

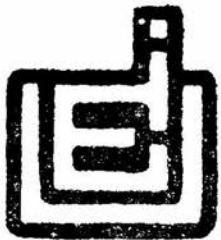


**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**CAMPUS IZTACALA**

**UTILIZACION DE CULTIVOS DE APOYO  
( INVERTEBRADOS ) EN LA PRODUCCION DE  
Betta splendens, REGAN, 1909**

**REPORTE DEL TRABAJO EXPERIMENTAL  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
B I O L O G A  
P R E S E N T A  
MARTHA LOPEZ CARMONA**



**OCTUBRE, 1994**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Con todo cariño a Mamá, por  
su incomparable lucha.

Y porque nunca lo olvido  
**EN MEMORIA DE UN SUEÑO.**

El presente trabajo, resultado de mucho tiempo de esfuerzo y persistencia concluyó gracias a la valiosa participación de un sinnúmero de gentes que aunque no los nombre a todos, *sepan que están presentes....*

Agradezco al M. en C. Manuel Elías Gutierrez, su apoyo y particular oportunidad de vivir una experiencia académica inigualable, a los Biólogos revisores del trabajo, sus interesantes observaciones y sugerencias. De manera particular agradezco al Biol. Mario Fernández Araiza su valiosa amistad y al Biol. José Antonio Martínez Pérez, mil gracias.

Mil gracias al Acuario "Juan Luis Cifuentes Lemus" y a la Asignatura de Zoología, por el apoyo brindado durante la realización del presente trabajo.



## CONTENIDO

	página
INTRODUCCION .....	1
ANTECEDENTES .....	4
OBJETIVOS .....	12
METODOLOGIA .....	13
RESULTADOS Y DISCUSION .....	19
CULTIVOS DE APOYO .....	19
I. Cultivos de Algas .....	19
II. Cultivos de Cladóceros .....	20
III. Cultivo de Protozoos .....	22
IV. Artemia .....	23
SELECCION Y CONDICIONAMIENTO DE LOS PECES .....	25
I. Reproductores .....	25
II. Crías .....	26
COMPARACION DE DIETAS .....	27
I. Apareamiento .....	27
II. Crías .....	28
EVALUACION DEL CRECIMIENTO .....	29
I. Tipo de Crecimiento y Factor de condición .....	29
II. Crecimiento en Peso y Longitud .....	32
III. Análisis de pendientes .....	34
IV. Crecimiento Absoluto y Relativo .....	35
ANALISIS ECONOMICO .....	39
I. Costos de Instalación y Mantenimiento .....	40
II. Ventas y Otros Ingresos .....	40
III. Utilidad Neta .....	41
IV. Valor Presente a un Año .....	41
V. Proyeccion Económica .....	42
CONCLUSIONES .....	44
REFERENCIAS .....	45
APENDICE .....	52

## INTRODUCCION

Hasta el día de hoy la Acuicultura o cría y crecimiento de organismos acuáticos, en condiciones controladas, continúa siendo una novedad; en esencia, es un intento que el hombre ha hecho desde tiempos antiguos para incrementar la producción de los recursos acuáticos por medio del manejo deliberado de ciertos procesos fisiológicos de los organismos (crecimiento y reproducción), acoplados a actividades culturales como la cosecha, procesamiento, comercialización y consumo de los mismos (Bardach, 1986; Valdéz y Cabrera, 1989).

Tradicionalmente, los esfuerzos se han concentrado en la obtención de proteína a bajo costo para consumo humano, sin embargo, es importante no perder de vista que la propagación de peces y plantas ornamentales acuáticos constituyen una importante industria en ciertos sectores poblacionales, esto último es suficiente para contemplar dicho evento, como una importante posibilidad en la cual deberían aplicarse mejoras científicas, tecnológicas y administrativas, así como la inversión de capitales que contribuyan al desarrollo de este tipo de actividad.

Actualmente, la demanda comercial de peces tropicales dulceacuícolas o de "ornato", en nuestro país y en el mundo, ha alcanzado niveles nunca antes vistos; se estima que al año se comercializan de 250 a 700 millones de dólares tan solo en Estados Unidos, y hasta 4 billones en el mundo, estas cifras representan aproximadamente dos mil millones de ejemplares comercializados. Internacionalmente, existen fuertes agrupaciones encargadas de la producción, venta y distribución de los organismos en los principales mercados nacionales e internacionales (Hunnam, 1982 y Winfree, 1989 in Aguilar, 1993).

Pensando en la explotación de un recurso natural renovable, en la naturaleza se observan especies de organismos acuáticos que de manera particular, presentan importantes ventajas para su cultivo. Tal es el caso de peces y crustáceos nadadores cuya densidad corporal es casi idéntica a la del agua en que habitan, por ello, dedican la mayor parte de la energía que reciben al crecimiento, registrando entonces tasas de crecimiento con valores altos. Los crustáceos, además, son capaces de economizar energía sustituyendo la búsqueda activa de alimento por un sistema de filtración altamente eficiente (Bardach, 1986).

Por otra parte, en los ecosistemas acuáticos, la continuidad de las especies depende invariablemente, del equilibrio que se establece entre los diferentes niveles de la trama trófica. Así el desarrollo y supervivencia de las larvas y juveniles dependerá de la presencia de los organismos que conforman el fitoplancton y zooplancton, quienes a su vez, se reproducen en presencia de los nutrientes adecuados (Torreñera y Tacon, 1989).

De acuerdo con lo anterior, es posible deducir que un factor determinante para el éxito del cultivo de cualquier especie es la dieta, debido a que constituye, el único aporte de material y energía disponible para llevar a cabo el crecimiento, la reproducción y en general todas las funciones vitales de los organismos. Es por ello que los alimentos empleados en la Acuicultura deben cubrir cualitativa y cuantitativamente las demandas nutricionales de la especie a cultivar, ya que de otra manera el rendimiento de la misma se vería seriamente afectado y la susceptibilidad a enfermedades aumentaría (Martínez, et al. 1988).

A pesar de que el empleo de alimento vivo en las prácticas acuaculturales es tan viejo como la Acuicultura misma, hoy en día se observa la tendencia hacia la formulación y elaboración de alimentos balanceados que puedan simplificar el proceso de producción, sin embargo, su éxito se ve limitado ante las demandas nutricionales específicas de un gran número de especies, además de que en ocasiones, el alimento balanceado resulta bastante costoso. Aunque la tecnología de alimentos ha tenido un gran desarrollo en fechas recientes, el alimento vivo es indispensable al menos en ciertas fases críticas del cultivo de especies de interés económico. Ante esta problemática, el abastecimiento de alimento vivo se ha resuelto en gran medida a través de la colecta de microinvertebrados acuáticos, en sitios de abundancia natural o bien, siguiendo algunos procedimientos de producción, empíricos en su mayoría; como ejemplo de esto tenemos los casos de *Moina macrocopa*, *Daphnia pulex*, *Tubifex sp.*, *Artemia sp.* y *Brachionus plicatilis* (Martínez, et al. 1988).

En la obtención de microinvertebrados como alimento, la principal desventaja que ofrece el medio acuático para la producción a nivel comercial radica en la contaminación física y química de los cuerpos de agua; sin embargo, algunos desechos orgánicos como los metabolitos humanos y las excretas de diversos animales, pueden ser utilizados como fertilizantes naturales, siempre y cuando, se encuentren bajo estricto control del cultivador, para así, obtener buenos resultados (Bardach, 1986). A través de este tipo de técnicas, se pueden lograr afloramientos importantes de poblaciones de algas y microinvertebrados listos para ser consumidos por el siguiente nivel trófico; pero, a pesar de las buenas expectativas que plantean estos eventos, suelen verse opacados por el hecho de tratarse de prácticas empíricas no siempre bien llevadas, y por lo tanto, poco predecibles (Martínez, et al. 1988).

La fertilización de los estanques de cultivo, al igual que la Acuicultura, es una práctica legendaria nacida en Oriente, pero el conocimiento técnico de sus efectos en los sistemas acuáticos, se remonta a solo unas cuantas décadas, por esta razón, tales prácticas constituyen tanto un arte como una ciencia y aunque en Oriente la fertilización es empleada con mucho mayor frecuencia, se observa gran variación local en las dosis seleccionadas y su forma de aplicación (Bardach, 1986).

La utilización adecuada de fertilizantes en el cultivo de organismos acuáticos, demanda recordar que en la naturaleza se cuenta normalmente, con sustancias nutritivas que favorecen la producción de organismos planctónicos, (zoo y fitoplancton), mismos que constituyen la base de este tipo de cadena trófica. Se integra de esta forma un sistema denominado de " Producción natural", el cual depende de la luz solar, temperatura, aporte de nutrientes, vegetación, etc. De acuerdo a lo anterior, se puede deducir que el uso de fertilizantes orgánicos abre la posibilidad del aprovechamiento para un sin fin de productos y subproductos agrícolas o domésticos que normalmente no tienen otra utilidad, por ser considerados desechos, y que a través de la fermentación, son capaces de transformarse en fertilizantes, ahorrando entonces importantes recursos económicos.

Actualmente se acepta que los fertilizantes orgánicos son compuestos formados a partir de plantas terrestres o acuáticas, estiércol de diversos tipos de ganado, o bien de desperdicios domésticos y agropecuarios. Independientemente de su naturaleza, aportan nutrientes que son directamente consumidos por las plantas y peces en cultivo, así como por el fito y zooplancton, cuyas poblaciones al proliferar, también sirven de alimento para los peces; si estas ventajas no fuesen suficientes, este tipo de fertilizante también es de manejo sencillo, fácil adquisición y bajo costo. En México por tradición se utilizan fertilizantes inorgánicos fabricados a partir de sales purificadas de N, P, y K; pero debido a que los fertilizantes orgánicos presentan una mayor variedad de sustancias nutritivas y menor costo, han generado poco a poco gran interés en la producción de especies acuáticas con fines alimenticios y ornamentales (Martínez y Abrego, 1986) .

En México la información precisa y confiable acerca del uso de fertilizantes orgánicos, así como sobre aspectos tecnológicos y económicos aplicados a la Acuicultura son escasos y de difícil obtención. Esto obedece, entre otros factores, a la lógica resistencia de muchos empresarios a revelar sus "secretos" con respecto a los éxitos en materia económica; así como al hecho de que la situación acuacultural está en estado de cambio continuo. A pesar de ello se sabe que el factor crucial, en la mayoría de las empresas, es el grado de habilidad técnica y administrativa del empresario, con tal suerte que el "cultivo de organismos acuáticos" requiere de un nivel más alto de administración que la agricultura convencional, esto en el sentido de que aquí la

tecnología todavía se encuentra en mayor proporción en el campo del arte que en el de la ciencia.

Con apoyo en todas las ideas expuestas, surgió en el presente trabajo la inquietud de crear un sistema de producción basado en la obtención de alimento vivo a bajo costo, mediante la aplicación de fertilizante orgánico, el cual al ser consumido por un organismo ubicado en la cima de la pirámide trófica de un ambiente acuático, brinde un producto comercial de alta calidad; para tal efecto se emplearon como base de la cadena trófica algas del género *Scenedesmus*, *Moina macrocopa*, crustáceo dulceacuícola, y como producto final *Betta splendens* Regan 1909, conocido pez de ornato oriundo de Tailandia (Siam), Malasia y Vietnam, que se caracteriza comercialmente por una gran demanda en el mercado acuarístico nacional. (Ramírez, 1970; Axelrod, et al., 1970; Martty, 1977; Linke, 1980; Maurus, 1987; Axelrod, et al., 1987 y 1990, Vierke, 1991).

#### ANTECEDENTES

Uno de los principales factores limitantes en la Acuicultura es la obtención y producción de alimentos costeables y que satisfagan plenamente los requerimientos de la especie en cultivo. El alimento vivo (fito y zooplancton) es esencial durante las primeras fases del desarrollo larvario de diversas especies y sobre todo, para las de preferencias alimenticias carnívoras; en nuestro país, ya sea por los altos costos de producción o por la falta de estudios particulares, los sistemas de producción de alimento vivo aún no han alcanzado el desarrollo técnico que las demandas actuales exigen, motivo por el cual, hoy se observa una marcada tendencia de la investigación orientada hacia los microorganismos, como fuente de alimento de especies acuáticas de alto valor comercial (Marquez, et al., 1990, Torrentera y Tacon, 1989).

Es de suma importancia conocer las alternativas de producción de alimento vivo, pues las dietas artificiales además de ser costosas generalmente ocasionan altas mortalidades en etapas críticas del crecimiento, a causa de serias deficiencias nutricionales generadas por balances inadecuados de nutrientes. La solución a este problema se basa en el conocimiento, optimización y automatización de sistemas de cultivos planctónicos, los cuales tienen la capacidad de alcanzar niveles óptimos cuando se conocen las concentraciones adecuadas de nutrientes y se establece una coordinación entre el crecimiento de la especie y la utilización de dichos nutrientes, además de alcanzar la estandarización de las tasas de dilución del alimento y las cosechas óptimas a intervalos periódicos de tiempo para, de este modo, lograr una producción alta y sostenida a largo plazo (Torrentera, et al. 1989).

Se han efectuado numerosos estudios para conocer las especies de organismos comunmente empleados en Acuicultura, como alimento vivo, entre ellas destacan por su amplia utilización: microalgas de diversas especies, gusanos blancos y tubifex, lombrices de tierra, larvas de mosquito rotíferos y especies de crustáceos como copépodos, cladóceros y artemia. Algunos de ellos se han estudiado científicamente a nivel de cultivo por lo que ya se cuenta con técnicas estandarizadas para su producción, pero en otros casos, el conocimiento existente obedece exclusivamente, a prácticas empíricas acuarísticas (Nolan, 1989; Volkart, 1990 a. b. y c. ; La Mar, 1994).

En lo referente a la producción de fitoplancton o microalgas, el grupo incluye una gran cantidad de especies susceptibles de ser explotadas acuaculturalmente, entre ellas destacan: *Phaeodactylum*, *Chlamydomonas*, *Gymnodinium*, *Chlorella* y *Scenedesmus* entre otras (Rhee, 1973; Siver, et al., 1983). Su importancia radica en que además de ser el primer eslabón de la cadena trófica su contenido proteínico en peso seco va del 30% al 60%, en lípidos del 10% al 20% y alrededor del 25% en carbohidratos; contienen además altos niveles de vitaminas lipo e hidrosolubles (A, C, D y K), minerales, aminoácidos esenciales, carotenoides y muchas otras sustancias que las hacen sumamente valiosas para el consumo de especies acuáticas, e incluso como complemento alimenticio para el ser humano (CINVESTAV, IPN., 1991).

En el caso de los peces, generalmente, el alevín obtiene su primer alimento del vitelo huevo, luego tiene que alimentarse de los microorganismos presentes en el medio natural (bacterias, microalgas, protozoarios, microcrustáceos, etc.), mismos que deben estar presentes en cantidad suficientes y ser de calidad apropiada. Cuando este proceso se quiere emular en Acuicultura, el productor se enfrenta al llamado "cuello de botella" acuacultural, debido a que la producción a gran escala no incluye la presencia de estos microorganismos en la cantidad y calidad deseables. Las microalgas constituyen un alimento natural para las larvas de peces, debido a que son altamente nutritivas y poseen un tamaño pequeño, acorde para permitir su ingestión por parte de las larvas; son susceptibles de ser cultivadas con facilidad y alcanzan altas densidades en corto tiempo; además constituyen un alimento natural para muchas especies de zooplancton (artemia, rotíferos, cladóceros, etc.). Todas estas características, abren la posibilidad de desarrollar, con eficiencia, la producción de algas para así, obtener cadenas alimenticias de organismos con niveles tróficos superiores; las algas al mismo tiempo que se suministran como alimento vivo, contribuyen a remover las excreciones metabólicas de los peces y degradar los excedentes de alimento artificial suministrado al cultivo principal (Castillo, et al., 1983).

Actualmente la tecnología para el cultivo de algas se encuentra sumamente desarrollada, por lo que es posible encontrar



un sin número de medios de cultivo, que van desde los obtenidos sintéticamente, hasta los que se obtienen a partir de productos de desecho de la industria alimenticia, a partir de desechos agrícolas, domésticos e incluso fertilizantes agrícolas. Cabe mencionar que la tendencia actual es obtener una tecnología "limpia", es decir, que no genere desechos tóxicos, de fácil manejo y con bajos costos de producción (Krauss, 1968; Schlichting, 1970; Stein, 1973; De la Cruz, 1975; Paniagua, 1989). Existe un número considerable de trabajos en los cuales se crean cultivos de algas para la alimentación de otra especie, tal es el caso de la producción de rotíferos reportada por Pavón (1993) o aquellos en los que al suministrar algas como alimento en alevines de peces con interés comercial (*Tilapia nilotica*, *mossambica* y *Ctenopharyngodon idella*) reportaron importantes niveles de conversión alimenticia relacionados sobre todo, con el hábito alimenticio típico de las especies alimentadas (Stanley, et al. 1976).

En lo referente a crustáceos, uno de los más ampliamente explotados en Acuicultura es *Artemia* sp, debido a que ofrece alimento vivo con diferente talla (nauplio o adulto), lo cual amplia su utilización en la crianza de un sin número de especies acuáticas. Además, constituyen un medio importante para el suministro de alimento vivo rico en proteína, ya que contiene un 47% en los nauplios y hasta un 60% en los adultos, y permiten el suministro de nutrientes esenciales, pigmentos, sustancias profilácticas, terapéuticas, hormonas, etc. (Castro y Gallardo, 1985).

Debido a que se conoce ampliamente la biología de la especie, la mayor parte de estudios están orientados hacia la optimización de la eclosión de los quistes, así como a las técnicas de refrigeración, deshidratación, liofilización del estadio adulto, la elaboración de bioencapsulados y para la innovación de técnicas conducentes a la optimización de cultivos tanto intensivos como extensivos (Meyer, et al., 1982; Campton, 1988; Volkart, 1990;), tampoco son raros los estudios en los que se acoplan cultivos de algas al del crustáceo, para optimizar la alimentación (Sorgeloos, et al., 1986).

En contraste con la utilización de los nauplios como alimento, el uso de *artemia* adulta es relativamente limitada, esto obedece a la fácil disposición en todo el mundo, de quistes almacenables, mientras que la disponibilidad comercial del adulto es relativamente restringida y su costo es bastante elevado. Esta fase de vida del crustáceo, es rica en aminoácidos esenciales y su exoesqueleto es tan delgado (1 micra), que facilita la digestión del 100% del organismo por parte del predador (Torreterra y Tacon, 1989). Otra ventaja que ofrece el uso de *artemia* viva radica en su capacidad para distribuirse en toda la columna de agua, evento que facilita su ingestión por parte del pez; por otra parte, se sabe de su eficiencia en la recuperación de organismos debilitados por el transporte, o la inducción a la madurez que puede generar en algunas especies comercialmente

importantes como *Penaeus*; también se utiliza exitosamente, como atrayente gustativo en las dietas artificiales. Finalmente, por su alto contenido proteico el uso de artemia en estadio adulto ofrece amplias perspectivas de uso para el consumo humano (Contreras-Rejon y García, 1990).

Ya antes se indicó la importancia del uso de fertilizantes orgánicos en la Acuicultura, debido a que pueden incrementar los niveles de productividad natural de los sistemas con costos realmente bajos; Porras, (1981) resaltó la importancia del uso de desechos y excretas como fertilizantes acuaculturales y señaló el proceso de degradación que tales compuestos siguen en los estanques, además, enlistó las condiciones que deben reunir los estanques y la calidad deseable del agua; todo esto, para obtener principalmente rendimientos elevados en zonas tropicales. Por su parte, Juárez y Palomo (1985) señalaron el uso de fertilizantes orgánicos a razón de 1 a 2 toneladas por hectárea, para promover el desarrollo de poblaciones zooplanctónicas y la posterior introducción de especies de organismos para engorda, entre ellas carpa; lógicamente, se obtuvieron excelentes rendimientos.

FONDEPESCA publicó varios documentos sobre el tema, de especial interés es el trabajo de Martínez y Abrego (1986), en donde se incluye un sencillo análisis de la importancia de la producción natural en los ambientes acuáticos, los factores que influyen en ella, y hacen una comparación de las ventajas del uso de fertilizantes orgánicos frente a los inorgánicos. SEPESCA en 1987, publicó una Guía para la fertilización de estanques utilizados en Acuicultura y posteriormente en 1988 editó un manual de información básica en su serie "Fertilización y fertilizantes" en la que hace énfasis de los organismos planctónicos como base de la cadena trófica, además de incluir un listado y breve descripción de las principales especies zooplanctónicas que se presentan en charcos temporaleros. Hernández, et al. (1988), analizaron el uso de fertilizantes orgánicos como una buena opción para obtener alimentación indirecta o natural generando así aumentos en la producción piscícola de estanques, llegando incluso a puntualizar tasas o dosis de fertilización por estanque. Este mismo procedimiento se sigue para la explotación de otras especies como trucha y bagre; por último, el Biol. Juan Silvestre Lechuga (com. pers., 1989), Jefe del Centro Piscícola de Tezontepec de Aldama, Hgo., promovió el crecimiento de dáfnidos durante el verano, adicionando desechos vegetales y estiércol de vaca a los estanques de engorda antes de introducir a los peces.

El zooplancton, y en particular los cladóceros como *Moina macrocopa*, ofrecen un gran valor nutritivo, debido a que en peso seco, su porcentaje en proteína es del 42.58% , 7.34% en grasas, 45.64% en carbohidratos y el 4.43% en cenizas (Valdéz y Cabrera, 1989). Por ello, en muchas piscifactorías es común el cultivo de este tipo de zooplancton en los estanques, procurando así alimento a las crías y juveniles. Schroeder (1989), publicó un trabajo que prácticamente constituye una guía para el cultivo de



peces, promoviendo primero el desarrollo zooplanctónico a través del uso de excretas. Tal experiencia fue realizada en Israel e incluye detalles como son la calidad, cantidad y distribución del fertilizante, así como la densidad de peces a sembrar y su cosecha. En Panamá, durante 1980, se lograron producciones de 5-10 ton/ha de carpa utilizando, con excelentes resultados, estiércol de cerdo obtenido a través de la crianza del ganado y promoviendo primero el desarrollo de zooplancton; no se registraron casos de mal sabor en los peces, ni problemas relacionados con la salud pública y en general el producto fue de buena aceptación (Pretto, 1980).

Noriega Curtis (1980-86), realizó un amplio análisis de las posibilidades que el uso de desechos orgánicos ofrecen a las practicas acuaculturales, se basó en los fundamentos biológicos que pueden argumentarse para su uso, así como sus limitaciones; el trabajo es bastante general pero muestra un panorama mínimo necesario para promover nuevas ideas en la adaptación e implementación, ecotecnológica, para la producción de organismos acuáticos y el tratamiento de desechos orgánicos.

Son innumerables y muy diversos, los trabajos que hasta el momento abordan aspectos sobre la ecología del zooplancton y específicamente sobre los cladóceros, resultan de especial interés para el cultivo de tal grupo los trabajos de Dorazio y Lehman en 1983 y Young, et. al. (1984), quienes trabajaron evaluando la velocidad de filtración de *Clorella* en *Daphnia magna*; Harney (1985) y Fryer, (1987) efectuaron estudios relacionados con los mecanismos de alimentación de los dáfidos determinando que el mecanismo general de alimentación es la filtración pero con sistemas aún más finos que los antes conocidos, señalando que la dieta de éstos crustáceos tiene como base el consumo de algas, Bacterias y detritus.

Como antecedentes de cultivos formales de cladóceros en ambientes naturales o en condiciones de laboratorio se cuentan los trabajos de Heising (1979), quien analizó y llevo a la práctica el cultivo en masa de *Daphnia pulex* en estanques, hizo un seguimiento del efecto que la fertilización, aeración y cosecha tienen en el desarrollo de la población. Para obtener la producción primaria y estudiar su interacción con el zooplancton utilizó la fertilización orgánica e inorgánica, logró determinar que las máximas producciones del crustáceo se dan después de la fertilización con fosfatos y que la relación entre el fito y el zooplancton es directa, ya que una intensa fertilización puede causar inhibición en el crecimiento del zooplancton por altas concentraciones de metabolitos procedentes del fitoplancton, por lo tanto, si se emplean aeradores se obtendrá un incremento en la densidad del zooplancton. Con respecto a los fertilizantes orgánicos observó que provocaban una cierta aceleración en el desarrollo de la población pero resultaban ineficientes dado el desconocimiento de las dosis a utilizar.

Lei y Armitage en 1980, cultivaron en estanques al aire libre *Daphnia ambigua*, el valor de su trabajo radicó en la evaluación de la dinámica poblacional, el seguimiento de la productividad del sistema durante cinco meses y el análisis de los parámetros físicos y químicos al final del trabajo, determinaron las épocas de máxima densidad poblacional para invierno y primavera e hicieron énfasis en su relación con la disponibilidad de alimento del sistema en esta época.

Por su parte De Pauw, et al. (1981), cultivaron *Daphnia magna* en volúmenes mayores a 250 lts, utilizando como fertilizante orgánico salvado desmenuzado o micronizado, producto de desecho agrícola. Observaron que cuando la concentración de alimento disminuye, la población también lo hace, y que en condiciones alimenticias óptimas se obtenían densidades máximas en 6 meses. Si hacían cosechas parciales con recambio de agua se incrementaban notablemente las hembras ovígeras y las condiciones fisicoquímicas del agua no presentaron problema alguno para la población, por lo que los autores concluyeron que los micronizados son un excelente alimento para *Daphnia*, más aún que las microalgas, debido a que se obtuvieron producciones de 600 g/m<sup>3</sup>/semana.

Espinoza en 1986, publicó un importante trabajo sobre las características biológicas de dáfidos diversos, entre ellos *Moina macrocopa*, en él señaló los rangos de tolerancia y óptima temperatura para el desarrollo de dicha especie, así como su tolerancia a la carga orgánica, demandas de oxígeno, pH, dureza, alimentación, luz, fecundidad, reproducción, desarrollo embrionario y estadios embrionarios entre otros muchos datos; hizo uso de toda la información generada para implementar diversos cultivos, algunos al aire libre y otros en laboratorio, utilizó tanto fertilizantes orgánicos como inorgánicos, ambos de muy diverso origen pero siempre manteniendo los parámetros físicos y químicos dentro del rango preestablecido.

En el ámbito acuarístico se hace mención, muy comúnmente, de que diversas especies de *Daphnia*, *Moina*, y *Diaptomus* son cultivadas con mucha facilidad, Axelrod et al. (1987), recomendó el uso de "tanques pequeños" con longitudes de 1m, mantenidos a una temperatura de 15 grados centígrados; como alimento recomendó sangre seca o estiércol de oveja 2-3 veces a la semana, si se desean evitar malos olores, habrá que utilizar harina de trigo o levadura, y si es posible, recomienda el uso de aeradores.

Sánchez et al. (1988) trabajaron el cultivo de *Moina macrocopa* en condiciones de laboratorio, utilizando dos incubadoras con aeración constante y fertilización inorgánica. Registró el tiempo de explosión poblacional a los 16 y 14 días en concentraciones de nitratos de 4.8 mg/lt y 20,8 µgAt de fosfatos/lt. La temperatura y la concentración de oxígeno se mantuvieron constantes. Recientemente, en la ENEP Iztacala, Elías y cols. (1988 y 1989) han realizado trabajos sobre el comportamiento poblacional de *Moina macrocopa* en condiciones de

semicultivo fertilizando orgánicamente y con rendimientos de hasta 258 ind/500ml, también analizó la posibilidad de cultivo del mismo cladóceros en torres logrando obtener buenos resultados.

Valdéz y Cabrera (1989) cultivaron *Moina macrocopa* en estanques al aire libre con 1 m<sup>3</sup> de capacidad y utilizaron fertilización orgánica; sus máximas producciones las lograron fertilizando con 5 y 10 kg/m<sup>3</sup> de estiércol de vaca a los 26 y 37 días respectivamente, obtuvieron un rendimiento de 110 gr/m<sup>3</sup>. Incluyeron en su estudio un análisis bromatológico del producto a través del cual demostraron su riqueza nutricional, así como un análisis económico, el cual mostró que por sí mismo el cultivo a esa escala no es rentable.

Finalmente, con respecto a este apartado, Volkart (b. 1990) publicó, en una revista de difusión acuarística, la relativa sencillez del cultivo de cladóceros o pulgas de agua en tanques de 350 lts utilizando como fertilizante la composta de diversos animales, sin embargo, no indicó las dosis a utilizar; el autor recomendó el consumo de los cladóceros, por parte de los peces, dada su característica laxante. De manera general, los medios que en este trabajo se señalan para hacer el seguimiento del cultivo son bastante empíricos y se basan en la variación de la coloración del agua y la aparición de "nubes de pulgas".

Debido a que la Acuicultura es una actividad económicamente redituable, el SELA (1980) publicó un documento en el cual establece las pautas a seguir para la formulación de proyectos en Acuicultura; Durán (1982), pensando en la rentabilidad económica de los proyectos, publicó un escrito en el que de manera sencilla marca el camino a seguir cuando se desea hacer investigación económica en esta línea de explotación. En su trabajo a pesar de hacer énfasis en la necesidad de obtener proteína para consumo humano, no cierra la posibilidad de buscar otras formas de ingresos económicos al ámbito acuacultural. Por su parte Vazquez, et al. (1986) hicieron el estudio de las condiciones medioambientales que en la Presa Alzate, ubicada en el Estado de México, hacen posible la existencia de *D. pulex*; en su trabajo incluyeron un análisis sobre el mercado generado a raíz de la explotación nacional, así como la exportación del abundante recurso ahí presente. De dicho estudio se generaron datos muy interesantes, pero es preciso no perder de vista que se trata de un caso de explotación y no de cultivo.

Hasta ahora se ha observado que el promover el desarrollo de poblaciones zooplanctónicas, para mantener y contribuir a la engorda de peces para consumo humano es bastante redituable, sin embargo no se conoce ningún dato que, de manera oficial, hable de la misma práctica para la explotación de peces de ornato.

Axelrod y Schultz (1990) publicaron que el mercado acuarístico, a pesar de estar inundado de una gran variedad de alimentos balanceados para peces de ornato, aún no cuenta con sustitutos eficientes para la alimentación de crías, por lo cual,

es indispensable recurrir al cultivo de zooplancton al aire libre o en interiores, sobre todo durante las épocas en que el producto normalmente explotado, desaparece de la naturaleza. Así pues, el acoplar cultivos de *Moina* a la reproducción de un pez de ornato abre una interesante posibilidad para la explotación de recursos acuáticos relativamente olvidados.

La literatura científica al respecto de los peces de ornato en México, y específicamente para *Betta splendens*, organismo exótico elegido para acoplarlo a los cultivos de apoyo, es realmente escasa. Sin embargo se logró reunir una pequeña serie de publicaciones de divulgación acuarística procedentes, en su mayoría, de América Latina y Estados Unidos. Todas ellas incluyen de manera general una sencilla descripción del organismo, sus hábitos, origen, comportamiento y una guía práctica para la reproducción del pez a nivel casero; tal es el caso de los trabajos de: Axelrod, (1970); Ramírez, (1970); Martty, (1977); Loiselle (a. b., 1980) y Linke (a. b. c., 1980); Lobeira, (1984); Axelrod, et al. (1987) y Axelrod et al. (1990); además de Feldhaus, (1990) y Maddison & Cols., (1993).

De las publicaciones que brindan conceptos con bases técnicas mejor fundadas y que además contemplan algunos aspectos económicos, por considerar al organismo un recurso potencialmente explotable, se encuentran los trabajos de Maurus (1987) y Moreno-Valdéz (1989). Por su parte Bardach, et al. en 1982, registró el uso de miembros del mismo grupo (Anabantoidei), en la explotación acuacultural asiática, esto debido a que se utilizan especies de guramis cuyas tallas llegan hasta los 65 cm de longitud. Se sabe por comunicación personal de comerciantes acuarísticos que en México no se reproduce *B. splendens* a nivel comercial, pero en contradicción a esta aseveración Aguilar (1993), detectó dos granjas localizadas en el Estado de Morelos, en las cuales se produce esta especie.

Los peces de ornato constituyen un importante modelo biológico para experimentación, Bayer de México implantó un programa en 1988, en el que utilizó este tipo de organismo para detectar la infiltración de aguas negras en sus pozos artesianos. Es común también, su uso en estudios de investigación genética y patológica. A nivel social, los peces de ornato son preciados por sus características estéticas, educativas e incluso terapéuticas, en el caso de personas con cierto tipo de padecimientos psicológicos relacionados con el estrés. Por todo ello, la producción de peces de ornato además de constituir la explotación de un recurso natural renovable, representa una amplia gama de posibilidades en lo referente al rescate de especies nativas en peligro de extinción.

## OBJETIVOS

Por todo lo anterior, el objetivo principal del presente trabajo es la producción de *Betta splendens* dependiente de cultivos de apoyo que permitan mantener una producción a bajo costo. Para ello, se propusieron los siguientes objetivos particulares:

- i) Establecer la producción continua de especies fito y zooplanctónicas diversas (*Scenedesmus* sp. *Moina macrocopa*, *Artemia salina* (nauplio), y *Paramecium* sp., utilizando abonos orgánicos en la fertilización.
- ii) Selección y suministro del alimento producido, de acuerdo con el tamaño de partícula requerido por los alevines, juveniles y adultos de *Betta splendens* Regan, 1909.
- iii) Comparar la calidad nutricional de los cultivos de apoyo (*Moina macrocopa* y *Artemia salina* comercial), utilizados en la alimentación de los peces, con respecto a otro tipo de alimentos comerciales.
- iv) A través de la producción obtenida, determinar algunos aspectos económicos para establecer la rentabilidad del manejo de cultivos de apoyo, en la producción de *Betta splendens*.

## METODOLOGIA

Para el logro de los objetivos planteados, el trabajo experimental se desarrolló según las siguientes fases:

### CULTIVOS DE APOYO

Se implementaron sistemas de cultivo para *Moina macrocopa* (Straus, 1828), utilizando contenedores de plástico con capacidad aproximada de 180 lts en 3 unidades y 6 de 18 lts cada una, la diferencia en volumen fue debida a la búsqueda de un mejor desfase de la producción en el tiempo; todos se colocaron bajo techo y fueron llenados con agua corriente procedente de la ENEP Iztacala, se mantuvieron en reposo durante 48 horas para promover la decloración del agua (Valdéz y Cabrera, 1989). Transcurrido dicho período, los contenedores se fertilizaron con 1.5 kg de estiércol de vaca fresco y se permitió la digestión del material por 2 ó 3 días para promover el desarrollo de poblaciones bacterianas (Porrás, 1981); por su parte, las unidades de 18 lts fueron llenadas con el líquido previamente fertilizado, siguiendo el mismo método antes indicado. A continuación, se colocaron aereadores y cada sistema fue inoculado con 2 grs de *M. macrocopa* en peso húmedo.

Los parámetros fisicoquímicos evaluados cada tercer día fueron: temperatura leída con ayuda de un termómetro Taylor; transparencia con un disco de Secchi; concentración de oxígeno por medio de un oxímetro YSI modelo 51B; alcalinidad por reacción al anaranjado de metilo y fenolftaleína seguida de la titulación con ácido sulfúrico; dureza por titulación con EDTA (Franco, et al., 1985); pH con un potenciómetro Cole-Parmer modelo HPS-12/50m y por último, la conductividad con un conductímetro marca Cole-Parmer Modelo L-01491-62.

Los parámetros biológicos involucraron la evaluación del número de organismos presentes en los medios de cultivo cada 48 hrs. Los cladóceros se obtuvieron a través de la filtración de 1 lt del medio de cultivo en cada unidad de producción, con la ayuda de una red con abertura de malla de 500 y 250 micras, se fijaron y contaron al microscopio estereoscópico, al mismo tiempo que se observó el contenido alimenticio del tracto digestivo.

En los días de máxima producción determinadas mediante el conteo, se realizaron cosechas parciales en cada unidad, para después refertilizarlos, según la metodología planteada, y efectuar un cambio parcial del volumen de agua original (30%), sustituyéndola por agua dechlorada (De Pauw, et al, 1981).



Para la alimentación de los cladóceros se establecieron cultivos de algas dulceacuícolas del género *Scenedesmus* sp; en medio de cultivo Bold Basal pH 6.6 (Stein, 1973.); con temperatura entre los 27 y 28 grados centígrados, oxígeno a saturación mediante aeración y densidad poblacional promedio de 25,600,000 cels/ml. De acuerdo con el volumen del contenedor de los cultivos de zooplancton, se suministraron algas a razón de 100 ml del medio por cada 18 litros de cultivo del cladóceros, para mantener una densidad de algas constante, la cual fue monitoreada a través de conteos celulares en una cámara de Neubauer (Stein, 1973).

Con respecto a la alimentación que se requirió para los alevines en las primeras fases de crecimiento, se recurrió a la producción de *Paramecium* sp. en medios de cultivo líquido a base de infusión de paja, cáscara de plátano, levadura u hojas de lechuga (Kudo, 1982; Lilly & Klosek, 1961; Johnson, 1955); se emplearon también nauplios de *Artemia salina* obtenidos mediante la eclosión de quistes marca Premium Sanders, en un medio líquido con 34 ppm de salinidad, 23 grados centígrados de temperatura y oxígeno a saturación.

#### SELECCION, CONDICIONAMIENTO Y REPRODUCCION DE

##### ***B. splendens***

Una vez lograda la producción continua de *Moina*, y con el fin de evaluar la calidad alimenticia de los cladóceros producidos, se adquirieron 9 parejas de reproductores *Betta splendens* Regan, 1909; en el Mercado Nuevo de San Lázaro, los peces, aún en etapa juvenil y con longitud de entre 2 y 3 centímetros, fueron seleccionados en base a sus mejores características sanitarias y estéticas. Se llevaron hasta talla adulta en condiciones de acuario respetando sus hábitos alimenticios y de comportamiento.

Los reproductores se dividieron y aislaron en grupos a razón de 3 parejas por lote; cada lote fue alimentado con un tipo específico de dieta (Tabla 1.), suministrando volúmenes de alimento de acuerdo con su talla y peso (Bardach, et al. 1986), por un período mínimo de 15 días antes del apareamiento, esto con el fin de permitirles almacenar reservas de energía para el proceso reproductivo (Lagler, et al., 1984).

Lote #	1	2	3
Tipo de alimento	Vivo	Vivo	Sintético
Nombre del alimento	<i>M. macrocopa</i>	<i>Artemia salina</i>	Hojuelas (Marca Nutra-Fin)
Origen del alimento	Cultivo Implementado	Comercial Adquiridos en el mercado acuariístico	Comercial
* Alimento proporcionado de acuerdo con la talla y peso de los organismos según Aguilera, P. et al. (1988) y Bardach, et al. (1986).			

TABLA 1. ALIMENTACION DE LOS LOTES REPRODUCTORES DE *Betta splendens* Regan, 1909.

Transcurrido dicho período, cada pareja una vez pesada y medida, fue trasladada a un acuario adaptado para la reproducción ( Apendice 1.) y sometida a un proceso de adecuación ambiental durante un lapso de aproximadamente dos horas, esto con el fin de preparar, físicamente, a los organismos para el apareamiento. Siguiendo sus hábitos se esperó hasta la obtención de los desoves y crías correspondientes. Una vez logrado esto, los alevines, procedentes de la reproducción de cada lote, fueron cuidados y crecidos hasta edad juvenil (alrededor del día 50 del tratamiento). Se alimentaron durante sus primeros 5 días de vida con una cucharada de cultivo de *Paramecium* por cada 50 alevines, 3 veces al día. A partir del sexto día se les suministraron nauplios de *Artemia salina* de 36 a 72 hrs de edad previamente filtrados y lavados con agua corriente para eliminar el exceso de sales. Este tipo de alimentación fue enriquecida con la adición de huevo cocido, ambos productos se proporcionaron a saciedad hasta el día 50 de vida de la crías (Ramírez, 1970; Axelrod, 1970; Martty, 1977; Moreno y Valdéz, 1989; Volkart, c., 1990). Por su parte los reproductores una vez concluido el desove y los cuidados parentales se pesaron nuevamente.

Con respecto a las condiciones ambientales, tanto los peces reproductores como las crías fueron mantenidos, respetando sus hábitos, en acuarios cuya temperatura osciló entre los 25 y 28 grados centígrados para crecimiento y reproducción respectivamente; la dureza se mantuvo en 143.2 ppm de CaCO<sub>3</sub>; el pH se mantuvo en 7 ±.2; la iluminación fue natural y se procuró respetar los hábitos etológicos de la especie en etapa reproductiva (Ramírez, 1970; Axelrod, 1970; Martty, 1977; Linke, a. b., 1980; Lobeira, 1984; Maurus, 1987; Moreno y Valdéz, 1989;



Axelrod, et al., 1987; Axelrod, et al., 1990; y Maddison & cools. 1993).

#### COMPARACION DE DIETAS

Para establecer una comparación del estado de los peces adultos, antes y después de la reproducción, con respecto a la eficiencia de la dieta en dicho evento, cada pareja continuó alimentándose con la dieta correspondiente por un mínimo de 20 días, después del primer desove. Transcurrido este período, se indujeron nuevamente a la ovoposición, solo que ahora los huevecillos se sometieron a conteo a la luz del microscopio estereoscópico para finalmente, relacionar estos datos con la ganancia o pérdida de peso registrada antes y después del desove.

Alrededor del día 50 del tratamiento, los juveniles fueron separados en 3 lotes y colocados en acuarios con temperatura de 25 °C, para someterlos al consumo de un tipo particular de dieta (Tabla 1.), es decir *Moina*, *Artemia* y Hojuelas, como en los reproductores de origen.

Durante el período de crecimiento de las crías se evaluaron los incrementos en peso y longitud patrón una o dos veces por semana, determinándose el factor de condición al final del tratamiento, de acuerdo con la ecuación de Le Cren (Gerking, 1978), misma que involucra una relación peso-longitud, y se expresa como:

$$W = a L^n$$

Donde:

- W = Peso del organismo
- L = Longitud del organismo
- n = Tipo de Crecimiento (Pendiente)
- a = Factor de condición (Ordenada al origen)

La constante y el exponente se determinaron mediante la linealización logarítmica del modelo:

$$\log W = \log a + n \log L$$

De acuerdo con Ricker (1975); el factor de condición es el valor de la ordenada al origen, o "a" de la ecuación anterior, y "n" proporciona el tipo de crecimiento. Dichos valores se determinaron para cada lote al final del tratamiento y posteriormente se compararon los coeficientes entre lotes, a través de una prueba paramétrica (ANOVA) y una no paramétrica (Prueba de Hipótesis de Kruskal-Wallis), utilizando el programa Statgraf Vers 3.0 para computadores PC compatibles.

A partir de las curvas de crecimiento en peso y longitud efectuadas para cada lote, se realizó un análisis de comparación de pendientes según la fórmula de Zar (1984), para establecer la existencia de diferencias entre lotes, además de contrastar el

número de juveniles obtenidos y determinar si existen o no diferencias entre los crecimientos registrados en cada lote.

Con los datos de peso y longitud también se determinó el Crecimiento Relativo y Absoluto de los organismos, siguiendo el método de Phelps (1981), el cual indica que:

Crecimiento Absoluto:

En Peso.

En Longitud.

$$CAW = \frac{W_f - W_i}{\#DC}$$

$$CAL = \frac{l_f - l_i}{\#DC}$$

Crecimiento Relativo:

En Peso.

En Longitud.

$$CRW = \frac{W_f - W_i}{W_i} \times 100$$

$$CRL = \frac{l_f - l_i}{l_i} \times 100$$

Donde:

Wi = Peso inicial  
Wf = Peso final  
li = Longitud inicial  
lf = Longitud final  
#DC = Número de días de cultivo

#### ANÁLISIS ECONOMICO

Una vez que los peces juveniles alcanzaron una talla comercial se introdujeron en el mercado acuarístico para su venta.

Debido a que el cultivo de cualquier especie, así como su desarrollo depende de factores diversos, entre ellos la funcionalidad del proyecto, aceptación comercial y rentabilidad; se efectuó un análisis de costos para verificar la rentabilidad económica del proyecto, mediante una proyección económica. Para tal efecto se aplicó el método de análisis económico Costo-Beneficio (Aguilera y Noriega, 1988), el cual tomó en cuenta:

1. El monto y fecha de inversión, así como la -  
reposición del capital.
2. Monto de ingresos.
3. El valor de recuperación de las instalacio -  
nes al concluir el proyecto.

Dichos conceptos fueron comparados descontando sus valores a una misma fecha a través de la ecuación:

$$VP = \frac{VF}{(1 + i)^t}$$

Donde:

VP = Valor presente  
 VF = Valor futuro  
 i = Tasa de interés del mercado  
 t = Valor constante

Cuando se descontaron los valores a una misma fecha , fue posible estimar la rentabilidad del proyecto. Normalmente se utilizan dos indicadores de rentabilidad: la razón Costo-Beneficio y la Tasa Interna de Retorno; el primero, cuando es positivo significa que es capaz de cubrir los costos además de rendir utilidades, el segundo indicador se obtiene estimando la tasa de descuento que iguale en el presente el valor de los costos con los ingresos; si la tasa resultante supera a la tasa que ofrecen los recursos financieros en el mercado (tasas de interés bancario), entonces significa que el proyecto es económicamente rentable (Aguilera y Noriega, 1988).

De entre los costos más importantes que se tomaron en cuenta, tenemos:

- i) Equipo
- ii) Terreno e instalación
- iii) Costo de poblamiento y fertilización
- iv) Alimentación
- v) Mano de obra
- vi) Mantenimiento

Para el mejor entendimiento de la metodología planteada, el Diagrama 1., muestra una síntesis de los elementos más importantes en la producción de *Betta splendens*.

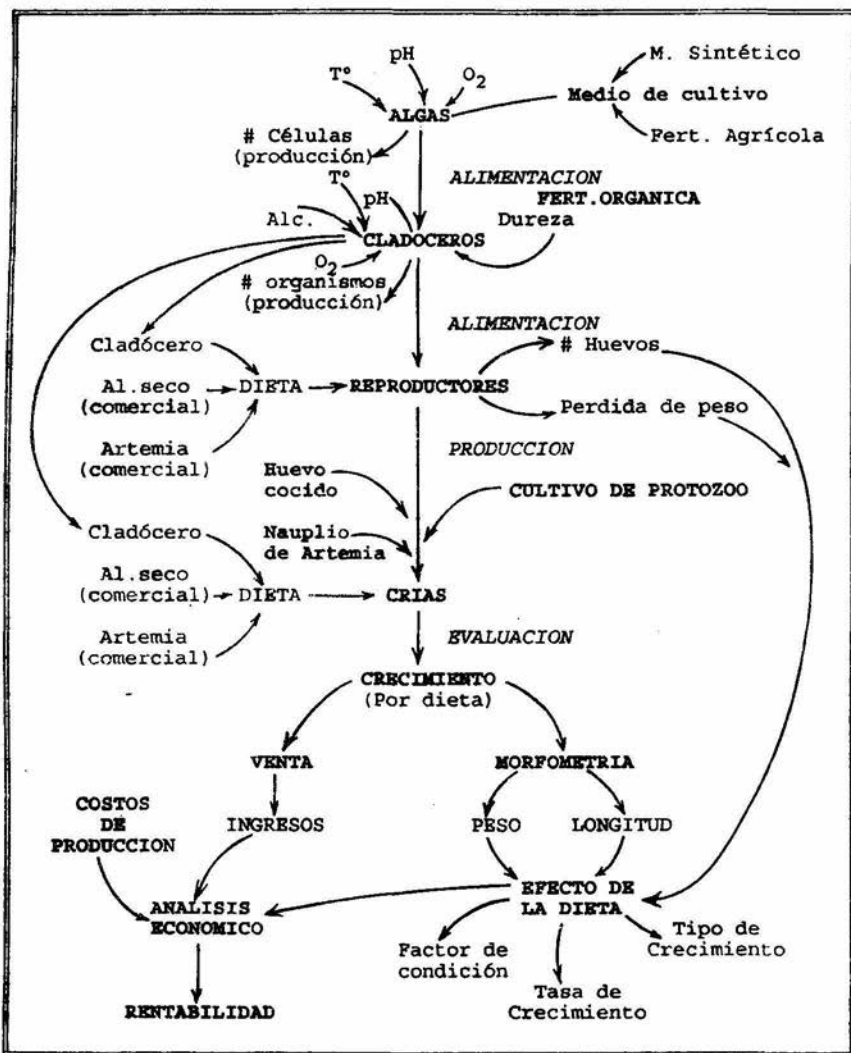


DIAGRAMA 1. RESUMEN SINTETICO DE LA METODOLOGIA PLANTEADA EN LA PRODUCCION DE *Betta splendens*.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos en cada una de las fases experimentales desarrolladas fueron:

### CULTIVOS DE APOYO

#### I. CULTIVOS DE ALGAS

Los cultivos de algas se mantuvieron a temperatura de 27.5 a 27.9 grados centígrados, el pH fluctuó de 7.7 a 7.9; mientras que el contenido de oxígeno fue de 5.2 a 5.9 mg/lt (Tabla 2). El número de algas por mililitro osciló desde 16,708,333 hasta 83,125,000 como máximo, razón por la cual la dosis de medio suministrada a los cultivos de cladóceros, varió en cuanto al volumen pero se respetó siempre la densidad indicada en la metodología.

UNIDAD #	TEMPERATURA GR.CENT.	pH	OXIGENO mg/l	NUMERO DE CELULAS		
				PROMEDIO	MAXIMO	MINIMO
1						
				5173809	16708333	229166.7
MEDIA	27.66667	7.75	5.8			
± SD	2.62467	0.05	0			
2						
				9012500	25600000	229166.7
MEDIA	27.91	7.93	5.2			
± SD	2.4231	0.0421	0.3			
3						
				22912131	83125000	229166.7
MEDIA	27.54167	8.545455	5.9			
± SD	2.55325	1.172692	0			

TABLA 2. CONDICIONES DEL CULTIVO DE ALGAS.

Se comprobó la aceptación de las algas por parte de los cladóceros a través de la revisión de los tractos digestivos, mismos que revelaron estar llenos de algas del 30 hasta el 100% dependiendo del tiempo que hubiese transcurrido desde el suministro del alga hasta el momento en que se efectuó la revisión.

El uso de cultivos axénicos de algas ha demostrado ser sumamente eficiente para la alimentación en cultivos de especies diversas (Stein, 1973; Paniagua, et al., 1989; Torrentera y Tacon, 1989), sin embargo resulta bastante costoso, dada la calidad de reactivos que se emplean para su formulación, por este motivo y debido a la dificultad técnica que representa su manejo; en este trabajo se montaron sistemas de producción del alga en condiciones no estériles, mostrando excelentes resultados. Se observó, bajo estas condiciones, la presencia de diversos protozoos completamente inoocuos para los cladóceros y que aparentemente no competían por alimento con las algas; dichos organismos fueron suministrados junto con las algas como alimento, en confirmación de esto, en 1991 Rodríguez-Almaráz, et al. probaron exitosamente el suministro de *Paramecium* sp. en la alimentación de *Moina macrocopa*, en condiciones similares.

En la búsqueda de alternativas de producción más económicas, en este trabajo se probó el, uso de fertilizantes agrícolas inorgánicos como medio de nutrición para las algas, dando como resultado una producción fluctuante entre 21 y 23 millones de células por mililitro, valor bastante cercano al registrado por Pavón, (1993), como ideal par el cultivo de rotíferos; aunque la producción es bastante buena y aparentemente no afectó a ninguno de los organismos involucrados en la trama trófica aquí creada, sin embargo, esta línea de producción no se continuó por estar fuera de los objetivos planteados, por lo tanto, se recomienda hacer seguimientos al respecto, para abatir aún más los costos de producción de *Betta splendens*.

## II. CULTIVO DE CLADOCEROS

En los cultivos de *Moina macrocopa*, usados en la alimentación de crías y reproductores del lote correspondiente, la variación de los parámetros ambientales fue como sigue: temperatura fluctuante entre los 21 y 24.7 grados centígrados, transparencia de 0.131 a 0.25 metros; oxígeno entre 0.19 y 0.318 mg/l; alcalinidad de 187 a 469.25 mg/l; dureza de 88 a 144.33 mg/l; pH de 7.92 a 9 y la conductividad se mantuvo en torno a los 1366 microsimens (Tabla 3.).

Cabe señalar que la principal diferencia en el tamaño de las unidades de cultivo residió en el tiempo de vida media y los volúmenes de producción, la cual obviamente fue menor para las unidades de 18 lts, pero a cambio ofrecieron la ventaja de permitir un desfase mejor en el tiempo, obteniéndose así una producción continua más eficiente.

Los volúmenes de producción alcanzados en este sistema al suministrar algas a los cultivos de cladóceros, permitieron superar ligeramente los rendimientos alcanzados Valdéz y Cabrera (1990) y Pelaéz, et al. (1990), quienes mediante el método de Winberg (1971) reportaron 110.6 g/m<sup>3</sup> y 75 g/m<sup>3</sup> respectivamente. Aquí se registraron valores máximos de 130.2 g/m<sup>3</sup>, sin embargo,

la evaluación precisa de éste parámetro escapó de los objetivos planteados, por lo cual se recomienda observarlos con mayor detalle en estudios posteriores. Es necesario recordar que de acuerdo con la metodología planteada, los sistemas de producción del cladóceros fueron sometidos continuamente a cosechas parciales, refertilizaciones o renuevos del medio según fuese necesario y lógicamente, dichos factores afectaron la densidad de los cultivos a lo largo del tiempo, ya que De Pauw, et al., (1981), reportó que las cosechas parciales incrementan el número de hembras ovígeras, por lo tanto esta practica garantiza la continuidad de la producción en el tiempo.

	TEMP °C	pH	TRANSP mts	OXIGENO mg/lt	ALCALINIDAD mg/lt	DUREZA mg/lt	CONDUCTIV µS
T-1	22.36	8.63	0.131	0.281	469.25	144.33	ND
± SD	0.88	0.18	0.015	0.358	79.6	38.2	
T-2	22.58	8.72	0.132	0.318	476.61	160.61	ND
± SD	1.03	0.24	0.013	0.291	54.25	47.682	
T-3	21.87	8.64	0.188	0.191	468.11	123.81	ND
± SD	1.24	0.22	0.015	0.113	59.91	14.777	
B-1	23.01	8.01	ND	1.221	304.11	198.01	ND
± SD	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	
B-2	24.73	7.92	ND	2.612	348.01	116.03	ND
± SD	1.67	2.81		2.12	64.23	23.15	
B-3	21.51	9.01	ND	0.231	376.02	124.04	ND
± SD	0.51	0.0		0.0	0.0	0.0	
B-4	21.51	8.22	0.257	1.001	192.03	ND	1360
± SD	0.51	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0
B-5	21.53	8.43	0.239	0.331	325.01	88.86	1370
± SD	0.41	0.0	0.0	0.1	151.1	0.0	0.0
B-6	21.11	8.43	0.212	1.441	187.04	ND	1370
± SD	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0

T= UNIDAD DE PRODUCCION DE 180 lts  
 B= UNIDAD DE PRODUCCION DE 18 lts  
 ND= NO DETERMINADO

TABLA 3. PARAMETROS FISICO-QUIMICOS EN LOS CULTIVOS DE CLADOCEROS.

Para fines prácticos de este trabajo, entre mayor sea la producción de cladóceros, estará garantizada de mejor forma la

alimentación de las crías, por ello los niveles aquí reportados permitieron satisfacer adecuadamente las necesidades planteadas.

El uso de fertilizantes orgánicos, además de abatir costos, permitió la proliferación de poblaciones bacterianas como lo señalan Valdéz y Cabrera, 1990 y Quiroz, et al., (1990), pero además fomentó el desarrollo de microalgas cafés y verdes de diferentes especies así como protozoos, que contribuyeron al enriquecimiento de la dieta de *Moina macrocopa* (Rodríguez-Almaraz, et al., 1991).

En lo referente a la aceptación de los cladóceros por parte de las crías, a partir del día 50 de vida del lote correspondiente, se detectó una cierta imposibilidad de engullir el alimento, debido a que éste presentó un tamaño de partícula inadecuado para las tallas de peces más pequeñas. Lo anterior se reflejó, con un incremento en la mortalidad de las crías del lote correspondiente. Se recomienda por lo tanto, mediante un sistema de filtración hacer una selección de tallas, mismas que de manera natural se encuentran presentes en el cultivo. De esta forma, los estadios más pequeños de *Betta splendens* se alimentarán con cladóceros juveniles y las tallas más grandes con los estadios adultos.

### III. CULTIVO DE PROTOZOOS

Una vez que los alevines de *B. splendens*, reabsorbieron el saco vitelino, evento ocurrido alrededor de 30 horas después de la eclosión, fueron alimentados por vez primera con los cultivos de protozoarios, hasta cumplir 10 días de vida.

Se observó una completa aceptación de los protozoos por parte de las crías o larvas de *B. splendens*, debido probablemente a que se trató de alimento vivo y por tanto móvil, lo cual facilitó su captura (Rodríguez-Almaraz, et al., 1991). Desde el punto de vista nutricional el género *Paramecium* está constituido básicamente por proteínas del tipo albúmina y aminoácidos esenciales diversos (Lilly, et al. 1961; Kudo, 1982; Johnson, 1955), esto garantizó un aporte suficiente de nutrientes a los alevines durante su primera fase de crecimiento.

Los cultivos de protozoos no se desarrollaron en condiciones axénicas, debido a que se mantuvieron expuestos al ambiente. Alrededor del décimo día de cultivo se detectó una sucesión de diferentes especies de organismos pertenecientes al mismo grupo, entre ellos *Vorticella* sp. y algunos ciliados no identificados, mismos que en general, no fueron bien aceptados por las crías ya que se observó un decremento en su ritmo de crecimiento y actividad general. Por otra parte se registró una contaminación de los mismos cultivos, debido al ingreso de diferentes bacterias que fueron sometidas a cultivo e identificación específica mediante pruebas bioquímicas, aunque se determinó que corresponden a miembros normales de la flora



bacteriana acuática, por tratarse de organismos patógenos facultativos, al encontrar condiciones satisfactorias para su desarrollo, se volvieron patógenas ; al ser introducidas en los acuarios de crecimiento junto con el alimento, ocasionaron la pérdida de lotes enteros de larvas, debido a que estos organismos fueron altamente susceptibles a cambios de pH , temperatura y más aún a infecciones (Linke, a. b. c., 1980 y Moreno y Valdéz, 1989).

A pesar de haber detectado que los cultivos de protozoos constituyeron la mejor opción para alimentar a las crías, desde el punto de vista nutricional y etológico (Ramírez, 1970; Maurus, 1987; Feldhaus, 1990), encerraron una serie de problemas técnicos a nivel de manejo, relacionadas con la condición no axénica del cultivo; en lo referente a la demanda de alimento, ésta fue tan alta que el volumen de protozoos requerido fue superior a la producción aquí alcanzada, razón por la cual surgió la necesidad de utilizar alimento suplementario, por ello, la alimentación a base de protozoos se enriqueció con yema de huevo cocido, misma que hace las veces de "infusoria" o protozoos artificiales (Marty, 1977; Axelrod, et al., 1970; Linke, 1980; Seegelcken, com. pers.). En el medio acuarístico existe un producto hecho a base de huevo y peletizado específicamente para alevines, pero su costo es bastante elevado, razón por que no se empleó en este experimento.

La sucesión poblacional dentro de los cultivos junto con la contaminación bacteriana, generaron que el uso de huevo cocido como sustituto del cultivo de *Paramecium* en la alimentación de las crías, constituyera una excelente opción, debido a su bajo costo y calidad sanitaria, ya que un desequilibrio bacteriano en los acuarios de crecimiento resulta altamente dañino para cualquier organismo (Axelrod, et al., 1990) y más aún en este tipo de larvas, cuya sensibilidad a cualquier alteración medio ambiental y sanitaria es sumamente elevada, dada su inmadurez fisiológica (Linke, a. b. c., 1980; Loiselle, a. b., 1980).

#### IV. ARTEMIA

Las crías o alevines fueron alimentadas con nauplios de artemia a partir del décimo día de vida, su aceptación fue inmediata y se observó una completa renuencia para ingerir cualquier otro tipo de alimento, esto debido a que el tamaño de partícula del nauplio es coincidente con respecto, al tamaño de la boca del alevin. Se observó que los nauplios brindaron a los alevines los nutrimentos necesarios para un buen desarrollo, dado su elevado contenido proteico (Tabla 11.), motivo por el cual la sobrevivencia fue mayor del 95%, durante los primeros 50 días de vida de los peces en este lote.

Para comparar la calidad nutricional del cladóceros producido, con respecto a otro producto rico en proteínas, se utilizó artemia en estado adulto; *Artemia* sp., reporta valores

del 47% al 60% de proteína en peso seco (Curtis, 1986). Sin embargo, en este experimento al suministrarlas como alimento a los peces, no fue posible garantizar el nivel nutricional señalado. Esto causado por dos factores; el más importante radicó en el hecho de no tener un control estricto sobre la dieta del crustáceo, ya que se utilizó artemia comercial, por otra parte el control sanitario y las técnicas de transporte no son las más adecuadas entre los distribuidores y comerciantes acuaristas (Aguilar,1993); ambos factores se conjugaron ocasionando una importante mortalidad de los organismos al ser transportados. Este fenómeno provocó que los crustáceos sobrevivientes sufrieran cierto detrimento en su calidad como alimento vivo, dada la intoxicación generada por la filtración de su propio medio de transporte (Castro,et al., 1985; Soorgeloos, et al., 1986; Volkart, 1990). Sin embargo, debido al alto contenido proteico reportado en artemia, los peces sometidos a esta dieta aparentemente, no fueron afectados por la variación en el contenido de nutrientes, pero la mortalidad observada al final de este tratamiento, pudo estar relacionada con la mala condición del alimento, por tal motivo es recomendable que el acuacultor cultive su propia artemia, para así garantizar su calidad.

## SELECCION Y CONDICIONAMIENTO DE LOS PECES

### I. REPRODUCTORES

La selección de reproductores implicó elegir organismos de talla, edad, sexo, coloración y en general, características específicas bien definidas, ya que esas serán las mismas, a fijar en la progenie (Axelrod, 1970, Ramírez, 1970; Vierke, 1988).

Durante el período inicial de la dieta, los reproductores se mantuvieron en aislamiento, presentando las siguientes variaciones ambientales, la temperatura fluctuó entre 25.3 y 25.8 grados centígrados; el pH entre 8.2 y 8.3; el oxígeno entre 2.7 y 3.1 mg/l; la dureza entre 121.6 y 130.5 mg/l; la alcalinidad entre 248.6 y 266.6 mg/l y por último, la conductividad fluctuó entre 670 y 693.3 microsiemens (Tabla 4.).

FASE	TEMP °C	pH	OXIGENO mg/l	ALCALINIDAD mg/l	DUREZA mg/l	CONDUCTIVIDAD µS
DESOVE	29.2	7.06	3	ND	ND	375.453
± SD	1.72	0.14	0.96			72.86
CRIAS EN CRECIMIENTO	28	7.8	ND	232.5	226.75	461.25
± SD	1.45	0.28		13.9	32.1	57.75
REPRODUCTORES						
ARTEMIA	25.3	8.36	3.16	266.66	129.11	693.33
± SD	1.65	0.29	2.01	18.8	16.75	12.47
AL. SECO	25.55	8.32	2.76	248.66	121.66	696.66
± SD	2.1	0.36	2.34	29.48	20.91	9.42
PULGA	25.8	8.39	3.17	258.66	130.55	670
± SD	2.11	3.61	2.11	21.47	17.01	49.66
ND = NO DETERMINADO						

TABLA 4. PARAMETROS FISICO-QUIMICOS EN LOS PECES

Los organismos, en los tres tratamientos, demandaron un período de adecuación al cambio de dieta. El primero en ser aceptado fue el cladóceros, en el caso del consumo de artemia la aceptación fue buena, mientras que para el alimento seco se observó una gran renuencia, relacionada con los hábitos

alimenticios que *Betta splendens* tiene en la naturaleza (Apéndice 1.); sin embargo, el condicionamiento alimenticio, permitió obtener reproductores con un estado fisiológico adecuado incluso para la reproducción, esto debido a la maduración de la gónada observada tanto en machos como hembras, a través de la etología y cambios de coloración de los organismos .

Transcurrido el período de dieta inicial, los reproductores fueron trasladado a acuarios y, se sometieron a una nueva adecuación ambiental específica para la reproducción, esto se debió a que para el desove, los parámetros fisicoquímicos difieren de las condiciones requeridas durante el crecimiento (Axelrod, 1970; Maurus, 1987; Axelrod, et al., 1990, Vierke, 1991). La respuesta a este cambio fue una rápida adecuación a las nuevas condiciones revelando por tanto, gran plasticidad fisiológica, debido a que el proceso ocurrió en la mitad del tiempo esperado. Durante el desove, la temperatura fluctuó entre 26.2 y 30.2 grados centígrados; el pH osciló entre 6.8 y 7.2 y por último la conductividad se mantuvo entre 350 y 410 microsimens, (Tabla 5).

Comparando los valores registrados para el pH y la conductividad antes y después de la reproducción, se detectó una diferencia de hasta 2 y 300 unidades respectivamente, esto permitió poner de manifiesto la gran capacidad de adecuación de la especie en estado adulto, a los cambios ambientales. De hecho se sabe que *B. splendens* es capaz de poblar gran diversidad de hábitats (Apéndice 1.), por lo que este fenómeno constituyó por sí mismo un criterio más, para la selección de los reproductores.

## II. CRIAS

Los parámetros ambientales de las crías, durante los primeros 50 días de crecimiento, fueron: temperatura de  $28 \pm 1.455$  grados centígrados; pH de  $7.8 \pm 0.28$ ; la alcalinidad fue de  $232.5 \pm 13.9$  mg/lt; la dureza de  $226.75 \pm 32.1$  mg/lt y la conductividad de  $461.25 \pm 57.75$  micro siemens (Tabla 4.). A partir del día 50 del tratamiento, las crías fueron separadas en tres lotes y sometidas al cambio de dieta indicado en la metodología.

De manera paralela al cambio de dieta, los parámetros fisicoquímicos fueron incrementando paulatinamente sus valores, hasta alcanzar el mismo nivel que se señaló para los reproductores (Tabla 4.). Esto obedeció a la adición de elementos destinados a la alimentación de las crías, según su dieta, y al cambio parcial del agua de los acuarios de crecimiento, lo cual normalmente se practica como medida profiláctica, en cualquier acuario.

## COMPARACION DE DIETAS

### I. APAREAMIENTO

Durante el período de apareamiento se observaron en los reproductores pérdidas de peso de alrededor de 0.1 g, tanto en machos como hembras, dichas pérdidas fueron más acentuadas en el grupo de reproductores sometidos a la dieta de cladóceros. Con respecto al número de huevos obtenidos por pareja, se observó que fue mayor en los organismos sometidos a la dieta de alimento seco, en los que se obtuvo un promedio de 799 huevos/pareja (Tabla 5).

DIETA	PAREJA #	MACHOS		HEMBRAS		# HUEVOS
		W ANTES	W DESPUES	W ANTES	W DESPUES	
ARTEMIA	1	2.9	2.8	2.2	2.2	693
	2	3.1	3.1	2.2	2.1	343
	3	2.4	2.4	2.7	2.5	945
AL. SECO	1	3.2	3.1	3.1	3	1128
	2	2.298	2.23	3.1	3	743
	3	2.557	2.55	2.02	2.02	526
CLADOCERO	1	2.7	2.6	1.6	1.5	614
	2	2.8	2.7	2.5	2.4	680
	3	3.2	3.2	1.9	1.8	699

# = NUMERO  
W = PESO EXPRESADO EN GRAMOS

TABLA 5. PESO EN LOS REPRODUCTORES ANTES Y DESPUES DEL DESOVE ASI COMO NUMERO DE HUEVOS PRODUCIDOS POR PAREJA.

En la naturaleza, una vez que los organismos han alcanzado su máximo crecimiento e inician su etapa reproductiva, toda la energía que le provee el medio a través de la dieta, es empleada para la reproducción, es decir, en la formación de gónada; sin embargo la cantidad de gametos así como su calidad está determinada por diferentes factores entre los que destacan la edad, talla, tipo de alimentación y características genéticas individuales (Ramírez, 1970; Norman, 1975; Lagler, et al., 1984).

Con base en lo anterior, las determinaciones realizadas en este experimento no fueron del todo concluyentes como para determinar cual de las dietas probadas fue la más eficiente, en lo referente a la formación de gónada. Para explicar la pérdida

de peso que los reproductores alimentados con cladóceros registraron, fue necesario comparar el número de huevecillos producidos con respecto a la talla de los peces. El tratamiento con alimento seco registró el mayor número de huevos liberados, pero también a los organismos de mayor talla (Tabla 5.), por lo tanto, es posible que hayan ovipositado más huevos debido a su tamaño y no por efecto de la dieta.

En la naturaleza *B. splendens* es una especie que habita por excelencia en cuerpos de agua someros, susceptibles a infinidad de cambios ambientales y además, en compañía de todo tipo de organismos que potencialmente pueden actuar como predadores, tanto de huevecillos como de crías, ya que éstas últimas en sus primeros días de vida están incapacitadas incluso para nadar (Lobeira, 1980; Maurus, 1987). Ante este panorama la especie ha desarrollado una serie de estrategias adaptativas para asegurar su permanencia en la naturaleza, en este caso es probable que se hayan manifestado a través de los resultados obtenidos en esta fase del experimento. La primer estrategia consistió en depositar en el nido de burbujas, que construyó el macho, el mayor número posible de huevecillos, con una viabilidad del 100%, lo cual indica un buen estado fisiológico tanto del macho como de la hembra. A continuación los alevines recibieron durante sus primeras dos semanas de vida un meticuloso cuidado parental por parte del macho, el cual, terminó una vez que el alevín aprendió a nadar y se alimentó por sí mismo. Este fenómeno ocasionó una importante pérdida de energía en el macho debido a que no se alimentó, por un período aproximado de 7 días. Dicho evento, se reflejó a través de la disminución del peso en los machos, sin embargo, el no registrarse en todos los casos, podría estar relacionado con variaciones individuales de los organismos.

Las estrategias mencionadas, presentaron a lo largo del experimento una gradación particularizada en cada reproductor, por lo tanto, podría atribuirse a la plasticidad propia de la especie. Al respecto de las dietas probadas todas en mayor o menor grado aportaron energía suficiente para que vía el metabolismo de los peces, pudiese ser transformada en gametos que garantizaran la existencia de nuevos peces. Finalmente, los resultados mostrados en la Tabla 5. no permitieron inferir la razón exacta de las variaciones en peso y número de huevos, obtenidos por pareja y por tratamiento, debido al gran número de variables que participaron.

## II. CRIAS

Como primera respuesta al cambio de dieta, se observó en las crías un incremento de la mortalidad en los tres lotes, siendo más acentuada en el tratamiento con alimento seco y menor en el caso de los cladóceros. Este fenómeno se relacionó directamente con dos eventos. El primero, radicó en que el tamaño de partícula del alimento empleado no fue el más adecuado, para esta talla de cría y segundo, en todas las especies de animales el paso de una

fase de desarrollo a otra, implica una serie de mecanismos de adecuación a cambios ambientales y fisiológicos que no todos los organismos resisten, por lo que se considera normal un cierto porcentaje de mortalidad, específico para cada especie y hasta ahora desconocido para *Betta splendens* (Bardach, et al., 1986; Maurus, 1987).

El alimento seco utilizado en este experimento, se peletizó en forma de hojuelas teñidas en colores vistosos para atraer la atención del pez, por su tamaño, fue necesario pulverizarlo para que el alevín pudiera ingerirlo, esta acción trajo consigo un incremento en la turbiedad del agua de los acuarios, así como un detrimento en la calidad sanitaria del mismo. La conjunción de ambos factores generó una tasa de mortalidad del 36.6% al final del tratamiento. En el caso del cladóceros, la talla adulta no pudo ser ingerida por los peces más pequeños, por lo que se detectó mortalidad de aproximadamente el 20% y por último, en el tratamiento de artemia adulta, está ocasionó la asfixia de un buen número de crías. Existen métodos matemáticos particulares para evaluar la mortalidad de los organismos, pero en este trabajo la evaluación se basó en el conteo de organismos al inicio y final del experimento.

Como alternativa para la solución de algunos de estos problemas, se recomienda suministrar a las crías, el filtrado de las tallas más pequeñas de cladóceros, las cuales se pueden separar mediante simples mallas; con respecto al consumo de artemia habrá que combinar más allá del día 50 del tratamiento, el suministro de nauplios con adultos, hasta que todo el lote de peces pueda ingerir la talla más grande del crustáceo.

## EVALUACION DEL CRECIMIENTO

### I. TIPO DE CRECIMIENTO Y FACTOR DE CONDICION

Las expresiones:		$n$	
		$W = aL$	
3.1494		2.3693	2.3236
$W = .0281 L$	$W = .0453 L$	$W = .0353 L$	
Artemia	Al.Seco	Cladóceros	

muestran la relación peso-longitud de las crías en las dietas probadas y se complementan con la Tabla 6. Se partió de que teóricamente el valor de "n" en dicha relación proporciona información acerca del tipo de crecimiento, que pudieran presentar los peces. El crecimiento alométrico ocurre cuando una característica física o fisiológica del organismo varía al mismo tiempo que su tamaño, mientras que el crecimiento isométrico indica que las características permanecen constantes o uniformes en el tiempo (Begon, 1986 in Cházaro, 1989).



DIETA	n	FC	r
Artemia	2.4105	0.04608	0.7587
	3.0507	0.026107	0.6929
	3.9871	0.012252	0.9626
MEDIA	3.1494	0.028146	0.8047
± SD	0.6474	0.013885	0.1148
Al.Seco	1.7393	0.07123	0.2824
	2.8094	0.03271	0.8491
	2.5593	0.03196	0.9406
MEDIA	2.3693	0.0453	0.6907
± SD	0.4571	0.01834	0.2911
Cladóceros	2.4408	0.03362	0.9703
	2.1535	0.03819	0.9154
	2.3767	0.03434	0.9925
MEDIA	2.3236	0.03539	0.9594
± SD	0.1231	0.00201	0.0324
n = PENDIENTE			
r = FACTOR DE CORRELACION			
FC = FACTOR DE CONDICION			

TABLA 6. FACTOR DE CONDICION GLOBAL EN LAS CRIAS

En la relación peso-longitud el crecimiento isométrico está representado por un valor teórico de 3, y entonces se define que el peso es igual al cubo de la longitud multiplicado por una constante (a); mientras que en el crecimiento alométrico ese valor es diferente de 3 (Bagenal, 1978).

Observando los valores de "n" para las dietas probadas en las ecuaciones presentadas, se encontró que el tipo de crecimiento para *B. splendens* fue de tipo alométrico. En las dietas con alimento seco y cladóceros los valores obtenidos son muy cercanos (2.36 y 2.32), sin embargo para el tratamiento con artemia el valor de "n" es aparentemente diferente (3.14), motivo por el cual, se efectuó una prueba estadística de "t" de student al .05 de significancia (Steel & Torrie, 1985) para detectar posibles diferencias entre el valor teórico y el dato obtenido para artemia; se encontró que no hubo diferencia significativa y por tanto, como antes, se dedujo que el crecimiento es de tipo alométrico ( $P > 0.05$ ).

Con respecto al factor de condición, cuyos valores se observan en las ecuaciones antes señaladas, se comprobó estadísticamente que no existió diferencia alguna entre tratamientos (Pruebas de ANOVA y de Hipótesis de Kruskal-Wallis);



las pruebas estadísticas que lo confirman, aparecen en la Tabla 7., con valores de significancia del .05 , entre tratamientos y dentro de los tratamientos, es decir que  $P > 0.05$ , lo cual indicó que las dietas usadas no ejercieron un efecto diferente en el crecimiento de los peces.

FUENTE DE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F
TRATAMIENTO	2	0.0044	0.000223	0.835
ERROR	6	0.0015	0.000267	
TOTAL	8	0.002		
			F	
			0.05 =	5.14
			F	
			0.01 =	10.92

TABLA 7. TABLA DE ANOVA PARA ESTABLECER SI EL FACTOR DE CONDICION ENTRE LAS DIETAS PROBADAS PRESENTO DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS.

El hecho de que estadísticamente no se hayan detectado diferencias entre tratamientos, en lo que respecta al factor de condición, no significó que las tres dietas tuvieran el mismo efecto en el crecimiento de las crías. Esta aseveración surgió a partir de que se observaron en este experimento, otro tipo de características importantes y diferentes a las variaciones en peso y longitud que este modelo matemático considera. Tal es el caso de la mortalidad detectada, en un número importante de organismos por lote, las enfermedades infecciosas detectadas o el raquitismo registrado a lo largo del experimento. Cada una de las condiciones mencionadas, observó cierta gradación acorde con el tratamiento.

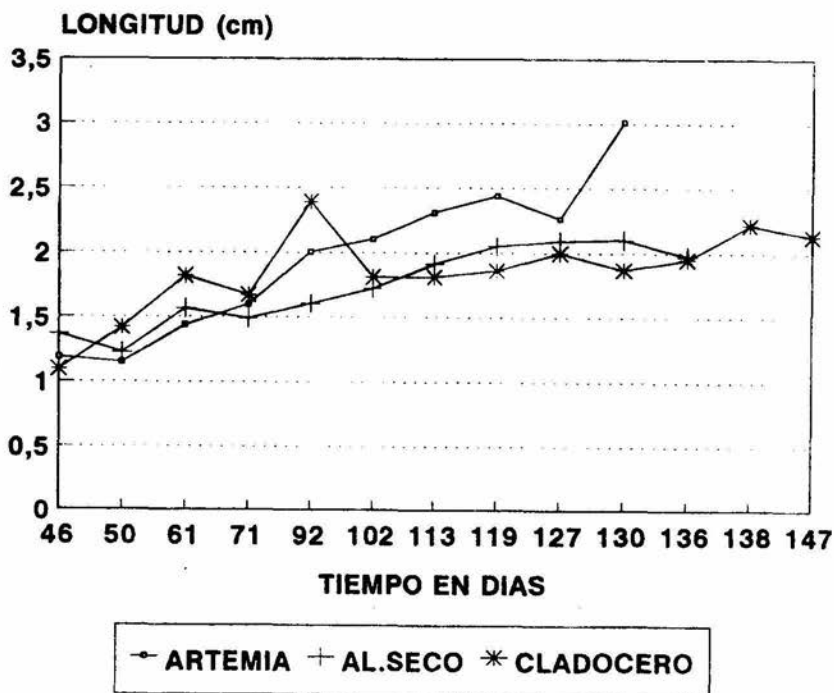
Por otra parte, el factor de condición se basa en el hecho de que en la naturaleza las condiciones ambientales que rodean al organismo presentan grandes variaciones, relacionadas principalmente con los factores climatológicos (Ricker, 1975), a diferencia de las condiciones de acuario, en donde se controlan la mayor parte de los parámetros ambientales. Probablemente, estas características contribuyeron al resultado de que el factor de condición en este experimento no haya sido un parámetro lo suficientemente robusto y sensible, como para permitir explicar la variación del estado o condición de *Betta splendens*, en las condiciones de crecimiento aquí establecidas.

Se observó un incremento en el porcentaje de mortalidad conforme transcurrieron los tratamientos; la más alta fue del

36.6% en la dieta con alimento seco, mientras que en la de cladóceros, se registró una mortalidad del 20%, además de observar alrededor de un 5% de crías con lordosis, al final del experimento. En la dieta con artemia no se detectaron anomalías extremas por desnutrición, ni índices tan grandes de mortalidad (15 %), pero si se detectaron peces "obesos"; es decir con la forma del cuerpo anormalmente ensanchada y grandes depósitos de grasa debajo de la piel, esta determinación se efectuó mediante disección. Todos éstos fenómenos no pudieron ser detectados por el factor de condición.

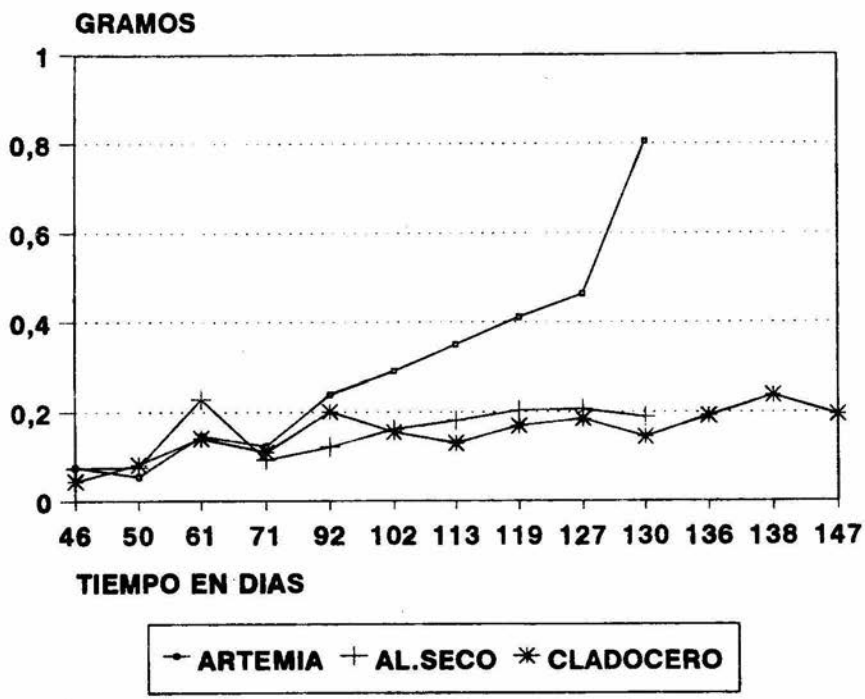
## II. CRECIMIENTO EN PESO Y LONGITUD

La curva de crecimiento en longitud (Gráfica 1.) mostró a lo largo del tratamiento, que la dieta con artemia alcanzó los valores de crecimiento más altos, ya que registró una talla de 3.01 cm para el día 130 mientras que el tratamiento con alimento seco, reportó una talla de 1.97 cm el día 127. Cabe destacar como datos particulares que la dieta con cladóceros alcanzó los picos más altos en las primeras fases de crecimiento los días 81 y 92, con 1.819 cm y 2.39 cm respectivamente .



GRAFICA 1. CRECIMIENTO EN LONGITUD DE LAS CRIAS DE *B. splendens*, SOMETIDAS A TRES DIFERENTES DIETAS.

En lo referente al crecimiento en peso la Gráfica 2., mostró tendencia al incremento a lo largo del tratamiento; el peso máximo registrado fue de 0.8051 grs el día 130 con la dieta de artemia, mientras que el mínimo fue de 0.6285 grs el día 127 para la dieta con alimento seco. Este último tratamiento, presentó el pico más alto en peso durante las primeras fases reportándose un valor de 0.2291 grs para el día 74 del tratamiento.



GRAFICA 2. CRECIMIENTO EN PESO DE LAS CRIAS DE *B. splendens*, SOMETIDAS A TRES DIFERENTES DIETAS.

Observando ambas curvas, se detectó una tendencia en crecimiento más acentuada en longitud que en peso, durante el período de tiempo monitoreado. Dicha condición apoyó la definición del crecimiento isométrico anteriormente determinado a través de la ecuación de Le Cren (Gerking, 1978).

Los picos máximos encontrados en las gráficas correspondientes, representaron el crecimiento más alto, alcanzado por las crías en cada una de las dietas probadas, por lo tanto, es posible interpretarlas como el momento en el cual, el metabolismo de las crías pudo asimilar en mayor proporción, los nutrientes disponibles en cada dieta (Tabla 11.). Por tal motivo, constituyeron una base importante para pronosticar, de manera aproximada, el momento idóneo para un cambio de dieta, sustentado en los resultados obtenidos, es decir, ningún organismo en la naturaleza es capaz de alcanzar una condición fisiológica óptima sometiéndose al consumo de un tipo exclusivo de alimento, a menos que esté perfectamente balanceado e incluya proporciones adecuadas de proteína, grasas y carbohidratos, entre otros (La Mar, 1994); esto sin olvidar que la demanda de cada tipo de nutrimento varía con la edad del organismo. Por ello, se recomienda que el cambio de dieta ocurra en el momento en que los repuntes alcanzados en las gráficas, inicien su descenso, de esta forma el pez tendrá la oportunidad de asimilar mejor el alimento inmediato anterior.

De acuerdo con los resultados experimentales y con base en que el mejor efecto de cada dieta ocurrió a diferentes tiempos de la vida de *B. splendens*, se propone el consumo de una dieta, rica en proteína, al inicio de la vida de los peces, que bien podría ser proporcionada por protozoos del tipo *Paramecium*, nauplios de artemia, y yema de huevo (Axelrod, et al., 1970; Martty, 1977; Kudo, 1982). A continuación se sugiere alimentar con una combinación de nauplios, cladóceros y pequeñas cantidades de alimento seco pulverizado, para enriquecer y variar la dieta, además de suministrar el tamaño de partícula alimenticia adecuada. Alrededor de los 100 días de edad nuevamente habrá que fortalecer la dieta con proteína, que puede ser aportada por *Artemia salina* en estado adulto, ya que a esta edad la cría ya es apta para atrapar este tamaño de artemia. Este último tipo de alimentación tendría que mantenerse hasta que el organismo pasara de etapa juvenil a adulto, período en la cual la demanda de proteína para el crecimiento, disminuye. Una manera de contribuir a la buena asimilación del material proteico es mediante el aporte de fibras que pudiera contener en pequeñas proporciones el alimento seco o bien aprovechando las características "laxantes" de los cladóceros (Volkart, 1990).

### III. ANALISIS DE PENDIENTES

Se efectuó una comparación de pendientes, de las curvas de crecimiento (Gráficas 1. y 2.), mediante el método de Zar (1974) con una confiabilidad de  $P < .05$ , misma que mostró diferencias significativas en el incremento en peso, a lo largo del experimento, mientras que en longitud tal diferencia estuvo ausente es decir  $P > .05$  (Tablas 8. y 9.).

ECUACION:  $Y = mx + b$   
 $F = 23.43932$   
 $C$   $P < .0005$  POR LO TANTO SI HAY DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE DIETAS.

	ARTEMIA	AL.SECO	CLADOCERO
m	0.06959	0.03133	0.01081
b	-0.07653	0.00931	0.07754
r	0.92649	0.67619	0.79971
<sup>2</sup> r	0.85838	0.45723	0.63954

TABLA 8. ANALISIS DE PENDIENTES PARA ESTABLECER SI EXISTIERON DIFERENCIAS EN PESO ENTRE LAS DIETAS PROBADAS.

ECUACION:  $Y = mx + b$   
 $F = 3.15592$   
 $C$   $P > 0.05$  POR LO TANTO NO HAY DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE

	ARTEMIA	AL.SECO	CLADOCERO
m	0.19012	0.08664	0.05588
b	0.90533	1.22109	1.46654
r	0.96299	0.93418	0.65441
<sup>2</sup> r	0.92734	0.87269	0.42824

TABLA 9. ANALISIS DE PENDIENTES PARA ESTABLECER SI EXISTIERON DIFERENCIAS EN LONGITUD ENTRE LAS DIETAS PROBADAS.

La existencia de diferencias estadísticas en la comparación de pendientes para la evaluación de crecimiento en peso, se atribuyó al efecto producido por la dieta de artemia, de manera general en longitud todas las crías alcanzaron tallas similares (Gráfica 1.), pero en lo referente al peso, la curva se disparó a partir del día 103 del cultivo. Como quedó señalado en el análisis de las gráficas de crecimiento, al final del experimento se observó una gran diferencia en el peso de los juveniles registrándose una marcada "obesidad" en los organismos del lote

de artemia. Tal evento podría ser explicado con base en los estudios realizados por Fragoso, (1994) en los cuales señala que los peces en general dado su metabolismo, utilizan como primera fuente de energía proteínas, a continuación los lípidos y finalmente las sustancias glúcidas, ya que el análisis bromatológico reportado para artemia en estado adulto indica que contienen hasta un 60% de proteína, 7 % de grasas y 24 % de carbohidratos (Curtis, 1986). Lo anterior, posiblemente explicaría el hecho de que al suministrar una dieta básicamente proteica, el pez utilizaría el suministro para cumplir con todas sus funciones básicas, pero como tasa proteica suministrada siempre fue del 69% y, probablemente, superior a la demanda, los organismos tendieron a almacenar la energía no utilizada en forma de lípidos. Como consecuencia, al final del tratamiento se obtuvieron peces "obesos". Esto no significó, de manera alguna que tales crías fueran completamente sanas ya que al igual que en cualquier especie, un excedente de grasas en el organismo ocasionará a la larga alteraciones metabólicas diversas, mismas que aumentarán la susceptibilidad del individuo a innumerables trastornos patológicos.

#### IV. CRECIMIENTO ABSOLUTO Y RELATIVO

El método de Phelps (1981) mostró que el crecimiento relativo total en peso alcanzó su valor más alto en la dieta con artemia alcanzando un total de 1960.939% con un incremento de .004956 g/día y la más baja fue de 406.79% en la dieta con cladóceros, cabe señalar que la tasa de crecimiento más alta en peso fue de .006231 g/día en la dieta con alimento seco. El crecimiento más alto en longitud, al final del tratamiento fue del 112.1254 % con una tasa de 0.014053 cm/día, también para la dieta con artemia. Los valores medios para las otras dietas se observan en la Tabla 10.

Los crecimientos absoluto y relativo según lo explica Phelps (1981), son formas de evaluar el crecimiento de los peces en cultivo; el absoluto se interpreta como la tasa promedio total de crecimiento a un tiempo dado, mientras que el crecimiento relativo, expresado como un porcentaje, significa el aumento en peso o longitud del organismo comparando el inicio y final del tratamiento.

De acuerdo con lo anterior la dieta con artemia reportó un mayor crecimiento tanto en peso como longitud, razón por la cual pudo pensarse que fue la mejor; hasta el momento no se tiene documentada la existencia de estudios realizados en peces de ornato en los que se evalúe el crecimiento, por este motivo no se pueden establecer comparaciones interespecíficas. En Acuicultura las carpas, organismos sumamente estudiados, reportan tasas de crecimiento en condiciones experimentales de 0.022 cm/día y peso de 0.1131 gr/día (Hernández, 1994.) o de 0.01 gr/día (Fernández, 1986); sin embargo, bajo ningún criterio es válido compararlas ya que se trata de especies distintas, estudiadas en otro tipo de

condiciones experimentales y sobre todo, con ciclo de vida y hábitos alimenticios diferentes.

DIETA	TASA DE CRECIMIENTO*		CRECIMIENTO RELATIVO	
	LONGITUD cm/día	PESO gr/día	LONGITUD %	PESO %
Artemia	0.017908	0.007498	146.3599	1354.229
	0.016143	0.004598	131.0099	3796.33
	0.008109	0.002774	59.0066	732.258
MEDIA	0.014053	0.004957	112.1255	1960.939
± SD	0.004265	0.001945	38.0799	1322.424
Al.Seco	0.005256	0.011199	22.2014	675.1938
	0.014299	0.005002	87.5808	750.2381
	0.017141	0.002494	111.4941	529.0909
MEDIA	0.012232	0.006232	73.7588	651.5076
± SD	0.005067	0.003659	37.7411	91.8234
Cladóceros	0.013737	0.002393	76.7867	322.1154
	0.015647	0.003179	84.8807	347.1139
	0.0125	0.001558	127.7778	551.1538
MEDIA	0.013961	0.002377	96.4817	406.7944
± SD	0.001295	0.000662	22.3750	102.5864

\* Crecimiento absoluto.

TABLA 10. CRECIMIENTO ABSOLUTO Y RELATIVO EN LAS CRIAS DE BETA.

Partiendo de la idea de que los peces, entre más pequeños son, tienen tasas de crecimiento más altas (Hernández, 1994), para tener un conocimiento más específico al respecto del comportamiento en el crecimiento en peces de ornato, es recomendable hacer el mayor número posible de muestreos, a lo largo del tratamiento; sin embargo, el experimentador nunca deberá perder de vista el estrés, que por manipulación puede ocasionarse en los sujetos de estudio, y de esta forma estar alterando el crecimiento.

Para que una dieta sea eficiente en la alimentación de cualquier especie debe reunir una serie de requisitos mínimos, en lo referente a las características físicas, para *B. splendens* en un sistema de cultivo, son determinantes el tamaño de partícula de acuerdo con la edad del pez, en el caso de los alevines debe incluso tener dimensiones microscópicas; el sabor, olor y color, por tratarse de una especie con tendencias carnívoras, garantizan la localización del mismo, así como una deglución adecuada. En lo referente al alimento vivo, en general, aportan niveles de grasas superiores a los que demandan los peces, dado su particular metabolismo (Fragoso, 1994), por lo tanto es inadecuado suministrarlos como alimento exclusivo, Para evitar la aparición de problemas relacionados con desnutrición, es recomendable incluir otro tipo de complemento dietético que bien



podría ser de origen vegetal (Fragoso, 1994); esto último, se refuerza con el hecho de que en la naturaleza los peces cuentan con diversas fuentes proteicas para cuya asimilación se siguen diferentes rutas metabólicas, las cuales permiten optimizar su asimilación (insectos, plantas, etc.). Esto último, sin olvidar, que siempre existirá algún tipo de especialización alimenticia mediada por múltiples factores entre los que destacan: la disponibilidad del alimento en el ambiente y la capacidad del propio organismo, para aprovechar esas fuentes alimenticias alternativas, éste último es determinante en el caso de las especies explotadas en Acuicultura.

Se enfatiza el hecho de que cada una de las dietas probadas puso de manifiesto sus ventajas y desventajas en cada etapa del crecimiento de *B. splendens*. Se observó que la dieta con artemia aportó altos niveles de proteína, mismos que el pez posiblemente no degradó totalmente toda su vida por lo que se podrían estar perdiendo insumos que para fines de producción, representan fuga de capital, por otra parte el tamaño de partícula alimenticia que proporcionaron nauplios y adultos fueron insuficientes para satisfacer adecuadamente toda la gama de requerimientos de la especie trabajada. Con respecto al alimento seco, la falta de movimiento así como su descomposición en el acuario en caso de no ser ingerido y su alto costo, constituyen serios problemas a comparar con el hecho de que su formulación suele ser adecuada (Tabla 11.). Por otra parte, el mercado acuarístico brinda la opción de seleccionar diferentes productos según la edad del pez, pero sus costos pueden resultar muy elevados. Por último, los cladóceros presentan un nivel de proteína bastante alto, pero buena parte de ella no es digerible, ya que se encuentra en la cubierta quitinosa del organismo y por lo tanto, los peces en ciertas etapas de vida, no la pueden asimilar completamente, sin embargo, debido a este mismo factor, posee características "laxantes" (Volkart, 1990) que pueden contribuir a una mejor absorción intestinal de otros nutrimentos suministrados a través de la dieta.

DIETA	PROTEINA ( % )	LÍPIDOS ( % )	CARBOHIDRATOS ( % )	REFERENCIA	AÑO
ARTEMIA	60	7	24	CURTIS, N.P.	1986
ALIM. SECO Nutrafin	46	5	6	COMERCIAL	1993
CLADOCERO <i>M. macrocopa</i>	42.58	7.34	6	VALDEZ-CABRERA	1990

TABLA 11. ANALISIS PROXIMAL DEL CONTENIDO DE NUTRIENTES EN LAS DIETAS PROBADAS

A la luz de todo lo expuesto fue evidente definir que de las dietas probadas bajo estas condiciones, no pudieron ser

consideradas, individualmente, como la mejor opción para fines productivos. Quedó así clara, la alternativa de que lo más adecuado es la combinación cuidadosa y en momentos particulares del crecimiento de los peces, de los tres tipos de alimento, con la posibilidad de tomar como criterio de selección, las ventajas y desventajas observadas en cada una, a lo largo de este estudio.

#### ANALISIS ECONOMICO

En la mayor parte de proyectos de investigación que plantea la Biología, uno de los aspectos que hasta hace pocos años raramente era considerado es el factor económico, razón por la cual dentro de la disciplina se venía ignorando la formación del Biólogo en dicha área del conocimiento. En la actualidad se observa que no es suficiente demostrar la viabilidad técnica de un proyecto, sino que además es necesario conocer si la producción es rentable o no; por tales motivos la Biología en su rama de Acuicultura, poco a poco ha ido invadiendo este campo, haciendo uso de las herramientas que tal área ofrece.

Para abordar este aspecto es necesario no perder de vista que *Betta splendens* es una especie de ornato cuyos organismos, a la luz de ciertos criterios, corresponden a unidades negociables de precio sumamente variable, según condiciones o juicios que, finalmente, determinan el alza o baja de su cotización en el mercado (Aguilar, 1983). En el caso de *B. splendens* el tamaño, variedad, demanda en el mercado y requerimientos de manipulación, son elementos importantes para la valoración de cada ejemplar, y por tanto, determinantes en su precio.

Considerando las características estéticas observadas en los peces y debido a la dificultad de manejo que implicó el estadio adulto de *B. splendens*, dada la agresividad de los machos, el total de crías que llegaron a tallas de entre 2 y 3 centímetros, todavía en etapa juvenil, se ofrecieron para su venta en el mercado acuarístico, tuvieron excelente aceptación y distribución al público, alcanzando cotizaciones de alrededor de \$ 1500.00 por organismo.

Para evaluar la rentabilidad de este proyecto se recurrió a un análisis de Costo-Beneficio el cual incluyó el registro y clasificación de todos los gastos generados por el montaje y mantenimiento de los cultivos, se asumió que el trabajo seguiría su desarrollo en un terreno rural de 500 metros cuadrados localizado en Villa del Carbón, Estado de México, con una producción mensual de 8,000 organismos. El costo porcentual promedio, utilizado para efectuar los cálculos, se obtuvo a partir de la tasa de interés vigente en Banamex, la cual fue del 2 % mensual, aunque cabe señalar que a lo largo de 1992, año al cual se estimó el cálculo, mes con mes se registraron ligeras fluctuaciones.

## I. COSTOS DE INSTALACION Y MANTENIMIENTO

COSTOS FIJOS INICIALES	
Terreno y Oficina	30000000
Sistema de bombeo	452000
Equipo de operación	5728307
Papelería	433900
Reactivos	356705
Mat. Biológico inicial	317000
	-----
Inversión Inicial Total	37287912
* Cálculos efectuados en viejos pesos.	

COSTOS MENSUALES	
Salarios	1999500
Cía. de Luz y Fuerza	46520
Agua	34093
Alimentación	180000
Previsión Social	254414
	-----
*Total Mensual	2514527
Cálculos efectuados en viejos pesos .	
Salario mínimo del empleado = 13,330.00/día	

## II. VENTAS Y OTROS INGRESOS

Rendimiento mensual	8000 orgs
Costo por unidad	\$ 1500.00
*Venta Total	\$ 12,000,000.00
* Utilidad mensual bruta	

### III. UTILIDAD NETA

Venta total	\$ 12,000,000.00
Gastos mensuales	\$ 2,514,527.30
	-----
* Utilidad	\$ 9,485,475.70
Considerando:	
ISR y PTU estimada	\$ 3,319,915.44
UTILIDAD NETA (Después de impuestos)	\$ 6,165,557.255

### IV. VALOR PRESENTE A UN AÑO

MES	GANANCIA MENSUAL	VALOR PRESENTE $V_p = V_f / (1+i)^t$
1	6,165,557.25	5,479,491.09
2	6,165,557.25	4,869,766.24
3	6,165,557.25	4,327,887.91
4	6,165,557.25	3,846,306.55
5	6,165,557.25	3,418,312.66
6	6,165,557.25	3,037,943.37
7	6,165,557.25	2,699,899.28
8	6,165,557.25	2,399,470.71
9	6,165,557.25	2,132,472.03
10	6,125,557.25	1,895,183.35
11	6,125,557.25	1,684,298.73
12	6,125,557.25	1,496,880.09
	-----	-----
	73,866,687.00	37,287,912.01
		TOTALES ANUALES

TASA INTERNA DE RETORNO (IRR) ==> 12.52 %

VALOR PRESENTE DE FLUJOS  
DE EFECTIVO (UTILIDADES) =====> \$ 37,287,912.00

VALOR PRESENTE DE FLUJOS  
TOTALES AL 2.0 % MENSUAL =====> \$ 27,367,607.63

**V. PROYECCION ECONOMICA ESTIMADA DE ACUERDO A LA PRODUCCION MENSUAL**

PRODUCCION No. DE PECES	TASA INTERNA DE RETORNO	VALOR PRESENTE DE FLUJOS	UTILIDAD DESPUES DE IMPUESTOS
2000	-24.73 %	- 33,285,084.66	315,557.255
3000	-11.47 %	- 23,176,302.61	1,290,557.255
4000	- 4.55 %	- 13,067,520.56	2,265,557.255
5000	0.65 %	- 2,958,738.51	3,240,557.255
6000	5.04 %	7,150,043.53	4,215,557.255
7000	8.94 %	17,258,825.58	5,190,557.255
8000	12.52 %	27,367,607.63	6,165,557.255

\* Nota. Todos los gastos se estimaron para agosto de 1992 y el calculo se efectuó en viejos pesos.

Partiendo de que la inversión total inicial fue estimada en \$37,287,912.00 (Treinta y siete millones doscientos ochenta y siete mil novecientos doce pesos m.n.) y considerando los gastos mensuales de operación, incluyendo los salarios de un técnico y un obrero durante un año, la tasa interna de retorno fue del 12.52%, obteniéndose una ganancia mensual de \$6,125,557.26 (Seis millones ciento veinticinco mil quinientos cincuenta y siete pesos con veintiséis centavos m.n.). Según estos resultados el proyecto en cuestión es sumamente rentable, ya que la tasa interna de retorno es superior al costo porcentual promedio y por lo tanto, es más redituable invertir en la producción de *B. splendens*, que tener la misma cantidad de dinero invertida en el banco; a pesar de este resultado, es necesario no perder de vista que en este tipo de mercado el precio de los organismos es sumamente fluctuante, en función de las leyes de oferta y demanda del producto. Con los mismos datos se realizó una predicción para el sistema con producciones que fueron de los 2000 a los 8000 organismos potencialmente comercializables al mes y se comprobó que, para que el modelo resulte redituable con esta especie es necesaria una producción mínima de 5000 organismos mensuales.

Como pudo observarse, la comercialización planteada en el proyecto, solamente incluyó la venta de *B. splendens* en estadio juvenil, con buena aceptación en el mercado, sin embargo en el medio acuático tienen una mayor demanda los organismos en etapa adulta y sobre todo, los machos. En dicha fase, es posible alcanzar cotizaciones de \$2,000.00 a \$3,000.00 para las hembras y de \$ 3,000.00 a \$ 7.000.00 en el caso de los machos sexualmente maduros. Estos eventos abren la posibilidad de incrementar aún más los ingresos por ventas, si se llevasen las crías hasta etapa

adulta y, aunque generasen un costo mayor por el trabajo de manejo que implican, seguirían siendo rentables. Otro elemento favorable de este sistema de producción, radica en la posibilidad de disponer durante todo el año de peces comercializables en buen estado sanitario, debido, entre otras razones, a que no serían expuestos a las condiciones de estrés fisiológico del que son objeto los peces de importación, con motivo del transporte.

El proyecto planteado fue biológica y económicamente viable, además, ofrece opciones diversas de comercialización, sin embargo, la especie producida está catalogada en el medio acuarístico como de mediana dificultad de reproducción; por lo tanto, con el fin de incrementar los ingresos económicos, sería interesante asociar a mediano plazo la explotación de este grupo con otros, cuya reproducción sea más simple y su demanda en el mercado sea igualmente alta. Como ejemplo de especies que reúnen ambos requisitos tenemos los casos de organismos del género *Poecilia* como molly y guppy o del género *Xiphophorus* como es el caso de los platys y espadas. Si en su defecto, se desean emplear especies altamente cotizadas se sugiere la reproducción de ángeles (*Ptherophyllum scalare*) o discos (*Symphysodon* sp).

## CONCLUSIONES

Los cultivos de apoyo constituyen una importante opción en la producción de *Betta splendens* debido a que cubren plenamente sus necesidades nutricionales.

El uso de fertilizantes inorgánicos agrícolas en la producción de algas *Scenedesmus* iguala los niveles de producción alcanzados con medios sintéticos, lo que significa una importante reducción en el costo de producción.

Los cultivos de apoyo no axénicos brindan un aporte extra de nutrientes al siguiente nivel trófico, pero es necesario evitar el ingreso de elementos patógenos.

El cultivo de *Paramecium* pudo sustituirse satisfactoriamente por el uso de huevo cocido en la alimentación de los alevines.

La fertilización orgánica en la producción de cladóceros reduce notoriamente los costos de producción y enriquece la dieta de los crustáceos.

Es necesario hacer una selección de tallas en cladóceros y artemia para poder alimentar a los alevines de *B splendens*.

El uso de nauplios de artemia debido a su comportamiento y contenido nutricional, es insustituible en la cría de alevines de *Betta splendens*.

Para asegurar la calidad sanitaria y el aporte nutricional de *Artemia* sp. en estado adulto, es necesario implementar cultivos propios, para poder llevar un control estricto de su dieta.

La producción de *Betta splendens* asociada a cultivos de apoyo, mostró ser biológicamente viable.



**Betta splendens**, mostró una gran capacidad para utilizar las fuentes alimenticias aquí proporcionadas, cumpliendo así, satisfactoriamente, con sus funciones vitales y de reproducción.

La pérdida de peso registrada en los reproductores después del desove, obedeció a la relación entre su talla y el número de huevos ovopositados, no al efecto de la dieta.

En la cría de **Betta splendens** el tamaño de partícula y la movilidad del alimento son factores determinantes, para obtener una buena producción.

El tipo de crecimiento determinado para **Betta splendens** fue de tipo alométrico.

El factor de condición no reveló las diferencias existentes en el efecto causado por las dietas probadas, bajo las condiciones planteadas en este experimento.

Cada una de las dietas probadas fue eficiente en diferente etapa del crecimiento de los peces, por lo tanto se recomienda el uso de una dieta mixta ya que por separado ninguna mostró ser la ideal.

Desde el punto de vista económico este proyecto demostró ser rentable a mediano plazo, aplicando la metodología aquí planteada

La introducción al mercado acuarístico de **B. splendens** en etapa juvenil y no adulta como normalmente se hace, constituyó una nueva opción de mercadeo para esta especie.

## REFERENCIAS

- Aguilar, V.M. 1993. Estudio preliminar de peces dulceacuícolas tropicales de uso ornamental (Peces: Osteichthyes) incluyendo procedencia, legislación, comercialización y especies cultivadas que se comercializan en el Distrito Federal. Tesis Profesional. Fac. de Ciencias Biológicas. Univ. del Noreste. Tamps. 35 pp.
- Aguilera, H. P. Zarza, M. E. y Sánchez, M. R. 1988. La carpa y su cultivo. FONDEPESCA. Sría. de Pesca. México. 1-46 pp.
- Aguilera, H. P. y Noriega, C. P. 1988. ¿ Que es la Acuicultura? Ed. FONDEPESCA. 1a. Ed. México.
- Axelrod, H. R. Schultz, P. L. 1990. Handbook of tropical aquarium fishes. TFH. Publications. USA. 1-153, 526-562 pp.
- Axelrod, H. R. 1970. Breeding aquarium fishes. Book 1. TFH Publications. USA.
- Axelrod, H. R. Warren, E. B. Cliff, W.E. 1987. Mini-Atlas of freshwater aquarium fishes. TFH. Publications.
- Bagenal, T. 1978. Methods for assessment of fish production in freshwater. I.B.P. Handbook No. 3. Blackwell Scientific Publications, London: 469-492.
- Bardach, E. J. Ryther, H. J. McLaren, O. W. 1986. Acuicultura crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce. AGT Editor, S. A. México. 1-741 pp.
- Campton, E.D. 1988. A simple procedure for Decapsulating And Hatching Brine Shrimp Cysts. Tropical Fish Hobbyist. 392: 102-105.
- Castillo, S. J. Berger, C. C. 1983. Las microalgas y sus principales aplicaciones. Rev. Lat. Acui. 16: 1-42.
- Castro, B. T. 1986. *Artemia* sp. Ponencia. ITMAR. Guaymas, Sonora.
- Castro, T. Gallardo, C. 1985. *Artemia* sp. en investigación y docencia. UAM Xochimilco. México. 1-43 pp.
- Chazaro, O.S. 1989. Estudio sobre algunos aspectos de la biología del charal *Chirostoma jordani* en el embalse Trinidad Fabela, Estado de México. Tesis Profesional. ENEP Iztacala. UNAM: 10-39.

Contreras-Rejon, A. García, R. J. 1990. Descapsulación de Quistes de *Artemia* sp. en la producción comercial de Camarón. Amac 90. IV Congreso Nacional de Acuicultura. CICTUS. México. 1-205 pp.

Cuadernos sobre Biología. 1991. Centro de investigaciones y estudios avanzados. IPN. Depto. de Biotecnología y Bioingeniería. México. D. F. 26-38 p.

Curtis, N. P. Herrera, M. F. 1986. Primer curso sobre artemia y su uso en Acuicultura. ITMAR. Guaymas, Sonora. México.

De la Cruz, A. 1975. Cultivo macivo de algas planctónicas marinas mediante fertilización. Ciencias. Serie 8. Investigaciones Marinas. 17: 1-21.

De Paw, N. Laureys, P. Morales, J. 1981. Mass cultivation of *Daphnia magna* Straus on ricebran. Aquaculture. 25:141-152.

Dorazio, M. R. Lehman, T.J. 1983. Optimal reproductive strategies in age-structured population of zooplankton. Freshwater Biology. 13: 157-175.

Duran, P. S. 1982. Planteamiento para la investigación económica en la Acuicultura. 1982. Rev.Lat.Acui. No. 13. 1-60.

Elías, G. M. Sánchez, R. M. & cols. 1989. Posibilidad de cultivo de *Moina macrocopa* en torres. XIII Simposio de Biologías de Campo. ENEPI. México.

Elías, G. M. Sánchez, R. M. 1988. Estudio del comportamiento de *Moina macrocopa* en condiciones de semicultivo. XII Simposio de Biologías de Campo. ENEPI. UNAM.

Espinoza, Ch. F. 1986. Cultivo de *Moina macrocopa* (Crustácea Cladocera). Primer Congreso de la Asociación Mexicana de Acuicultores, A. C. México.

Feldhaus, R. 1990. Beginning with Bettas. Tropical Fish Hobbyist. 409: 96-108.

Fernández, A. M. A. 1986. Sistema chinampero como una alternativa en el cultivo de peces. Tesis Profesional. ENEP Iztacala. UNAM. 49 pp.

Fragoso, C. M. 1994. Enfermedades nutricionales: Problemas en la alimentación: Causas exógenas y Endógenas. Curso: Enfermedades de peces de ornato y su importancia en sanidad acuícola. Fac. MVZ. UNAM-Pesca.

Franco, L. J. & Coautores. 1985. Manual de Ecología. Ed. Trillas. 1a. Ed. México.

Fryer, G. 1987. The feeding mechanisms of the *Daphniidae* (Crustacea: Cladocera): recent suggestions and neglected

considerations. Journal of Plankton Research. Vol. 9. No. 3. 419-432.

Gerking, A. 1978. Ecology of freshwater fish production. Blackwell Scientific Publications. London.

Gulland, J. A. 1971. Manual de metodos para la evaluación de las poblaciones de peces. FAO-ACRIBA. España. 1-164 pp.

Harney, F. J. 1985. Regulation of cladoceran filtering rates in nature by body size, food concentration and diel feeding patterns. Limnol.Oceanogr. 30(2).

Heising, G. 1979. Mass cultivation of *Daphnia pulex* in ponds: the effect of fertilization, aeration and harvest on the population development. European Mariculture Society. 4: 534.

Hernández, A. P.; Zarza, M. E.; Sánchez, M. R. 1988. La carpa y su cultivo. FONDEPESCA. Sría. de Pesca. México. 1-48 pp.

Hernández, M. M. V. 1994. Estimación del crecimiento de la carpa común (*Ciprinus carpio*. Linneo, 1758) cultivada en aguas residuales. Tesis profesional. ENEP Iztacala. UNAM. 39 pp.

Johnson, H. W. 1955. Nutrition of Protozoa. Wabash College Crawfordsville, Indiana. USA: 193-209.

Juárez, P. J. R. Palomo, M. G. G. 1985. Acuicultura. Bases biológicas del cultivo de organismos acuáticos. CECSA. México.

Krauss, W. R. 1962. Mass culture of algae for food and other organic compounds. American Journal of Botany. Vol. 49.

Kring, L. R. O'Brien, J. W. 1976. Effect of varying oxygen concentration on the filtering rate of *Daphnia pulex*. Ecology. 57: 808-814.

Kudo, R. R. 1982. Protozoología. CECSA. México.

La Mar, C. M. 1994. The Forgotten Foods. Tropical Fish Hobbyist. 455: 170-171.

Lagler, F. K. Bardach, E. J. Miller. R. R. 1984. Ictiología. AGT Editor, S. A. México. 263-303 p.

Lei, Ch. Armitage, K.B. 1980. Population dynamics and production of *Daphnia ambigua* in a fish pond, Kansas. University of Kansas. Science Bulletin. 51(25).

Lilly, M. D. & Klosek, C. R. 1961. A protein factor in the nutrition of *Paramecium caudatum*. J.Gen.Microbiol. 24: 327-334.

Linke, H. 1980b. The mouth brooding bettas. ADI 46. Published by Tetra Press. West Germany.

Linke, H. 1980c. The natural habitat of the siamese fighting fish. ADI 46. Published by Tetra Press. Germany. Lobeira, A. 1984. Peces peleadores un desove original. Ed. Mar y pesca. 1-47pp

Linke, H. 1980a. Care and breeding of the siamese fighting fish. ADI 46. Published by Tetra Press. West Germany. 1980. Loiselle, V. P. 1980b. What is a labyrinthfish? ADI 46. Published by Tetra press. West Germany. 1-47 pp.

Loiselle, V. P. 1980a. Labyrinth fish. The bubble nest builders. ADI 46. Published by Tetra Press. West Germany. 1-47 pp.

Lobeira, A. 1984. Peces peleadores un desove original. Ed. Mar y pesca. 27-28 pp.

Maddison, E. R. & cools. 1993. The complete aquarium encyclopedia of tropical freshwater fish. Chartwell Books, Inc. UK. 1-391 pp.

Márquez C.G. Contreras, S. M. W. Sotelo, E. J. 1990. Propuesta para el desarrollo de cultivos de alimento vivo (zooplancton) en el Estado de Tabasco. Amac 90. IV Congreso Nacional de Acuicultura. CICTUS. Mex. 1-205 pp.

Martínez, T. Z. Abrego, A. O. J. 1986. Modelo mexicano de policultivo. FONDEPESCA. Dir.Gral.de Acuicultura. México.

Martínez, J. F. Ramírez, G. R. Villaseñor, C. R. 1988. Cultivos de apoyo para la acuicultura. Producción de alimento vivo. Acuavisión. Revista Mexicana de Acuicultura. FONDEPESCA. No. 14. México.

Martty, A. H. 1977. El Betta. Ed. Albatros. Buenos Aires, Arg. 1-64 pp.

Maurus, W. A. 1987. A complete introduction to *Bettas*. TFH Ed. USA. 125 pp.

Meyer, N. B. Ferrign, R. N. Rutnam, E. J. 1982. Brine Shrimp: A Convenient General Bioassay for Active Plant Constituents. Journal of Medicinal Plant Reserch 45: 31-34.

Moreno, S. I. Valdéz, M. M. E. 1989. Introducción a la producción de peces de ornato dulceacuícolas. Curso de formación. ENEP Iztacala. Méx. 93 pp.

Nolan, S. 1989. Whiteworms are easy. Tropical Fish Hobbyist. 399: 118-199.

Noriega, C. P. 19\_\_ . Acuicultura a base de desechos. Inst. Nal. de Investigaciones sobre recursos bióticos. Xalapa, Veracruz. México.

- Noriega, C. P. Herrera, M. F. 1986. Primer curso sobre artemia y su uso en Acuicultura. ITMAR. Guaymas, Sonora.
- Norman, J. R. 1975. A history of fishes. 3th. Edition by P. H. Greenwood D. Sc. London
- Paniagua, M.J. Buckle, R. F. Granados, M.C. Loya, S. D. 1989. Manual de metodologías y alternativas para el cultivo de microalgas. CICESE. Ensenada, Baja California, México. 1-60 pp.
- Pavón, M. E. 1993. Desarrollo de una técnica de cultivo para la producción masiva del rotífero *Brachionus calyciflorus*. Tesis profesional. ENEP Iztacala. UNAM: 9-31.
- Peláez, Z. V. A. Hernández C. G. Medina D. 1990. Cultivo masivo de organismos Forrajeros. Amac 90.IV Congreso Internacional de Acuicultura. CICTUS. Méx. 1-205 pp.
- Phelps, R. 1981. Nutrición de peces. Auburn, University. USA.
- Porras, D. 1981. Sobre la utilización en acuicultura de fertilizantes orgánicos. (Desechos y excretas). Rev.Lat.Acui. 9: 6-10.
- Pretto, M. R. 1980. Aprovechamiento de las aguas y excretas de la explotación porcina para el cultivo de peces en Panamá. Rev. Lat. Acui. No.3.
- Quiroz, C. H. Porras, D. D. 1990. Recomendaciones para el manejo y aplicación de fertilizantes en Acuicultura rural. UAEM. México. 1-23 pp.
- Ramírez, R. 1970. Compilación. *Betta* pez luchador del SIAM. Suplemento 5 de Acuarama. Ed. Littec.Fondo de literatura técnica. Argentina. 1-72 pp.
- Rhee, G. Y. 1973. A continuous culture study of phosphate uptake growth rate and polyphosphate in *Scenedesmus* sp. J. Phycol. 9: 945-506.
- Ricker, W. E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish population. Departament of the enviroment fisheries and marine service. 1: 29-32, 2:203-233.
- Rodríguez-Almaráz, G. A. Badii, H. M. 1991. Parámetros poblacionales de *Moina* spp. (Crustacea: Cladocera) en condiciones de laboratorio. Publicaciones Biológicas. FCB/Uanl. 2: 41-44.
- Sánchez, M. R. & cols. 1988. Avances de un cultivo de *Moina macrocopa* en condiciones de Laboratorio. VII Coloquio interno de investigación. ENEP Iztacala. UNAM.
- Schlichting, E. H. 1970. Selected media for culturing algae. North Carolina State, University. USA. 1-12 pp.

Schroeder, L. G. 1989. The use of manures in fish farming: a practical guide for engineers and farmers. Isrl.

SELA. 1980. Pautas para la formulación de proyectos en Acuicultura. Comité de Acción de Productos y de Agua dulce. Rev. Lat. Acui. Lima, Perú. No.4.

SEPESCA. 1988. Cadenas de alimentación en un estanque fertilizado. Fertilización y fertilizantes, Pesca. Méx.

Siver, A. P. Trainor, F. F. 1981. Morphological control and physiology of *Scenedesmus*. Phycology 20: 1-11.

Soorgeloos, P. & cols. 1986. Manual for the culture and use of brine shrimp artemia en aquaculture. University of Ghent, Belgium.

SEPESCA. 1987. Guía práctica para la fertilización de los estanques utilizados en la acuicultura. Pesca. Méx.

Steel and Torrie. 1985. Bioestadística. Principios y procedimientos. 1a. Ed. Español. Mc Graw Hill.

Stanley, G. J. and Jones, B. J. 1976. Feeding algae to fish. Aquaculture. 7: 216-223.

Stein, J. 1973. Handbook of phycological methods. Cambridge. University Press., London, 448p.

Torrentera, B. L. y Tacon, A. G. J. 1989. La producción de alimento vivo y su importancia en Acuicultura. FAO-Italia. Brasilia, Brasil.

Valdéz, M. M. E. Cabrera, M. A. 1989. Evaluación del potencial de rendimiento en cultivo de *Moina macrocopa* en tres sistemas de fertilización continua, con algunas notas de interés económico. ENEPI. Méx. 89 pp.

Vazquez, A. Solis, E. Macedo, N. Rosas, A. 1986. Influencia de la calidad del agua sobre la ocurrencia de *Daphnia pulex* en la Presa Alzate y su pesquería. Contam.Ambient. 2: 39-56.

Vierke, J. 1988a. Bettas, Gouramis and other anabantoids. Labyrinth fishes of the world. TFH. Publications, Inc. USA. 6-143 pp.

Vierke, J. 1991b. The Anabantoid Aquarium. Tropical Fish Hobbyist. 426: 16-32.

Volkart, B. 1990a. Collecting and maintaining Tubifex Worms. Tropical Fish Hobbyist. 421: 116-122.



Volkart, B. 1990b. Cultivating daphnia in quantity. Tropical Fish Hoobbist. 411: 140-142.

Volkart, B. 1990c. Raising *Artemia salina*. Tropical Fish Hobbyist. 409: 136-138.

Winberg, G. G. 1971. Methods for the estimation of production of acuatic animals. Edit. Academic Press. London

Young, S. Taylor, A. V. Watts, E. 1984. Visuals factors in *Daphnia* feeding. Limnol. Oceanogr. 29(6).

Zar, J. F. 1984. Biostatistical analysis. Edit. Prentice Hall, 2nd. Ed. USA.

## APENDICE

ASPECTOS DE LA BIOLOGIA DE *Betta splendens* Regan, 1909.  
Pez luchador del Siam.  
*Betta*.

REINO: Animalia  
SUBREINO: Metazoa  
FILO: Cordata  
SUBFILO: Vertebrata  
DIVISION: Gnatostomata  
SUPERCLASE: Pisces  
CLASE: Osteichthys  
SUBCLASE: Actinopterygii-Neopterygii  
COHORTE: Euteleostei  
SUPER ORDEN: Aterinomorpha  
ORDEN: Perciformes  
SUBORDEN: Anabantoidi  
FAMILIA: Belontiidae  
GENERO: *Betta*  
ESPECIE: *B. splendens*

Primera descripción en "The Asiatic fishes of the family Anabantidae", in Proc.Zool.Soc.London. p.782, 1909 (localidad tipo Siam).

ETIMOLOGIA: *splendens* (Latin): Brillante, glorioso, esplendido.

ORIGEN: Sureste Asiático; principalmente en las localidades de Siam, Tailandia, Malasia, Vietnam, Singapur, Bangkok, Menam, Mekong y en general el Sureste de Asia.

TALLA: Aproximadamente 6 centímetros.

DESCRIPCION: Cuerpo alargado, muy flexible y lateralmente comprimido. Dimorfismo sexual fácilmente detectable en organismos adultos, machos con aletas más desarrolladas y colores sumamente brillantes; las hembras presentan una papila genital blanca y conspicua, frecuentemente se observan en ellas 2 bandas oscuras longitudinales, que corren desde el opérculo branquial, hasta el nacimiento de la cola, particularmente en etapa reproductiva. En general, se trata de peces velíferos con aleta anal de base muy ancha y que abarca toda la longitud del cuerpo, el ano se localiza muy anteriormente; aletas ventrales colocadas en posición anterior y con forma de apéndices filiformes

auxiliares del órgano del gusto. Aleta dorsal con base corta pero muy larga y aleta caudal redondeada. Escamas ctenoideas cubriendo la cabeza y garganta. Hocico corto con la abertura bucal inclinada y labios gruesos.

El color y marcas varían según la localidad de origen, en general dominan los colores oscuros, tomando como base el rojo, azul, verde, violeta, amarillo y blanco, con iridiscencias o brillos metálicos. En el ápice de la aleta dorsal hay una serie de marcas café oscuro que corren a todo lo largo de ésta, y se entremezclan con pequeñas listas verticales e iridiscentes; características que le hacen de especial interés como especie de ornato. Este organismo se caracteriza por la presencia de un órgano accesorio de la respiración llamado "laberinto", el cual se localiza bajo el opérculo a cada lado de la cabeza y le permite al pez respirar aire atmosférico. Dicho órgano esta formado por dos series de laminas respiratorias, unas semejantes a las de cualquier otro pez y otras alojadas en una cavidad superior o divertículo, las cuales se hallan recubiertas por una especie de tegumento respiratorio muy vascularizado, razón por la cual, el oxígeno pasa directamente al torrente circulatorio. Los huesos operculares son dentados o bien enteros y pequeños. Desde el punto de vista etológico, son organismos muy agresivos, combatientes, sin llegar a la muerte, particularmente, con machos de la misma especie, pero pacíficos con los de otras especies (se trata de una lucha de los machos por sus hembras).

**HABITAT:** Desde aguas claras de corriente léntica, hasta aguas estancadas e incluso pantanosas y sucias, pero ligeramente ácidas (pH= 6 a 6.6) y blandas (2 ó 3 °Dh), con temperatura entre 27 y 28 °C, además de requerir luz natural.

**REPRODUCCION:** Son organismos ovíparos de fecundación externa, constructores de nidos de burbujas, con vistoso y complejo ritual de apareamiento e intenso cuidado parental, por parte del macho, durante las primeras dos semanas de vida de las crías.

**ALIMENTACION:** Son omnívoros con tendencia a la especialización para comer alimento vivo de tamaño pequeño (adultos carnívoros). Capacitados para el consumo de alimento artificial.