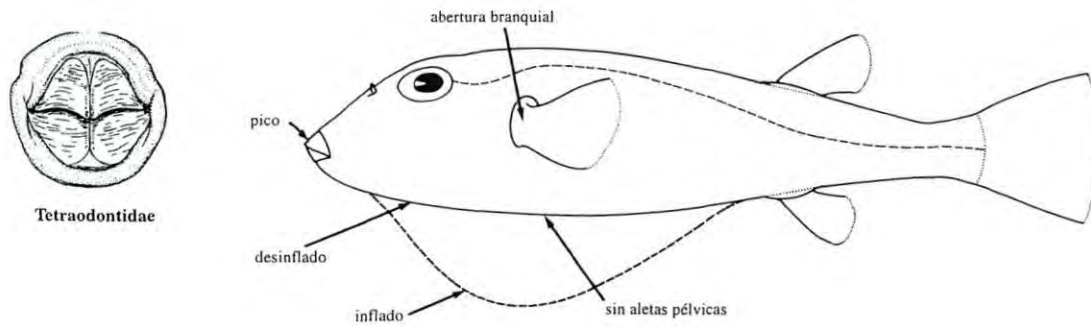


Fig. 1

Fig.1. Esquema general del Botete diana *Sphoeroides annulatus* donde se muestran algunas de sus partes externas. Se puede observar también un acercamiento de la cavidad bucal del organismo donde se aprecia claramente los cuatro dientes que le dan el nombre a la familia Tetraodontidae (Bussing, 1995; Thomson *et al.* 1987; García-Ortega, 2007).

Hábitat y alimentación: el botete diana es una especie que habita en la zona demersal-bentónica de los mares tropicales y templados a lo largo de todo el Golfo de California (Fig.2), siendo más común en aguas costeras someras. Sin embargo, se le ha encontrado en aguas salobres y dulces y los juveniles habitan en los sistemas lagunares-costeros. Generalmente son solitarios o forman pequeños grupos más o menos dispersos y se encuentran enterrados en el sustrato. La especie se alimenta en la naturaleza de crustáceos bentónicos como camarones y cangrejos así como de gasterópodos, bivalvos, pulpos y calamares, por lo que tiene altos requerimientos de proteína. Se ha observado también que es una especie forrajera de plantas acuáticas y detritus (Bussing, 1995; Yañez-Aranciabia, 1980; Chávez-Sánchez, 2008).

Toxicidad: varias especies de pez globo son tóxicas y su consumo ha causado envenenamientos graves a menudo letales. La toxina de estos peces afecta el sistema nervioso central, los síntomas pueden aparecer inmediatamente después de consumir el pescado tóxico, dicha toxina es 1,200 veces más fuerte que el cianuro. Los principales síntomas son: cosquilleo en dedos y labios, náusea, vómito, diarrea, dolor epigástrico, pérdida de reflejos de la pupila, parálisis progresiva, problemas respiratorios y la muerte (Liener, 1974). La toxina es conocida como Tetrodotoxina (TTX) o Anhydrotetrodotoxina 4-Epitetrodotoxina, esta es una toxina producida por una bacteria que habita dentro de éste organismo siendo inofensiva para el pez pero nociva para los humanos (F.D.A, 2007). La potencia y presencia de la toxina difiere entre las especies, lo que se ha asociado a la época del año y estado reproductivo en el que se encuentre (Shipp, 2002).

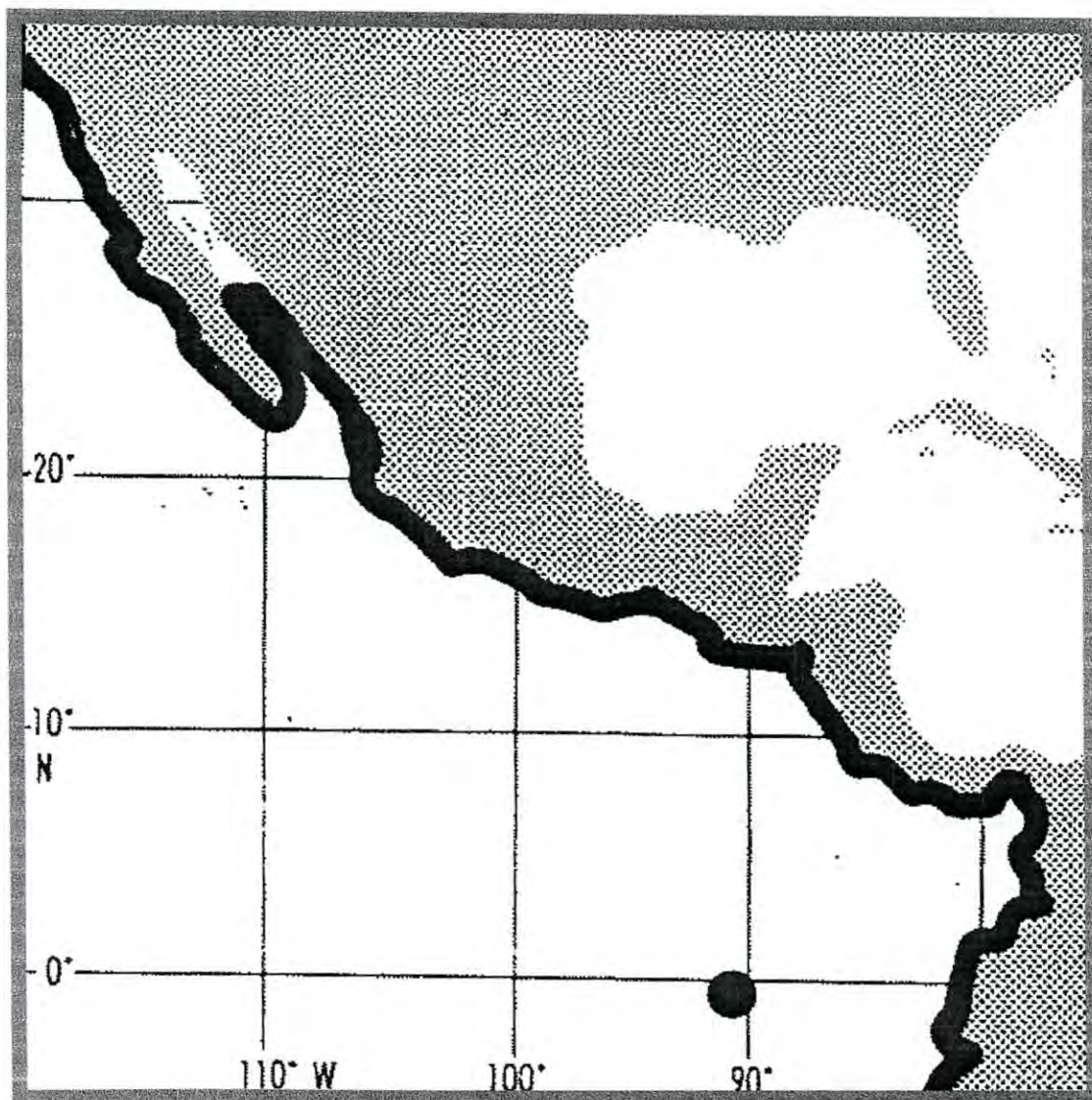


Figura 2. Distribución geográfica de la especie *Sphoeroides annulatus* (Bussing, 1995).

La toxina se encuentra localizada principalmente en ciertos órganos viscerales, pero la carne puede contaminarse al entrar en contacto con ellos, la mayoría por descuidos en la evisceración o almacenaje muy prolongado antes del consumo (FAO, 1993). Recientes investigaciones han demostrado que la Tetradotoxina se encuentra ausente en el tejido muscular de esta especie y la cantidad es menor en especies cultivadas que en especies capturadas (Ochoa y Vázquez, 2003).

Según el Ministerio de Salud, Trabajo y Bienestar de Japón, durante el 2002, de 56 personas hospitalizadas, seis murieron debido al envenenamiento por ingerir carne del botete tigre también conocido como fugú, la cual fue mal eviscerada. En México, durante los últimos 30 años, se han reportado varios casos de intoxicación, sin embargo en la actualidad no existe alguna ley que regule su consumo (García-Ortega, 2007). En los Estados Unidos de America, la captura de botete diana esta totalmente prohibida (FDA, 2007).

Reproducción: Sánchez-Cárdenas *et al* (2007) determinaron que para el botete diana existen dos períodos reproductivos al año. El primero y más importante, ocurre en primavera-verano en los meses de abril-agosto. El segundo período y menos intenso ocurre en octubre-noviembre. Recientes investigaciones en la madurez sexual de la especie han demostrado que los machos llegan a la madurez sexual antes que las hembras. Se ha determinado el ciclo reproductivo para *S. annulatus* donde se distinguieron cinco fases para el desarrollo ovárico en hembras:

Descanso: ovarios pequeños y turgentes de un color rojizo

Desarrollo temprano: ovarios grandes y flácidos de un color rosa

Desarrollo tardío: ovarios largos y turgentes de un color crema-amarillento, con vascularización evidente.

Madurez: ovarios grandes, turgentes y totalmente llenos de un color cremoso, oocitos grandes fácilmente observables y la vascularización es mayor aunque menos evidente.

Desove: ovarios flácidos y vacíos, de un color rosa pardo.

Para el desarrollo de los testículos en machos de *S. annulatus* se distinguieron cuatro fases:

Descanso: testículos pequeños y compactos de un color cremoso, también se puede presentar una tonalidad rojiza clara.

Desarrollo: testículos grandes y firmes al tacto de color crema pálido con tonalidades rojizas más evidentes, se puede observar la vascularización.

Madurez: testículos firmes y robustos con un color cremoso, presentan una zona blanca dentro de los lóbulos los cuales corresponden al túbulo colector y aplicando una leve presión el esperma es liberado.

Desove: testículos vacíos y flácidos de un color crema parduzco.

II.3. Alimentación de larvas

Los huevos de *S. annulatus* al eclosionar después de la incubación utilizan el saco vitelino como reserva energética. La duración de éste saco depende del tamaño del organismo y de los factores ambientales, así como de la cantidad de nutrientes que éste contenga. Al agotarse esta reserva de energía, la alimentación de la larva dependerá de la ingesta de organismos que se encuentren en el medio. Este período es conocido como el más crítico dentro de la larvicultura de peces ya que éstas nacen sin un estómago eficiente por lo que

dependen totalmente del alimento vivo para crecer y desarrollarse de manera óptima (Ortega, 2000). Bajo condiciones controladas de acuicultura, los alimentos más utilizados para su alimentación son: microalgas, rotíferos del género *Brachionus* sp, copépodos y nauplios de *Artemia*. Estos alimentos son los que han proporcionado los mejores resultados en cuanto a crecimiento en comparación de dietas artificiales, sin embargo, el alimento vivo es muy costoso y no siempre esta disponible en las cantidades requeridas (Lazo, 2000; Ortega, 2000).

García-Ortega *et al* (2002), han establecido un protocolo de alimentación para el estadio larval del botete diana que se sigue durante 30 días a partir de la eclosión de las larvas, las cuales, se deben mantener en un intervalo de temperatura de 26-29 °C. A los cinco días después de la eclosión empiezan la alimentación exógena. Por lo tanto, el primer día se alimenta con una mezcla de microalgas: *Isochrysis* sp y *Nannochloropsis* sp en una concentración de 100, 000 células/ml y éstas son añadidas continuamente a los tanques hasta el día 11.

La mezcla de microalgas en la dieta le provee a las larvas una cantidad mayor y más variada de nutrientes esenciales, que si sólo se alimentara con un tipo (Brown *et al.*, 1989). Las microalgas tienen distintas funciones: sirven como un estimulante al apetito de las larvas y contribuyen a la rápida formación de flora intestinal de las larvas, además de servir de alimento para los rotíferos, los cuales, se añaden a partir del día cuatro al 11 en una concentración de cinco rotíferos/mL. Del día 11 al 20, la densidad cambia a diez rotíferos/mL y del día 20 al 26 se reduce a cinco rotíferos/mL. La combinación de microalgas con rotíferos provee a las larvas de una amplia variedad de aminoácidos esenciales, vitaminas, ácidos grasos poliinsaturados (PUFA), pigmentos y esteroides, los cuales son utilizados para desarrollarse plenamente. Se ha probado que los rotíferos alimentados con las microalgas

Isochrysis sp y *Nannochloropsis oculata* absorben rápidamente el ácido ascórbico, que es un nutriente importante para las larvas de los peces (Brown *et al.*, 1997).

La densidad del alimento se debe monitorear al menos cuatro veces por día y mantener la concentración de microalgas y rotíferos establecida. A partir del día 20, el tamaño de la boca de las larvas es lo suficientemente grande para alimentarse de nauplios de *Artemia*, los cuales son añadidos en una concentración de 0.3 a 4 /mL. Éstos tienen un alto valor proteico y además son ricos en ácidos altamente insaturados (HUFA) como el ácido eicosopentanóico y ácido docosahexanóico, que son ácidos grasos esenciales en organismos marinos y son requeridos para desarrollarse de manera óptima (FAO, 1993) (Fig. 3).

II.4. Requerimientos nutricionales

II.4.1. Proteína

El componente más importante y costoso dentro de la alimentación de peces es sin duda la proteína. Estas moléculas son el principal constituyente de tejidos y órganos del cuerpo animal, además de ser también constituyente primordial de enzimas y hormonas, entre otras sustancias de vital importancia. Por esta razón, debe de haber una constante aportación de éstas para reparar los tejidos dañados y así obtener buenas tasas de crecimiento (Watanabe, 1988).

II.4.2. Lípidos

Los lípidos son macromoléculas esenciales utilizadas por los peces para realizar diferentes funciones, por ejemplo: son utilizados como fuente de energía, son parte importante

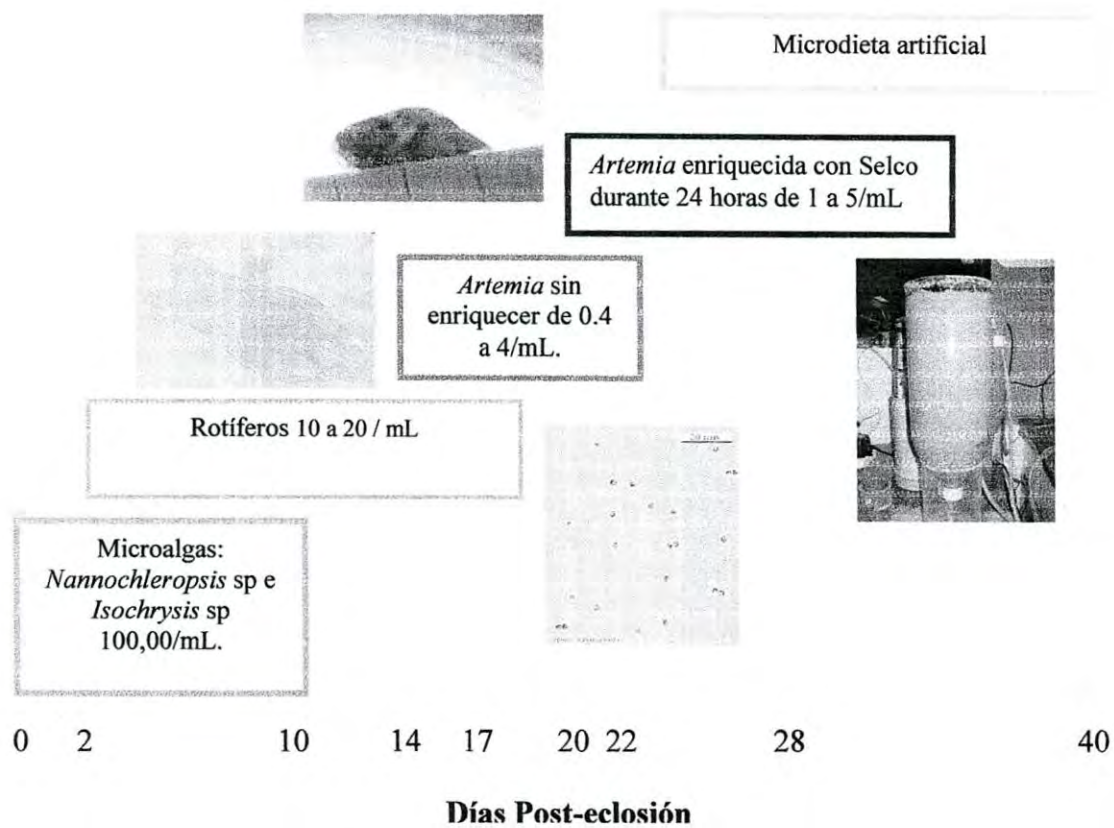


Figura 3. Protocolo de alimentación para *S. annulatus* (García-Ortega, 2007)

en las membranas celulares y ayudan a mantener su permeabilidad ya que la fluidez de las membranas esta regulada en parte por la acción de los ácidos grasos (Watanabe, 1988). Los requerimientos de lípidos en los peces varían con la especie, sin embargo, se ha demostrado que los requerimientos para peces marinos y de aguas frías son mayores al de los peces dulceacuícolas y de aguas cálidas, esto explicado por el mayor grado de actividad y las migraciones de los primeros.

11.4.3. Carbohidratos

Los peces en su hábitat natural consumen alimentos altos en proteínas y escasos en carbohidratos y lípidos, por lo que han adaptado su metabolismo, para obtener energía principalmente de proteínas y no de carbohidratos, como es el caso de los vertebrados terrestres. Se ha observado que los peces carnívoros no asimilan los carbohidratos de una buena manera, por lo que las dietas con un alto contenido en este nutriente proporciona bajas tasas de crecimiento del animal por disminución de la digestibilidad de otros nutrientes, pudiendo incluso provocar alteraciones metabólicas importantes.

Sin embargo, no se debe de eliminar por completo los carbohidratos de la dieta puesto que su incorporación en las cantidades necesarias permite que las proteínas se asimilen de mejor manera, permitiendo un mismo crecimiento para porcentajes menores de proteína. En acuicultura se busca que los peces utilicen la proteína exclusivamente para crecimiento y obtengan energía de los carbohidratos, de esta manera se optimizarán los costos de producción (Castello, 2000; Committee on Animal Nutrition, 1993).

II.5. Alimentos balanceados

El alimento balanceado en acuicultura es un tipo de alimento que contiene los requerimientos nutricionales necesarios para satisfacer las necesidades nutricionales de especies en particular. Es decir, cada especie tiene requerimientos nutricionales diferentes, por lo que los alimentos balanceados se deben de enfocar en satisfacerlos, para lograr así buenos resultados en cuanto a crecimiento de los organismos (Talavera, 1997).

Para lograr determinar la cantidad de alimento balanceado y el tipo de alimento que se va administrar, es importante tomar en cuenta la productividad primaria del estanque y la aportación de ciertos minerales, así se podrá seleccionar el tipo de alimento balanceado más conveniente. En acuicultura, los alimentos balanceados pueden ser del tipo complementario o completo.

El alimento complementario, es un alimento que se administra como suplemento a la productividad natural que se desarrolla en el medio donde se encuentran los organismos cultivados. Por otro lado, un alimento completo es aquel que no contempla el aporte nutrimental de la productividad primaria del lugar, por lo que el alimento debe estar formulado para satisfacer completamente los requerimientos alimenticios. El aporte nutricional que tengan los alimentos balanceados depende de gran medida de la selección de los ingredientes, manejo y formulación, esto debe tomarse en cuenta para mantener la calidad del producto (Talavera, 1997).

II.5.1. Alimentos extruídos

El proceso de extruído requiere de altas temperaturas, altas presiones y un alto grado de humedad para poder llevarse a cabo. El tiempo de exposición a estas condiciones depende del tamaño de la partícula y al tipo de material que lo forma. Durante este proceso, los almidones expuestos a las condiciones mencionadas anteriormente, provocan un hinchamiento en el almidón lo que altera su estructura química original. La alteración química del almidón se ve reflejada en una mejora en su estabilidad en el agua así como en su digestibilidad (Latus, 2005).

II.6. Absorción de proteínas en el epitelio intestinal

Las células del epitelio intestinal se encuentran poco desarrolladas en las larvas de los peces marinos, conforme éstos crecen aumenta el número de células y pliegues intestinales, así mismo, el estómago y el intestino van mejorando su función. Todos estos cambios conducen de una u otra forma a una mejora en la eficacia y absorción de nutrientes en el pez. Otro factor interesante es la incorporación por pinocitosis de proteínas, el cual se observa en los epitelios del intestino y epitelio rectal y que es considerado como un importante sistema de absorción en larvas de peces (Izquierdo *et al.*, 2000).

II.7. Variables fisicoquímicas del agua

Las variables fisicoquímicas del agua son de los factores más importantes a considerar en la calidad de los cultivos, ya que no solo se determina el crecimiento que tengan los peces en un sistema bajo condiciones de acuicultura, sino que también dependerá la sobrevivencia de los animales. Los peces influyen directamente en la composición del agua ya que desechan

productos del metabolismo de la respiración como el nitrógeno y el carbono, el cual en contacto con el agua forma el ácido carbónico. Algunos factores afectan directamente a los organismos de cultivo e incluso su alteración puede provocar pérdidas importantes; son de los más importantes, el oxígeno disuelto, la temperatura y el amonio. Existen factores que no son directamente mortales como el pH, alcalinidad, dureza, entre otros. Cada factor en el agua interviene con otro, algunas veces de una forma compleja. La importancia de cada factor dependerá del tipo de monitoreo y la frecuencia dependerá del tipo e intensidad del cultivo utilizado (Buttner y Soderberg, 1993).

II.7.1 Oxígeno disuelto (OD)

Se ha considerado que el factor más importante en el cultivo de cualquier organismo es la concentración de oxígeno disuelto, ya que si éste abandona el intervalo óptimo del organismo en cultivo, provocará un estado de estrés (Hargreaves y Tucker, 2002) y lo hará susceptible al ataque de patógenos provocando enfermedad y posteriormente la muerte.

La solubilidad del oxígeno se incrementa cuando baja la temperatura y decrece cuando la temperatura se eleva, por lo que los niveles en un estanque pueden fluctuar a lo largo del día. Durante las primeras horas de la mañana, la concentración de los niveles de oxígeno disminuye, ya que los organismos fotosintéticos están respirando y si no se tiene un control adecuado de la productividad primaria en el sistema de cultivo puede llegar a ser perjudicial en los organismos, pues disminuyen la ingesta de alimento y por consecuencia frenan su metabolismo y su crecimiento (Pando y Lizarazu, 2006).

La concentración de oxígeno en los estanques de cultivo depende del equilibrio de varios factores:

1. La entrada de oxígeno por difusión, la cual aumenta con el nivel de turbulencia en el agua. El oxígeno por naturaleza no tiene buena solubilidad en el agua y la capacidad de retención del gas es muy limitada, además de depender de otros factores fisicoquímicos (Hargreaves y Tucker, 2002).
2. Por el proceso de fotosíntesis llevado a cabo por las plantas, el cual aumenta con la intensidad de la energía solar y por el aumento de temperatura. Estos organismos emplean los nutrientes provenientes del alimento no utilizado y del fertilizante, lo que provoca un aumento en su concentración, lo que se ve reflejado en fluctuaciones muy grandes del oxígeno durante el día (valores altos durante el día y bajos durante la noche). Estas variaciones pueden provocar condiciones de estrés en los organismos cultivados, incluso provocar la muerte (Hargreaves y Tucker, 2002).
3. Por el consumo de todas las formas de vida del estanque (organismos cultivados, descomposición bacteriana, zooplancton, fitoplancton, bentos) el cual, se ve afectado al aumentar con la temperatura ya que eleva el metabolismo de los organismos.

En general, se puede decir que los peces que habitan en aguas cálidas se alimentan y crecen de mejor manera en concentraciones de oxígeno de 5 Mg/L, sin embargo si se aumenta la concentración de oxígeno el crecimiento no aumenta. En el caso de los peces de aguas frías, estos requieren cantidades mayores de oxígeno, entre 7-9 Mg/L, para mejorar sus condiciones de vida. No se ha determinado el valor mínimo que soporta el botete diana en condiciones de cultivo, sin embargo al ser un pez de aguas cálidas se recomienda como valor óptimo 5 Mg /L ó mayores (Egna y Boyd, 1997; SAGPyA, 2006).

II.7.2. Temperatura

Los peces son organismos poiquilotermos, ya que su temperatura corporal es casi igual a la del medio en el que habitan, con una variación de 0.5 a 1 °C, por lo tanto, la temperatura es una variable que tiene gran influencia en los procesos biológicos y químicos de los peces (Svobodová *et al.*, 1993; Reig, 2001).

De acuerdo a Reig (2001), al elevarse la temperatura del agua los requerimientos energéticos de los peces aumentan hasta cierto punto (temperatura óptima), después de este punto el crecimiento de los organismos se ve estancado. Por el contrario, cuando baja la temperatura del agua, el metabolismo de los peces se reduce hasta llegar el punto de no alimentarse y ver frenado su crecimiento. Es por esto, que es un parámetro muy importante a tener en cuenta en los cultivos, en especial en las regiones donde el cambio estacional es muy marcado como ocurre en las regiones del mediterráneo donde puede haber hasta 15°C de diferencia entre los valores de invierno y verano. Por lo que el determinar cuales son los valores óptimos y cuales son los valores extremos será de gran importancia para buenas tasas de crecimiento (Castelló, 2000).

II.7.3. pH

El pH es una medida de qué tan ácido o alcalino es una sustancia y en acuicultura este factor es de suma importancia, ya que afectará directamente el desempeño de los organismos. Es decir todos los organismos acuáticos tienen un intervalo de tolerancia de pH (nivel óptimo) y en el caso de los peces su mejor crecimiento se da en valores de pH entre 6-9. Si estos niveles son sobrepasados, los organismos resultan afectados por estos cambios. Algunos efectos perjudiciales se muestran a continuación (Mesner y Geiger, 2005):

- ❖ Daño a las branquias y membranas.
- ❖ Reducción de la supervivencia de huevos.
- ❖ Alteración del accionar de enzimas corporales.
- ❖ Incremento del estrés.

El pH en los estanques de cultivo varía a lo largo del día. En la mañana, como resultado de la respiración de las microalgas y de los organismos cultivados, los niveles de CO₂ son mayores y en contacto con el agua, se forma el ácido carbónico que acidifica el medio; por lo tanto el pH es bajo. Después del amanecer las microalgas y otras plantas verdes producen carbohidratos y oxígeno a partir del CO₂ (en forma de ácido carbónico) del medio. Cuando el ácido carbónico es removido del agua, el pH tiende a incrementarse. Los niveles más bajos de pH durante el día son asociados a bajos niveles de oxígeno disuelto, en contraparte, los niveles más altos de pH son asociados a los niveles más altos de oxígeno (Buttner *et al.* 1993).

II.7.4. Salinidad

La salinidad en el agua es uno de los factores más importantes a considerar cuando se pretende cultivar cualquier especie ya que afecta la tasa metabólica, la ingesta de alimentos y la modulación hormonal. Los peces contienen en sus branquias quimiorreceptores que, les proporcionan información sobre la salinidad. Dichos receptores se encuentran controlados por el sistema nervioso y participan en la regulación del balance hídrico de los peces (Luz *et al.*, 2005; Rubio *et al.*, 2006). Tanto los peces de agua dulce como los marinos tienen diferentes características para mantener el equilibrio hídrico (Reig, 2001).

II.8. Regulación del balance hídrico en peces

II.8.1 Regulación del balance hídrico en peces de agua dulce

En los peces de agua dulce la concentración de sales dentro de su organismo es mayor al que se encuentra al exterior, por lo que sufren una excesiva pérdida de sales que deben compensar con la dieta. Además contienen riñones especializados, los cuales forman una orina muy diluida y frecuente, lo que evita la pérdida excesiva de sales (Reig, 2001).

II.8.2 Regulación del balance hídrico en peces marinos

En los teleósteos marinos, es caso contrario a los peces de agua dulce, la concentración de sales en su interior es menor a la del medio, por lo que sufren una pérdida importante de agua, y la cual, compensan bebiendo grandes cantidades del medio. La mayoría de los peces marinos sólo toleran salinidades similares en las que viven (estenohalinos), sin embargo, existen otros grupos de peces que toleran un gran rango de salinidades (eurihalinos). Estas adaptaciones algunas veces son necesarias para completar su ciclo de vida (Reig, 2001).

II.8.3 Alimento para juveniles

Actualmente se ha establecido la alimentación en larvas de peces marinos pero no existe en el mercado un alimento barato y probado como alternativa para las fases de pre-engorda del botete. Es por esto que es necesaria la búsqueda de un alimento alternativo y comercialmente disponible para abaratar los costos de la alimentación controlada. A continuación se plantea la siguiente hipótesis.

III. HIPÓTESIS

Se espera que mediante la valoración de dos dietas comerciales utilizadas en acuicultura se encuentre una alternativa de bajo costo a la dieta formulada para peces marinos, encontrándose así, una opción efectiva y económica en la alimentación de juveniles de *Sphoeroides annulatus*.

IV. OBJETIVOS

IV.1. Objetivo General

Determinar el crecimiento y supervivencia de juveniles del pez botete diana, *Sphoeroides annulatus*, alimentados con dietas comerciales utilizadas en acuicultura para buscar cuál es la mejor para los organismos y optimizar costos de esta manera.

IV.2. Objetivos Particulares

- a) Probar tres alimentos comerciales con distintas características y composición química en la alimentación de juveniles de *S. annulatus* de 47 días de edad.
- b) Determinar cuál de los tres alimentos comerciales, es el que proporciona un mejor crecimiento y supervivencia.
- c) Determinar cuál es el mejor alimento en cuanto a costos.
- d) Comparar la respuesta celular a la absorción de proteínas, mediante la diferencia en los cilios de las células epiteliales del intestino.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

V.1 Obtención de los Organismos

El Centro Reproductor de Especies Marinas del Estado de Sonora (CREMES) ubicado en Bahía de Kino, Sonora, bajo las coordenadas 28°49'22"N , 111°56'27"O donó 450 organismos de *Spherooides annulatus* de 1100 mg \pm 100 de 47 días de vida para la realización del experimento que se llevó a cabo dentro de sus instalaciones (un lugar cerrado). El experimento duró 15 días (del 13 al 28 de agosto del 2008) con un intervalo de temperatura al exterior de 27 a 36 °C.

V.2. Diseño Experimental.

Se acondicionaron nueve acuarios con capacidad de 60 litros, y se llenaron con 50 litros de agua de mar. Se distribuyeron aleatoriamente 50 larvas por acuario con aireación constante para mantener estables los niveles de oxígeno. El experimento se realizó por triplicado en cada tratamiento de alimentación.

Procedencia de agua utilizada: el agua utilizada en el experimental se extrajo directamente del pozo, la cual había sido prefiltrada en arena. Antes de utilizarse, se pasó por un filtro de tela de 5 μ m para la retención de partículas. Posteriormente se almacenó en una cisterna y se tomaron las variables oxígeno disuelto, pH, temperatura y salinidad antes de ser utilizada (Tabla I).

Tabla I. Promedio de las variables del agua tomadas en el reservorio.

Oxígeno disuelto (Mg/L)	Temperatura (°C)	pH	Salinidad (‰)
5.85 \pm 0.59	30.80 \pm 1.06	7.46 \pm 0.89	34.45 \pm 0.63

Alimentación: se utilizaron tres diferentes tipos de alimento comercial balanceado completos del tipo extruído para diferentes organismos, los cuales presentaban las siguientes medidas: Nutripec 4.0 mm (precio de 10 pesos/Kg), Silver Cup 1.5 mm (precio de 10 pesos/Kg) e Inve 0.5 mm (precio de 100 pesos/Kg) (Tabla II).

Tabla II. Se muestra la composición química de cada alimento: Inve: (Peces marinos), Silver Cup: (Camarón), Nutripec: (Tilapia).

Inve (0.5 mm-sin tamizar)	Silver Cup (1.5 mm-tamizado)	Nutripec (4.0 mm-tamizado)
Proteína: 55 %	Proteína: 46 %	Proteína: 30 %
Grasa: 9.5 %	Grasa: 16 %	Humedad: 12 %
E.L.N: 20 %	Fibra: 2.50 %	Grasa: 6.50 %
	Cenizas: 12 %	Fibra: 5.50 %
	Humedad: 10 %	Cenizas: 10 %
		Calcio: 0.70 %
		Fósforo: 0.85 %
		E.L.N: 36 %

Acondicionamiento del Alimento: para obtener una partícula apropiada para el botete diana de 47 días, los alimentos para tilapia (4.0 mm) y para camarón (1.5 mm) se trituraron en un molador manual y posteriormente se pasaron por un tamiz de 800 μ para eliminar los finos y posteriormente para obtener el tamaño de partícula deseado se cernieron en un tamiz de 1250 μ para eliminar finos. Posteriormente el alimento se pesó en una balanza analítica. La alimentación de los peces se dividió en 9 raciones, de las 08:00 a las 20:00 hrs (Tabla III). adicionándolo a intervalos de 1:30 horas. La cantidad de alimento suministrada a los peces fue del 5 % diario del peso total de la biomasa y el alimento se suministró por todo el acuario.

Tabla III. Frecuencia de alimentación para *Sphoeroides annulatus*

Hora (am)	Hora (pm)
8:00	12:30
9:30	2:00
11:00	3:30
-	5:00
-	6:30
-	8:00

Análisis Biométrico: los análisis biométricos se realizaron al final de la primera semana y al final de la segunda semana. Para llevarse a cabo se tomaron 30 muestras aleatorias de peces vivos de cada acuario, los cuales se colocaron en un recipiente de plástico con dos litros de agua de mar. Después, con la ayuda de una pipeta se añadió 1 mL de 2-Fenoxietanol como anestésico, con lo cual se facilitó la manipulación de los organismos además de reducir el estrés. Los peces se pasaron por papel secante para eliminar el exceso de humedad. Posteriormente se pesaron en una balanza analítica y se midieron con ayuda de un portaobjetos graduado. Una vez pesados y medidos los organismos se devolvieron a su acuario correspondiente. Con los datos (peso y longitud) del análisis biométrico de la primera semana se ajustó la alimentación de la segunda semana para mantenerla al 5 % diario del peso total de la biomasa.

Mantenimiento de los acuarios: los acuarios se limpiaron diariamente, antes de la primera alimentación (7:00 am) y después de la última alimentación (9:00 pm). Los recambios de agua se realizaron diariamente y fueron del 90 % del volumen total del acuario.

Registro de variables: Durante el experimento se realizaron mediciones de las variables fisicoquímicas del agua dos veces por día, antes de la primera alimentación (7:00 am) y después de la última alimentación (9:00 pm). La temperatura (°C) y el oxígeno disuelto (mg/L) se midieron con un oxímetro portátil (YSI modelo 51B). La salinidad fue medida con un refractómetro manual de escala 0 a 100 ‰ ± 1 ‰ de precisión y el pH fue medido con un potenciómetro Pint-Point con precisión de 0.01 (Anexo I).

V.3. Índices de Crecimiento

Para observar el crecimiento en los organismos se utilizó la tasa de crecimiento absoluta en talla; la tasa de crecimiento absoluta en peso; la tasa de crecimiento específica en talla; la tasa de crecimiento específica en peso; la tasa de supervivencia (TS); Tasa de Conversión alimenticia (TCA); Tasa de Eficiencia del Alimento (TEA) (Anexo II).

V.4. Índice de condición

Se calculó el índice de condición como un indicador de la salud de los peces en cada dieta. Éste indica que si los peces demuestran valores altos, es probable que los organismos tengan suficiente alimento para el crecimiento somático y gonadal (Anexo III).

V.5 Análisis Histológico

Finalizado el experimental se tomaron 30 peces de cada acuario los cuales fueron sacrificados y colocados en solución Davison para su conservación. De estos organismos se obtuvieron aproximadamente 10 mm de tejido intestinal previamente fijado en formalina neutralizada al 10 % para su análisis mediante histología. Se depositaron las secciones de tejido en cassetes debidamente etiquetados, después se colocaron en agua corriente por una hora con el fin de eliminar la formalina contenida en el tejido. Posteriormente fueron colocados en el procesador de tejidos, el cual contenía alcoholes para deshidratar la muestra en concentraciones crecientes de 70-100 % (Tabla IV).

Tabla IV. Procedimiento histológico para el deshidratado de las muestras.

Horas	Solución
1	70 % etanol
2	80% etanol
2	95% etanol
2	100% etanol
1	etanol-xileno
2	xileno
2	parafina

El equipo que se empleó para el deshidratado fue un procesador automático de tejidos modelo TISSUE-TEK II de Sakura Finetechnical Co. LTD. Este fue programado para 11 horas de trabajo con las muestras de alcohol de concentración creciente. Posteriormente, las muestras procesadas se llevaron a un inclusor de parafina marca Leica, modelo EG1160 para obtener los bloques con el tejido, el cual se cortó en un microtomo rotatorio AO, Scientific Instruments. Se obtuvieron montajes de secciones de tejido de un grosor de 5 μ de cada tejido

por duplicado. Para el montaje en portaobjetos se utilizó un baño de tejido, a temperatura controlada de 45°C. Los portaobjetos con el corte de tejido se desparafinaron a 56°C en un horno (Humasson, 1979) (Anexo IV). Posteriormente las muestras se tiñeron con la técnica Hematoxilina-Eosina de Harris (Anexo V).

V.5.1. Análisis de cilios intestinales

La interpretación histológica de las muestras de intestino se realizó por el siguiente criterio (Jimenez, 2009):

Estadio I.- cilios poco desarrollado o no visibles.

Estadíos II.- cilios intestinales medianamente desarrollados

Estadio III.- cilios intestinales muy desarrollados

V.6 Análisis de costos del alimento

Para realizar el análisis de costos se comparó el precio del alimento con su eficiencia obtenida (Anexo II)

V.7. Análisis Estadístico

Las muestras se analizaron mediante el programa estadístico XLSTAT, con el cual se realizaron pruebas de análisis de varianza y análisis paramétricos y no paramétricos para determinar diferencias temporales y entre tratamientos ($p \leq 0.05$ indica diferencias significativas, $p \geq 0.05$ indica que no hay diferencias significativas) (Zar, 1988).

VI. RESULTADOS

VI.1. Variables Fisicoquímicas del agua

VI.1.1. Oxígeno Disuelto (OD)

La variación del oxígeno disuelto en los tratamientos donde se utilizó el alimento Inve (alimento para peces marinos) se encontró en el intervalo de 4.97 a 5.87 Mg/L con el valor promedio de 5.43 Mg/L \pm 0.43 (Fig. 4). Para Silver Cup (alimento para camarón) se encontró en un intervalo de 4.55 a 5.71 Mg/L con el valor promedio de 5.32 Mg/L \pm 0.43 (Fig. 5). Para Nutripec (alimento para tilapia) se encontró en un intervalo de 4.47 a 5.93 con el valor promedio de 5.35 Mg/L \pm 0.50 (Fig. 6). La prueba estadística de Kruskal-Wallis demostró que no existieron diferencias significativas ($p \geq 0.05$) entre el oxígeno disuelto de los tratamientos a lo largo del experimento.

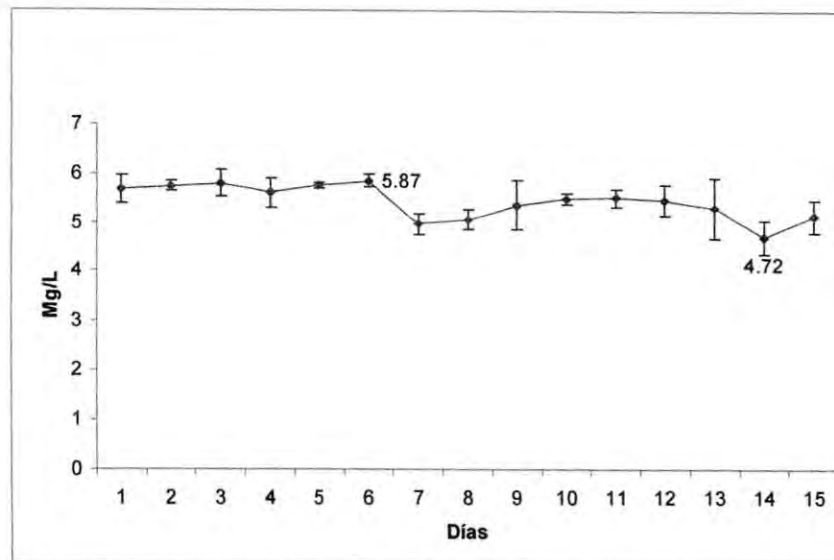


Figura 4. Variación promedio del oxígeno en el tratamiento donde se utilizó el alimento Inve (alimento para peces marinos). En la gráfica se muestra el valor máximo y mínimo.

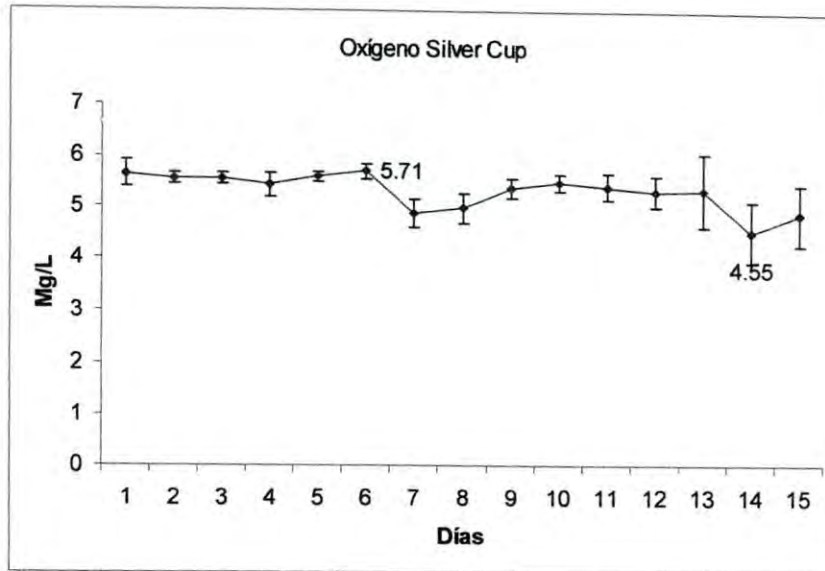


Figura 5. Variación promedio del oxígeno en el tratamiento donde se utilizó el alimento Silver Cup (alimento para camarón). En la gráfica se muestra el valor máximo y mínimo.

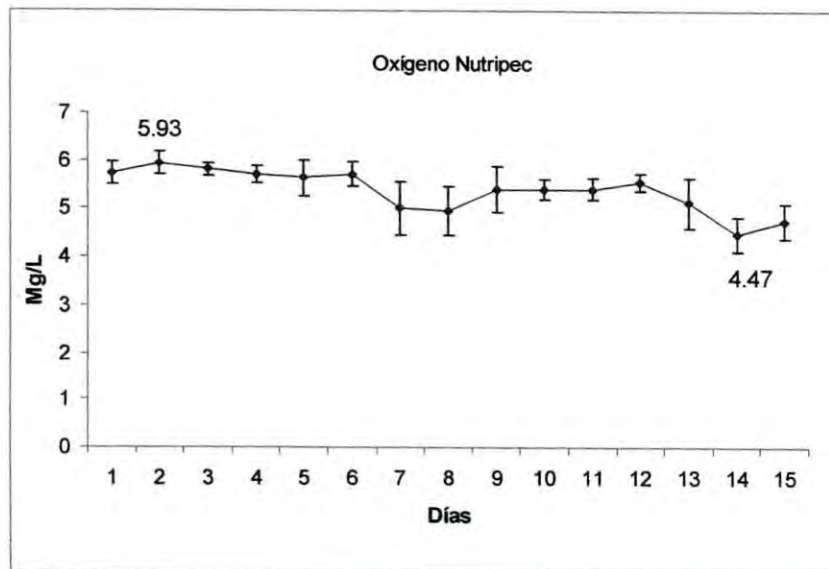


Figura 6. Variación promedio del oxígeno en el tratamiento donde se utilizó el alimento Nutripec (alimento para tilapia). En la gráfica se muestra el valor máximo y mínimo.

VI.1.2. Temperatura

La variación de la temperatura en los tratamientos donde se utilizó el alimento Inve, se encontró en un intervalo de 27.9 a 31.02 °C, con un valor promedio de 30.1 °C ± 1.43 (Fig. 7). Donde se utilizó el alimento Silver Cup estuvo en un intervalo de 27.95 a 31.12 °C, con un valor promedio de 29.96 °C ± 1.30 (Fig. 8) y donde se utilizó el alimento Nutripec se encontró en un intervalo de 27.72 a 30.72 °C, con un valor promedio de 30.01 °C ± 1.45 (Fig. 9). La prueba estadística de Kruskal-Wallis demostró que no existieron diferencias significativas entre la temperatura de los tratamientos ($p \geq 0.05$).

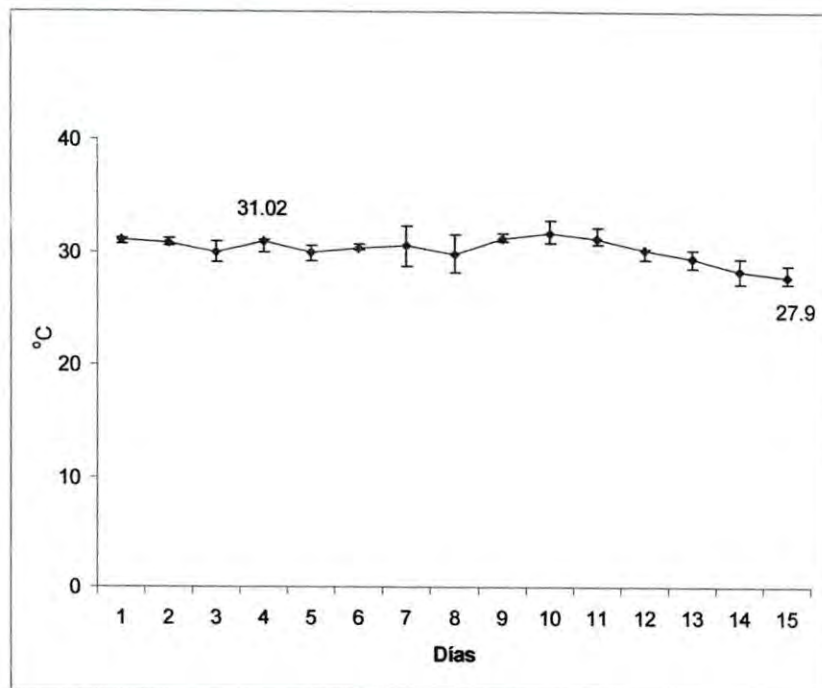


Figura 7. Variación promedio de la temperatura en el tratamiento donde se utilizó el alimento Inve (alimento para peces marinos). En la gráfica se muestra al valor máximo y mínimo.

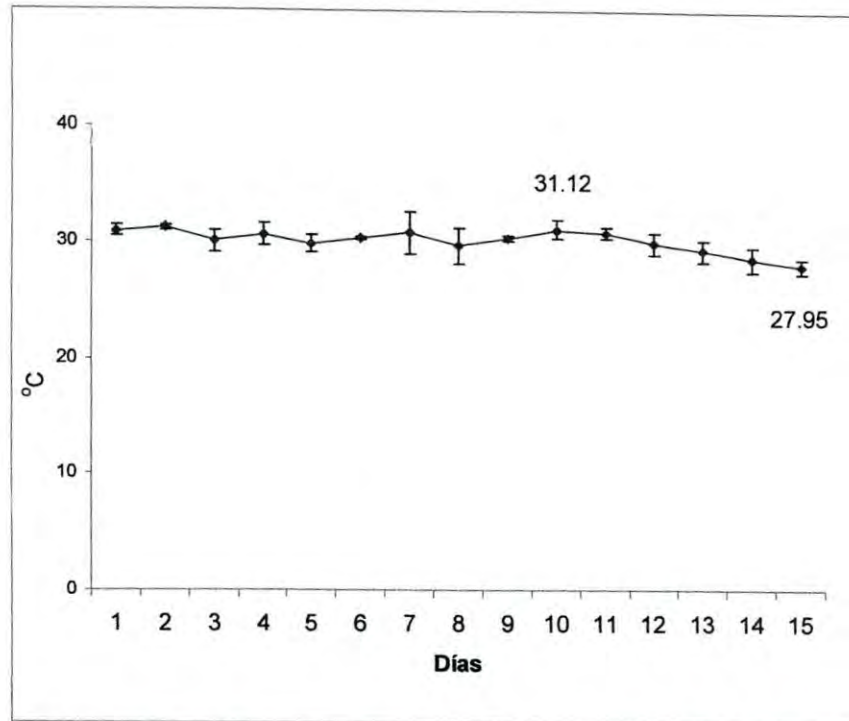


Figura 8. Variación promedio de la temperatura en el tratamiento donde se utilizó el alimento Silver Cup (alimento para camarón). En la gráfica se muestra el valor máximo y mínimo.

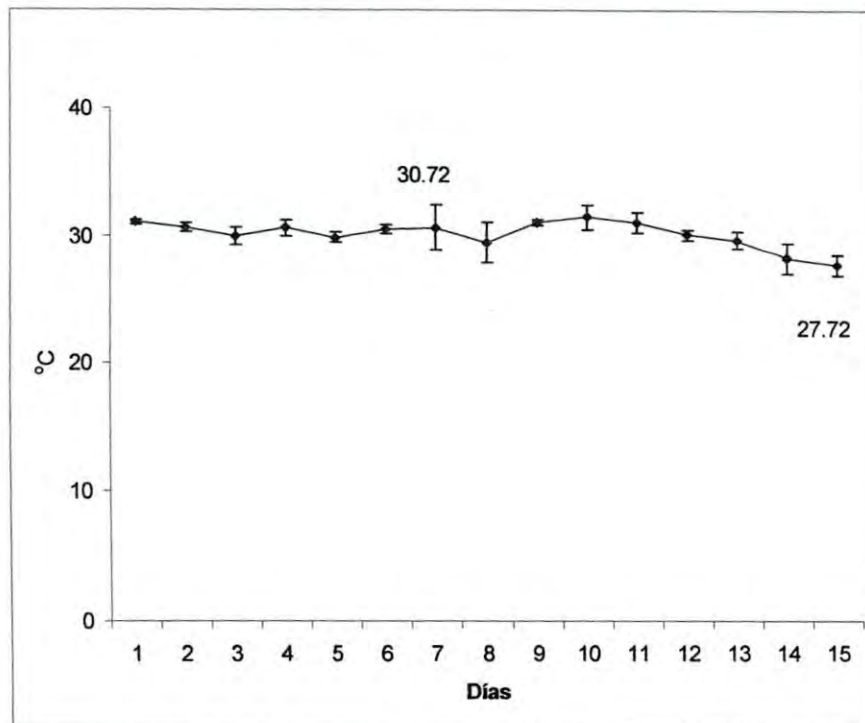


Figura 9. Variación promedio de la temperatura en el tratamiento donde se utilizó el alimento Nutripec (alimento para tilapia). En la gráfica se muestra el valor mínimo y máximo.

VI.1.3. pH

La variación del pH en los tratamientos donde se utilizó el alimento Inve estuvo en un intervalo de 7.48 a 7.52, con un valor promedio de 7.50 ± 0.12 (Fig. 10). Donde se utilizó el alimento Silver Cup estuvo en un intervalo de 7.48 a 7.60, con un valor promedio de 7.52 ± 0.09 (Fig. 11) y donde se utilizó el alimento Nutripec estuvo en un intervalo de 7.52 a 7.53, con un valor promedio de 7.47 ± 0.37 (Fig. 12). La prueba paramétrica del análisis de varianzas mostró que no existieron diferencias significativas entre el pH de los tratamientos ($p \geq 0.05$).

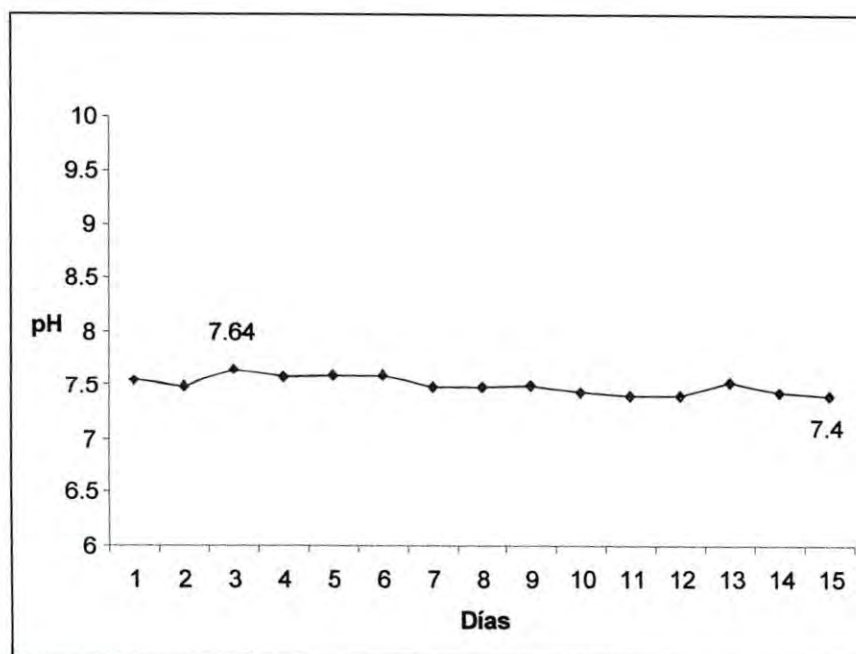


Figura 10. Variación promedio del pH en el tratamiento donde se utilizó el alimento Inve (alimento para peces marinos). En la gráfica se muestra el valor máximo y mínimo.

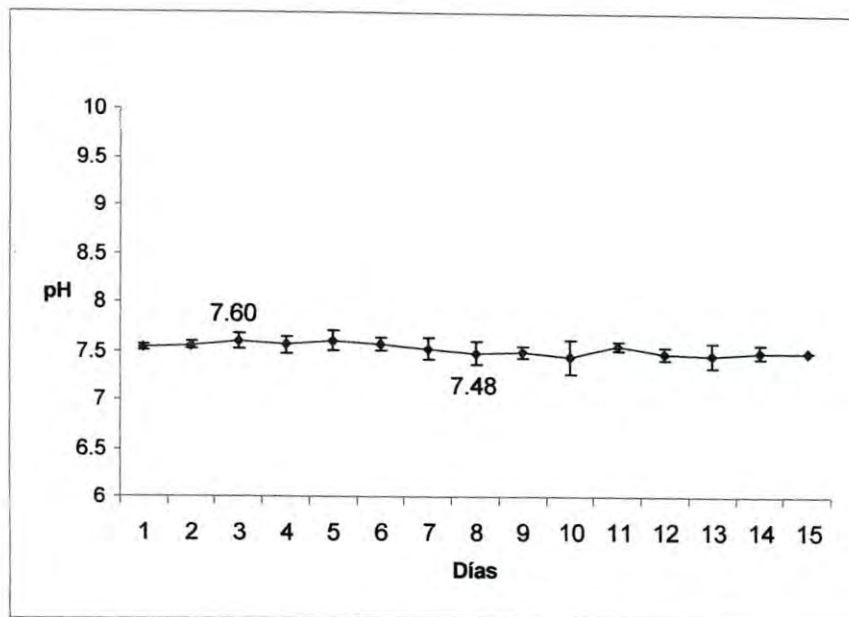


Figura 11. Variación promedio del pH en el tratamiento donde se utilizó el alimento Silver Cup (alimento para camarón). En la gráfica se muestra el valor máximo y mínimo.

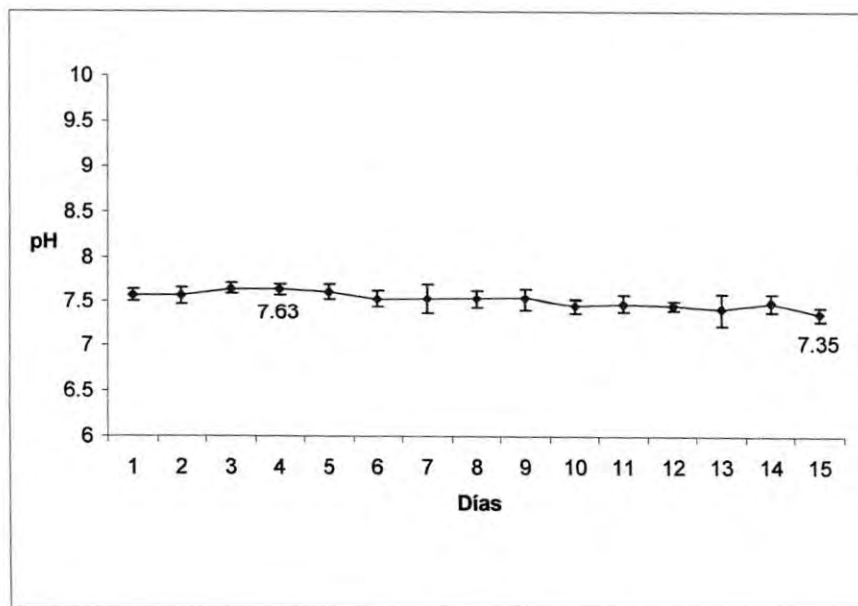


Figura 12. Variación promedio del pH en el tratamiento donde se utilizó el alimento Nutripec (alimento para tilapia). En la gráfica se muestra el valor máximo y mínimo.

VI.1.4. Salinidad

La variación de la salinidad en los tratamientos donde se utilizó el alimento Inve estuvo en un intervalo de 34 a 35 ‰, con un valor promedio de $34.8 \text{ ‰} \pm 0.54$ (Fig. 13). Donde se utilizó el alimento Silver Cup estuvo en un intervalo de 34 a 35 ‰, con un valor promedio de $34.4 \text{ ‰} \pm 0.53$ (Fig. 14) y donde se utilizó el alimento Nutripec estuvo en un intervalo de 34 a 35 ‰, con un promedio de $34.73 \text{ ‰} \pm 0.52$ (Fig. 15). La prueba estadística de Kruskal-Wallis indicó que no existieron diferencias significativas entre el pH de los tratamientos ($p \geq 0.05$).

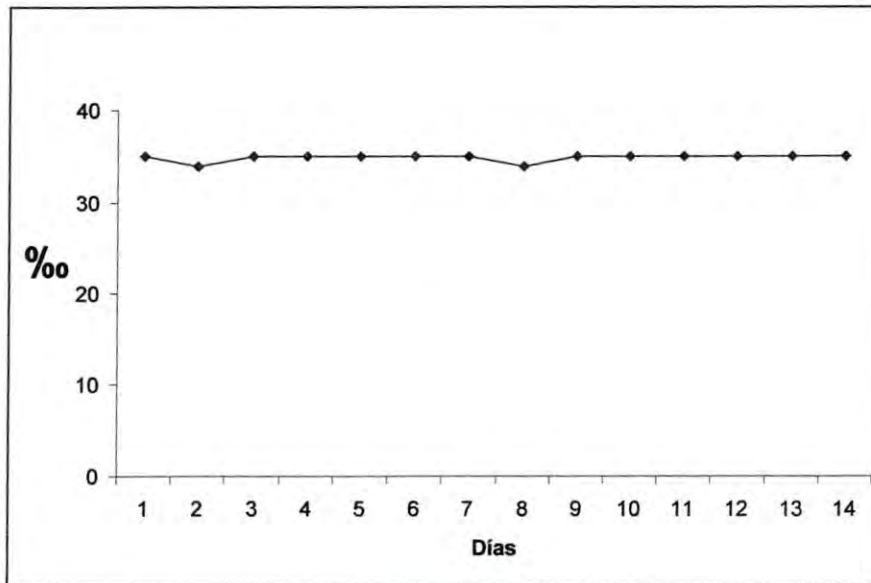


Figura 13. Variación promedio de la salinidad en el tratamiento donde se utilizó el alimento Inve (alimento para peces marinos). En la gráfica se muestra el valor máximo y mínimo.

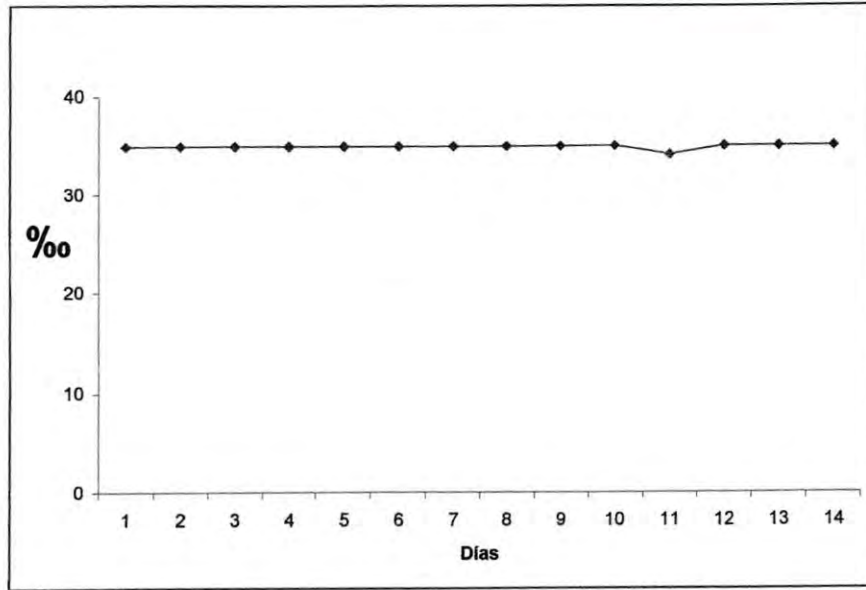


Figura 14. Variación promedio de la salinidad en el tratamiento donde se utilizó el alimento Silver Cup (alimento para camarón). En la gráfica se muestra el valor máximo y mínimo.

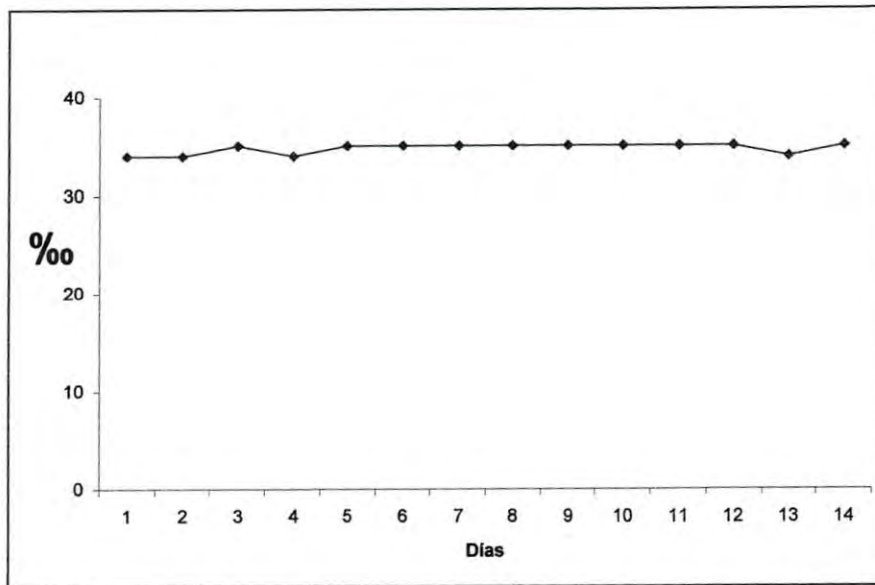


Figura 15. Variación promedio de la salinidad en el tratamiento donde se utilizó el alimento Nutripec (alimento para tilapia). En la gráfica se muestra el valor máximo y mínimo.

VI.2. Crecimiento de *Sphoeroides annulatus*

VI.2.1. Crecimiento en peso

El mayor crecimiento promedio en peso durante la primera semana se registró en el tratamiento donde se utilizó el alimento Inve, el cual fue de 1436.33 ± 292.117 mg con un aumento de 336.33 mg, seguido por el tratamiento donde se utilizó alimento Silver Cup (alimento para camarón), el cual fue de 1399.35 ± 325.80 mg, con un aumento de 209.65 mg y por último, el tratamiento donde se utilizó el alimento Nutripec con un valor de 1267.42 ± 268.26 mg y un aumento de 167.42 mg.

El análisis estadístico de Kruskal-Wallis indicó que existieron diferencias significativas entre los tratamientos $p \leq 0.05$. Los tratamientos donde se utilizaron los alimentos Inve y Silver Cup no presentaron diferencias significativas entre ellos $p \geq 0.05$, sin embargo, ambos alimentos sí presentaron diferencias significativas comparado con el tratamiento de Nutripec (alimento para tilapia) $p \leq 0.05$ (Fig. 16).

También el mayor crecimiento promedio en peso durante la segunda semana se registró en el tratamiento donde se utilizó el alimento Inve, el cual fue de 1886.68 ± 409.17 mg con un aumento de la primera a la segunda semana de 450.35 mg, seguido por el tratamiento donde se utilizó alimento Silver Cup (alimento para camarón), con 1548.53 ± 410.16 mg con un aumento de la primera a la segunda semana de 148.88 mg y por último, el tratamiento donde se utilizó el alimento para tilapia con un valor de 1275.42 ± 347.14 mg con un aumento de la primera a la segunda semana de 8.16 mg. El análisis estadístico de Kruskal-Wallis indicó que existieron diferencias significativas entre todos los tratamientos $p \leq 0.05$ (Fig. 16).

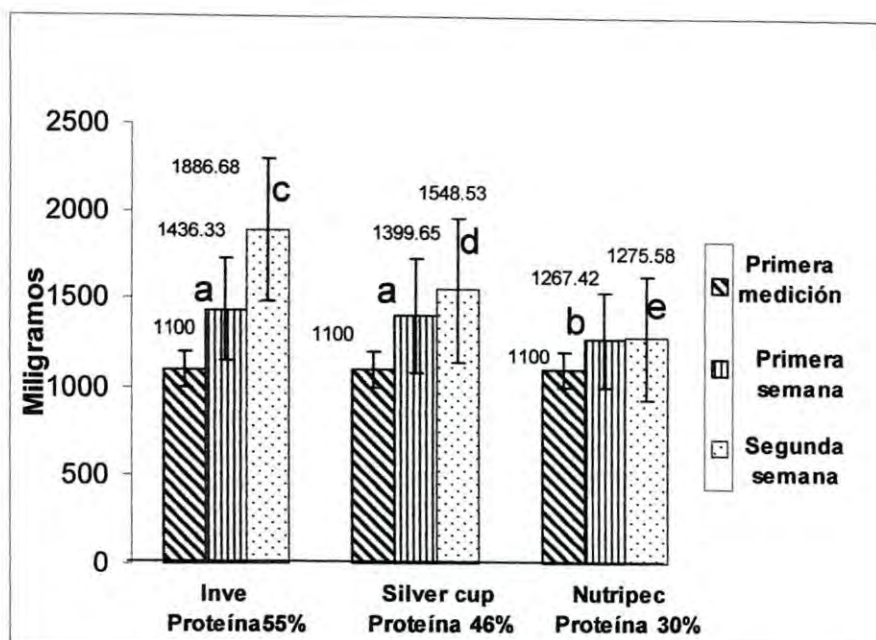


Figura 16. Comparación entre el promedio obtenido en peso del botete diana durante la primera y segunda semana de experimentación. Letras diferentes indican diferencias significativas $p \leq 0.05$.

VI.2.2. Crecimiento en longitud

El mayor crecimiento promedio en longitud durante la primera semana se registró en el tratamiento donde se utilizó el alimento Inve, el cual fue de 37.98 ± 2.66 mm con un aumento de 4.98 mm, seguido por el tratamiento donde se utilizó alimento Silver Cup, el cual fue de 37.39 ± 2.65 mm, con un aumento 4.39 mg y por último, el tratamiento donde se utilizó el alimento Nutripec con un valor de 37.3 ± 2.46 mm y un aumento de 4.30 mg. El análisis estadístico de Kruskal-Wallis indicó que no existen diferencias significativas entre los tratamientos $p \geq 0.05$ (Fig.17).

El crecimiento promedio mayor en longitud durante la segunda semana se registró en el tratamiento donde se utilizó el alimento Inve, el cual fue de 41.42 ± 2.81 mm con un aumento con respecto a la primera semana de 3.44 mm, seguido por el tratamiento donde se utilizó

alimento para camarón, el cual fue de 39.15 ± 2.98 mm con un aumento con respecto a la primera semana de 1.76 mm y por último, el tratamiento donde se utilizó el alimento para tilapia con un valor de 37.12 ± 2.68 mm, presentáronse una disminución con respecto a la primera semana de 0.18 mm. El análisis estadístico de Kruskal-Wallis indicó que existen diferencias significativas entre todos los tratamientos $p \leq 0.05$ (Fig.17).

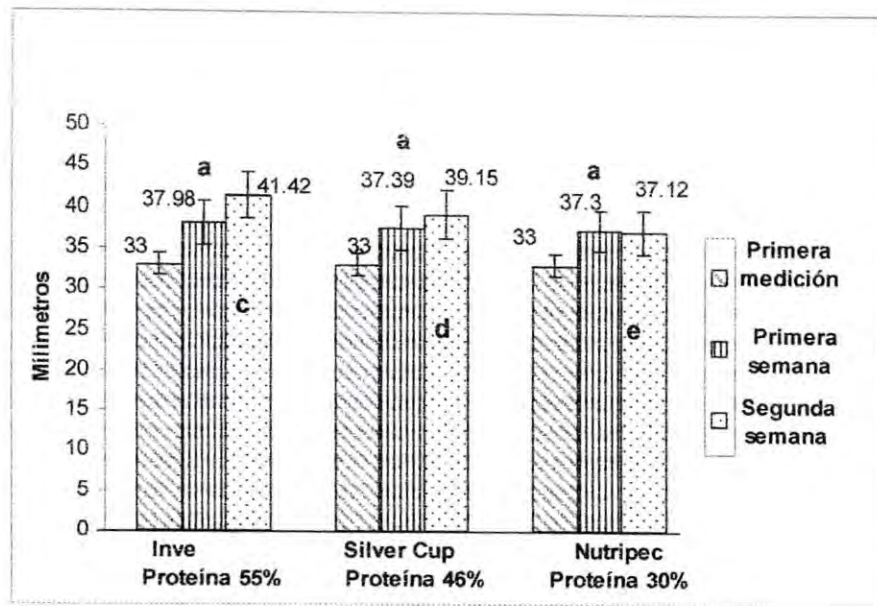
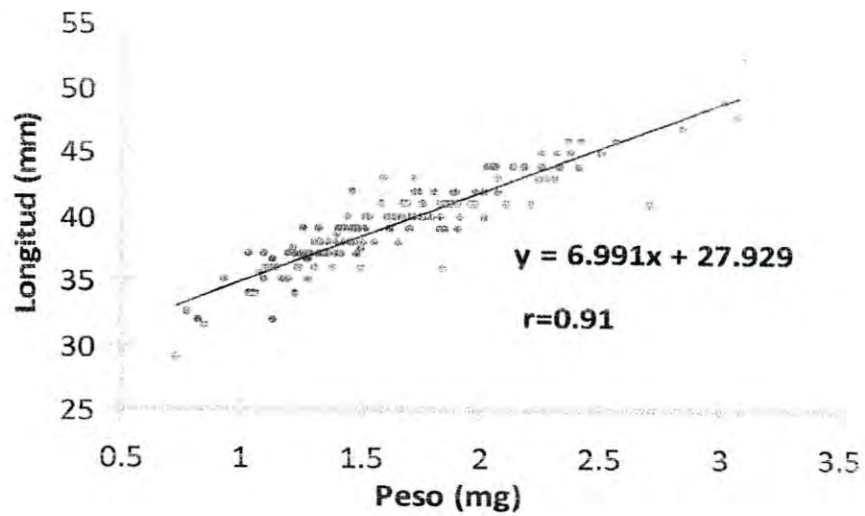


Figura 17. Comparación entre el crecimiento promedio en talla del botete obtenido durante la primera y segunda semana de experimentación. Letras diferentes indican diferencias significativas $p \leq 0.05$.

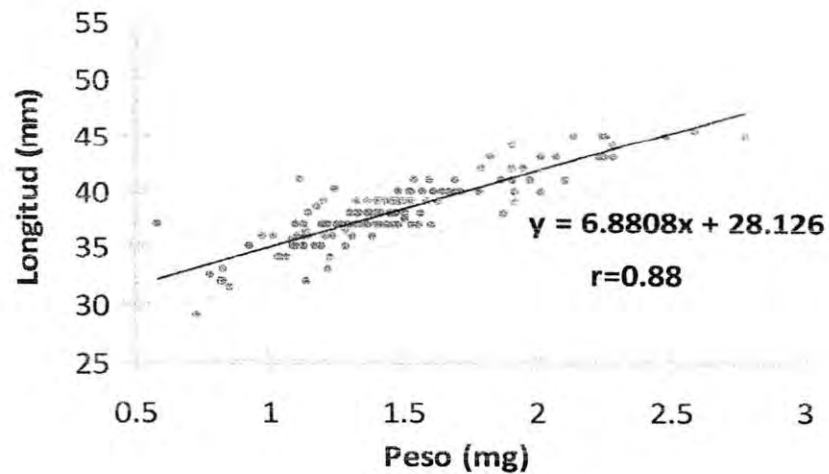
VI.3. Prueba de regresión lineal

La prueba de regresión lineal mostró una alta relación entre el peso y el tamaño de los peces alimentados con Inve, cuya recta tuvo un ajuste del 91 % (Fig.18). Esta alta relación también se presentó en los organismos alimentados con Silver Cup, cuya recta tuvo un ajuste de 88 % (Fig. 19). Por otro lado, los peces alimentados con Nutripec presentaron la más baja relación entre el peso y la talla, cuya recta tuvo un ajuste bajo del 65 % (Fig.20).



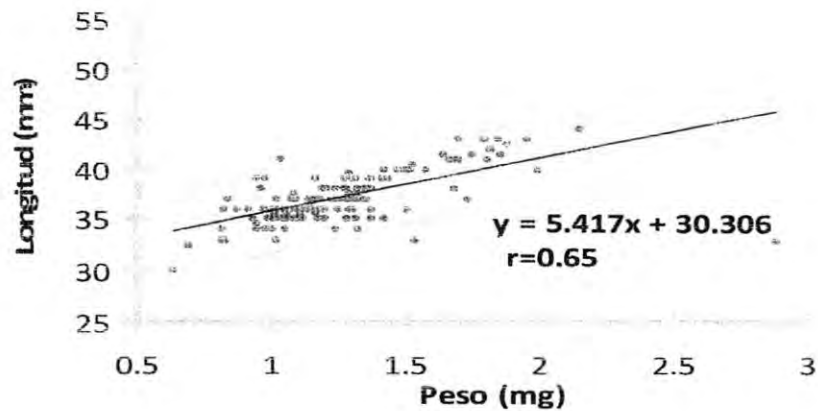
Intervalo de confianza del 95 %

Figura 18. Relación peso- talla de los peces alimentados con el alimento Inve (alimento para peces marinos) n = 150.



Intervalo de confianza del 95 %

Figura 19. Relación peso- talla de los peces alimentados con el alimento Silver Cup (alimento para camarón) n = 150.



Intervalo de confianza del 95 %

Figura 20. Relación peso-talla de los peces alimentados con el alimento Nutripec (alimento para tilapia) n = 150.

VI.4. Índices de crecimiento

VI.4.1. Tasa de crecimiento absoluta en peso diaria

La mayor ganancia absoluta en peso diaria se registró en los organismos alimentados con Inve con un valor de 37.36 mg, seguido por los organismos alimentados con Silver Cup, con un valor de 24.2 mg y por último los organismos alimentados con Nutripec registraron el valor más bajo, el cual fue de 11.4 mg (Fig.21).

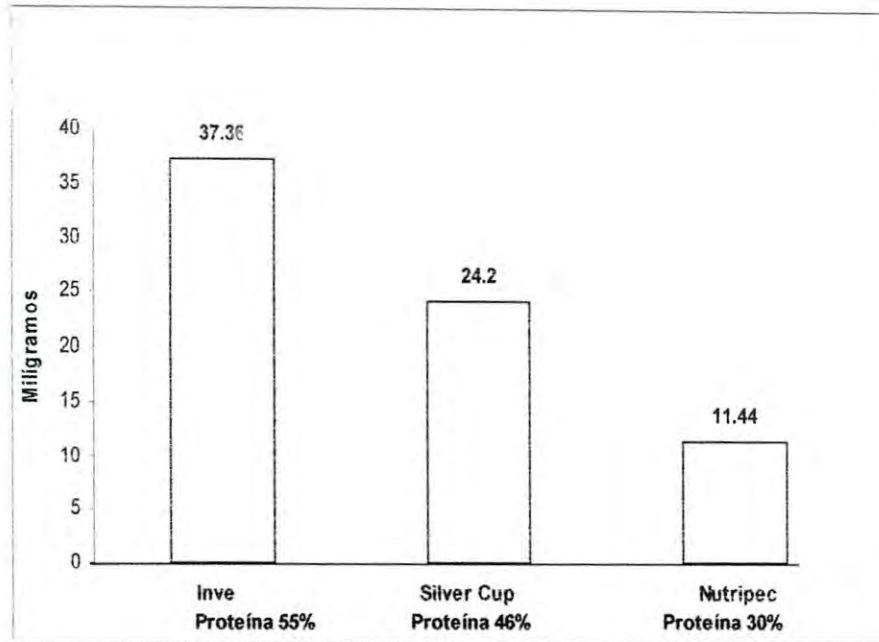


Figura 21. Tasa de crecimiento absoluta en peso (Pf-Pi/t) por tratamiento para *S. annulatus*

VI.4.2. Tasa de crecimiento absoluta en talla diaria

La mayor ganancia absoluta en talla diaria se registró en los organismos alimentados con Inve con un valor de 0.44 mm, seguido por los organismos alimentados con Silver Cup, con un valor de 0.34 mm, y por último, los organismos alimentados con Nutripec registraron el valor más bajo, el cual fue de 0.26 mm (Fig. 22).

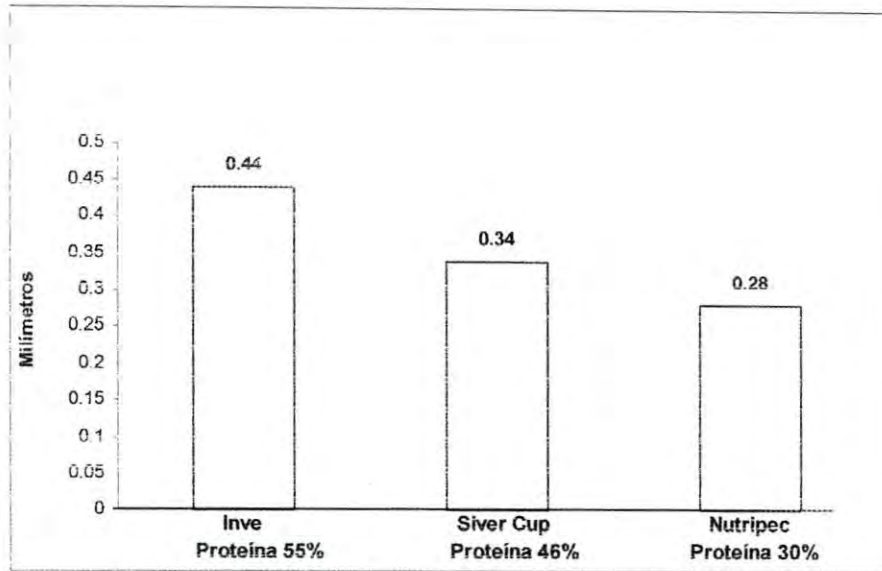


Figura 22. Tasa de crecimiento absoluta en talla ($T_f - T_i / t$) por tratamiento para *S. annulatus*

VI.4.3. Tasa del crecimiento específico en peso

La mayor tasa del crecimiento específico en peso se registró en los organismos alimentados con Inve, los cuales tuvieron un crecimiento de 2.76 % diario, seguido por los organismos alimentados con Silver Cup con un crecimiento de 1.9 % diario, y por último, los organismos alimentados con Nutripec registraron el valor más bajo con un crecimiento de 0.97 % diario (Fig.23).

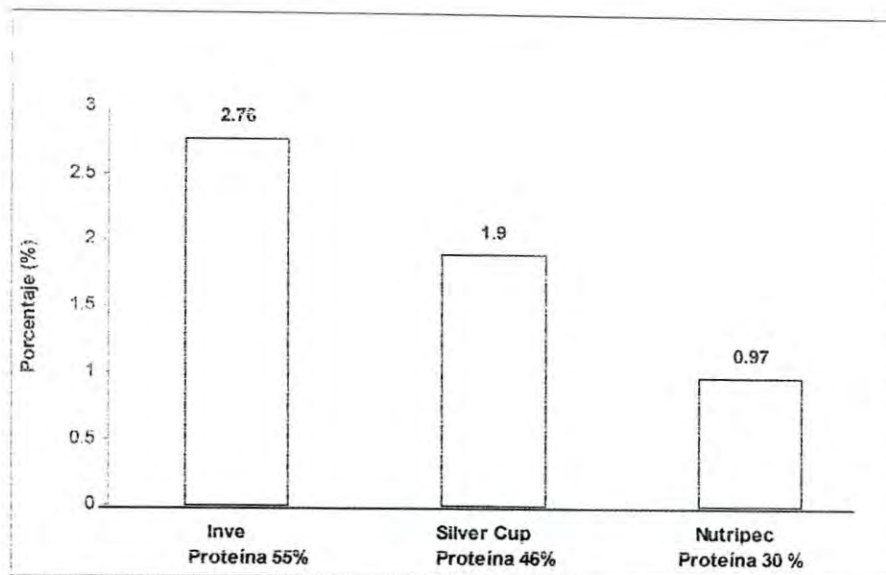


Figura 23. Tasa de crecimiento específica en peso ($\ln Pf - \ln Pi \times 100/t$) por tratamiento para *S. annulatus*

VI.4.4. Tasa del crecimiento específico en talla ($\ln Tf - \ln Ti \times 100/t$)

La tasa del crecimiento específico en talla se registró en los organismos alimentados con Inve, los cuales tuvieron un crecimiento de 1.23 % diario, seguido por los organismos alimentados con Silver Cup con un crecimiento de 0.97 % diario, y por último, los organismos alimentados con Nutripec registraron el valor más bajo con un crecimiento de 0.80 % diario (Fig.24).

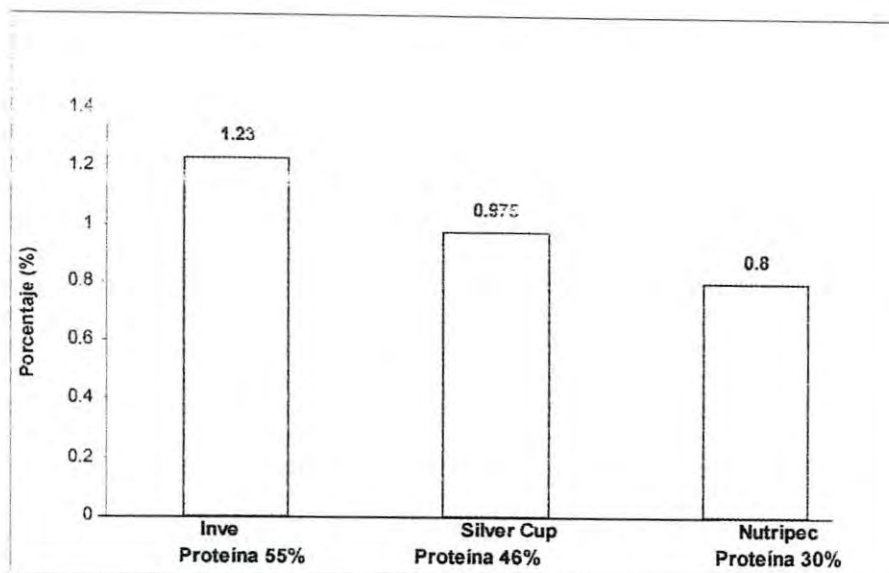


Figura 24. Tasa de crecimiento específica en talla ($\ln T_f - \ln T_i \times 100/t$) por tratamiento para *S. annulatus*

VI.4.5. Supervivencia

Los peces alimentados con Inve tuvieron los valores más altos de supervivencia el cual fue de 94 %, seguido por los peces alimentados con Silver Cup con el 92 % y los peces alimentados con Nutripec tuvieron el 88 % de supervivencia (Fig.25).

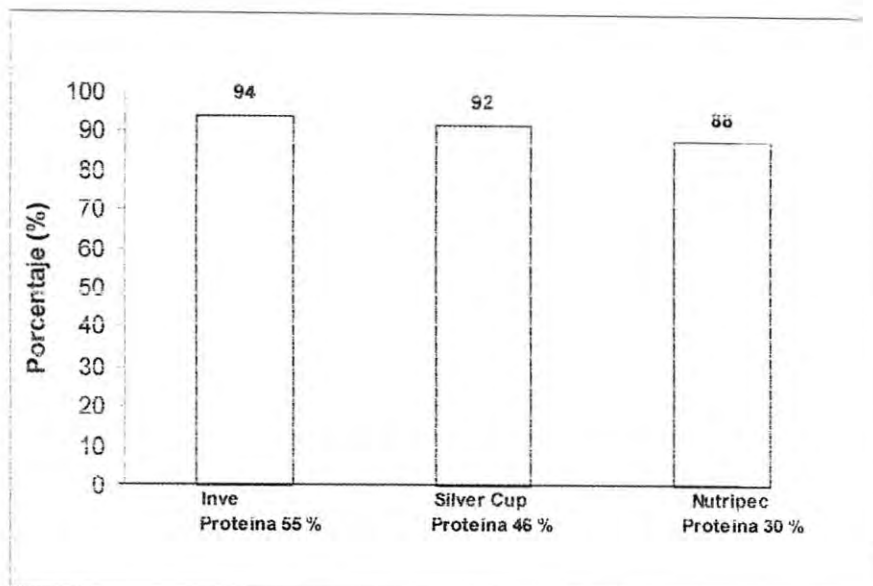


Figura 25. Supervivencia total por tratamiento para *S. annulatus*

VI.5. Tasa de conversión alimenticia

La tasa de conversión alimenticia que tuvieron los organismos alimentados con Inve durante la primera semana fue de 8.2: 1g, para los peces alimentados con Silver Cup fue de 13.16 :1g y para los alimentados con Nutripec fue de 16.48 :1g. Durante la segunda semana en los organismos alimentados con Inve fue de 7.43:1g, para el tratamiento Silver Cup fue de 23.57:1g y para el tratamiento Nutripec fue de 42.93: 1g (Fig.26).

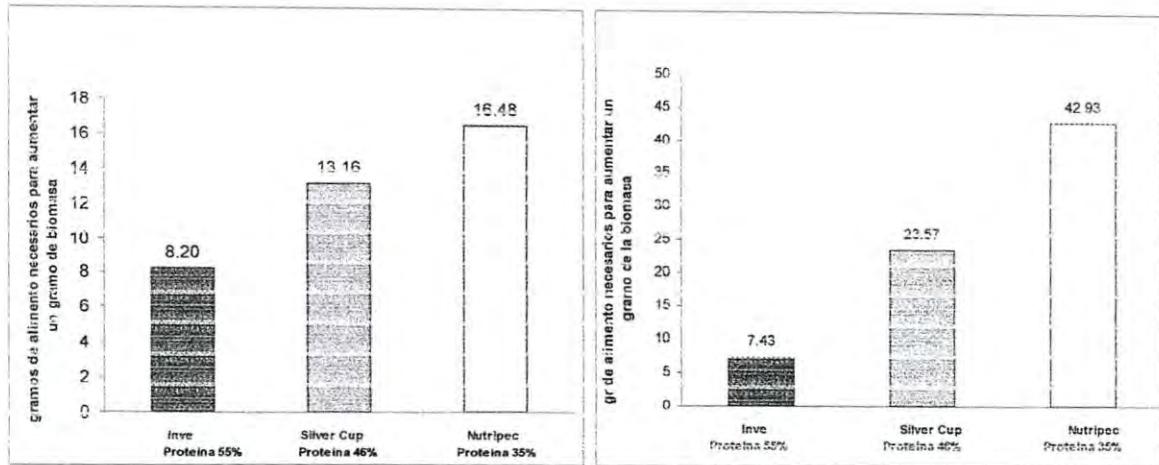


Figura 26. Comparación de la tasa de conversión alimenticia en la primera y segunda semana

VI.6. Tasa de eficiencia del alimento

El alimento que mostró tener una mayor eficiencia durante la primera semana fue Inve con 12 %, seguido de Silver Cup con 7.5 % y finalmente el alimento Nutripec fue el que mostró una menor eficiencia con 6 %. El alimento que mostró tener una mayor eficiencia durante la segunda semana fue Inve con 13.44 %, seguido de Silver Cup con 4.24 % y finalmente el alimento Nutripec fue el que mostró una menor eficiencia con 0.26 % (Fig.27).

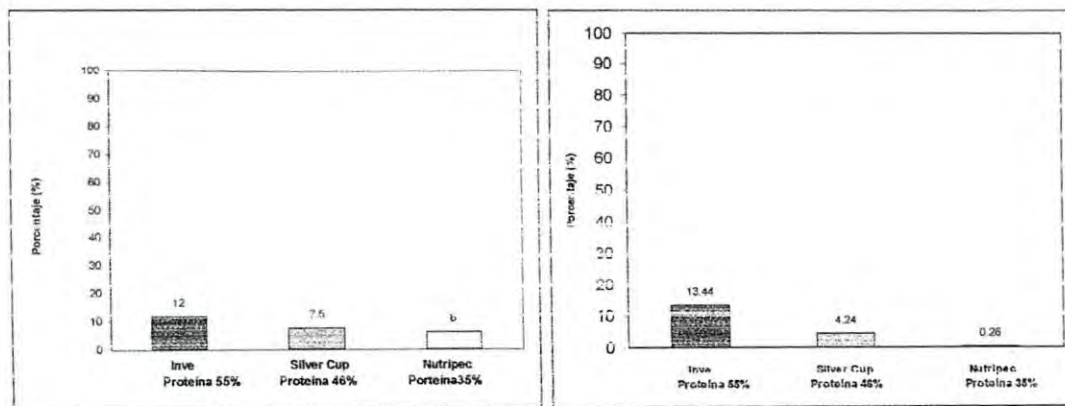


Figura 27. Comparación de la tasa de eficiencia del alimento en la primera y segunda semana

VI.7. Índice de condición

La distribución de la frecuencia de los índices de condición para *S. annulatus* alimentados con Inve, se encontraron en un intervalo de 1.50 a 4.99. La mayor frecuencia de la distribución se encontró en el intervalo de 2.50 a 2.99 (Fig.28). La distribución de la frecuencia para los organismos alimentados con Silver Cup estuvo en un intervalo de 1.0 a 3.49. La mayor frecuencia de la distribución se encontró en el intervalo de 2.5 a 2.99 (Fig.29). La distribución de la frecuencia de los organismos alimentados con Nutripec estuvo en un intervalo de 1.50 a 4.49. La mayor frecuencia de la distribución se encontró en el intervalo de 2.0 a 2.49 (Fig. 30).

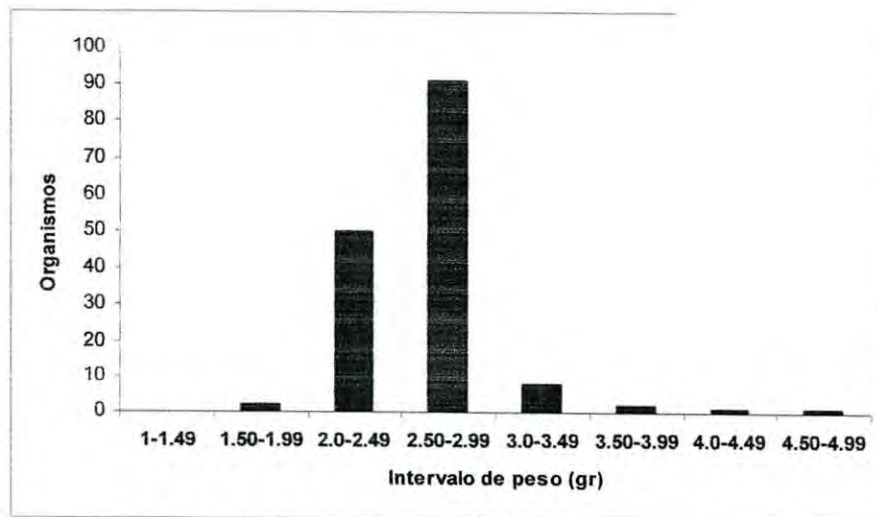


Figura 28. Índice de condición de los organismos alimentados con Inve (alimento para peces marinos).

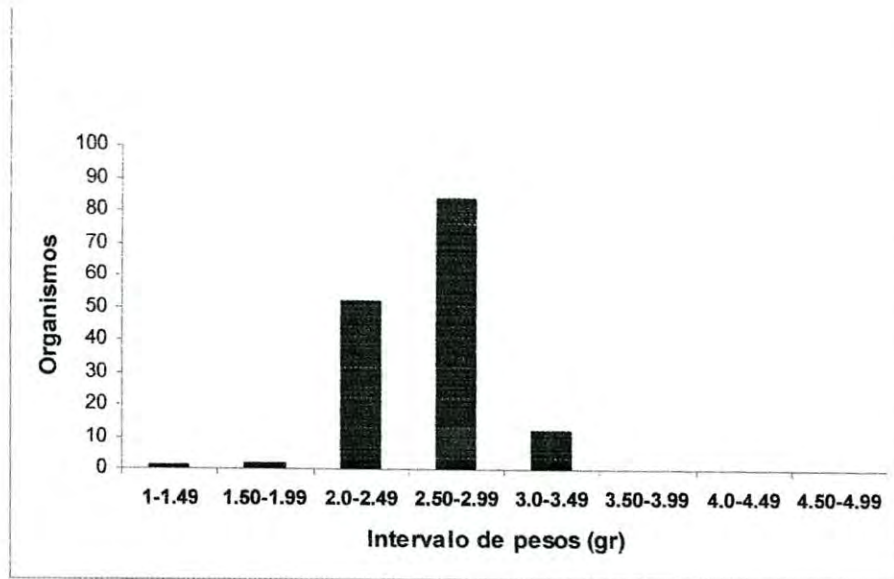


Figura 29. Índice de condición de los organismos alimentados con Silver Cup (alimento para camarón).

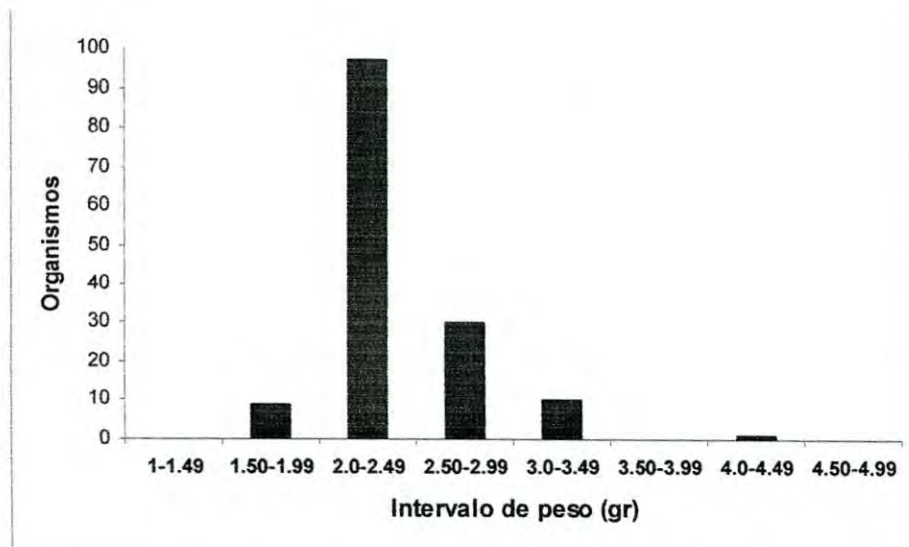


Figura 30. Índice de condición de los organismos alimentados con Nutripec (alimento para tilapia).

VI.8. Análisis de los epitelios intestinales

Las muestras de Inve presentaron una gran cantidad de cilios y con un gran número de ramificaciones y de gran tamaño. La longitud promedio de los cilios fue de $1.35 \pm 0.35 \mu\text{m}$ y se determinó que se encontraban en la Fase III del desarrollo ciliar (Fig. 31). Las muestras de Silver Cup presentaron cilios más largos y gruesos y algunas zonas presentaban ramificaciones. La longitud promedio de los cilios fue de $0.64 \pm 0.23 \mu\text{m}$ y se determinó que se encontraban en la Fase II (Fig. 32). Las muestras de intestino de los organismos alimentados con Nutripec presentaron cilios intestinales poco visibles y poco desarrollados; no se observaron ramificaciones. El tamaño promedio de los cilios fue de $0.51 \pm 0.21 \mu\text{m}$, se determinó que se encontraban entre la Fase I del desarrollo ciliar (Fig. 33). La prueba de Kruskal-Wallis demostró que existieron diferencias significativas entre los tratamientos $p \leq 0.05$.

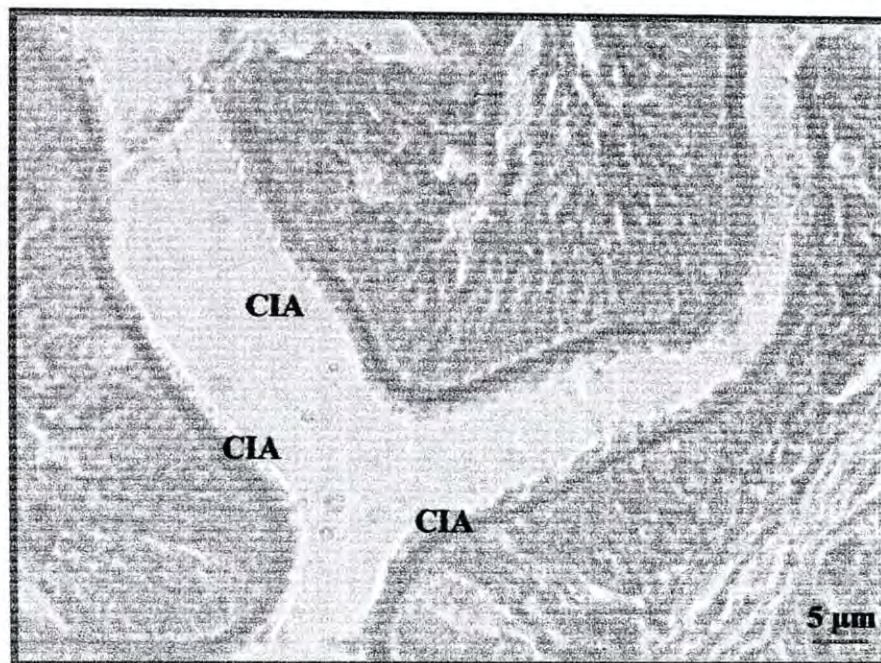


Figura 31. Corte histológico del intestino de un organismo alimentado con Inve. CIA: Cilios intestinales altamente desarrollados. Tomada a 1000 X.

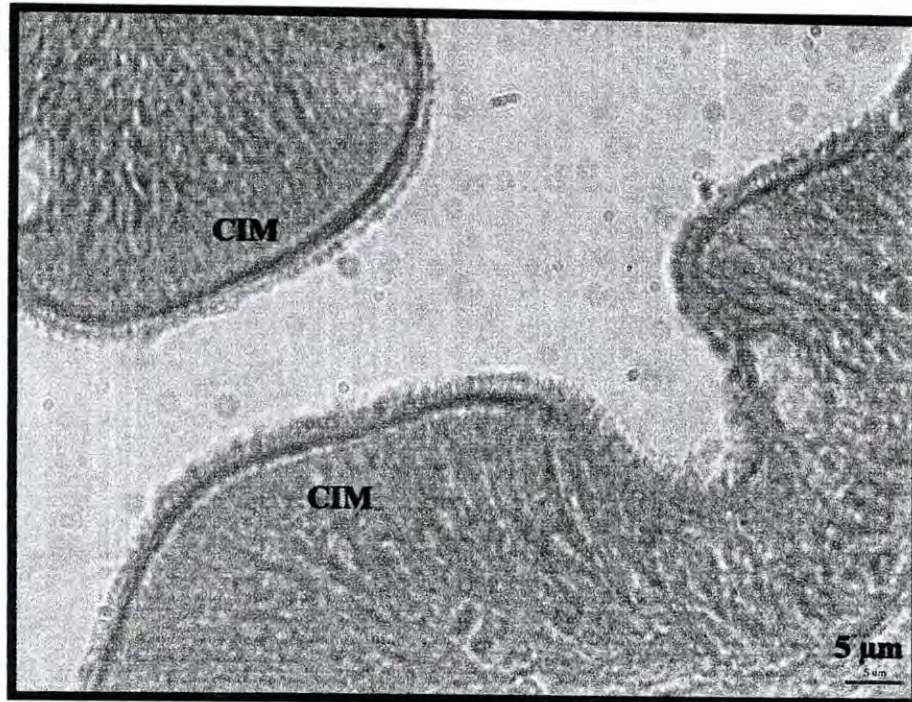


Figura 32. Corte histológico del intestino de un organismo alimentado con Silver Cup. CIM: Cilios intestinales medianamente desarrollados. Tomada a 1000 X.

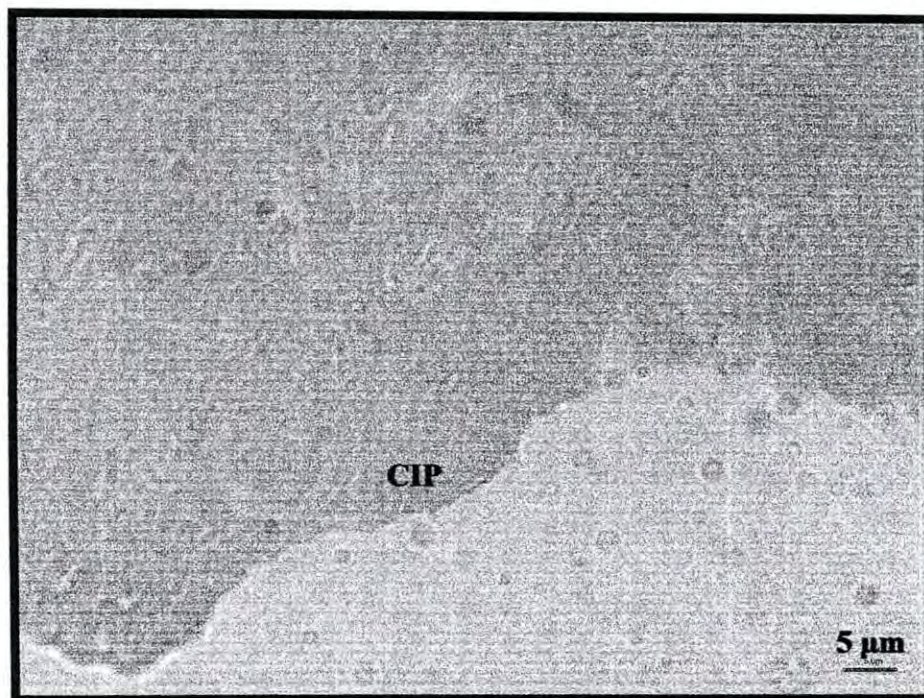


Figura 33. Corte histológico del intestino de un organismo alimentado con Nutripec. CIP: Cilios intestinales poco desarrollados. Tomada a 1000 X.

VI.9. Análisis de costos de los alimentos

El alimento Inve tiene un precio de 100 pesos/kg en el mercado, mientras que Silver Cup y Nutripec de 10 pesos/kg. Se encontró que durante la molienda del alimento el porcentaje de alimento perdido para Silver cup fue del 20 % mientras que para Nutripec fue del 40 %. Es decir, el precio real para Silver Cup sería de 12 pesos/kg y para Nutripec de 14 pesos/kg. Al comparar el precio del alimento con la Tasa de Eficiencia del Alimento, se encontró que el alimento Inve tiene un precio muy elevado y la tasa de eficiencia de 13.44 %. El alimento Silver Cup es de ocho veces más económico que el alimento Inve, sin embargo la tasa de eficiencia es del 4.24 %. El alimento Nutripec es siete veces más económico que Inve, pero el alimento tiene la eficiencia mas baja de los alimentos utilizados de 0.26 %.

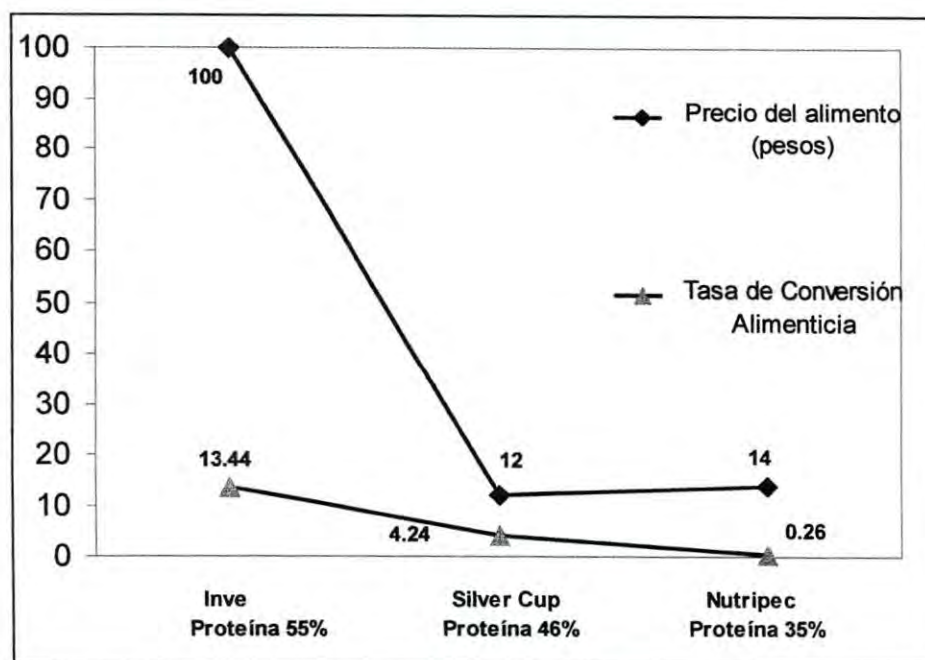


Figura 34. Comparación del precio de los alimentos con la eficiencia obtenida.

VII. DISCUSIÓN

Las variables fisicoquímicas del agua fueron constantes para todos los tratamientos, por lo que se puede afirmar que éstas presentaron las mismas condiciones en la evaluación del crecimiento de los organismos. Así pues, se puede afirmar que el crecimiento de los organismos estuvo afectado sólo por la diferencia en la composición de las dietas utilizadas durante el experimento, el incremento de peso que tuvieron los organismos alimentados con Inve (alimento para peces marinos) y con Silver Cup (alimento para camarón) durante la primera semana no fueron estadísticamente diferentes (336.33 y 209.65 mg respectivamente) pero sí lo fueron con respecto al alimento Nutripec (Alimento para Tilapia). Sin embargo durante la segunda semana mostraron diferencias altamente significativas. Esto puede estar relacionado con la digestibilidad de cada alimento y a la cantidad de proteína contenida.

En lo que respecta al crecimiento en longitud los organismos no mostraron diferencias estadísticas durante la primera semana. Ya durante la segunda semana se mostraron diferencias altamente significativas registrando las tallas más grandes los peces alimentados con Inve, seguido por Silver Cup y por último los alimentados con Nutripec. Dado que los peces tenían 61 días de edad, los requerimientos de proteína eran muy altos, por lo que se piensa que el alimento Inve fue el más apropiado. Las diferencias en talla podrían explicarse además de las diferencias en proteína, por las diferencias en vitaminas y minerales. Sin embargo, se puede establecer que el tamaño de partícula no influyó en el crecimiento de los peces ya que ésta era muy similar entre los alimentos.

La prueba de regresión lineal mostró una relación muy alta entre la talla y el peso de los organismos alimentados con Inve y con Silver cup. Lo cual, es un dato importante a conocer a la hora de realizar la separación de tallas de los organismos; el separar tallas nos permite tener

un mejor control sobre los organismos cultivados además de evitar el canibalismo y reducir el estrés.

Ortega (2007) realizó un experimento con juveniles de *Sphoeroides annulatus* con un peso de 5.3 g y alimentados con una frecuencia de 5 veces por día con una duración de nueve semanas, con el fin de probar tres dietas, las cuales diferían en el contenido de proteína: 50.6 %, 53.3 % y 49.6 %. Se encontró que los peces alimentados con el 50.6 % de proteína en la dieta tuvieron el 1.7 % de crecimiento específico en peso y con una TCA de 3:1, el que tenía 53.3 % de proteína en la dieta tuvo el 1.4 % y con una TCA de 2.5:1 y el que contenía el 49.6 % de proteína en la dieta tuvo el 2.07 % y una TCA de 1.2. Estos resultados coinciden en que los requerimientos proteicos del botete diana son altos, así pues, dietas con alto contenido proteico son más eficientes.

Por último los peces alimentados con Nutripec tuvieron el 0.97 % y 42.93:1. Esto posiblemente se deba a la diferencia en el contenido de lípidos en la dieta, a la digestibilidad de la proteína y/o a la diferencia de peso de los organismos con lo que se realizó el experimento, también se debe de considerar la diferencia en la frecuencia de alimentación. Cabe señalar que los valores de TCA de los organismos alimentados con Nutripec son muy altos, lo cual indica un gran desperdicio de alimento lo que verá reflejada en la alteración de los parámetros fisicoquímicos del agua.

En general, la TCA fue muy alta a comparación de otros organismos como el camarón blanco del pacífico *Peneaus vannamei* el cual es de 1.3:1 (FAO, 2006-2009), 1.25-1.30 para alevines de tilapia var. chitralada de un peso de 1.05 g (Escobar, *et al.*, 2006), 2.78 a 4.33 para el pargo amarillo (*Ludjanus argentiventris*) según la densidad de siembra (Hernández-Silva, 2004).

Los altos valores de TCA son de las razones por las cuales el cultivo de peces marinos no se ha desarrollado como otros organismos. Es por esto que se deben conocer los requerimientos nutricionales de cada especie con el fin de formular alimentos específicos, esto no solo reducirá los costos de producción sino que tendrá gran beneficio para el ambiente.

La principal base de una acuicultura sustentable es mejorar el aprovechamiento del alimento ya que esto evitará la producción de aguas eutróficas las cuales tienen un efecto nocivo en el ecosistema.

El alimento Inve resultó ser el alimento más eficiente ($TEA = \text{Incremento de peso} / \text{Alimento dado} \times 100$) durante la primera y segunda semana con el 12 y 13.44 % respectivamente, seguido por el alimento Silver Cup con 7.5 y 4.24 % y finalmente el alimento Nutripec resultó ser el menos eficiente con 6 y 0.26 % respectivamente. Se puede observar que para el alimento Inve se volvió más eficiente durante la segunda semana esto se piensa que fue gracias a la mayor cantidad de proteína y digestibilidad, sin embargo estos niveles son muy bajos. Para los alimentos Silver Cup y Nutripec se observó una disminución y esto tal vez pueda ser explicado por una baja digestibilidad de la proteína. García-Ortega (2007) realizó un experimento con juveniles de *Sphoeroides annulatus* con un peso promedio de 21.2 ± 07 con el fin de probar cuantas raciones al día resultaban en una mejor eficiencia del alimento. Se encontró que el alimento registraba una mayor eficiencia si se repartía en dos raciones al día. Cabe señalar que la eficiencia del alimento se hacía menor conforme la ración se dividía en más partes y la tasa de conversión alimenticia aumentaba con el número de raciones. Lo cual, es congruente con los resultados obtenidos ya que se registraron tasas de eficiencia alimenticia muy bajas y tasas de conversión alimenticias muy altas, las cuales se pueden explicar de esta manera. Como un punto de comparación se puede utilizar la tasa de

eficiencia del alimento para *P. vannamei*, la cual es de 65 al 70%, por lo que elaborar alimentos más eficientes será determinante en el desarrollo de la actividad.

En lo que respecta a la supervivencia de los organismos los alimentos Inve y Silver Cup mostraron los valores más altos y la más baja fue donde se utilizó Nutripec. En general, estos valores son altos, sin embargo al crecer los organismos y mostrando tasas de eficiencia alimenticia tan bajas esta mortalidad puede incrementar si no se toman las medidas necesarias.

En lo que respecta al Índice de Condición los valores más altos fueron registrados para Inve y Silver cup, sin embargo aunque los organismos de ambos tratamientos coincidieron en el mismo intervalo 2.50-2.99, hubo organismos alimentados con Inve en intervalos mayores que los alimentados con Silver Cup.

Abdo de la Parra *et al* (2006) realizaron un experimento alimenticio con el fin de estudiar el efecto de los niveles de proteína en el crecimiento de *S. annulatus*. El experimento se desarrolló con una temperatura media de 29.6 ± 1.5 °C, una salinidad constante de 35 ‰ y una concentración de oxígeno de 4.2 ± 0.5 mg/L. Los peces alimentados con la dieta de 55 % de proteína fue la que registró el mayor crecimiento seguido por la que contenía un 50% y por último la que contenía el 60%. Dichos resultados coinciden con los resultados obtenidos en este experimento, donde el alimento que contenía un 55% de proteína fue el que produjo el mayor crecimiento en cuanto al peso de los organismos, seguido por los que contenían 45% (Camarón) y 35% (Tilapia).

Un valor similar se presentó en el estudio realizado por Kanazawa *et al.* (1980) quienes determinaron que para *Takifugu rubripes* la dieta que contenía 50% de proteína era la que registraba un mejor crecimiento.

En cuanto a los requerimientos de lípidos de la especie *S. annulatus* se realizó un estudio preliminar con organismos de un peso de 19 g para establecer los niveles de grasa requeridos. Para esto se probaron dos dietas Iso-nitrogenas con aceite de pescado (aceite de hígado de bacalo) como fuente lipídica. Los resultados mostraron que la dieta que contenía 5.6 % de lípidos resultó con el crecimiento que la dieta de 9.5 % (García-Ortega, 2002). Estos resultados son congruentes con lo encontrados aquí en el experimento donde el alimento que contenía los niveles más bajos de lípidos (Inve: Alimento para peces marinos 6 %) resultó ser el que presentó los valores más altos en cuanto al crecimiento. Estos resultados son similares a los encontrados por Kanazawa (1980) en *Takifugu rubripes* donde demuestran que el requerimiento de lípidos es menor al 6 % de la dieta.

Si bien, el alimento Inve presentó el mejor crecimiento durante las dos semanas, este alimento es el más caro con un precio de 100 pesos/Kg. Comparando el crecimiento obtenido con el precio del alimento, se puede inferir que no convendría utilizar un alimento tan caro y el bajo crecimiento obtenido. El alimento Silver Cup es ocho veces más económico que el alimento Inve y el precio esta más acorde al peso obtenido al igual que el alimento Nutripec.

Kumai (1989) trabajó con la especie *Takifugu. rubipres* para observar si éste organismo presentaba un estómago diferenciado. Los resultados indicaron que este pez, el cual pertenece a la subfamilia del botete diana no contenía un estómago como tal, lo que se encontraba en su lugar era una expansión de un saco recubierto por el epitelio del esófago; Por esta razón se tenía la hipótesis de que *S. annulatus* carecía también de un estómago funcional. Dicha hipótesis fue corroborada por García-Gasca (2006) quienes encontraron que la especie *Sphoeroides annulatus* no presentaba estómago en todo su ciclo de vida. El conocer cuáles proteínas y nutrientes asimila de mejor manera será determinante en la formulación de dietas,

lo cual se verá reflejado en mejores índices de crecimiento y un mejor factor de conversión alimenticia.

VIII. CONCLUSIONES

1. Debido a que las variables fisicoquímicas de temperatura, salinidad, pH y Oxígeno disuelto no presentaron variaciones entre los tratamientos, el crecimiento encontrado en juveniles de *S. annulatus* (47 días de edad) fue controlado adecuadamente.
2. Se encontró que el mayor crecimiento en juveniles de *S. annulatus* estuvo relacionado con la dieta de mayor contenido proteico
3. El crecimiento y la mayor supervivencia, 94%, de *Sphoeroides annulatus* depende de una dieta formulada exclusivamente para peces marinos.
4. Se encontró que una alternativa de alimento para *Sphoeroides annulatus*, puede ser alimento para camarón de 46% de proteína.
5. Se encontró la relación lineal más alta entre el peso y la talla de los organismos con el alimento para peces marinos, seguida del alimento para camarón.
6. La dieta para peces marinos demostró que las células de los epitelios intestinales de *S. annulatus* presentaron un mayor desarrollo en su longitud ciliar.
7. El análisis de costos demostró que el alimento Inve es demasiado costoso (100 pesos/Kg) para la eficiencia obtenida. Por otro lado, el alimento Silver Cup es el alimento que resultó ser económicamente mejor.

IX. LITERATURA CITADA

- Abdo de la Parra, M. I., Camacho, J.L., González-Rodríguez, B., Martínez-Rodríguez, I., Hernández-González, C. y García-Ortega, A. 2006. A preliminary study on the effects of dietary protein level on growth and survival of juvenile bullseye buffer fish, *Sphoeroides annulatus*. *World Aquaculture* 37 (1): 34-37.
- Alvarado, H. 1998. Efecto de diferentes concentraciones de calcio sobre el desarrollo de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en condiciones de cultivo. *Zootecnia Trop.*, 16(1):99-111. Estado Táchira, Venezuela.
- Alvárez-Borrego, J. E. y J. Fajer-Ávila. 2006. Identification of platyhelminth parasites of the wild bullseye pufferfish (*Sphoeroides annulatus* Jenyns, 1853) using invariant digital color correlation. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* Vol. 41, N°1.pp:129-139.
- Brown, M. R., Jeffrey, S. W., Volkman, J. K., y Dunstan, G. A., 1997. Nutritional Properties Of Microalgae For Mariculture. *Aquaculture*:151:315-33.
- Brown, M.R.,S.W. Jeffrey y C.D. Garland.1989. Nutricional aspects of microalgae used in mariculture, a literature review.CSIRO Marine Laboratories Report 205. pp 29-44
- Buttner, J.K. y R.W, Soderberg., D. E., Terlizzi.1993. An Introduction to Water Chemistry in Freshwater Aquaculture. University of Massachusetts. NRAC Fact Sheet No. 170-Aquaculture Center. pp 1-4.
- Bussing, W. A. 1995. Dentro de la Guía FAO Para la Identificación de Especies Para los Fines de la Pesca Pacífico Centro-Oriental. Vol. III. pp. 1629-1637.
- Castelló, O. F. 2000. Alimentos y estrategias de alimentación para reproductores y juveniles de peces marinos. En: Civera-Cerecedo, R., Pérez-Estrada, C.J., Ricque-Marie, D. y Cruz-Suárez, L.E. (Eds.) Avances en Nutrición Acuícola IV. Memorias del IV Symposium Internacional de Nutrición Acuícola. Noviembre 15-18, 1998. Pp 550-569 La Paz, B.C.S., México.
- Cerezo, J., B. García. 2006. Crecimiento y Aprovechamiento Nutritivo de Dietas Compuestas de Distintos Porcentajes de Cangrejo y Boga en el Pulpo de Roca (*Octopus vulgaris* Cuvier, 1797). *Imida-Acuicultura. Consejería De Agricultura, Agua Y Medio Ambiente De La Región De Murcia. Apdo. 65.30740 San Pedro Del Pinatar. Murcia.(http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/pesca/acuicultura/descargas/Moluscos/10_crecim_aprovecham_nutritivo_cangrejo.pdf)*
- Committee on Animal Nutrition. 1993. Nutrient Requirements of Fish. Board on Agriculture National Research Council. National Academy Press. Washington, D.C. pp 128.

- Chávez-Sánchez, M., L. Álvarez-Lajonchère, M. de la Parra y N. García-Aguilar. 2008. Advances in the culture of the mexican bullseye puffer fish *Sphoeroides annulatus*, Jenyns (1842). *Aquaculture Research*. 39:718-730.
- Egna, H. y C. Boyd.1997. Dinámica de Estanques en Acuicultura. (Resumido por Dirección de Acuicultura) artículo tomado de www.produccion-animal.com.ar 16/10/2009
- Escobar, J.A., V. del R. Reinoso., y M.A. Landinez.2006.Efecto del nivel de energía y proteína en la dieta sobre el desempeño productivo de alevitos de *Oreochromis niloticus*, variedad Chitralda. *Revista de medicina veterinaria*. Jul-Dic. Num 012. Universidad de la Salle. pp.89-97.
- F.D.A., 2007 (<http://www.cfsan.fda.gov/~dms/sad2puff.html>). 16/10/2009
- FAO, 1993 (<http://www.fao.org/docrep/field/003/ab473s/AB473S01.htm>) 16/10/2009
- FAO. 2006. El Estado Mundial De La Pesca y la Acuicultura. 16/10/2009
- FAO. © 2006-2009. - . Programa de información de especies acuáticas. Text by Briggs, M. In: *FAO Fisheries and Aquaculture Department* [online]. Rome. Updated 2 July 2007. http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Litopenaeus_vannamei/es. 16/10/2009
- García-Gasca A., Galaviz M., Gutiérrez J., y García-Ortega A. (2006) Development of the digestive tract, trypsin activity and gene expression in eggs and larvae of the bullseye puffer fish (*Sphoeroides annulatus*). *Aquaculture* 251:366–367.
- García-Ortega, A., C. Hernández., I. Abdo de la Parra y B. González-Rodríguez. 2002. Advances in the nutrition and feeding of the bullseye puffer *Sphoeroides annulatus*. In: Cruz-Suárez, L. E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Gaxiola-Cortés, M. G., Simoes, N. (Eds.). *Avances en Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. 3 al 6 de Septiembre del 2002. Cancún, Quintana Roo, México.
- García-Ortega. 2007. Prospectivas del cultivo de botete diana en México. CIAD. Foro Internacional de Acuicultura. Mazatlán, Sinaloa.
- Hargreaves, J. y Craig, Tucker. 2002. Measuring Dissolved Oxygen Concentration In Aquaculture. SRAC. Mississippi University. Publication No. 4601. U.S.A. <http://www.ustfa.org/Trout%20production/Measuring%20Dissolved%20Oxygen%20Concentration%20in%20Aquaculture%20%20%20srac%202002.pdf> 16/10/2009
- Hernández-Silva, M. A. 2004. Efecto de la densidad del confinamiento sobre el crecimiento y la supervivencia del pargo amarillo *Lutjanus argentiventris* (Peters 1869) (Percoidei: Ludjanidae) cultivado en jaulas flotantes. Tesis para obtener el grado Maestro en ciencias. La Paz Baja California Sur.
- Humasson, G.L. 1979. *Animal Tissue Techniques*. W.H. Freeman and Co. pp.161. USA.

- Izquierdo, M. S., J. Socorro, L. Arantzamendi y C. M. Hernández-Cruz. 2000. Digestión, absorción y utilización de lípidos en larvas de peces marinos. pp 251-263 En Avances en Nutrición Acuícola IV. Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Noviembre 15-18, 1998. La Paz, B.C.S., México.
- Kanazawa, A., Teshima, S., Sakamoto, M. y Shinomiya, A. 1980. Nutritional Requirements of The Puffer Fish: Purified Test Diet And The Optimum Protein Level. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries 46: pp1357-1361.
- Kikuchi, K. 2006. Present Status of Research and Production of Tigger puffer *Takifugu rubripes* in Japan. Avances en nutrición acuícola VIII. VIII Symposium Internacional de Nutrición Acuícola. 15-17. Noviembre. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, México. pp 20-28.
- Kumai H, Kimura I, Nakamura M, Takii K. y Ishida H. 1989. Studies on digestive system and assimilation of a flavored diet in ocellate puffer. pp:1035–1043.
- Latuz, M.O. 2005. Alimento Extruído vs Alimento paletizado. Revista Panorama Acuícola. Ed. Marzo-Abril. pp 12
- Lazo, J., 2000. Conocimiento actual y nuevas perspectivas en el desarrollo de dietas para larvas de peces marinos. In: Cruz -Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M.A. y Civera-Cerecedo, R., (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 19-22 Noviembre, 2000. Mérida, Yucatán, México. pp 300-311.
- Liener, I.E.1974. Toxic constituents of animal food stuffs. Department of Biochemistry, University of Minnesota, St. Paul,-Minnesota, USA. Vol.29. pp 56-57
- Luz, R. K., Martínez –Alvarez, R., De Pedro, N. y Delgado, M. J. 2005. Efecto de la salinidad en la regulación de la ingesta de alimento en el carpín: posible participación de las monoaminas hipotalámicas. Dpto. Fisiología (Fisiología Animal 11), Fac. Biología, Universidad Complutense de Madrid, 28040. pp 220-221.
- Mesner, N. y J. Geiger. 2005. Understanding Your Watershed. pH. Utah State University Extension. http://extension.usu.edu/files/publications/publication/NR_WQ_2005-17.pdf. 16/10/2009
- Moyle, P.B. y J.J. Cech, Jr.1982. Fishes An Introduction to Ichthyology. Cuarta edición New Jersey. 612 pp.
- Muller, I. M., M. Radonic., M., López., V. A., Bambill., G. A. 2006. Crecimiento Y Rendimiento En Carne Del Lenguado *Paralichthys Orbignyanus* (Valenciennes, 1839) Cultivado En Argentina. IV Congreso Iberoamericano Virtual De Acuicultura.

- Ochoa, J. L. y E. N. Vázquez. 2003. Riesgo de Intoxicación por consumo de Botete en México. Universidad Autónoma de Baja California Sur. Biol. Marina. http://www.pncta.com.mx/pages/pncta_investigaciones_03e.asp 16/10/2009
- Ortega, A. 2000. Valor Nutricional de los Quistes de *Artemia* y su Uso Como Fuente de Proteína en Dietas Artificiales Para Larvas de Peces. pp: 287-299. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) Unidad Mazatlán. Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 19-22 Noviembre, 2000. Mérida, Yucatán.
- Pando, J. M. y G. M. Lizarazu. 2006. Estudio de factibilidad de la Acuicultura en Pando. Publicación en colaboración con: Proyecto Bosque y vida. Santa Cruz, Bolivia.
- Reig, C, A. 2001. Influencia de la temperatura y la salinidad sobre el crecimiento y consumo de oxígeno de la dorada (*Sparus aurata*). Tesis de grado Maestría en Ciencias. 64 pp. Universidad de Barcelona, España..
- Rubio, V.C., F.J., Sanchez-Vazquez. y J.A. Madrid. 2006. Oral serotonina administration affects the quantity and quality of macronutrients selection in European sea bass *Dicentrarchus labrax*. vol. 87, n°1, pp. 7-15. Murcia, España.
- SAGPyA. 2006. Sistemas de Recirculacion en acuicultura. Sistema Argentino para la producción animal. pp. 1-4. (www.produccion-animal.com.ar) 16/10/2009
- Sánchez-Cárdenas, R., B.T., Ceballos-Vázquez, M., Arellano-Martínez, M.C., Valdez-Pineda, y R.E., Morán-Angulo. 2007. Aspectos Reproductivos de *Spherooides annulatus* (Jenyns, 1842) (Tetraodontiformes, Tetraodontidae) en la Costa de Mazatlán, Sinaloa, México. Revista de biología marina: Oceanogr.42,(3) pp:385-392.
- Shipp, R.L. 2002. The Living Marine Resources of the Western Central Atlantic. Tetraodontidae. Vol 3. pp. 1988-1998. University of South Alabama, USA.
- Svobodová, Z., Lloyd, R., Máchová, J. Vykusová, B. 1993. Water Quality and Fish Health. EIFAC Technical Paper. No. 54. Rome, FAO. 59 pp.
- Talavera, Victor. 1997. Alimento balanceado para acuicultura de camarones. Boletín Nicovita. vol. 2. Ejemplar.08. 16/10/2009 (http://www.alicorp.com.pe/ohs_images/nicovita/boletines/alimento/bole_9708_01.pdf)
- Thomson, D., Findley, L and Kerstitch, A. 1987. Reef Fishes of the Sea of Cortez. The Rocky-shore Fishes of the Gulf of California. The University of Arizona Press. pp:301.
- Watanabe, T. 1988. Fish nutrition and mariculture. Editado por T. Watanabe. Department of Aquatic Biosciences Tokyo University of Fisheries. 233 pp.

Yañez-Aranciabía A. 1980. Taxonomía, ecología y estructura de las comunidades de peces en lagunas costeras con bocas efímeras del Pacífico de México. Centro de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Publicación Especial 2:1 303 pp.

Zar, J.H.1984. Biostatistical Analisis. Prentice-Hall, Inc. Englewood, New Jersey. 718 pp.

X. ANEXOS

Anexo I. Diagrama de flujo donde se representa el diseño experimental para la evaluación del crecimiento en juveniles de *S. annulatus*.



Se colocaron 50 organismos en cada acuario, con agua de mar y oxigenación



Se probaron 3 alimentos para diferentes organismos: peces marinos, tilapia y camarón



Los alimentos para camarón y tilapia se trituraron en un moledor manual



Los organismos fueron pesados y medidos.



Cada semana se tomó una muestra de cada acuario. Se colocaron en un recipiente con agua de mar y 2-Fenoxietanol



Posteriormente se tamizaron en 800 y 1200 μm



Los acuarios se limpiaron diariamente



Se tomaron las variables del agua: pH, Salinidad y temperatura.

Anexo II. Fórmulas utilizadas para determinar los índices de crecimiento

Crecimiento absoluta en talla $(L_f - L_i) / t$ (Cerezo y García, 2006).

Tasa de crecimiento absoluta en peso $(P_f - P_i) / t$ (Cerezo y García, 2006).

Tasa de crecimiento específica en talla (%) $= (\ln L_f - \ln L_i) \times 100 / t$ (Cerezo y García, 2006; Alvarado, 1998; Muller *et al.*, 2006).

Tasa de crecimiento específica en peso (%) $= (\ln P_f - \ln P_i) \times 100 / t$ (Cerezo y García, 2002; Alvarado, 1998; Muller *et al.*, 2006).

Tasa de supervivencia TS $= (\text{Número final de individuos} / \text{Número inicial de individuos}) \times 100$ (Muller *et al.*, 2006).

Tasa de Conversión alimenticia (TCA) $= (\text{Alimento dado} / \text{Incremento de peso})$ (Muller *et al.*, 2006).

Tasa de Eficiencia del Alimento (TEA) $= \text{Incremento de peso} / \text{Alimento dado}$ (García-Ortega, 2007).

Donde:

Lf: Longitud final alcanzada por los organismos

Li: Longitud inicial de los organismos

Pf: Peso final alcanzado por los organismos

Pi: Peso inicial de los organismos

t: tiempo (duración del experimento expresado en días)

ln: Logaritmo natural

Anexo III. Fórmula utilizada para determinar el Índice de Condición

$$K = W \times 100 / l^3 \text{ (Moyle y Cech, 1982).}$$

Donde:

K: Factor de condición

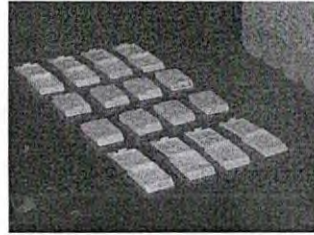
W: peso del pez (gr)

l^3 : Longitud (cm) al cubo

Anexo IV. Diagrama de flujo donde se muestra el proceso histológico al que se sometieron las muestras



Cortes de tejido del hígado, músculo e intestino de un tamaño aproximado de 1mm.



Se depositaron en cassetes debidamente etiquetados



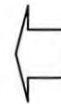
Los cassetes se colocaron en un tren de deshidratación



Las muestras se colocaron en un baño de tejidos a 45°C y fueron montadas en laminillas.



Se realizaron cortes a 5 μm en un microtomo rotatorio.



Se colocaron en el Inclusor de parafina para obtener bloques de parafina.



Se tiñeron con la técnica de PAS y con la técnica Hematoxilina-Eosina



Las laminillas se observaron en el microscopio para la interpretación de los resultados.

Anexo V. Proceso de tinción Hematoxilina-Eosina

Caja	Reactivo	Tiempo de inmersión
1	xileno I	5 minutos
2	xileno II	5 minutos
3	xileno III	5 minutos
4	alcohol absoluto xileno alcohol absoluto	5 minutos
5	xileno	5 minutos
6	alcohol 96%	5 minutos
7	alcohol 96%	5 minutos
8	alcohol 70%	5 minutos
9	alcohol 70%	5 minutos
10	agua destilada	5 minutos
11	agua destilada	5 minutos
12	Hematoxilina	1-8 minutos
13	agua de la llave	enjuagar
14	alcohol ácido	enjuagar
15	agua destilada	enjuagar
16	agua amoniacal	enjuagar
17	agua de la llave	enjuagar
18	agua destilada	enjuagar
19	eosina	1 – 3 minutos
20	alcohol absoluto	rápido
21	alcohol-xileno	3 minutos
22	xileno I	5 minutos
23	xileno II	5 minutos
24	xileno III	5 minutos
	montar en resina	dejar secar