

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

**CULTIVO DE *Petenia splendida* EN LA
UNIDAD ACUICOLA EXPERIMENTAL
ZARAGOZA**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
B I Ó L O G O

P R E S E N T A N :
NADIA CORTES VILLALVA
VICTOR MANUEL MACEDONIO SANCHEZ

DIRECTOR: Dr. JOSÉ LUIS GOMÉZ MARQUEZ



MÉXICO, D. F.

NOVIEMBRE 2010



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

Agradecimientos.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por habernos dado la oportunidad de ser parte de ella integrándonos dentro de la facultad de Estudios Superiores Zaragoza para poder realizar la Licenciatura en Biología.

A todos los profesores de la facultad que con sus conocimientos impartidos y comentarios influyeron para terminar esta etapa de nuestra formación Académica.

En especial:

Al Dr. José Luís Gómez Márquez, por compartir sus conocimientos y ser la guía en la elaboración de este trabajo, pero ante todo le damos las gracias por sus consejos, paciencia y comprensión que siempre lo caracterizan.

A la Dra. Berta Peña Mendoza por compartir con nosotros sus conocimientos, paciencia, comprensión y a la colaboración en la realización de este trabajo, y que en lo personal la estimamos en gran medida, y que de la misma manera que al Dr. Gómez, les agradecemos habernos brindado su grande y valiosa amistad.

Al Dr. José Luís Arredondo Figueroa por su apoyo y aportaciones a este proyecto.

Al Biólogo. José Luís Guzmán Santiago por sus comentarios, apoyo y sugerencias dadas para el enriquecimiento de este trabajo, así como a su invaluable amistad brindada a lo largo de la estancia en el laboratorio de Limnología.

A M. en C. Ernesto Mendoza Vallejo por su visión y apoyo para la realización final de este trabajo.

A la Bióloga. Eloísa A Guerra Hernández por sus atinados comentarios en la realización final de este trabajo.

A todos nuestros compañeros del laboratorio de Limnología de la Facultad de estudios Superiores de Zaragoza por la colaboración en la realización de este trabajo y en especial por su invaluable amistad.

DEDICATORIA

Mis Padres:

Rubén Cortes López y María Guadalupe Villalva Sánchez

A mis Hermanos:

*Aldo Lucio Cortes Villalva, Abigail Cortes Villalva, Noemí Cortes Villalva,
Jairo Cortes Villalva*

A nuevos integrantes de la familia:

*Miguel Ángel Ordoñez Acosta (Novio), Dariel Aron López García (Cuñado) y Byron
Daniel López Cortes (Sobrino).*

*“Muy especialmente a mi familia antes mencionada quienes me han apoyado desde que
nací con sus consejos, y en cada tropiezo que he tenido ellos siempre han estado conmigo;
y cuya paciencia y tenacidad me acompañaron durante todo mi proceso educativo;
esperando que este trabajo motive a la nueva generación y después hagan lo propio en su
debido momento .”*

*A Víctor Manuel Macedonio Sánchez, por su amistad y trabajo en equipo que hicimos
para realizar esta tesis.*

Cortes Villalva Nadia

DEDICATORIA

A mis padres Hipolito y Margarita por haberme dado la oportunidad de seguir siempre adelante, en todos mis deseos y metas, por haberme enseñado a ser siempre una persona mejor.

A mis Hermanos Miguel Ángel y Sulaid por estar siempre conmigo en las buenas y en las malas, “Los quiero mucho”.

A mi novia Viviana por todo el tiempo compartido en estos ocho años, por ser paciente conmigo y por compartir el sueño de ser siempre mejores “Te amo, eres lo mejor que me ha pasado”.

A Nadia por todas las aventuras que pasamos en la realización del trabajo pero principalmente por la gran amistad que me has brindado, “Gracias Nadin”.

A todas la personas que puedo llamar amigos “GRACIAS MUCHAS GRACIAS”.

Macedonio Sanchez Victor M.

Índice.

Resumen	1
Introducción	2
Antecedentes	5
Clasificación taxonómica	9
Diagnos de la especie	9
Objetivo	11
Justificación	12
Área de estudio	13
Material y método	15
Parámetros físicos y químicos	16
Parámetros biológicos	16
Resultados	
Parámetros Físico-Químicos	23
Parámetros Biológicos	28
Indicadores de crecimiento	35
Discusión de resultados	
Parámetros Físico-Químicos	46
Parámetros Biológicos	51
Conclusión	57
Referencias.	58

Resumen

Se evaluó el crecimiento de *Petenia splendida* conocida como “Tenguayaca”, , la cual fue cultivada en estanques de concreto y en acuarios, en el periodo de Abril de 2008 a Abril de 2009, con una talla promedio de introducción de 5.3 cm de longitud total y de 1.9 g de peso total en ambos sistemas.

Los organismos cultivados en estanques de concreto (1.0 x 0.6 x 0.5 m) con capacidad 300 l y una densidad de carga de 0.2 org/L, presentaron un crecimiento de tipo alométrico negativo ($t=1.96$, $p<0.05$; $b=2.69$) con promedio de porcentaje de ganancia en peso y longitud patrón de 16.92 y 5.78 respectivamente, incremento diario promedio de 0.0398 g/día en peso y 0.0182 cm/día en longitud, con tasa de crecimiento instantáneo promedio de 0.0059 para peso y de 0.002 para la talla, reportándose al momento de la cosecha tallas promedio de 11 cm de longitud total y 12.9 g. en peso total, con una mortalidad del 0.03%.

Para los peces cultivados en acuarios con una capacidad de 30 litros, y una densidad de 0.2 org/L por acuario, al final del estudio presentaron un crecimiento de tipo alométrico negativo ($t=1.97$, $p<0.05$; $b=2.88$) con tallas promedio de 13.4 cm de longitud total y 32.0 g. en peso total al momento de la cosecha, con promedio de porcentaje de ganancia en peso y talla de 25.2 y 7.5 respectivamente, incremento diario promedio de 0.0842 g/día en peso y 0.0199 cm/día en longitud, mientras que la tasa de crecimiento instantáneo promedio fue de 0.0077 para peso y de 0.0023 para la talla y en el cual no se registró mortalidad.

En ambos tipos de sistemas se suministró aireación continua con el fin de mantener niveles óptimos de oxígeno disuelto; se colocaron calentadores sumergibles para mantener una temperatura constante de $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$ y se proporcionó alimento balanceado marca El Pedregal con 45% en proteína, a razón del 6% de su peso corporal de acuerdo al registro quincenal. La calidad del agua del sistema se mantuvo controlada por recambios parciales los cuales se realizaban semanalmente; quincenalmente se realizó la siguiente biometría: Longitud total (Lt), patrón (Lp), altura (A) y peso (Pt) tomando una muestra representativa al azar en ambos sistemas.

Introducción

Los animales acuáticos poseen grandes ventajas para su cultivo, ya que la densidad del cuerpo de los peces y de los crustáceos es casi la misma que la del agua en que habitan; por lo tanto, pueden prescindir de la tarea de soportar su peso y por ello dedicar mayor energía proveniente de la alimentación al crecimiento, a diferencia de los organismos terrestres (Cailliet *et al.*, 1974; Bardach *et al.*, 1986; Moyle y Cech, 2000).

Los cíclidos son peces de fondo de pozas y de las orillas de los ríos o lagunas donde viven cerca de las piedras y la maleza. No habitan en zonas altas y la mayor diversidad se encuentra por debajo de los 100 m de altitud. Los cíclidos son ovíparos y generalmente depositan huevos que se adhieren en rocas o troncos, ambos padres participan en el cuidado de los huevos y los juveniles (Bussing, 1998).

Las estimaciones del número de cíclidos varían de 1300 a 1800 especies en el mundo. Se conocen más de 600 especies de cíclidos distribuidos desde Sudamérica hasta Texas, Estados Unidos; son muy abundantes en África y hay un género en la India y Sri Lanka (Nelson, 1994).

En México las especies de peces que pertenecen a la familia Cichlidae está representadas por 11 géneros con distribución Neotropical y existen alrededor de 48 especies nativas (Miller *et al.*, 2005).

Los cíclidos tienen forma parecida a los Perciformes, son de tallas medianas y diferentes formas alargadas o altas. Presentan una sola aleta dorsal con una espina, poseen cuatro branquias, de seis a ocho radios branquiostegos, con un solo orificio nasal a cada lado, carecen de dientes en los palatinos y su línea lateral es interrumpida para continuar en una zona mas baja hacia la aleta caudal (Miller, 1966; Díaz, 1973).

Algunas especies de cíclidos presentan características merísticas primitivas que son útiles para explicar sus relaciones filogenéticas y así entender su distribución, dentro de los cuales se encuentran 24 vértebras (10 torácicas y 14 caudales), tres espinas en la aleta anal, dientes y tubo digestivo. Se relaciona con algunas formas fósiles del género *Acara* y este último con el género

africano *Paratilapia*, ambos géneros con especies vivientes, por lo que se considera que la evolución de las especies centroamericanas se originó de sur a norte (Miller, 1966; Díaz, 1973).

Es una familia adaptada a diversos ambientes y puede soportar condiciones extremas como pueden ser aguas saladas, así también en aguas alcalinas con altos valores de carbonatos y un pH de 10 y con temperaturas de hasta 40°C. Igualmente algunos cíclidos pueden vivir en aguas casi sin oxígeno disuelto (Staeck, 1978; citado por Pérez, 2006).

Para poder identificar correctamente a las especies, se requiere de un profundo trabajo taxonómico y genético, ya que existen sinonimias y formas aún no descritas (Sturmbauer *et al.*, 1992; Macaranas *et al.*, 1997; Wilson, 2000).

Dentro de los cíclidos se encuentra la especie *Petenia splendida* (Günther, 1862) conocida como “tenguayaca”, que presentan características adecuadas para cultivo como alternativa a la importación de especies exóticas como las tilapias (Dusheth y Bayne, 1978. Martínez y Ross, 1988; Pérez-Sánchez *et al.*, 2005), siendo altamente apreciada para consumo humano en el sureste mexicano. Esta especie es carnívora, desova sobre sustrato, tiene una apariencia color dorado-pardo cuando alcanza los 30 cm de longitud, puede pesar los 800 gramos (Chávez *et al.*, 1989) y presenta cuidado parental. Es una especie que ha estado sujeta a la sobreexplotación y es poca la información generada sobre su cultivo, por lo cual la realización de estudios acerca de esta especie ayudará a permitir la reproducción en cautiverio, lo cual servirá junto con otras investigaciones para repoblar algunas zonas donde se ha encontrado y para su cultivo comercial.

Actualmente, en el estado de Tabasco es difícil conseguir organismos de 500 gramos y existe un amplio número de zonas en donde ya no se pesca la especie, lo que hace de suma importancia realizar investigaciones encaminadas a conocer la biología, ecología y distribución de la tenguayaca (Reséndez y Salvadores, 1999).

Por lo tanto, el estudio del cultivo de *P. splendida* fuera de su hábitat natural es importante, para poder ampliar el conocimiento sobre su potencial de

adaptación y crecimiento en diversos ambientes, como lo es en la Unidad Acuícola Experimental Zaragoza (UNAM) en el D.F., implementada para llevar a cabo el cultivo de organismos nativos e introducidos.

Antecedentes

Existen testimonios de que la acuicultura en México se practicaba desde la época prehispánica, ya que desde esos tiempos se construían encierros, que hoy en día son conocidos con el nombre de “tapos”, los cuales llamaron poderosamente la atención de los cronistas españoles a su llegada a las regiones de Nayarit y Sinaloa habiendo descrito que los indios se alimentaban con peces y camarones, los que capturaban colocando enramadas en los canales y lagunas que conducían al mar (Chapa, 1956 citado en Arredondo y Lozano, 2003).

Sin embargo, no fue hasta finales del siglo pasado, cuando la actividad pesquera se generalizó entre 1950 y 1970, donde se incremento el consumo de los productos pesqueros y se comercializó (Ceballos y Velázquez, 1988). Esta practica continua hasta nuestros días y sigue siendo importante para el avance de nuestro país, al utilizar especies de alto valor comercial como el bagre, la trucha arcoíris y el cultivo de especies como el langostino y el camarón.

Esta actividad se ha podido llevar a cabo debido a que en México se presentan importantes recursos acuáticos (ríos, presas, lagos, estanques y aguas costeras protegidas,) donde se realiza la explotación a gran escala (García, 1991).

La acuicultura nacional se enfocó en un principio a los cultivos intensivos y extensivos de especies exóticas, pero en la actualidad se explotan otras especies, como es el caso de la mojarra “tenguayaca” (*P. splendida*). Sin embargo la siembra de nuevas especies en sitios diferentes al de su origen, ha traído como consecuencia, la introducción y dispersión de numerosas enfermedades en las poblaciones nativas (Chávez, 1998), introducción de parásitos (Salgado-Maldonado *et al.*, 1997; Salgado-Maldonado y Pineda-López, 2003), perdida y degradación de la biodiversidad, así como la alteración del régimen de la química del agua y otros tantos factores dentro del ecosistema acuático (Levine, 2000; Canonico *et al.*, 2005).

Debido a la sobre-explotación y al poco conocimiento de esta especie, se han realizado algunos estudios relacionados con el cultivo de la especie, de los cuales se pueden mencionar los siguientes:

Chavez *et al.* (1982) mencionan que *P. splendida* es capaz de reproducirse todo el año, con una fecundidad media de 2400 huevos por año.

Rezendes y Salvadores (1983) reportan que la época de frezeo de *P. splendida* es en marzo y con mayor intensidad en los meses de junio y julio trabajo llevado a cabo en condiciones de laboratorio demostrando que el periodo de reproducción empieza en Marzo y concluye en el mes de Octubre.

Martines y Roos (1994) mencionan que cuando *P. splendida* es usada con propósitos de reproducción, su conducta es territorial y hay que proveerle algunos objetos como áreas de cría, ya que la época de frezeo hasta su eclosión es de 25-35 días a 30°C. La eclosión de los huevos tiene lugar después del tercer día y después de tres días de haber eclosionado estos pueden nadar libremente.

Jiménez (2004) reportó que la temperatura influye sobre el metabolismo de esta especie en etapa de cría, permitiendo un buen aprovechamiento del alimento, el cual se traduce en mejor crecimiento a la temperatura de 34°C, seguida de las temperaturas de 31°C y 29°C.

Contreras-Sánchez *et al.* (2006) reportan que el ciclo de reproducción de *P. splendida* puede manipularse usando control fototermal, esto fuera de la época de frezeo, teniendo una supervivencia en condiciones de laboratorio, con una apropiada calidad del agua, de hasta el 95%, es decir 120 000 alevines obtenidos en 4 meses de 10 parejas, donde las hembras tuvieron un peso mínimo de 300 g alimentadas con alimento vivo.

Peréz *et al.* (2006) describen el cultivo de *P. splendida* en un modulo de producción de crías de “tenguayaca” en el estado de Tabasco, en el cual describe el diseño, funcionamiento del modulo y el comportamiento

reproductivo de la especie incluyendo número de puestas, fecundidad y frecuencia de siembra.

Arias *et al.* (2008) establecieron el cariotipo de *P.splendida* a partir del análisis de complemento cromosómico en mitosis y meiosis donde se procesaron 60 larvas de seis días posteclosión y 12 juveniles (6 hembras y 6 machos) provenientes de la reproducción en cautiverio de lagunas adyacentes en Tabasco. Por medio de procedimientos citológicos, encontraron que el cariotipo de *P.splendida* es cariotipo primitivo "A" formado por 48 cromosomas, lo cual la ubica como una especie citológicamente muy cercana a los miembros del genero *Cichlasoma*, además la presencia de estos 48 cromosomas en condición diploide es un carácter citotaxonómico en la gran mayoría de los cíclidos de América, hecho que coincide con *P. splendida* y es considerado ancestral por lo que se distingue como un grupo de peces con evolución cariotípica conservada. Sin embargo, se observó la presencia de cuerpos cromáticos en forma de puntos, característica propia de microcromosomas "B", fenómeno aún desconocido que podría estar relacionado a altos niveles de contaminación en los cuerpos de agua de Tabasco.

Jiménez-Martínez *et al.* (2008) realizaron estudios sobre la densidad de siembra inicial en larvas de la mojarra tenguyaca en sistemas de recirculación, para lo cual se probaron cinco densidades (0.5 ind/l, 1 ind/l, 5 ind/l, 10 ind/l, 20 ind/l), las cuales se colocaron en sistemas de recirculación y fueron alimentadas 4 veces al día con nauplios de *Artemia sp.* y alimento artificial. De acuerdo a los resultados el mayor peso y talla fueron para las larvas sembradas a una densidad de 0.5 ind/l (0.81g y 52.5 mm), siendo la supervivencia más alta para las larvas de la densidad de 1 ind/l (100%) y por medio de un modelo polinomial entre la biomasa y la densidad, se obtuvo que la densidad óptima de siembra es de 14 ind/l para el larvicultivo de la especie.

Núñez-García *et al.* (2008) describieron el desarrollo y supervivencia de *P. splendida* para evaluar la factibilidad de su cultivo en sistemas de recirculación. Utilizaron 8 hembras y 8 machos de un año de edad donde obtuvieron 11 desoves, de los cuales se obtuvo una tasa de supervivencia del 85% en

alevines y 100% en crías y adultos, a una temperatura del agua por arriba de los 28°C, lo cual permitió alcanzar un valor de TEC (tasa de crecimiento) de 2.8 g/día y un valor del FCA (Factor de Conversión Alimenticia) de 2.8. Esto dio como resultado que las tenguayacas se adaptan fácilmente a los sistemas de recirculación, alcanzando tasas de sobrevivencia y crecimiento óptimas.

SAGARPA (2008) implementó el Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-038-PESC-2006, Pesca responsable en el embalse Netzahualcóyotl Malpaso, ubicado en el Estado de Chiapas; con el objetivo de proteger y preservar algunas especies nativas como el juil o fil (*Rhamdia guatemalensis*) y coruco (*Potamarius nelsoni*) y se deben establecer medidas para evitar su captura. Las principales especies que componen la captura en 2005 son tenguayaca (*Petenia splendida*) con 58.35%, tilapia (*Oreochromis aureus*, *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis mossambicus* y *Tilapia zillii*) con 3.22%, bagre (*Ictalurus furcatus*) con 28.62% y la chopra (mezcla de peces pequeños) que constituyó el 9.81%. La producción pesquera total de este embalse en 2005 fue de 155.39 toneladas y en 2006 disminuyó a 102.16 toneladas; debido a esto, dan especificaciones para el aprovechamiento de los recursos pesqueros.

Cano (2008) Investigó la tolerancia que presentan los juveniles de *P. splendida* a distintas concentraciones de cloruro de sodio, así como su límite de tolerancia y desarrollo óptimo, cuyos resultados indicaron; que la tolerancia máxima para soportar ambientes salinos se encuentra en el intervalo de 12 % a 15 % de cloruro de sodio, Se observó que la concentración de 6 % presentó los valores más altos en diferencia de peso, longitud e índice de crecimiento específico (ICE) en comparación con las concentraciones 3 %, 9 % y 12 % y la concentración control (0 %) los valores más bajos.

Vidal-López *et al.* (2009) Demuestran que las crías de *Petenia splendida* pueden ser masculinizadas eficientemente utilizando nauplios de *Artemia* como vehículos del esteroide 17- α metiltestosterona y alimentando las larvas de los peces por un periodo de 60 días, logrando obtener hasta un 96% de machos.

Clasificación taxonómica

La clasificación se realizó de acuerdo a ITIS (2009)

Phylum: Chordata
 Subphylum: Vertebrata
 Superclase: Gnathostomata
 Serie: Pisces
 Clase: Actinopterygii
 Orden: Perciformes
 Suborden: Percodei
 Familia: Cichlidae
 Genero: *Petenia*
 Especie: *P. splendida*



(*Petenia splendida*, Günther, 1862)

Diagnosis de la especie

La tenguayaca se distribuye principalmente en la Vertiente Atlántica desde el río Grijalva al Usumacinta en México, norte de Guatemala y Belice. Fue introducida al oeste del Istmo de Tehuantepec en el río Tonalá y en la cuenca del Papaloapán (Miller *et al.*, 2005).

La mojarra “tenguayaca” pertenece a la familia Cichlidae, la cual está constituida por cuatro géneros (Álvarez del Villar, 1970). Es una especie dulceacuícola, pero en general soporta cambios de salinidad, habita también en ambientes estuarinos, soportan temperaturas de entre los 26 y los 30°C, con un intervalo de pH de entre 7.0 y 7.5 y dureza total de 259 mg de CaCO₃/l. (Reséndez, 1981).

Los juveniles de *P. splendida* prefieren intervalos de temperatura entre 30.7 - 31.9°C (García, 2003), evitando temperaturas por debajo de los 19.6°C y arriba de los 34.9°C; para su aclimatación la temperatura óptima es de 29.1°C, la temperatura mínima letal es de 12.8 y la máxima de 43.6°C (Chan, 2004). El

mejor crecimiento obtenido está entre 31°C y 34°C (Jiménez, 2004). Prefiere cuerpos de aguas sin corrientes, en los cuales haya lugares para ocultarse, es especialmente estacional y territorial (Günther, 1862; citado en Nelson 1994).

P. splendida se caracteriza por tener el cuerpo alargado y comprimido lateralmente. Presenta una coloración dorada siendo más oscura hacia el dorso y más clara hacia la región ventral, con 9 manchas oscuras a lo largo de todo el cuerpo; pequeñas manchas se sitúan en las mejillas, opérculo y frente de las aletas pectorales, dorsal, anal y caudal. El borde distal es amarillento y presenta pequeñas manchas oscuras interradales pectorales y pélvicas. Presenta boca grande y protractil donde se localizan dientes de tipo viliforme, la mandíbula inferior sobresale de la superior y no tiene freno en el pliegue del labio inferior, la flexibilidad que muestra la boca da mayores posibilidades de adaptación y diversificación (Husley *et al.*, 2004), lo que se refleja por su presencia en ambientes diversos (Gamboa *et al.*, 1998). Tiene de 10 a 11 branquiespinas en la rama inferior del primer arco branquial; la aleta dorsal es continua con XV-XVI, las pectorales de 12-13; la aleta anal con V, 8-10; con 45 escamas en una serie longitudinal sobre la línea lateral. Es una especie que se distribuye a lo largo de la zona sur del país, en la cuenca del río Usumacinta (Álvarez, 1970). Dentro de la dieta se conocen principalmente peces, vegetales superiores, frutos, moluscos, insectos y detritus (Chávez *et al.*, 1987).

Objetivo general

- Analizar el crecimiento de *Petenia splendida* cultivada en estanques de concreto y acuarios, en el Distrito Federal

Objetivos particulares:

- Obtener la relación peso-longitud y la variación temporal de la condición para la especie en estudio.
- Comparar el crecimiento de *Petenia splendida* en condiciones de estanquería y acuarios.
- Analizar la tasa de crecimiento instantáneo en peso y longitud, así como el porcentaje de ganancia en peso.
- Determinar el factor de conversión alimenticia para la especie.
- Analizar la variación de parámetros físicos y químicos (oxígeno disuelto, pH, temperatura, conductividad, alcalinidad y dureza) de los sistemas y relacionarlos con el crecimiento de *P. splendida*.

Justificación

México es reconocido como un país con gran potencial de desarrollo acuícola debido al clima, recursos naturales y especies nativas con potencial de cultivo que este posee; sin embargo, esta actividad se basa particularmente en el cultivo de siete especies introducidas y explotadas.

Una de ellas las tilapias o mojarrafricanas que han tenido una adaptación amplia y esto hace que se encuentren en la mayoría de los cuerpos de agua de México, se localizan en las zonas tropicales, como los estados de Oaxaca, Tabasco, Chiapas, Michoacán, Veracruz y Sinaloa.

La introducción de especies exóticas acuáticas ha sido identificada como uno de los riesgos ambientales más críticos a los que actualmente se enfrentan las especies, el hábitat acuático y la biodiversidad en general ha estado asociada con la extinción del 60% de los peces mexicanos. Estas especies pueden afectar a las especies nativas por medio de diferentes mecanismos, entre los cuales destacan: hibridación, competencia por alimento y espacio, depredación, transferencia de parásitos y enfermedades, alteración del hábitat de las especies nativas, desplazamiento de estas especies, alteración de la estructura trófica, introducción de parásitos y enfermedades.

Actualmente la “tenguayaca” es una de las especies más apreciadas y de mayor valor comercial entre las mojarrafricanas nativas del sureste de México, lo cual ha propiciado su sobreexplotación; además, es una de las especies menos estudiadas en cuanto a numerosos aspectos biológicos, por ejemplo el valor nutricional de su carne, enfermedades, reproducción y crecimiento entre otros. Por lo tanto, existe el interés de utilizarla como especie de cultivo para obtener información sobre su comportamiento en condiciones de cautiverio que posteriormente pueda ayudar a la reproducción, repoblación de sus hábitat o bien para la producción de alimento.

Área de estudio

EL cultivo se llevó a cabo en la Unidad Acuícola Experimental Zaragoza, ubicada entre los 99°2'10" y 99°2'0" longitud Oeste y 19°22'20" y 19°22'30" latitud N, en las instalaciones de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, campus II, UNAM, ubicada en la delegación Iztapalapa, D.F. (Fig. 1)

El clima que prevalece en la zona de estudio es C (w_o)(w)b(i), templado subhúmedo con lluvias en verano con temperatura ambiental mínima de 12°C en enero y máxima de 29°C en Junio, con un promedio anual de 18°C y precipitación media anual de 770 mm (García, 2004).



Figura 1. Ubicación del área de estudio

Material y métodos

El cultivo de *Petenia splendida* se llevó a cabo en una primera etapa en dos estanques de concreto de 1.0 x 0.6 x 0.5 m. con capacidad 300 l.

Los estanques recibieron tratamiento profiláctico con cal a razón de 250 g/20 l y se limpiarán con agua corriente para retirar cualquier excedente y diferentes tipos de residuos. Inmediatamente se llenaron a 0.40 m. y se agregó 1.0 ml de azul de metileno como otra medida profiláctica; esto se dejó así durante cinco días, hasta realizar la siembra de los organismos; con una densidad de carga de 60 organismos/estanque.

Como segunda etapa se estableció un cultivo de *P. splendida* en acuarios de vidrio, con capacidad de 30 l, con una densidad de carga de 10 organismos/acuario.

Todos los sistemas se equiparon con aireación, calentador (AQUA-KRIL) de 300W y filtro, para tener condiciones adecuadas de oxigenación (> de 5m/l) y temperatura del agua ($28^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$). De la misma manera se midieron los parámetros físico-químicos como oxígeno disuelto por método de Winkler, modificación de azida, temperatura del agua, pH, sólidos totales disueltos y conductividad eléctrica con (multiparámetros marca HANNA, modelo HI991300), alcalinidad total por el método volumétrico y dureza total por el método complejométrico (Arredondo y Ponce, 1998); siendo estos adecuados se procedió a la siembra de los organismos.

A cada uno de los peces se les realizó la siguiente biometría: longitud total (Lt), longitud patrón (Lp) y altura (A) con un ictiómetro convencional de ± 1 mm de precisión y se registró el peso total con una balanza de 0.1 g de precisión de la marca OHAUS; El registro de los datos se llevó a cabo antes de la siembra y posteriormente cada 15 días.

Los organismos son de hábitos alimenticios carnívoros, sin embargo se les proporcionó alimento balanceado el cual fue aceptado por los peces, marca El Pedregal con 45% de proteína animal, a razón de 6% de su peso corporal de acuerdo al registro quincenal..

El trabajo constó de tres fases: *in situ*, laboratorio y de gabinete.

a) *In situ*

1) Parámetros físico-químicos

Cada tercer día se realizó el registro de:

- Temperatura del agua, pH y conductividad del agua de los sistemas con un multiparámetros marca HANNA; modelo HI991300.
- Temperatura ambiente con un termómetro de mercurio de inmersión parcial de -20 a 50°C marca WIDDER.

2) Parámetros biológicos

- Peces

Cada quince días se tomó una muestra al azar representativa de 30 organismos de la población de peces en estanques y 10 de acuarios, estos se colectaron con una red de cuchara y a cada uno se le tomó la siguiente biometría; altura (A), longitud total (Lt) y longitud patrón (Lp), con un ictiómetro convencional de ± 1 mm de precisión y el peso total con una balanza de 0.1 g de precisión marca OHAUS.

b) Fase de laboratorio

Cada tercer día se colecto:

Una muestra de 50 ml de agua en una botella de polietileno de cada sistema, a la cual se le determinaron los siguientes parámetros químicos:

- Alcalinidad a la fenolftaleína, Método volumétrico (Arredondo y Ponce, 1998).
- Dureza total por el método complejométrico (Arredondo y Ponce, 1998).

Con una botella tipo DBO DE 300 ml de capacidad se obtuvo una muestra de agua de cada sistema se determino:

- Oxígeno disuelto por el método de Winkler (modificación por la azida de sodio). (Arredondo y Ponce, 1998).

c) Fase de gabinete

Con los datos obtenidos del muestreo de la población de peces se obtuvo la siguiente información.

Relación peso total–longitud patrón

El crecimiento de los organismos se puede representar por medio de esta relación, la cual es un modelo de tipo potencial y se expresa de la siguiente manera:

$$Pt = aLp^b$$

Donde:

Pt = peso total.

Lp = longitud patrón.

a y b = constantes

Para obtener los valores de las constantes, la ecuación se transformó en una función potencial y por el método de mínimos cuadrados se obtuvo el valor del intercepto (log a) así como de la pendiente (b).

$$\text{Log Pt} = \text{log a} + b \text{ log Lt}$$

Al valor de la pendiente se le aplicó la prueba de *t-student* ($p < 0.05$) para determinar si es igual (isometría) o diferente (alometría) de 3, siendo esta última positiva (>3) ó negativa (<3) (Pauly, 1984, Granado, 2002).

Con el empleo de la técnica de diagrama de cajas (Salgado-Ugarte, 1992), se analizó el crecimiento de los peces en peso total y longitud total o patrón a través del tiempo, para los peces del estanque o el acuario según sea el caso.

Porcentaje de ganancia en peso y talla

Se obtuvo el porcentaje de ganancia en peso mediante la fórmula propuesta por Teshima (1978, citado en Figueroa, 1991).

$$Pg\% = \frac{Pt - P_0}{P_0} * 100$$

Donde:

P₀= peso inicial en g

P_t= peso final en g

Para el porcentaje de ganancia en longitud patrón o total se sustituye el peso por la longitud y se emplea la misma fórmula.

Determinación de la tasa de crecimiento instantáneo

Crecimiento en peso o en longitud ganado por el organismo en un tiempo determinado (Ricker, 1968).

$$G = \frac{\ln P_f - \ln P_0}{t_f - t_0}$$

Donde:

G=tasa de crecimiento.

P_f=peso del mes final.

P₀= peso del mes inicial

t_f= tiempo final t₀= tiempo inicial

Incremento en peso o talla por día (gr ó cm/día) (Ricker, 1968).

$$IY (\text{cm ó g}) = \frac{Y_f - Y_i}{t_f - t_i}$$

Donde:

IY= peso o talla

g= gramos

cm= centímetros

Y_i = peso o talla inicial en gramos

Y_f = peso o talla final en gramos

t_i = tiempo inicial en días

t_f = tiempo final en días

Factor de condición de Fulton

Se basa en la relación que guarda la longitud total o patrón del pez con su peso y explica fundamentalmente el grado de bienestar en relación con el cambio durante su vida en términos numéricos (Nikolsky, 1963).

Como las proporciones somáticas permanecen constantes durante su crecimiento, se ha propuesto la fórmula de (Ricker 1958; citado en Nikolsky, 1963; Weatherley y Gill, 1987) la cual propone utilizar L^b donde b es la pendiente de la regresión peso-longitud, por lo que la expresión es:

$$K = \frac{P}{Lp^b} * 100$$

Donde:

K= factor de condición de Fulton (1902)

Lp = longitud patrón

P= peso

b = valor de la pendiente de la relación peso- longitud

El factor de condición múltiple que considera la altura del organismo

$$Km = \frac{P}{L^b A^c} * 100$$

Donde:

KM = factor de condición múltiple (Kuri-Nivon, 1979).

P = peso en gramos.

L = longitud total o patrón.

A = altura en cm

a y b = constantes de la regresión múltiple peso-longitud-altura, en donde b es la pendiente de la longitud y c la de la altura.

Para el empleo de este factor primero se aplicó una regresión múltiple del peso total, longitud patrón y altura mediante la siguiente ecuación:

$$P = aL^b A^c$$

Donde:

P = peso del organismo en g.

L_p = longitud patrón del organismo en cm.

A = altura en cm

a , b y c =constantes de la regresión múltiple

La expresión se linealizó aplicando logaritmos y los valores de las constantes se obtuvieron por el método de mínimos cuadrados.

$$P = \log a + b \log Lp + c \log A$$

Donde:

(a= intercepto, b y c= pendientes)

Una vez obtenido estos valores se estimó el factor de condición múltiple para cada uno de los peces para obtener el valor promedio mensual, lo que nos dará una idea del grado de bienestar de los organismos en su ambiente.

Tasa de eficiencia alimenticia

Es un índice que valora los kilogramos de biomasa corporal producida, por kilogramo de materia seco consumida (Zinpro, 2006; Llanes *et al.*, 2008).

$$EA = 100 * \left(\frac{GP}{A} \right)$$

Donde:

GP= ganancia en peso en Kg

A= alimento añadido en Kg

Factor de conversión de alimento

Índice que valora la cantidad de alimento que se requiere para el incremento unitario de la población expresado en Kg (Kuri-Nivón, 1979).

$$FCA = \frac{a (Kg)}{p (Kg)}$$

Donde:

a = cantidad de alimento suministrado

p = incremento en peso poblacional

Mortalidad

La tasa cruda de mortalidad esta dada por el cociente entre el número total de muertos durante una unidad de tiempo y el tamaño de la población, por lo que se propone la siguiente fórmula (Rabinovich, 1980):

$$Mc = \frac{No - Nt}{No}$$

Donde:

Mc= tasa cruda de mortalidad

No= número total de la población al comienzo de la unidad de tiempo

Nt= número total de individuos todavía vivos al final de dicha unidad de tiempo

Resultados

Parámetros físicos y químicos

Se realizó el cultivo de *Petenia splendida* (Günther, 1862) en el periodo de Abril del 2008 a Abril del 2009, en estanques de concreto y acuarios con capacidad de 300 l y 30 l respectivamente, bajo condiciones controladas. Los resultados de las variaciones en los parámetros físicos y químicos se describen a continuación.

El comportamiento de la temperatura ambiente y la de los sistemas fue diferente, ya que en estanques como en acuarios se colocaron calentadores con el fin de mantener la temperatura más estable y por arriba de la temperatura ambiente.

La temperatura ambiente tuvo una tendencia a la disminución durante el proyecto con registro en Agosto de máxima de 30 °C y en el mes de Noviembre mínima de 16 °C, con promedio de 19.7 °C siendo para los estanques y acuarios una temperatura mas estable, con mínimas de 25 °C y 24 °C en el mes de Noviembre respectivamente y máximas en Mayo-09 de 28.5 °C, con promedio de 25.5 °C para estanques y de 27.2 °C para acuarios debido al comportamiento de la temperatura ambiente. Aún así, ambos sistemas mantuvieron constante este factor durante todo el proyecto. Sin embargo se obtuvieron diferencias estadísticas significativas (Kruskal-Wallis =0.00502851; $p < 0.05$)

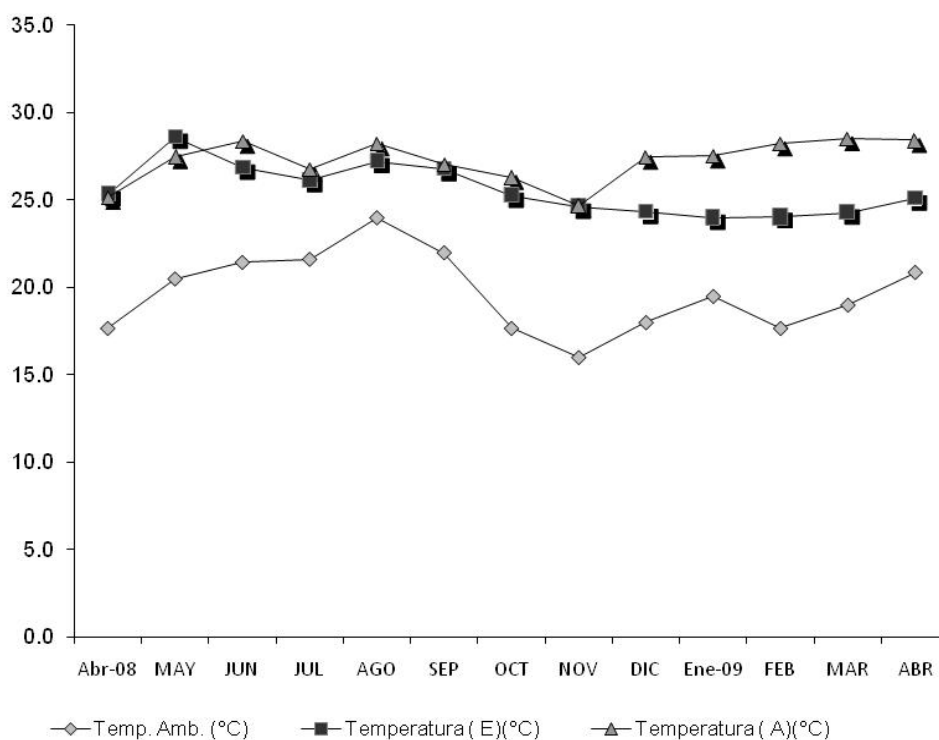


Figura 2.- Variación de la temperatura en estanques (E) y acuarios (A).

La concentración del oxígeno disuelto (OD) mostró una tendencia constante durante todo el estudio. Los estanques registraron un valor máximo en Octubre (7.6 mg/L) y un mínimo en Mayo (5.43 mg/l) con un promedio de 6.27 mg/l. En los acuarios se reportó el máximo en Marzo (6.27 mg/L) y en Abril-08 (3.91 mg/L) el mínimo, con promedio de 5.2 mg/L) y ambos sistemas mostraron diferencias estadísticas significativas (Kruskal-Wallis =0.0000022499; $p < 0.05$) (Figura 3).

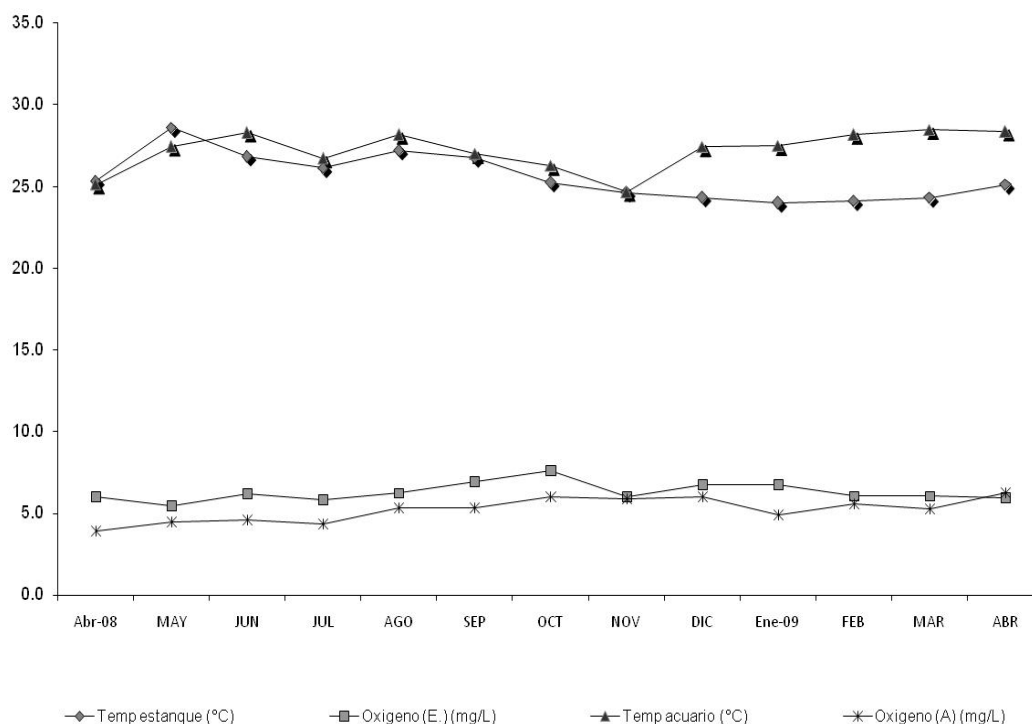


Figura 3. Variación de la concentración de oxígeno disuelto en los sistemas

La alcalinidad total del agua de los estanques, como en los acuarios registra un incremento durante todo el proyecto, para posteriormente disminuir hacia el final del estudio; no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre las alcalinidades de ambos sistemas (Kruskal-Wallis= 0.907509 $p > 0.05$).

En los estanques se registró el valor máximo en Diciembre (47.3 mg/L) y el mínimo en Abril-08 (20.1 mg/l); para los acuarios se reporta un valor máximo en febrero (42.5 mg/L) y mínimo en Mayo (14.3 mg/L), con promedio de 33.2 mg/L y 32.6 mg/L respectivamente (Figura 4).

El pH se mantuvo constante para ambos sistemas durante todo el proyecto, teniendo como valores máximo 8.9 y mínimos de 8.4, con un promedio de 8.5, esto para ambos sistemas; sin embargo, se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los sistemas (Kruskal-Wallis= 0.000598031; $p < 0.05$) (Figura4).

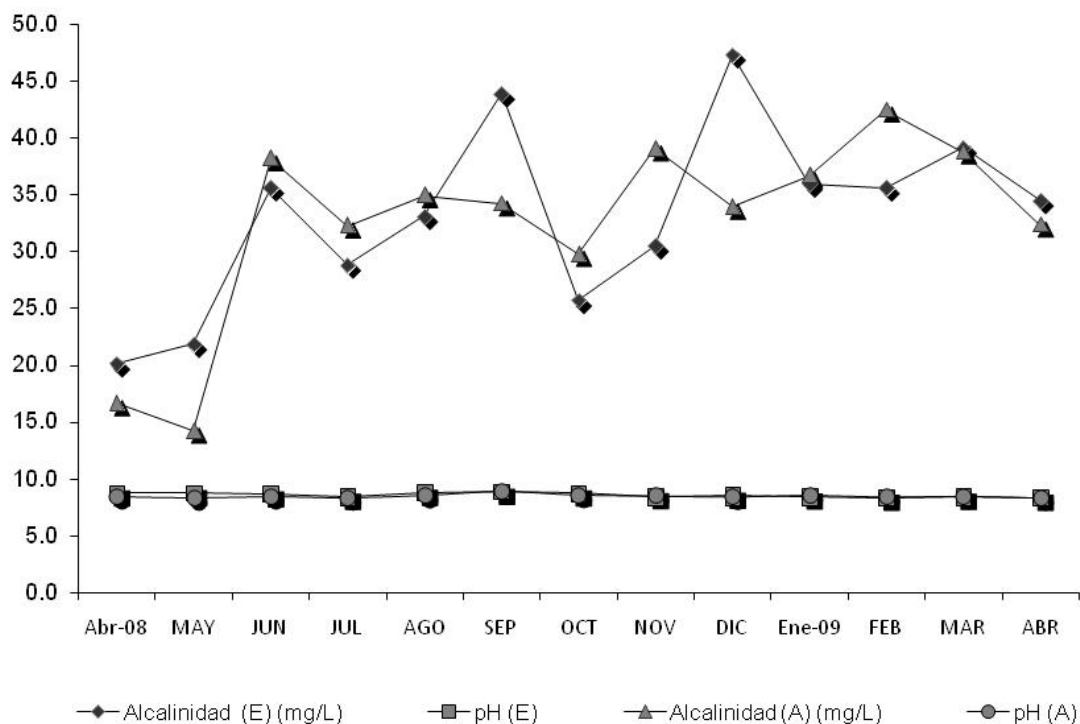


Figura 4. Comportamiento de la alcalinidad y el pH en los sistemas.

La dureza total mostró variaciones con tendencias al aumento hacia el final del proyecto. En los estanque el valor máximo que se registró fue durante Abril-09 (236.5 mg/L) y el mínimo durante Abril-08 (75.7 mg/L); para los acuarios el máximo se registró durante Noviembre (182.4 mg/L) y el mínimo en Abril-08 (76.1 mg/L), con promedios de 128.9 y 150.7 mg/L respectivamente; por consiguiente se encontraron diferencias estadísticas significativas (Kruskal-Wallis= $1.35614e^{-11}$; $p < 0.05$) entre ambos sistemas. (Figura 5)

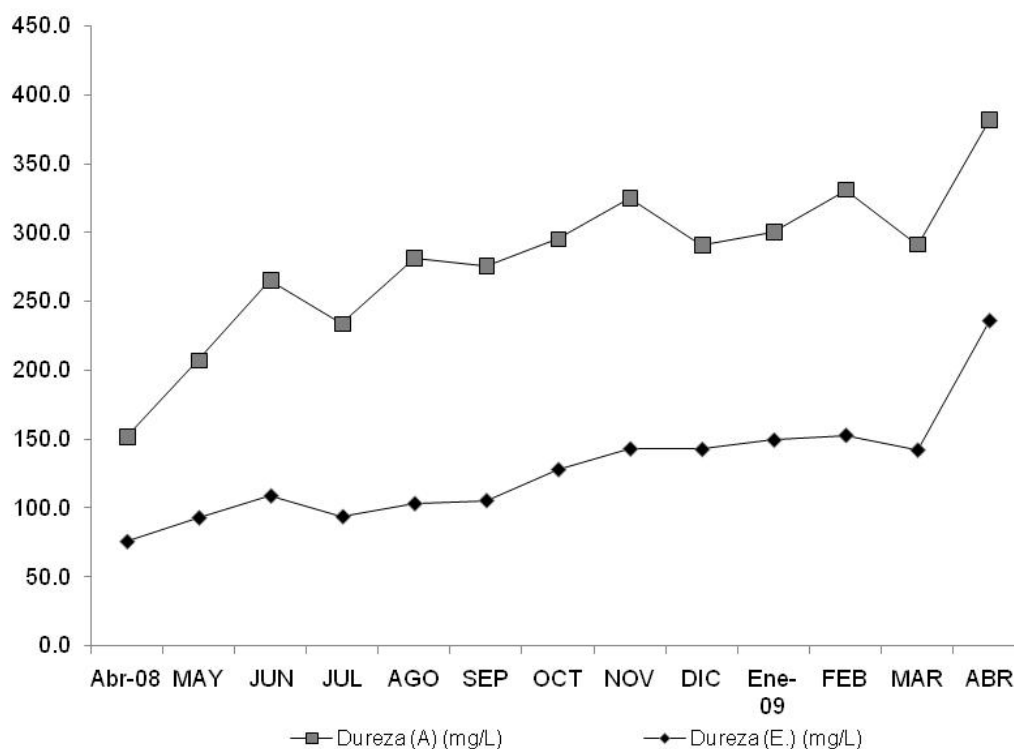


Figura 5. Variación de la dureza total en ambos sistemas.

La conductividad en estanques registró una tendencia a la disminución hacia el final del proyecto con un mínimo en Agosto ($763 \mu\text{S}/\text{cm}$) y máximo en Abril-08 ($948 \mu\text{S}/\text{cm}$), con promedio de $832 \mu\text{S}/\text{cm}$, siendo lo contrario para los acuarios que registraron valores más altos que los estanques con mínimo en Abril-08 ($997 \mu\text{S}/\text{cm}$) y máximo en Noviembre ($1453 \mu\text{S}/\text{cm}$), con un promedio de $1260 \mu\text{S}/\text{cm}$; mostrando diferencias estadísticas significativas entre los sistemas al transcurrir el estudio (Kruskal-Wallis=0.0 $p<0.05$) (Figura 6).

Los sólidos totales disueltos se mantuvieron constantes durante todo el proyecto. En estanques se registró un valor máximo en Abril-08 (492. ppm) y un mínimo en Julio (385.9 ppm). En los acuarios se obtuvo el máximo en Noviembre (734 ppm) y un mínimo en Abril-08 (539 ppm), con promedios de 436 ppm y 652 ppm respectivamente; se registraron diferencias estadísticas significativas entre los sistemas (Kruskal-Wallis= 0.0 $p<0.05$) (Figura 6).

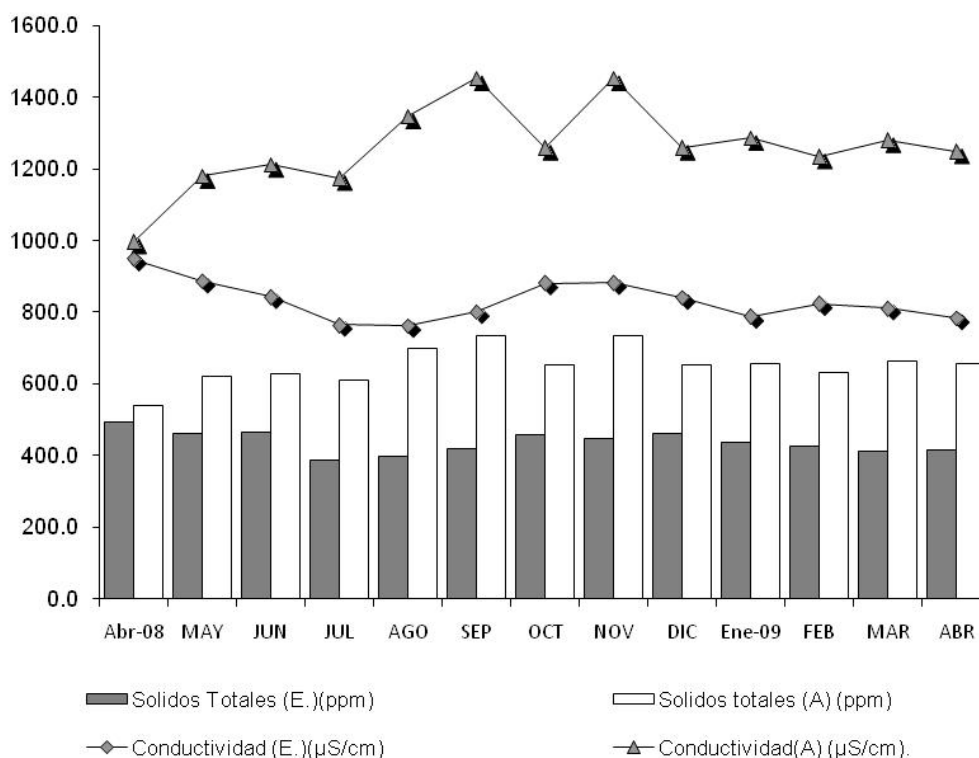


Figura 6. Comportamiento de la conductividad y sólidos totales en ambos sistemas durante el desarrollo del cultivo

PARÁMETROS BIOLÓGICOS

La talla de introducción de los peces (Tabla 1 y 2) fue la misma para estanques y acuarios, registrando al final del proyecto diferencias significativas entre las tallas (U-Mann-Whitney; $W=-11820$; $p<0.05$) y los pesos ($W=-11400$; $p<0.05$) de los dos sistemas, registrándose un mejor crecimiento en los acuarios que en los estanques. Se consideró la aplicación de la prueba de U- Mann-Whitney (W) debido a no existir homogeneidad de varianzas para la talla (Levene; $F=3.71$; $p<0.05$) y para el peso ($F=12.74$; $p<0.05$).

Cuadro 1. Promedio de la Biometría de introducción y de la cosecha de *Petenia splendida* en estanques.

ESTANQUES	INTRODUCCION	COSECHA
Lt (cm)	5.3	11
Lp (cm)	4.3	8.7
ALTURA (cm)	1.2	2.6
PESO (g)	1.9	12.9

Cuadro 2. Promedio de la Biometría de introducción y de la cosecha de *Petenia splendida* en acuarios.

ACUARIOS	INTRODUCCION	COSECHA
Lt (cm)	5.3	13.4
Lp (cm)	4.3	11
ALTURA (cm)	1.3	3.5
PESO (g)	1.9	32.0

Se analizó la relación entre la longitud total y la longitud patrón o estándar. Y los resultados se presentan en las figuras 7 y 8 para los estanques y acuario respectivamente, en la cual se observa una clara relación lineal entre ambas variables. Los valores de la regresión muestran que ésta fue altamente significativa ($p < 0.05$) para ambos sistemas de cultivo y además se obtuvo un alto coeficiente de regresión (principalmente para los acuarios), para de esta manera poder convertir la longitud total en longitud patrón o viceversa, en función de las necesidades del lector

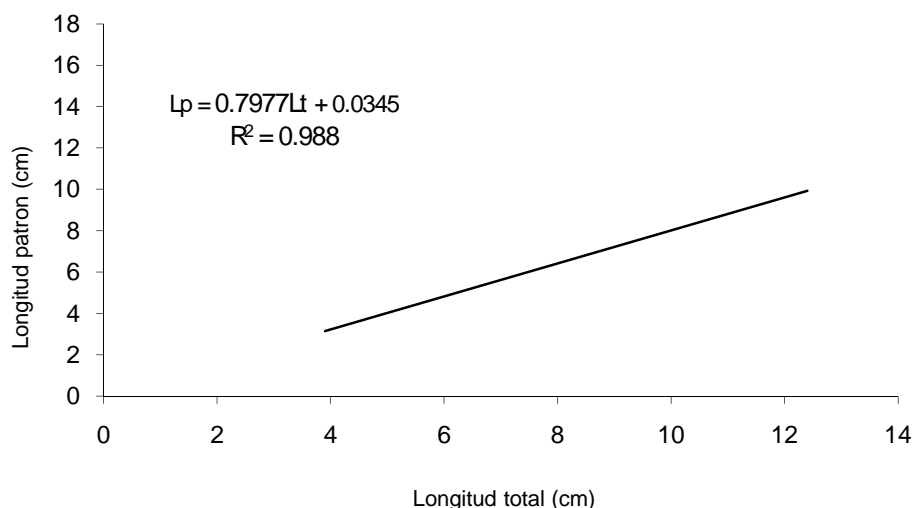


Figura 7. Relación Longitud total-Longitud patrón de los peces cultivados en los estanques.

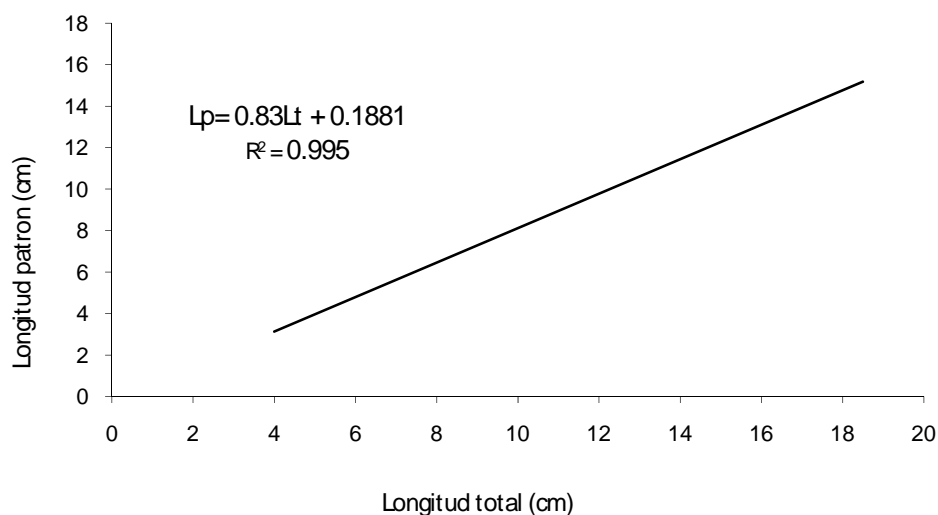


Figura 8. Relación Longitud total-longitud patrón de los peces cultivados en los acuarios.

Con respecto a la relación talla-altura para los peces de los estanques se registró que la mejor fue de tipo potencial y altamente significativa ($p < 0.05$), esto se debe principalmente al poco desarrollo biológico que tuvieron los organismos bajo estas condiciones, ya que a mayor talla el incremento en altura es menor, lo cual se manifiesta en la forma alargada de los peces con poco anchura. El valor de pendiente osciló alrededor de 1. (Figura 9)

Para el caso de los peces del acuario (figura 10), el desarrollo fue mayor en comparación con los del estanques y por lo tanto la relación fue de tipo potencial y altamente significativa ($p < 0.05$). Esto denota un mayor incremento en la talla correspondiente con un incremento proporcional en la altura y por lo tanto, un relación lineal entre ambas variables, como se ha reportado para otras especies.

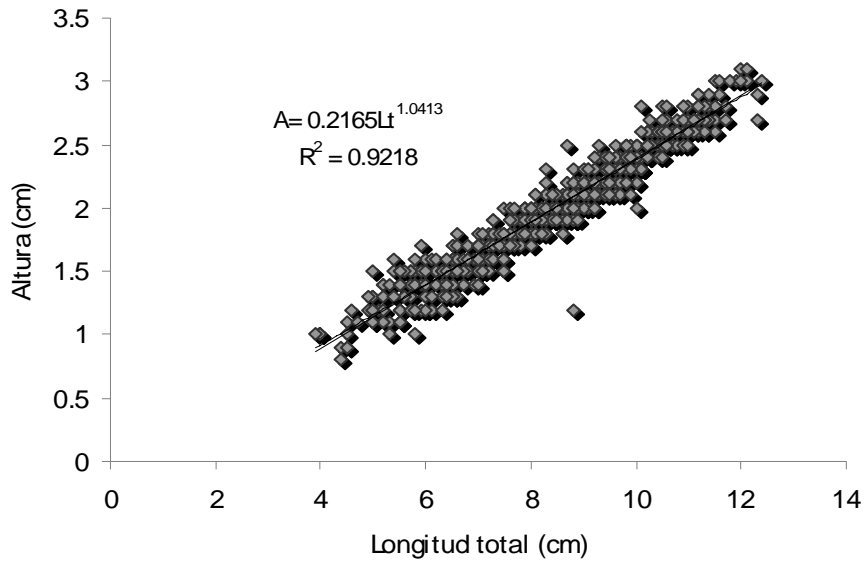


Figura 9. Relación Longitud total-Altura de los peces cultivados en los estanques.

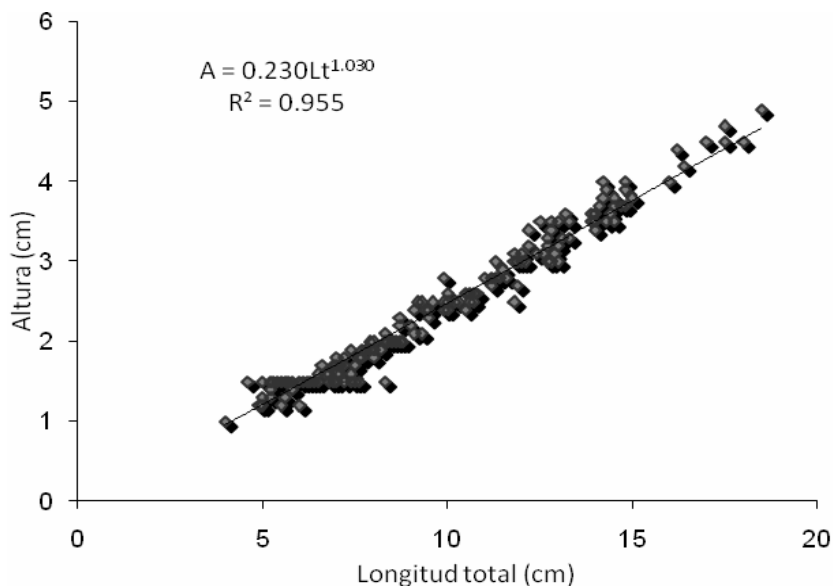


Figura 10. Relación Longitud total-Altura de los peces cultivados en los acuarios.

Relación Peso- Longitud patrón

Se realizó un análisis de correlación entre las variables longitud total y longitud patrón para determinar cuál de estas se relacionaba más con el peso y como resultado se obtuvo que para los peces de los estanques existió una mayor asociación entre la longitud total con el peso ($r=0.971$; $p<0.05$) que con la longitud patrón ($r=0.966$; $p<0.05$). Lo mismo se observó para los organismos de los acuarios los cuales mostraron mayor asociación entre la longitud total y el peso ($r=0.995$; $p<0.05$) que con la longitud patrón ($r=0.988$; $p<0.05$)

Sin embargo, con base en los antecedentes del comportamiento territorial y jerárquico de la especie, lo cual se vio reflejado en el daño ocasionado a los organismos más pequeños por parte de los más grandes en la aleta caudal lo que altera los datos de la longitud total, se decidió utilizar la longitud patrón como medida más confiable para el análisis.

Se obtuvo la relación peso total-longitud patrón para toda la población, ya que no se logró determinar el sexo a los individuos cada vez que se tomaba la biometría. En las figuras (11 y 12) se observa que el crecimiento es alométrico negativo (t estanque =1.96, t acuario=1.97, $p<0.05$), lo que significa que en ambos sistemas el crecimiento fue mayor en talla que en peso.

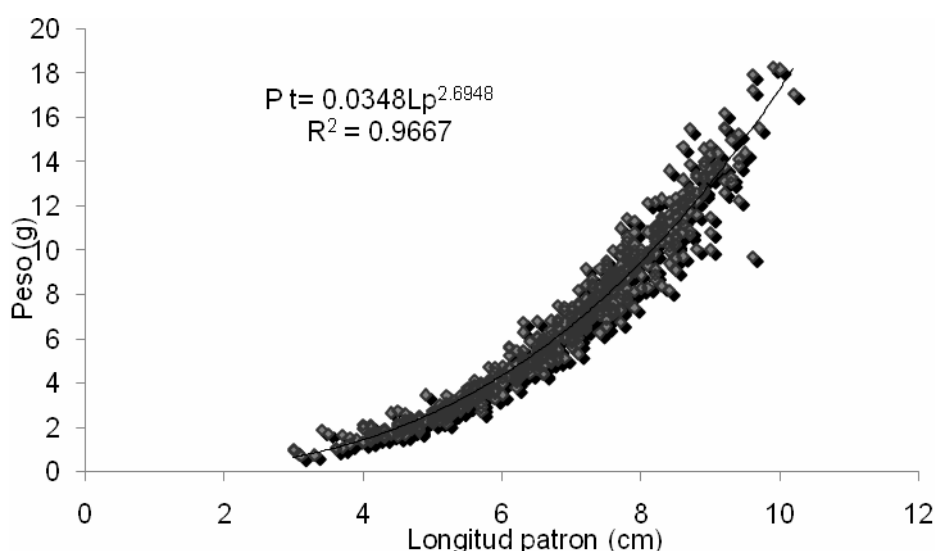


Figura 11. Relación peso-Longitud patrón para los peces cultivados en los estanques.

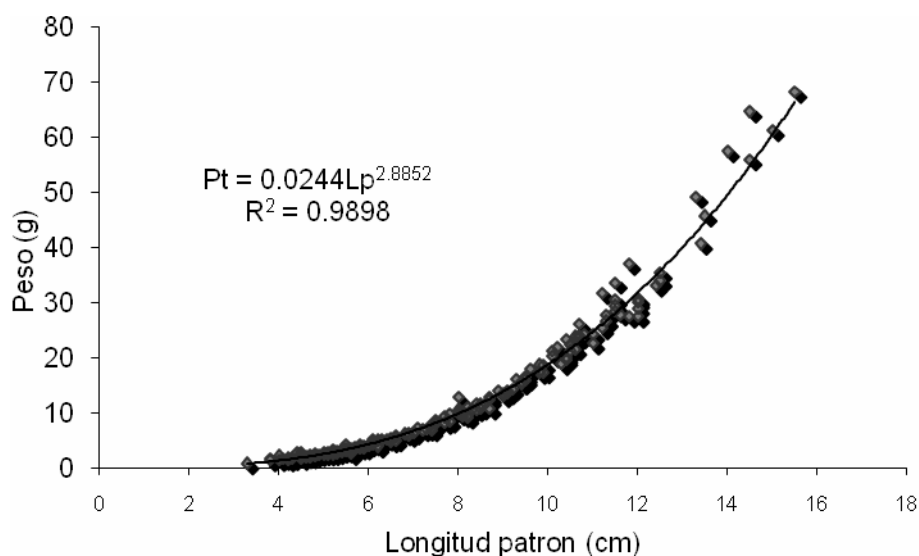


Figura 12. Relación Peso-Longitud patrón par los peces cultivados en los acuarios.

La longitud patrón obtenida tuvo un comportamiento homogéneo tendiendo a incrementar la talla en ambos sistemas conforme transcurre el tiempo, en acuarios se obtuvo un mayor crecimiento a partir del mes de Septiembre teniendo un caso extremo con longitud patrón máxima de 15.5 cm; en el estanque se nota un crecimiento continuo pero menor con respecto en acuario durante el estudio, teniendo casos extraordinarios máximos con 10.2 cm. Se registraron diferencias estadísticas significativas entre las tallas para los sistemas al final del estudio (Mann-Whitney, $W = -11820.5$; $p < 0.05$). (Figura. 13)

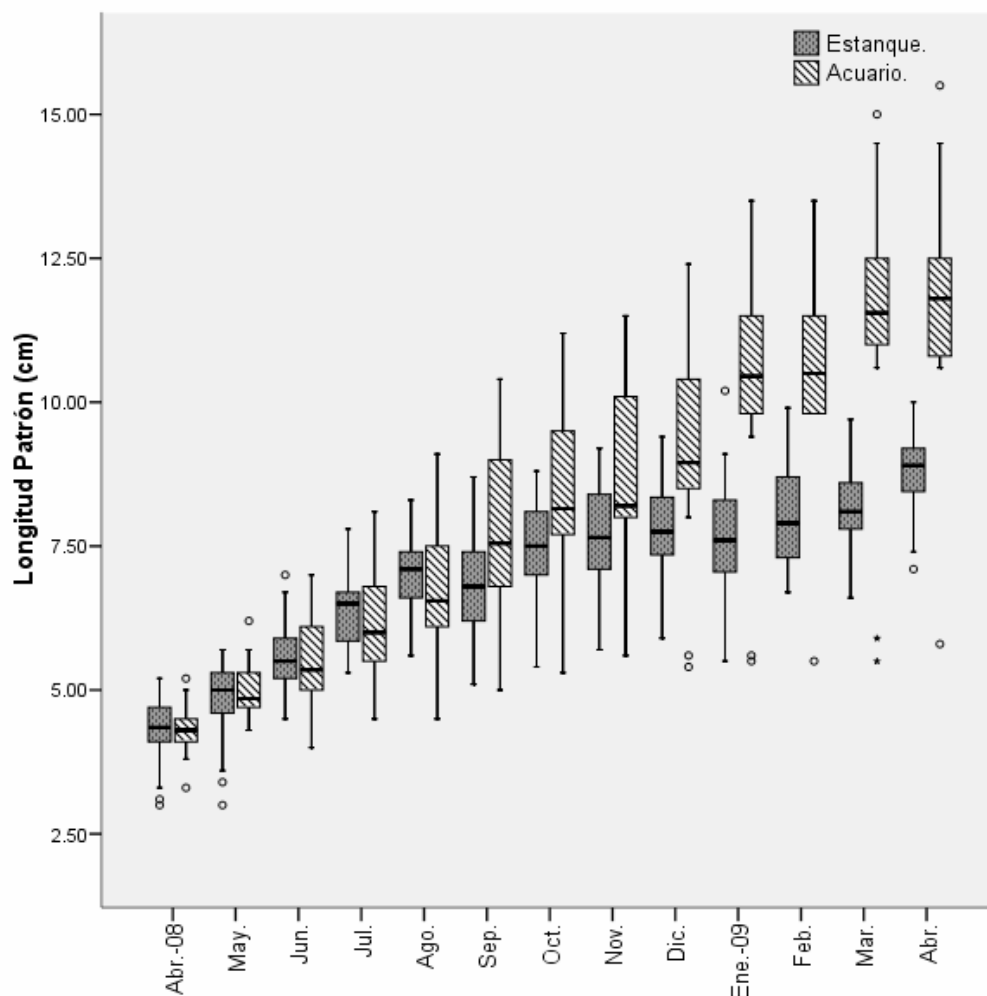


Figura13. Comparación del comportamiento de la Longitud patrón entre ambos sistemas.

El crecimiento en peso total incremento para los peces de los dos sistemas, encontrando que en estanques es menor con respecto a acuario a partir del mes de Septiembre; sin embargo, siempre incrementó conforme el tiempo teniendo casos extraordinarios máximo de 18.31 g; en acuarios se observa un mayor aumento de peso en todo el transcurso del estudio observando su mayor incremento a partir de Enero, registrando un caso extremo de 68.14 g y encontrando diferencias estadísticas significativas al final del estudio (Mann-Whitney, $W = -11400.0$; $p < 0.05$) entre ambos sistemas (Figura 14).

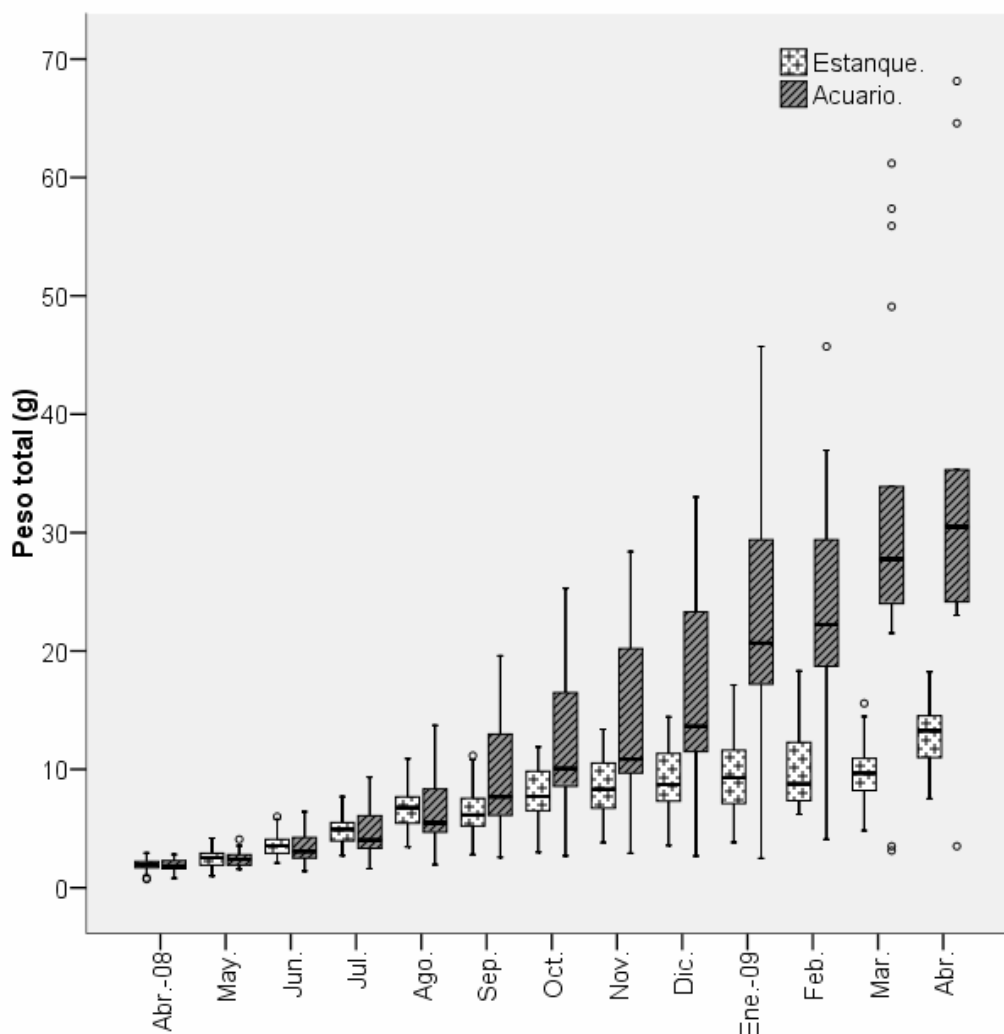


Figura 14. Comparación del comportamiento del Peso total entre ambos sistemas.

INDICADORES DE CRECIMIENTO

El porcentaje de ganancia en talla para los peces cultivados en estanques mostro valores máximos (15.4%) en Junio y los mínimos (-1.74 %) durante el mes de Enero-09. Para los peces de los acuarios el valor máximo (15.22%) se registró en Mayo y el mínimo (-5.64%) en Abril-09, con promedios de 5.78% en estanque y 7.5% en acuario, no se encontraron diferencias significativas entre los porcentajes de ganancia en tallas de ambos sistemas (Mann-Whitney, $W = 14.0$; $p > 0.05$). (Figura 15)

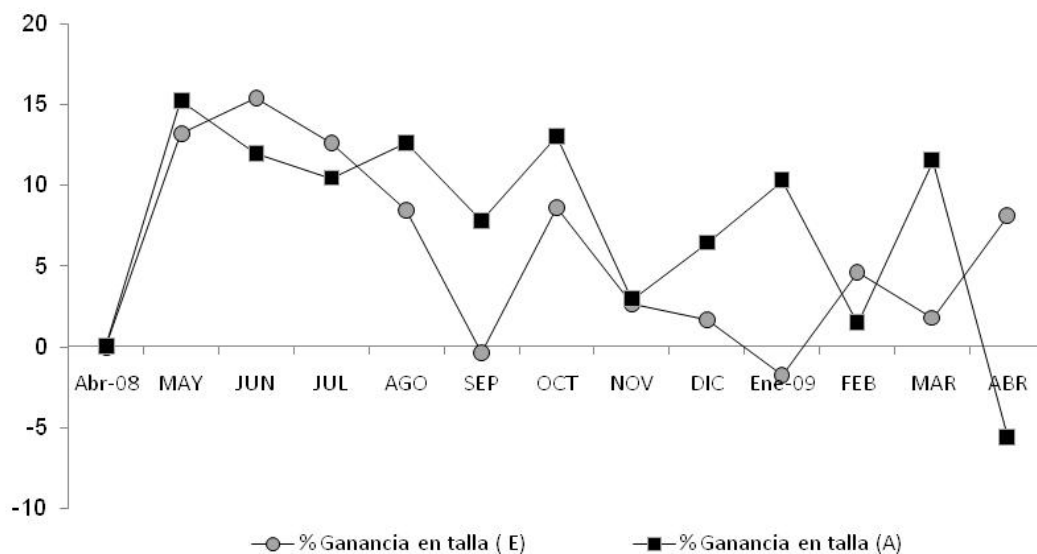


Figura 15. Porcentaje de ganancia en talla para los organismos en ambos sistemas.

Respecto al porcentaje de ganancia en peso, los peces de estanques presentaron su valor máximo (46 %) en Junio y el mínimo (-3.18%) en Marzo y los acuarios presentan el máximo (48.7%) en Octubre y el mínimo (-1.73%) en Abril-09, con promedios de 16.92% y 25.2% respectivamente para ambos sistemas. Sin embargo, no se encontró diferencias estadísticas significativas entre el porcentaje para ambos sistemas al final del estudio (Mann-Whitney, $W = -25.0$; $p > 0.05$). (Figura 16)

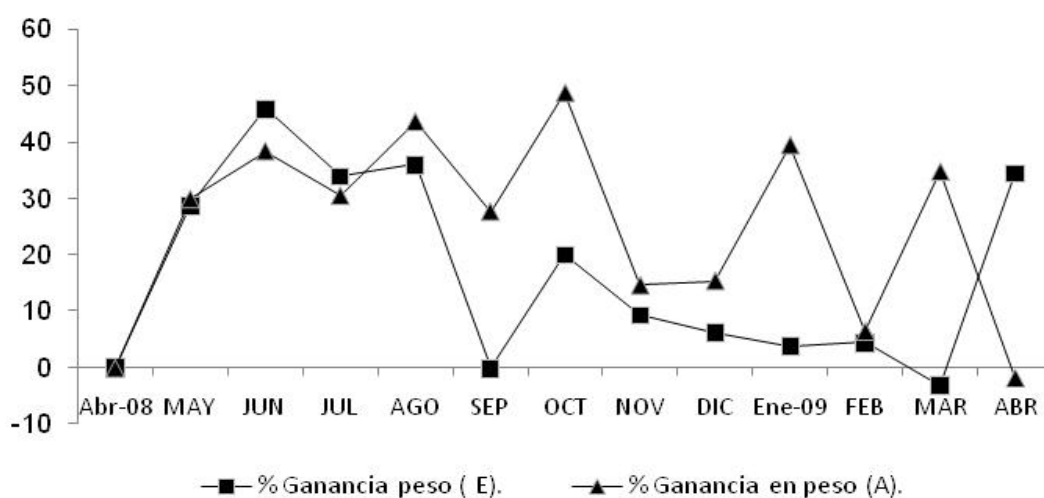


Figura 16. Porcentaje de ganancia en peso para los organismos en ambos sistemas.

Por otra parte, en el incremento de la talla por día se registró que para los peces del estanque se tuvo el valor máximo (0.0052 cm/día) en Abril-09 y el mínimo (-0.001 cm/día) en Enero-09; para los acuarios se obtuvo un máximo (0.0047 cm/día) en el mes de Marzo y el mínimo en Abril-09, con promedios de 0.018 cm/día y 0.019 cm/día; al final del estudio no se encontraron diferencias significativas entre el incremento de la talla de los sistemas (Mann-Whitney, $W = -14.0$; $p > 0.05$). (Figura 17)

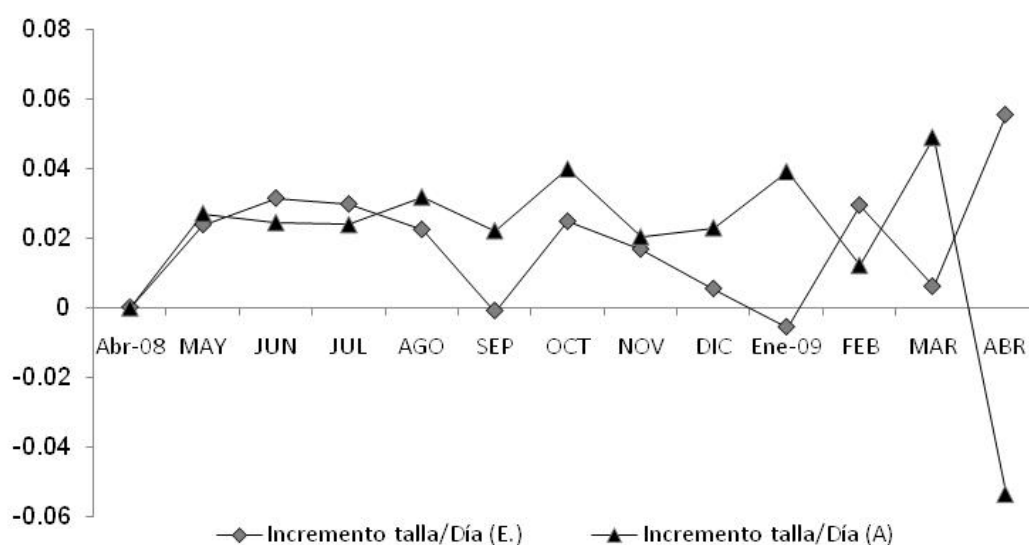


Figura 17. Comportamiento del incremento de talla por día para ambos sistemas durante el desarrollo del cultivo.

La conducta del incremento de peso fue variable, pero en ambos sistemas tendió hacia el aumento. Los peces en estanques registraron un valor máximo (0.22 g/día) en Abril-09 y un valor mínimo (-0.011 g/día) en el mes de Marzo; para organismos en los acuarios sucedió lo inverso el máximo (0.28 g/día) se registro en Marzo y el mínimo (-0.038 g/día) en Abril-09 siendo los promedios respectivos 0.039 g/día y 0.084 g/día; sin embargo, el análisis estadístico no mostró diferencias estadísticas significativas (Mann-Whitney, $W = 34.5$; $p < 0.05$). (Figura 18)

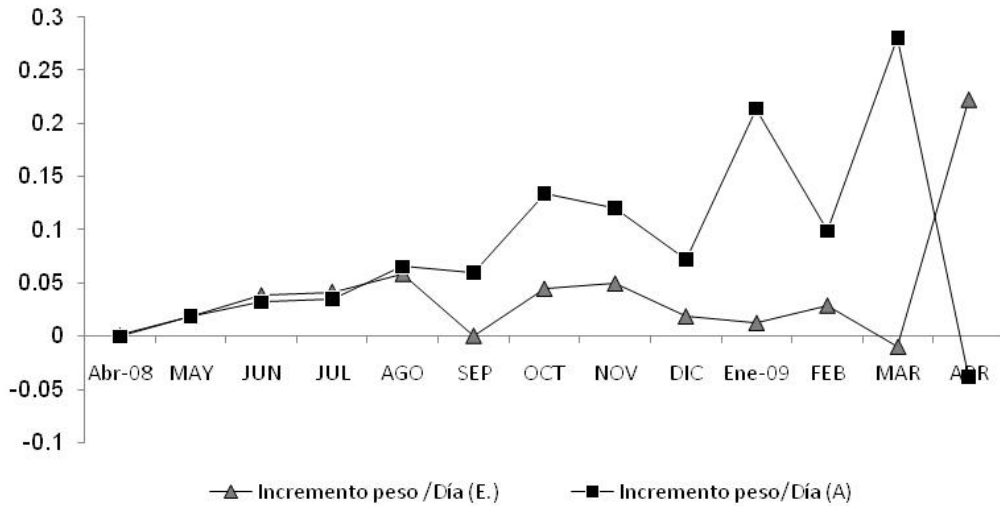


Figura 18. Comportamiento del Incremento del peso por día para ambos sistemas durante el desarrollo del cultivo.

La tasa de crecimiento Instantáneo en peso fue variable durante todo el cultivo. Para los organismos en estanque se obtuvo un valor máximo (0.0198) en Abril-09 y el mínimo (-0.00003) en Septiembre; para los acuarios un máximo de (0.0132) en Octubre y mínimo (-0.00118) en Abril-09, con promedios de 0.0059 en estanques y 0.0077 para acuarios, con una tendencia de manera general de reducción hacia el final del estudio. Sin embargo, no se obtuvieron diferencias estadísticas significativas con Mann-Whitney ($W = 19.5$; $p > 0.05$). (Figura 19)

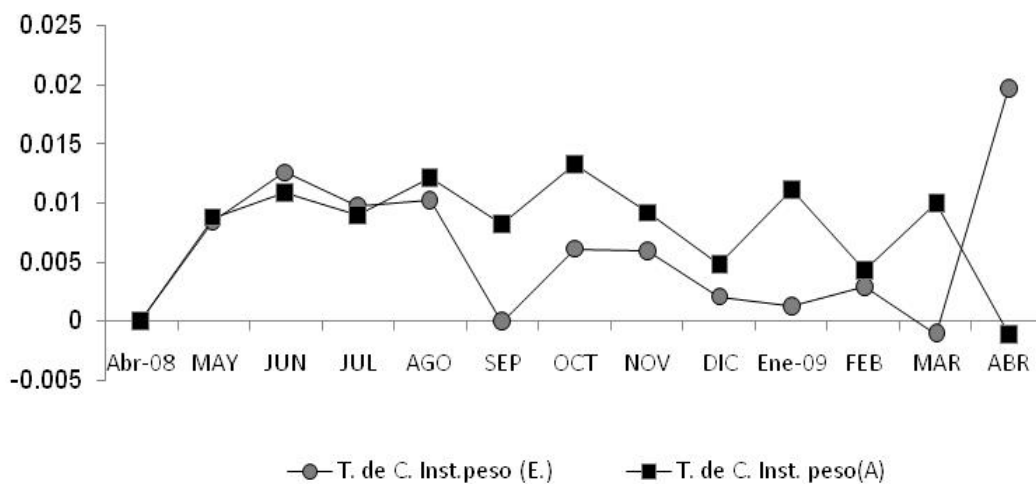


Figura 19. Tasa de Crecimiento Instantáneo para peso de ambos sistemas.

La tasa de crecimiento instantánea en talla presentó un máximo en los organismos de estanques de 0.0052 en Abril-09 y un mínimo de -0.0001 en Enero-09; para los peces de acuarios se obtuvo un máximo de 0.0047 y un mínimo de -0.0038, con promedios de 0.002 en estanques y 0.0023 acuarios, en el análisis estadístico no se encontró diferencias significativas entre ambos sistemas aplicando Mann-Whitney ($W = 10.0$; $p > 0.05$). (Figura 20)

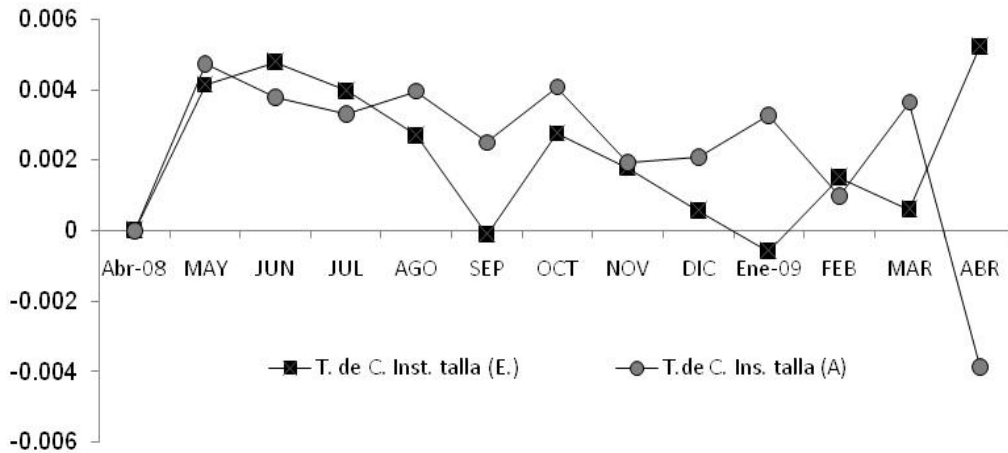


Figura 20. Tasa de crecimiento Instantáneo para talla durante el cultivo en ambos sistemas.

El factor de condición de Fulton para los peces de estanques fluctuó entre 3.17 y 3.86 con un promedio de 3.47, teniendo ligeros repuntes en los meses de Septiembre, Enero y Abril-08; sin embargo, nunca se notó una tendencia en particular al crecimiento con respecto a este factor siempre manteniéndose dentro de este intervalo, contrario a lo que se observó para los organismos de los acuarios que fluctuó entre 5.32 y 8.75 con un promedio de 7.11 teniendo siempre valores con una tendencia al incremento durante todo el periodo del cultivo de esta especie, con diferencias estadísticas significativas entre los sistemas con base en Mann-Whitney ($W = 75229.0$; $p < 0.05$), por lo cual se obtuvo mejor condición en el cultivo en acuarios.(Figura 21)

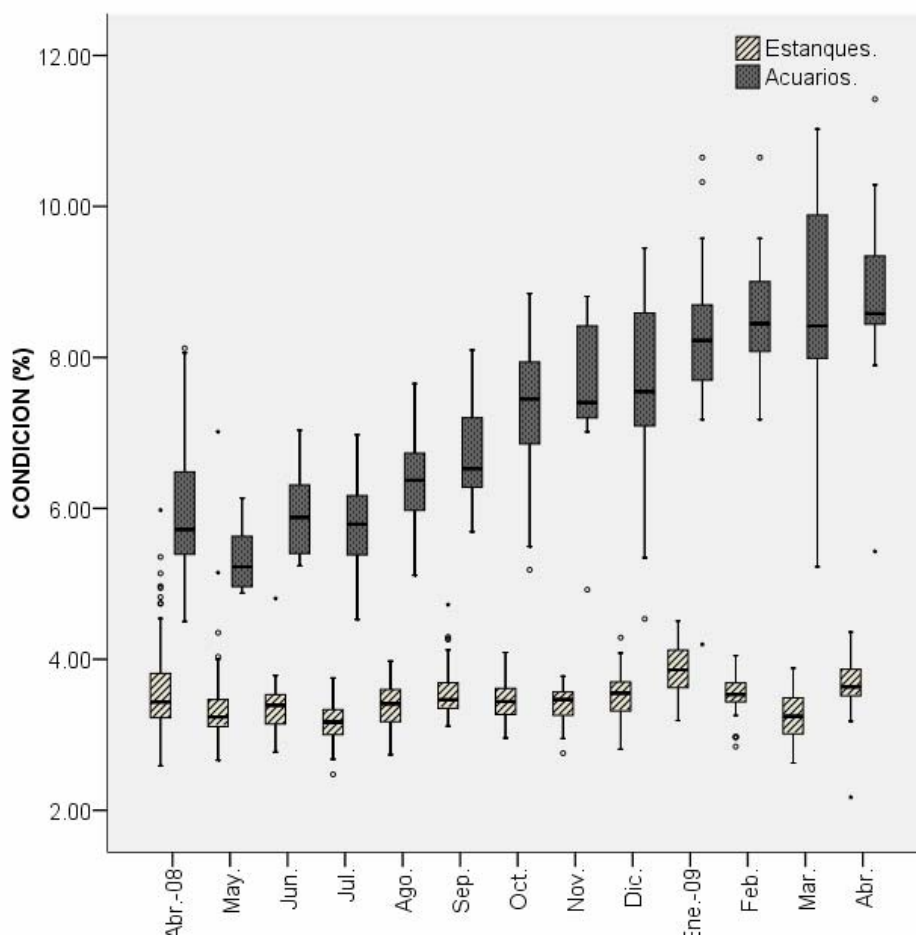


Figura 21. Diagrama de cajas del factor de condición de Fulton del cultivo de *P. splendida* en ambos sistemas.

El factor de condición múltiple que se registró en el transcurso del estudio, no mostró la misma tendencia en ambos sistemas, en los organismos de estanques se tuvo un mínimo de 0.717, máximo de 1.595 y promedio de 0.9420 con tendencia estable en todo el transcurso del estudio y de decremento hacia el final del estudio; contrario en los peces de acuario con tendencia al aumento, con un mínimo de 1.221, máximo de 1.537 y promedio de 1.378; se obtuvieron diferencias estadísticas significativas entre los sistemas (Mann-Whitney, $W = 57977.5$; $p < 0.05$). (Figura 22)

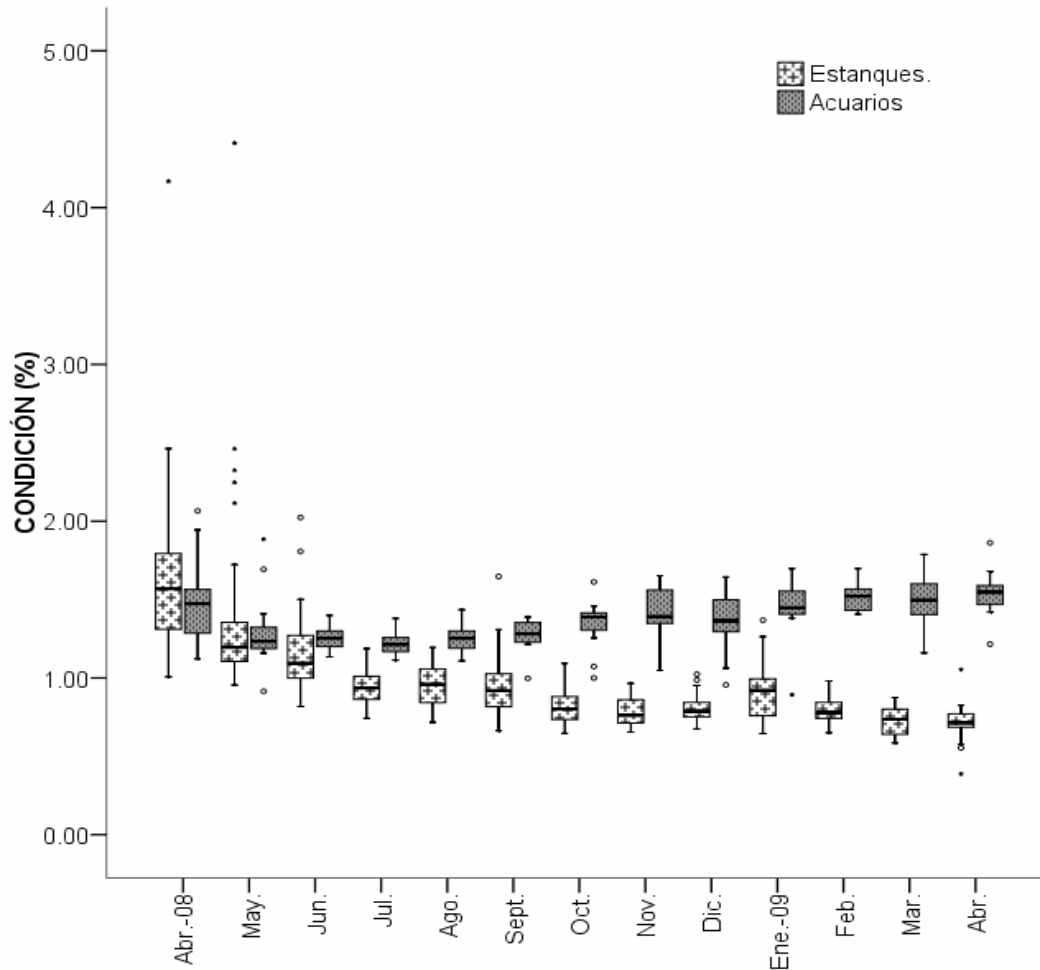


Figura 22. Diagrama de cajas del factor de condición múltiple del cultivo de *P. splendida* en ambos sistemas.

El factor de conversión alimenticia tuvo fluctuaciones importantes para todos los organismos; en estanques esta conversión varió de 0.330 a 1.10, mostrando la mínima en Febrero y el máximo en Mayo. En acuarios la conversión fue de 0.33 a 1.08, teniendo el mínimo al igual que en estanques en Febrero y el máximo en Mayo aunque no hubo diferencias significativas entre ambos sistemas (Mann-Whitney, $W = -4.5$; $p > 0.05$). Este parámetro mostró que la tendencia general en ambos sistemas fue de reducción hacia el final del estudio. (Figura 23)

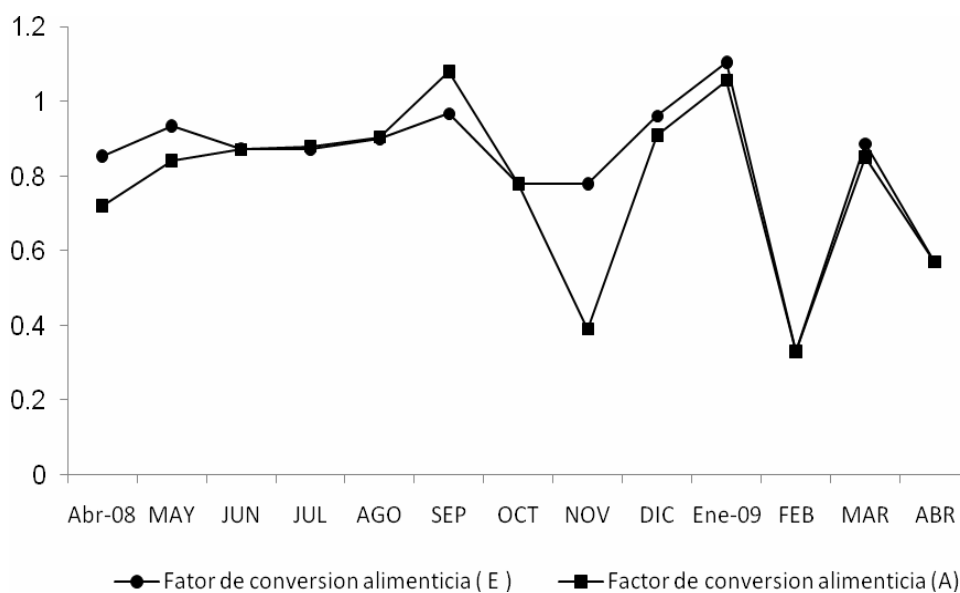


Figura 23. Factor de conversión alimenticia para el cultivo de *P. splendida* en los sistemas estanque y acuario.

La eficiencia alimenticia obtenida marca una ligera tendencia a incrementar a través del tiempo observando ligeros repuntes en ambos sistemas. En estanques la tendencia fue al incremento con aumento marcados en Febrero y Abril 2009 fluctuando entre 0.006 y 1.785 a lo largo del cultivo, siendo Abril 2008 y Enero los meses donde se encuentra una eficiencia mínima. En acuarios la fluctuación fue de 0.594 a 1.754 siendo los meses Febrero y Noviembre donde se encuentra las máximas eficiencias, obteniendo los mínimos en Septiembre y Enero; no se encontraron diferencias significativas en el análisis estadístico entre los sistemas (Mann-Whitney, $W = 4.5$ $p > 0.05$); sin embargo, en los estanques se tuvieron valores más constantes a lo largo del estudio. (Figura 24)

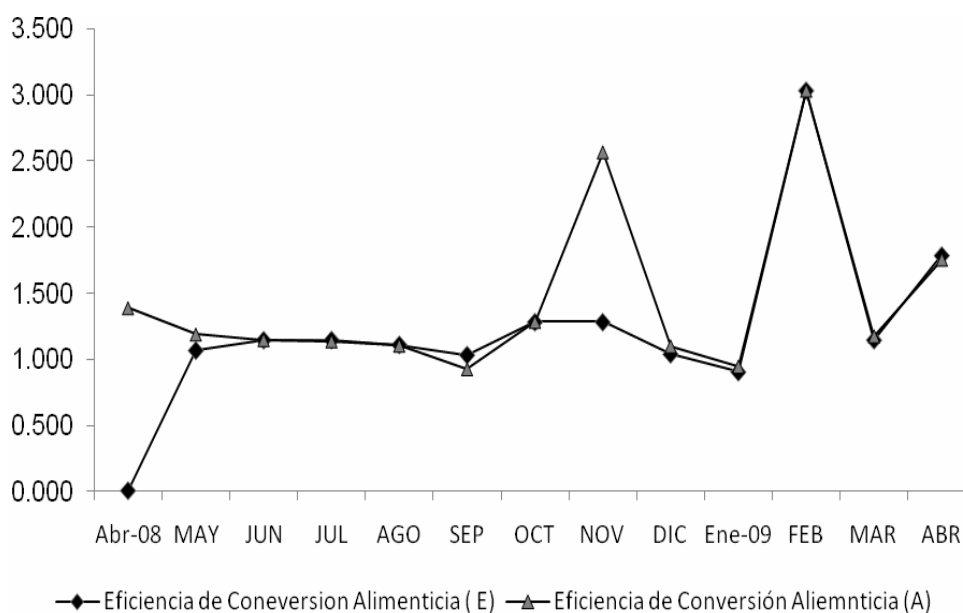


Figura 24. Comportamiento de eficiencia de conversión alimenticia del cultivo de *P. splendida* en los sistemas estanque y acuario.

MORTALIDAD

La mortalidad registrada en ambos sistemas fue muy baja, ya que en los estanque solo hubo una mortandad del 3.33% en todo el periodo del cultivo lo que representa solo cuatro organismos muertos por factores ambientales pues este sistema no estaba totalmente controlado; contrario al acuario en el que no se obtuvo mortalidad.

Cuadro 3. Mínimos, máximos y promedios de los parámetros físico-químicos e indicadores de crecimiento en estanques.

Parámetros	MINIMOS	MAXIMOS	PROMEDIOS
Temperatura ambiente (°C)	16	24	19.7
Temperatura del H ₂ O (°C)	24	28.6	25.58
Oxígeno (mg/L)	5.43	7.6	6.27
Alcalinidad (mg/L)	20.1	47.3	33.24
Dureza (mg/L)	75.7	236.5	128.9
pH	8.4	8.9	8.59
Conductividad (μS/cm)	763.4	948	832.81
Sólidos totales (ppm)	385.9	492.7	436.49
Peso (g)	1.92	12.99	7.23
Longitud patrón (cm)	4.35	8.77	6.95
Longitud total (cm)	5.38	11	8.86
Ganancia en peso (%)	-3.188	46	16.925
Ganancia en talla (%)	-1.749	15.4	5.782
T. de C. Inst. peso	-0.000035	0.0198	0.0059
T.de C. Inst. talla	-0.0001	0.0052	0.002
Incremento peso (g)/día	-0.011	0.222	0.0398
Incremento talla (cm)/día	-0.001	0.0553	0.0182

Cuadro 4. Mínimos, máximos y promedios de los parámetros físico-químicos e indicadores de crecimiento en acuarios.

Parámetros	MINIMOS	MAXIMOS	PROMEDIOS
Temperatura ambiente (°C)	16	24	19.7
Temperatura del H ₂ O (°C)	25.1	28.5	27.2
Oxígeno (mg/L)	3.91	6.27	5.2
Alcalinidad (mg/L)	14.3	42.5	32.6
Dureza (mg/L)	76.1	182.4	150.7
pH	8.3	8.9	8.5
Conductividad (μS/cm).	997.3	1453.6	1260.6
Sólidos totales (ppm)	539.7	734.4	652.3
Peso (g)	1.91	32.05	13.95
Longitud patrón (cm)	4.30	11.75	8.05
Longitud total (cm)	5.32	14.22	9.93
Ganancia en peso (%).	-1.756	48.733	25.2
Ganancia en talla (%)	-5.649	15.224	7.5
T. de C. Inst. peso	-0.00118	0.01323	0.0077
T.de C. Inst. talla	-0.00388	0.00472	0.0023
Incremento peso (g)/día	-0.0382	0.2808	0.0842
Incremento talla (cm)/día	-0.0536	0.0489	0.0199

Discusión de resultados

En el cultivo de peces un factor importante para el buen desarrollo es la calidad del agua, ya que esta influye de manera directa sobre el desarrollo, crecimiento y reproducción de los organismos. La presencia, concentración y disponibilidad de compuestos químicos en el agua, así como la temperatura, el fotoperiodo y el alimento, dan la posibilidad de éxito al cultivo de determinadas especies dependiendo de la altitud y latitud a la cual estén adaptados los organismos.

Parámetros físicos y químicos

La temperatura es uno de los factores mas importantes dentro de un cultivo de peces, ya que los estos son vertebrados poiquilotermos (sangre fría) y por lo tanto la temperatura del cuerpo se ajusta de forma pasiva a la del medio ambiente (Lagler *et al.*, 1984; Wooton, 1990; Moyle y Cech, 2000; Granado, 2002).

De igual forma la temperatura del agua presenta una relación directa con la temperatura ambiental, esto debido principalmente a la capacidad calorífica y de absorción de calor del agua (Hawkins, 1981). Durante el proyecto se presentaron intervalos de temperaturas entre los 25 a 28°C, con fluctuaciones mínimas a lo largo del proyecto tanto en estanques como en acuarios, los cuales se encuentran por debajo del intervalo óptimo para *P. splendida* (30.7 a 34°C) reportado por García (2003) y Jiménez (2004), pero se encuentra dentro de un intervalo aceptable para su desarrollo (19.6 a 34.9°C) de acuerdo a Chan (2004).

No obstante que los sistemas se mantuvieron con calentador para mantener una temperatura casi constante en ambos sistemas se presentaron variaciones durante el cultivo, principalmente en los estanques ya que estos estuvieron expuestos a la temperatura ambiente por ser un sistema abierto y dinámico, conforme al cambio climático de las estaciones del año, donde las elevadas temperaturas se registraron en primavera y verano principalmente por ser época de secas y a la baja profundidad de los estanques. Díaz-Pardo *et al.* (1986) mencionan que un factor importante que determina en cierto grado el comportamiento de la temperatura a través de la columna de agua, es la

relación entre la temperatura de la superficie y la del aire, que se manifiesta en el intercambio de calor entre ambas fases.

Por otra parte, este parámetro tiene una participación importante en la solubilidad de los gases, y que como se sabe a mayor temperatura menor concentración de oxígeno disuelto (Swingle, 1969; Arredondo, 1986). he influye directamente en la tasa fotosintética, la tasa de crecimiento, factor de condición y metabolismo de los peces (Arredondo, 1986; Weatherley y Gill, 1987; Wooton, 1992),

Cambios repentinos en la temperatura del agua conducen a modificar el metabolismo de los peces, ya que si la velocidad metabólica se incrementa, el pez tendrá éxito, mientras que una disminución de dicha actividad conducirá a una reducción en la actividad alimenticia y en la tasa de crecimiento y, el pez podrá ser susceptible a enfermedades (Alamoudi *et al.*, 1996). Se sabe que a temperaturas constantes los organismos crecen tanto en peso como en talla hasta que se aproxima a la madurez sexual; por lo que la tasa de crecimiento en longitud es proporcional a la temperatura del agua (Soderberg, 1990).

El oxígeno disuelto es otro factor importante para el cultivo de los organismos acuáticos, debido a que su exceso o carencia provoca la mortalidad masiva de peces en estanques (Krom y Neori, 1989); Wedemeyer (1996) señala que el nivel de oxígeno disuelto para los peces de climas cálidos debe de encontrarse por arriba de los 4 mg/L.

Páramo (1984) describe que esta especie se encuentra en aguas con concentraciones de oxígeno disuelto en intervalos de 3.5-11.2 mg/L y debido a que en los acuarios como en los estanques se presentaron valores por arriba de 4 mg/L de oxígeno disuelto, este parámetro no representó una limitante para que los peces crecieran normalmente.

Las fluctuaciones del oxígeno disuelto reportadas a lo largo del cultivo y que se mostraron de manera mensual en ambos sistemas se debe en su mayoría a la cantidad de materia orgánica presente por desechos de los peces, la tasa de respiración de los peces, el pH y la temperatura a la que se encontraba el agua de los sistemas; siendo esta última la más importante dado que a mayor

temperatura menor solubilidad de oxígeno, aunque se trató de regular el proceso de aireación y en consecuencia la disponibilidad del oxígeno disuelto por medio de una bomba de aire.

Se dice que muchas constantes de disociación de reacciones químicas que ocurren en el agua de los estanques dependen de los parámetros como la alcalinidad, dureza total y pH por la relación que guardan en los sistemas de amortiguamiento; por lo tanto, el ambiente químico para los organismos acuáticos, esta fuertemente influenciado por estos parámetros como lo mencionan Arredondo-Figueroa y Lozano-Gracia (1994).

La alcalinidad existe de forma natural en los sistemas acuáticos debido a procesos naturales como son las lluvias, por la acidificación de suelos con sulfato ácido y por los procesos de intercambio entre el aire y el agua (Knud-Hansen y Batterson, 1994).

La alcalinidad mostro en ambos sistemas de cultivo una tendencia al aumento durante la mayoría del proyecto, presentando una disminución al final del estudio haciéndose notar al final de éste una disminución, siempre dentro de valores reportados como aceptables para el desarrollo de los organismos. Arredondo y Ponce (1998) señalan que las aguas que contienen 40 mg/L o más de alcalinidad total son consideradas más productivas, también señalan que existen correspondencias entre la alcalinidad y la disponibilidad de fósforo y otros nutrimentos.

Para propósitos de la piscicultura, el agua requiere de pequeña cantidades de calcio y magnesio y las cantidades necesarias para un buen desarrollo de organismos se presentan en aguas con una concentración de dureza total de 20 mg/l (Arredondo y Ponce, 1998). Las concentraciones de dureza total en ambos sistemas mostraron variaciones a lo largo del cultivo con niveles de 128 a 150 mg/l intervalos que son adecuados para la especie, ya que esta soporta aguas con una dureza total de 259 mg CaCO₃/L (Reséndez, 1981). De acuerdo a la clasificación de dureza se le puede considerar como agua semidura, la cual se considera como agua adecuada para el desarrollo de los organismos; sin embargo, esta agua estimula los procesos de eutrofización y contribuyen al

florecimiento de microalgas y puede provocar disminución en el nivel de oxígeno disuelto (Lagler *et al.*, 1984).

Wedemeyer (1996) señala que las aguas suaves son bajas en calcio y otros minerales necesarios para la salud de los peces; así mismo, recomienda la realización de cultivos en aguas duras. Esto debido a que el calcio es requerido para la formación de huesos en los peces y el exoesqueleto en crustáceos.

Con respecto al pH Arredondo (1986), Wedemeyer (1996) y Arredondo y Ponce (1998), reportan niveles de 6.5 a 9.0 como valores adecuados para el desarrollo de la piscicultura. Los valores de pH que se registraron en el cultivo para ambos sistemas fueron constantes a lo largo del cultivo (8.5), manteniendo una tendencia ligeramente alcalina. Las concentraciones se encuentran dentro de los intervalos óptimos para el buen desarrollo de los organismos.

Randall (1989) menciona que fuera del intervalo de 5 a 9, el pH tiene un efecto sobre el aspecto funcional de los peces, causando su muerte. Las aguas ácidas o alcalinas afectan la natación de los peces, debido posiblemente al deterioro del transporte del oxígeno a bajo pH y la acumulación de amonio a alto pH. Por otra parte, las aguas ácidas inhiben el intercambio sodio/hidrógeno en la superficie branquial y aumenta la pérdida del sodio, esta respuesta es mejorada por elevados niveles de calcio en el agua. Las excreciones de dióxido de carbono acidifican la capa de agua próxima a la superficie branquial, mientras que el amonio eleva el pH, factor que disminuye con el incremento en la capacidad buffer del agua. Ramírez (1997) reporta que los cambios de pH pueden provocar diferentes efectos en los peces tales como retardar el crecimiento y que asociado a la temperatura en este caso, parece que afectaron el desarrollo de los peces principalmente en los estanques.

La conductividad es una medida de la capacidad de conducir una corriente eléctrica y puede dar una estimación del grado de mineralización, la cual está relacionada con la fertilidad del agua, con base en los diferentes iones que se encuentran presentes en el sistema (Arredondo y Ponce; 1998). Algunos sistemas acuáticos del país presentan conductividades que oscilan entre los 20

y los 10000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y en zonas de elevada contaminación a veces llega a ser excesivamente alto (Gómez, 2002).

Por lo tanto, el agua en ambos sistemas presentó una elevada carga iónica y reserva alcalina, dado que a mayor concentración de iones, se incrementa la conductividad del agua. La conductividad en los acuarios (1260 $\mu\text{S}/\text{cm}$) fue más alta debido principalmente a la evaporación del agua la cual es mayor producto de la temperatura del agua, además del aporte derivado de las excreciones, mientras que en los estanques es menor (832.8 $\mu\text{S}/\text{cm}$) debido a que la tasa de evaporación del agua, es menor y a que se cuenta con una mayor capacidad de disolución de las sales por presentar un mayor volumen de agua. De la misma manera los sólidos totales mostraron una tendencia muy similar a la concentración de sales en los dos sistemas; siendo de nuevo en los acuarios en donde se registró una mayor concentración de sólidos totales (734.4 mg/L), esto probablemente resultado de los factores antes mencionados, además de que ambos sistemas mostraron diferencia significativa estadísticamente.

Parámetros biológicos

A lo largo de la vida del pez, el peso corporal varía como una potencia de la longitud, lo cual se aplica mejor a un pez que ha sido medido y pesado en sucesivas etapas de su ciclo de vida. La regresión peso-longitud es utilizada para calcular el factor de condición de Fulton o el grado de bienestar de los organismos en el análisis del desarrollo ontogenético, además de que permite la conversión de crecimiento en longitud a peso, estimar la biomasa a partir de datos de longitud, además de ser útil para comparar historias de vida de ciertas especies (Ricker, 1975).

En términos generales el cultivo de *Petenia splendida* para ambos sistemas, mostró que el crecimiento tanto en peso corporal como en longitud fue constante presentando una tendencia de tipo alométrico negativo ($b < 3$), lo que indica que los peces crecieron más en longitud que en peso, lo cual en etapas de crecimiento es normal en la mayoría de los peces, como una estrategia de supervivencia y cuando estos llegan a tallas adultas crecen más en peso que en talla, debido a que desvían, invierten y acumulan la energía en la maduración de los productos sexuales con la consecuente etapa para la reproducción, lo cual en muchos peces inhibe o suspende temporalmente el crecimiento (Weatherley y Gill, 1987; Hephher, 1993).

A pesar de que en los sistemas se observó un comportamiento similar fue en los acuarios en donde se registró un mayor crecimiento tanto en longitud como en peso que en los estanques, lo que se debe principalmente a que en los acuarios se tenía un mejor control de los parámetros (principalmente la temperatura del agua), lo que permitió el mejor desarrollo de los organismos. Otro de los factores importantes que promovieron el crecimiento de los organismos fue el alimento, el cual se proporcionó en un 6% con respecto a su masa corporal y como en esta especie existe la tendencia a presentar jerarquía social (Jones, 1976), en los estanques se notaba más ya que los organismos de mayor talla eran los primeros en comer dejando a los más pequeños al último, lo cual ocasionaba que la cantidad de alimento para los peces más pequeños fuera menor que el que les correspondía y en algunos casos que no comieran.

En el presente cultivo se utilizaron indicadores con el propósito de hacer una comparación entre el acuario y los estanques, dentro de los cuales se encuentran: mortalidad (%), (%) ganancia en peso y talla, tasa de crecimiento instantáneo en talla y peso (TCI), factor de condición de Fultón y factor de condición múltiple, factor de conversión alimenticia (FCA) y eficiencia de conversión alimenticia (EC).

Como resultado en ambos sistemas se registró un crecimiento constante durante todo el tiempo del cultivo, Se presentaron casos extraordinarios debido a la discrepancia de las tallas. Esto debido a la jerarquía de los organismos las cuales son las bases de las relaciones sociales de los peces (Jones, 1976), que comenzaron a establecerse y a ser más evidentes hacia los últimos cuatro meses del cultivo, diferenciándose por la agresividad de los organismos grandes sobre los pequeños, lo cual demuestra la jerarquía existente dentro de los sistemas; aunque se trato de distribuir el alimento de manera uniforme en ambos sistemas para evitar esta competencia en el aspecto social.

El crecimiento es el proceso por el cual, nuevo tejido es sintetizado por el individuo y es consecuencia del balance entre el metabolismo y el catabolismo (Oduleye, 1982), otro factor que influye directamente es el sexo (aunque en este experimento no se logró diferenciar machos de hembras por la talla que presentaron), ya que aún cuando tengan una cantidad suficiente de alimento disponible, estos tienden a presentar conductas de competencias debidas principalmente a la lucha por el espacio resultado de la conducta sexual de la especie (Hepher, 1993), lo cual se ve reflejado con el aumento en la agresividad y la disputa por el espacio vital de los peces que obtuvieron más crecimiento en los primeros meses del cultivo, lo que determinó el crecimiento de tipo alométrico negativo.

La tasa de crecimiento, el porcentaje de ganancia y el incremento diario en peso y talla presentaron un comportamiento similar durante todo el cultivo, aunque existieron diferencias significativas entre los estanques y acuarios, siendo en este último en donde se obtuvo la tasa de crecimiento más alta superando a los estanques en aproximadamente un 20% en talla y un 30% en peso, de igual manera para el porcentaje de ganancia y el incremento diario.

Esto puede ser resultado de diversos factores bióticos, como pueden ser la competencia, la conducta de la alimentación, y la pelea por el alimento disponible, entre otros (Lagler *et al.*, 1984). De igual manera los factores como la temperatura que actúa sobre el metabolismo del organismo, afecta de manera directa a los organismos de los estanques, ya que en estos la capacidad de mantener la temperatura controlada es más difícil que en los acuarios en donde se mantuvo más constante durante todo el estudio.

La tasa de crecimiento se define como el crecimiento en peso o en longitud ganado por el organismo en un tiempo determinado, es importante mencionar que existen agentes internos y externos que influyen en la tasa de crecimiento dentro de los cuales se encuentran factores genéticos, fisiológicos, de madurez y de densidad entre otros, pero uno de los más importantes y determinante en la tasa de crecimiento es el medio ambiente (Royce, 1972; Jones, 1976).

Brett (1979) menciona que los factores directamente relacionados al crecimiento son aquellos que están dentro del intervalo de tolerancia del animal, que provocan variaciones en su tasa de desarrollo en función de su propio cambio. Entre estos están la temperatura, la edad, el sexo, la madurez gonádica, los factores genéticos, los factores hormonales, la densidad de la población y la actividad del organismo. Pero la temperatura del agua es uno de los factores controladores que más se asocian al crecimiento, debido a que la tasa de crecimiento se acelera o disminuye con los cambios de la temperatura que se registra en los sistemas acuáticos.

A este último factor se puede atribuir la diferencia de crecimiento de los peces de estanques y acuarios, ya que en los estanques el comportamiento de los parámetros físicos fue más variable (aún cuando se trató de mantener la temperatura del agua y la cantidad de oxígeno disuelto constantes) por la influencia del ambiente, mientras que en los acuarios se tuvo un mejor control en cuanto a estos parámetros por haberse realizado en un ambiente un poco más cerrado. Por lo tanto, los patrones de crecimiento son el resultado de la interacción entre un potencial de crecimiento definido por el genotipo del pez y las condiciones del medio ambiente experimentadas por el pez, disponibilidad de alimento así como la temperatura (Wootton, 1992).

Así mismo, a lo largo del estudio ambos sistemas mostraron una disminución en el crecimiento, hacia el final del cultivo lo cual pudo ser debido principalmente a que se presentó la época de lluvias, afectando principalmente a los estanques ya que la temperatura del ambiente disminuyó, lo cual repercutió en una disminución del crecimiento a partir del mes de septiembre para ambos sistemas. Jones, (1976) menciona que la tasa de crecimiento es más rápida cuando el pez es joven y que esta disminuye progresivamente cuando este envejece, además de que los peces por ser organismos poiquiloterms, la temperatura del cuerpo se ajusta pasivamente a la del agua, por lo que la variación en la temperatura del agua afecta de forma directa el metabolismo del organismo y pueden ser letales (Lagler *et al.*, 1984; Moyle y Cech, 2000).

Por lo tanto, al inicio del cultivo las tasas fueron más altas ya que los organismos eran más pequeños y conforme fueron creciendo disminuyeron su tasa de crecimiento. Esta especie en particular presenta una tasa de desarrollo lenta, lo cual hace que al menos en un año llegue alcancen los 20 cm de longitud (Salomón Páramo, comunicación personal).

El factor de condición de Fultón, es el valor numérico que indica la relación que guarda la longitud y el peso, representando así el grado de bienestar del organismo a lo largo de su vida, considerando así una medida del estado del pez, si está sano o no, bien alimentado o desnutrido y si se encuentra en estado de desove o no (Nikolsky, 1963). Además, se ha observado que existe un efecto significativo de la temperatura sobre las condición de los peces, este asociado o no a los cambios estacionales (Patterson, 1992). Este factor se comportó de manera distinta en ambos sistemas ya que en los acuarios se notó un constante incremento a lo largo del estudio, contrario al del estanque donde se mantiene constante con algunos picos en diferentes épocas, indicándo que los organismos de los acuarios presentaron un grado de bienestar más alto, debido a que los parámetros fueron más estables, principalmente la temperatura la cual es importante para el buen desarrollo de esta especie.

El factor de condición múltiple que evalúa la condición de los peces, mostró que hubo buena alimentación para *P. splendida* en ambos sistemas, así como

el oxígeno disuelto, niveles de temperatura adecuados para la especie más estables en acuarios por eso se obtuvieron valores mayores con este factor; sin embargo, en el estanque el aumento de este factor fue constante. Kuri-Nivon, (1980) menciona que la edad y el tipo de crecimiento influyen de manera directa en el bienestar de los organismos.

Por lo tanto, el factor de condición de Fulton muestra que los valores son buenos ya que oscilan entre 3.17 a 3.86 en el estanque y en acuarios de 5.32-8.47, lo que indicaría que se obtuvo un crecimiento heterogéneo en ambos sistemas, ya que valores iguales a 3 consideran un crecimiento homogéneo y menores o mayores es heterogéneo (Weatherly y Gill, 1987); el factor múltiple muestra valores de entre 0.717 y 1.595 para los dos sistemas, siendo mayores a los reportados por Álvarez *et al.* (2008) que son de 0.86 al utilizar alimento con 45% de proteína animal y 1.0 con 40% de proteína.

Respecto al factor de conversión alimenticia (FCA), se obtuvieron fluctuaciones a lo largo del estudio, disminuyendo a partir de Junio y estabilizándose hacia el final del estudio en ambos sistemas; los valores obtenidos del FCA representan la rentabilidad de la especie para su cultivo.

Los valores obtenidos en el estudio se encuentran por debajo de los reportados por Álvarez, (2008) para la misma especie. Con un valor de FCA de 1.10, proporcionándoles alimento artificial con 45% de proteína animal; y de acuerdo a otros estudios relacionados con el FCA de otras especies generalmente este factor fluctúa entre 2 a 2.5 de acuerdo con Beveridge (1987) y hasta 3.5 según Shaferd y Bromage (1992). Sin embargo, la continuidad del estudio es importante para constatar que realmente esos valores son buenos para el desarrollo de la especie y permitirían el cultivo con buenos rendimientos.

La mortalidad presente en el cultivo de *P. splendida* fue mínima; en acuarios no se registró, pero en estanques la tasa cruda de mortalidad fue de 0.033 debido a causa técnicas.

Por lo tanto se puede decir que el desarrollo del cultivo de la "Tenguayaca" *P. splendida* en el D.F. puede ser adecuado como ha sido realizado por otros

investigadores como Nuñez-García *et al.* (2008) pero en sistemas de recirculación bajo condiciones controladas de cultivo.

Así mismo, es recomendable seguir el cultivo por mayor tiempo, ya que como se menciona anteriormente, esta especie presenta tasa de crecimiento lenta y por lo tanto, para tener mayores resultados de crecimiento en talla y biomasa, se tendría que llevar el cultivo a dos años con lo que se podría determinar si durante este periodo realmente siguen creciendo o se destinan la energía hacia el proceso de maduración de los peces y con esto el proceso reproductivo.

Se considera que este tipo de trabajo se debe de realizar con mayor apoyo económico, para tener mejores resultados bajo condiciones controlables de cultivo y obtener mejores rendimientos durante su desarrollo.

CONCLUSIONES

Se puede decir que los peces pueden alcanzar un máximo de crecimiento mediante la manipulación de factores que intervienen en el desarrollo de estos, logrando de esta manera una mayor producción en un plazo más corto de tiempo.

El tipo de crecimiento que se obtuvo fue alométrico negativo en ambos sistemas, esto es mayor crecimiento en talla que en peso.

El factor de condición múltiple indico una buena alimentación y robustez para los peces en los dos sistemas.

El mejor grado de bienestar de los peces de acuerdo al factor de condición de Fulton se registró en acuarios en los meses de Agosto, Octubre y Diciembre.

La mortalidad que se presento en el cultivo en estanque fue baja y ocasionada por factores externos principalmente.

Los parámetros fisicoquímicos (T°C, O₂, pH, alcalinidad y dureza) presentes para ambos sistemas están dentro de los intervalos reportados para un buen crecimiento de esta especie.

La tasa de crecimiento, porcentajes de ganancia en peso y talla, e incremento diario en peso y longitud tuvieron un comportamiento similar, pero con mayor eficiencia en acuario.

El factor de conversión alimenticio y eficiencia alimenticia indican que la especie es rentable para su cultivo en cautiverio.

REFERENCIAS

- Alamoudi, M., A. F. M. El-Sayed y A. El-Ghobashy (1996). Effects of thermal and termohaline shocks on survival and osmotic concentration of the tilapias *Oreochromis mossambicus* and *Oreochromis aureus* x *Oreochromis niloticus* híbridos. *Journal of the World Aquaculture Society* 27(4): 456-461.
- Álvarez del Villar, J. (1970). Peces Mexicanos (claves). Secretaría de Industria y Comercio, México, Instituto Nacional de Investigaciones Pesqueras. Comisión Nacional Consultiva de Pesca, México. 166 p.
- Álvarez, G., C. A. (2008). Avances en la fisiología y nutrición de la mojarra tenguayaca *Petenia Splendida*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco 135-235 p.
- Arias, R.L., Ibarra, C.L. y Páramo, D.S. (2008). Los cromosomas mitóticos y meioticos del pez tropical *Petenia splendida* (Cichlidae). *Rev. Biol. Trop.* 56(2): 895-907.
- Arredondo, F. J. L y P. J. T. Ponce (1998). Calidad de agua en acuicultura conceptos y aplicaciones, Ed. AGT EDITOR, 1ª ed. México. 120 p.
- Arredondo, F. J. L y G. S. D. Lozano (2003). La acuicultura en México. UAM-Iztapalapa. México. 266 p.
- Arredondo, F. J. L. (1986). Breve descripción de los criterios y técnicas para el manejo de la calidad de agua en estanques de piscicultura intensiva. SEPESCA, México .182 p.
- Arredondo-Figueroa, J.L. y S.D. Lozano-Gracia (1994). Water Quality and yield in polyculture of nonnative cyprinids in Mexico. *Hidrobiológica* 4 (1-2): 21-28.
- Bardach, J. E., W. O. Mclarney y H. J Ryther (1986). Acuicultura: crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce. A. G. T. editor S.A. México. 741 p.
- Beveridge, M.C.M. (1987). Cage aquaculture. Fishing News Books. Blackwell Scientific Publication Ltd. Oxford. 351 p.
- Brett, J. R. (1979). Environmental Factors and Growth: 599-675. *En*: Hoar, W.S., D. J. Randall y J. R. Brett (Ed). "Fish Physiology". Vol. VIII. Academic Press, New York.
- Bussing, A.W. (1998). Peces, Ed. De la Universidad de Costa Rica, 2da. ed., Costa Rica. 385 p.
- Cailliet, G. M., Love, M. S. y Alfred, W. E. (1974). Fishes a field and laboratory manual on their structure, identification, and natural history. Wadsworth Publishing Company. 194 p.
- Cano, A. M.F. (2008). Tolerancia del estadio juvenil de *Petenia splendida* Günther 1862 a diferentes salinidades. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia; Universidad de San Carlos de Guatemala, 62 p.

Canonico, C. G., A. Arthington, J. K. Mccrary y M. L. Thieme (2005). The effects of introduced tilapias on native biodiversity. *Aquatic Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.* 15: 463–483.

Ceballos, O.M. y E.M. Velázquez (1988). Perfiles de la alimentación de peces y crustáceos en los Centros y Unidades de Producción Acuícola en México. Dirección general de Acuicultura, Secretaria de Pesca, Pachuca, Hgo. México. 139 p.

Chan, R. (2004). Efecto de la temperatura sobre el consumo de oxígeno en tenguyaca (*Petenia splendida* Günther 1862). Tesis de Licenciatura. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México, 73 p.

Chávez, L. M. O., A. E. Matetheeuws y M. H. Pérez V. (1982). Etude de la biologie des especes des poissons du fleuve San Pedro, Tabasco (Mexico) te pour la pisciculture. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos et Foundation Universitaire pour la Cooperation Internationale au Developpement, UNICED, Namur, Belgium, 258 p.

Chávez, L. M. O., A. E. Matetheeuws y M. H. V. Pérez (1989). Biología de los peces del Rio San Pedro. En vista de determinar su potencial para la piscicultura. INIREB-FUCID. 222 p.

Chávez, L.M.O., B. Devresse, A. Hernández, M.H. Pérez, E.A. Mendoza y M. Gómez (1987). Valorización de especies piscícolas en el Estado de Tabasco. Memorias del Simposio Internacional sobre Ecología y Conservación del Delta de los Ríos Usumacinta y Grijalva. BREHM Fund., World Wildlife Dound., Gob. Del Estado de Tabasco. Villahermosa. Tab: 549-562.

Chávez, S. L. A. (1998). Lesiones histológicas asociadas a parásitos en la mojarra “tenguyaca” (*Petenia splendida* Gunter, 1862) en la presa Temascal, Oaxaca, México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México, 71 p.

Contreras-Sánchez W.M., Alvarez-González C.A., Márquez-Couturier G., Hernandez-Vidal U y Hernandez Frauyutti A.(2006) Incorporation of the native cichlid (*Petenia splendida*) into sustainable aquaculture reproduction systems, nutrient requirements, and feeding strategies. Aquaculture Collaborative Research Support Program Twenty-fourth Annual Administrative Report. <http://pdcrsp.oregonstate.edu/pubs/annual.reports/24.AAR.pdf>.

Díaz-Pardo, E., C. Guerrero y G. Vásquez (1986). Estudio Bioecologico de la laguna Azteca, Hidalgo, México. I. Analisis limnologico. An. Esc. Nac. Cienc. Biol. Mex. 30; 171-189.

Díaz, P. E. (1973). Concepto sobre el origen y distribución de los Ciclidos. Acta politécnica Mexicana, XV (67-68):9 -14.

Díaz-Pardo, E. (1974). Concepto sobre el origen y distribución general de los Cíclidos. Acta Politécnica Mexicana, XV (67-68): 9-14.

Dunseth, D.R. y D.R. Bayne (1978). Recruitment control and production of *Tilapia aurea* (Steindachner) with the predator *Cichlasoma managuense* (Günther). *Aquaculture* 14: 383-390.

Figueroa, T. J. (1991). Evaluación del crecimiento de tres ciprinidos carpa plateada (*Hypophthalmichthys*), carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idellus*), carpa común (*Ciprinus Carpio rubrofuscus*) y un cíclido (*Oreochromis hornorum*) en cultivo extensivo realizado en el bordo temporal El Arco Jantetelco, Morelos, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del estado de Morelos, México. 43 p.

Gamboa-Pérez, H.C. y J.J. Schmitter-Soto. (1998). Distribution of cichlid fishes in Lake Bacalar, Yucatan Peninsula. *Environ. Biol. Fishes* 54: 35-43.

García, M. A. (2003). Determinación de la temperatura preferencial y metabolismo de la rutina de la tenguayaca (*Petenia splendida* Günther, 1862). Tesis de Licenciatura, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco México, 42 p.

García, E. (2004). Modificaciones del sistema de clasificación climática de Köppen, Instituto de Geografía, UNAM, México. 90 p.

García, M. L. J., (1991). Estudio de la Patología, Parasitología y Bacteriología en Tilapias: *Oreochromis aureus* y *O. mosambicus* en la laguna de Amela, Tecoman Colima. Tesis de Maestría, FMVZ, UNAM, México, 115 p.

Granado, L. C. (2002). Ecología de peces. Ed. Grafitres, Sevilla, España. 353 p.

Gómez, M. J. L. (2002). Estudio Limnológico-Pesquero del lago Coatetelco, Morelos. Tesis de Doctorado; Facultad de Ciencias. UNAM, México. 181 p.

Hawkins, A. D. (1981). *Aquarium system*. Academic Press, London. 452 p.

Hepher, B. (1993). *Nutrición de peces comerciales en estanques*. Editorial Limusa, México. 406 p.

Hulsey, C.D., F. J. García De León, Y. Sánchez-Johnson, D.A. Hendrickson y T.J. Near (2004). Temporal diversification of Mesoamerican cichlid fishes across a major biogeographic boundary. *Mol. Phylogenet. Evol.* 31: 754-764.

ITIS (2009). The Integrated Taxonomic Information System. Disponible en: <http://www.itis.gov/>. Última fecha de consulta en mayo 2009.

Jiménez, P. C. (2004). Efecto de la temperatura en el crecimiento de las crías de la mojarra Tenguayaca (*Petenia splendida* Gunther, 1862) (Pisces; Cichlidae). Tesis de Licenciatura, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, UJAT, Villahermosa, México. 78 p.

- Jiménez-Martínez, L. D., C. A. Álvarez-González, W. M. Contreras-Sánchez, J. A. Almeida-Madrugal y L. Arias-Rodríguez (2008). Efecto de la densidad de siembra inicial en larvas de la mojarra tenguayaca *Petenia splendida* en un sistema de recirculación. XI Congreso Nacional de Ictiología. Sociedad Ictiológica Mexicana A. C. La Paz Baja California Sur, México, 28-31 Octubre.
- Jones, R. (1976). Growth of fishes: 251-281. En: Cushing D.H. y J. J. Walsh (ed). The Ecology of the Seas. W. B. Saunders Company.
- Krom, M.D. y A. Neori (1989). Importance of water flow rate in controlling water quality processes in marine and freshwater fish ponds. The Israel Journal of Aquaculture 41(1): 23-33.
- Kund-Hansen, F. C. y T. R. Batterson (1994). Effect of fertilization frequency on the production of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture 123: 271-280.
- Kuri-Nivón, E. (1980). Instructivo para la determinación del factor de conversión alimenticio (F.C.A). Manuales técnicos de acuicultura del departamento de pesca. SEPESCA, México: 22-24.
- Kuri-Nivón, E. (1979). Instructivo para la determinación del factor de conversión alimento (F.C.A.). Manuales técnicos de Acuicultura, Departamento de Pesca. México. 1 (1). 34 p.
- Lagler, K. F., J. E. Bardach, R. R. Miller y M. Passino (1984). Ictiología. AGT Editor, S. A. México, D.F. 506 p.
- Levine, J. M. (2000). Species diversity and biological invasions: relating local process to community pattern. Science 288: 852-854.
- Llanes, I. J., P.J. Toledo y V.J. Lazo de la Vega (2008). Evaluación de diferentes proporciones de proteína animal en la dieta de *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). REDVETIX, N°4.6p. <http://www.veterinaria.org/revistas/redved/n040408/040802.Pdf>
- Macaranas, J. M., P.B. Mather, S.N. Lal, Areivalu, M. Legibalavau y M. F. Capra (1997). Genotype and environment: A comparative evaluation of four tilapia stocks in Fiji. Aquaculture 150: 11-24.
- Martínez, P. C.A. y L.G. Ross (1994) Biología y Cultivo de la mojarra latinoamericana: *Cichlasoma urophthalmus*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología/Centro de Investigaciones para la Alimentación y el Desarrollo, Mexico. 203 p.
- Martínez, P. C. A. y Ross, L.G. (1988). The feeding ecology of the Central American cichlid *Cichlasoma urophthalmus* (Günther). J. Fish Biol. 33: 665-670.
- Mendoza, A., S. Páramo-Delgadillo, J.A. Oseguera, C.A. Vázquez, J. Macías y G. Bravo (1992). Efecto de la densidad de carga y el nivel de proteína sobre el crecimiento de *Cichlasoma sypsilum* (Pisces:Cichlidae) bajo cultivo experimental en sistema cerrado. Universidad y Ciencia 9: 53-63.

- Mendoza, E.A., A. Mendoza, A. Galmiche y R. Mesenguer (1995). La acuicultura de peces nativos en México: Retos y perspectivas, p. 131-141. En E.A. Mendoza, A. Galmiche y R. Mesenguer (eds.). Memorias del II Seminario sobre peces nativos con uso potencial en acuicultura. Colegio de posgraduados en ciencias agrícolas, Cárdenas, Tabasco, México D.F., México.
- Miller, R. R., W. L. Minckley y S. M. Norris. (2005). Freshwater fishes of México. The University of Chicago Press, Chicago, USA. 490 p.
- Miller, R.R. (1966). Geographic distribution of Central American freshwater fishes Copeia. (4): 740-807.
- Moyle, B. P. y Cech J. J. (2000). Fishes: An introduction to Ichthyology. Fourth edition, Prentice Hall, 612 p.
- Nelson, J.S. (1994). Fishes of the world. John Wiley and Sons. New York. 587 p.
- Nikolsky, G.V. (1963). The ecology of fishes. Academic Press, London. 352 p.
- Núñez-García, L. G., J. L. Arredondo Figueroa, I. A. Barriga Sosa, y M. H. Pérez Vega (2008). Cultivo de tenguayaca *Petenia splendida* (Günther, 1862) en sistemas de recirculación. XI Congreso Nacional de Ictiología. Sociedad Ictiológica Mexicana A. C. La Paz Baja California Sur, México, 28-31 Octubre.
- Paramo, D.S. (1984). Ictiofauna del Rio Gonzales y Lagunas Adyacentes, Tabasco, México. Universidad y Ciencia Vol.1, No.2 (5- 19).
- Patterson, K. R. (1992). An improved method for studying the condition of fish with an example using pacific sardine *Sardinops sagax* (Jenyns). Journal of Fish Biology 40: 821-831.
- Pauly, D. (1984). Fish population dynamics in tropical waters: A manual for use with programable calculators. International center for living Aquatic Resource Management, Studies and Reviews, Manila, Philippines, 325 p.
- Pérez, S, E., J.F. Muir y L.G. Ross. (2005). Livelihood options for the coastal zone of Tabasco, Mexico. Aquat. Resour. Cult. Develop. 1: 91-108.
- Pérez, V, M. H. (2006). Estudio ecológico y endocrino de los cíclidos neotropicales tenguayaca, *Petenia splendida* y la mojarra pinta, *Parachromis (Cichlasoma) managuensis* del sudeste de México. Tesis Doctoral, U.A.M Iztapalapa. México, 104 p.
- Rabinovich, J.E. (1980). Introducción a la ecología de poblaciones animales. C.E.C.S.A. México. 313 p.
- Ramírez, P.I.M. (1997). Bases científicas del uso de fertilizantes en acuicultura y aspectos fundamentales sobre calidad del agua, 75-86. En: Arredondo-Figueroa, J.L. P.L.G. Domínguez y D. C. Grande (compiladores). Sistemas

Integrales de Acuicultura para el desarrollo sustentable. UAM-Iztapalapa, México, D.F.

Randall, D.J. (1989). The Impact of variation in water pH on fish. Program and Abstracts. Aquaculture 89. J.of the world Aquaculture Society 20(1):64.

Reséndez M.A. y Salvadores, B.M.L. (1983). Contribución a la biología de pejelagarto *Lepisosteus tropicus* (Gill) y la tenguayaca *Petenia Splendida Günther*, del estado de Tabasco. Biótica 8: 413-426.

Reséndez M.A. y Ma. L. B. Salvadores (1999). Peces de la reserva de la biosfera Pantanos de Centla. Resultados preliminares. Rev. Universidad y Ciencia 15: 141-146.

Reséndez, M.A. (1981). Estudio de los peces de la Laguna de Términos Campeche. México. Biótica 64: 345-430.

Ricker, W. E. (1968). Methods for assesment of fish production in freshwaters. Blackwell Scientific Publications. London. 187 p.

Ricker, E. W. (1975). Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Bd. Canada. (191):145-171

Royce, F.W. (1972). Introduction to the Fishery Sciences. Academic Press. 325 p.

SAGARPA. (2008) PROYECTO de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-038-PESC-2006, Pesca responsable en el embalse Netzahualcóyotl Malpaso, ubicado en el Estado de Chiapas. Especificaciones para el aprovechamiento de los recursos pesqueros. Diario Oficial 1ª sección.

Salgado-Maldonado, G., R. Pineda López, V. M. Vidal-Martínez y C. R. Kennedy (1997). A checklist of metazoan parasites of cichlid fish from Mexico. Journal of the Helminthological Society of Washington 64: 195–207.

Salgado-Maldonado, G. y R. F. Pineda-López (2003). The Asian fish tapeworm *Bothriocephalus acheilognathi*: a potential threat to native freshwater fish species in Mexico. Biological Invasions 5: 261–268.

Salgado-Ugarte, I.H. (1992). El análisis exploratorio de datos biológicos: fundamentos y aplicaciones .Facultad de estudios superiores Zaragoza, UNAM, México. 243 p.

Shaferd, J. y N. Bromage (1992). Intensive Fish Farming, Blackwell Science Ltd. Osney Mead, Oxford. 404 p.

Soderberg, W.R. (1990). Temperature effects on the growth of blue tilapia in intensive Aquaculture. The Progressive Fish-Culturist 52: 155-157.

Sturmbauer, C. y A. Meyer (1992). Genetic divergence, speciation and morphological stasis in a lineage of African cichlid fishes. Nature 358: 578-581.

- Swingle, H.S. (1969). Methods of analysis for waters organic matter and ponds botton soils used in fisheries research. Auburn University. 117 p.
- Valtierra-Vega, M.T. y J.J. Schmitter-Soto (2000). Hábitos alimentarios de las mojarra (Perciformes: Cichlidae) de la laguna Caobas, Quintana Roo, México. Rev. Biol. Trop. 44: 803-811.
- Vidal, L, J.M, Álvarez, G.C.A, Contreras, S.W. M y Hernández, V. U (2009). Masculinización del cíclido nativo Tenhuayaca, *Petenia splendida* (Günther, 1862), usando nauplios de *Artemia* como vehículo del esteroide 17- α metiltestosterona, Rev. Hidrobiológica 19 (3): 211-216.
- Weatherley, A.H. y H.S. Gill (1987). The biology of fish growth. Second Edition, Academic Press, London. 443 p.
- Wedemeyer, G.A. (1996). Physiology of fish in intensive cultura systems. Chapman y Hall, U.S.A. 232 p.
- Wilson, P.J., C. M. Wood, J.N. Maina y B.N. White (2000). Genetic structure of Lake Magadi tilapia populations. J. of Fish Biol. 56: 590-603.
- Wootton, R.J. (1990). Ecology of teleost fishes. Chapman y Hall. New York. 404 p .
- Wootton, R.J. (1992). Fish Ecology. Blackie Glasgow y London: 98-131.
- Zinpro (2006). Performance Minerals de Zinpro. Eficiencia Alimenticia Disponible en http://www.zinpro.com/ASPX_Main/es-MX/PDF/D-4063-MX.pdf. Última Fecha de Consulta. Noviembre 2009.