



**Universidad Juárez Autónoma de Tabasco**

**División Académica de Ciencias Biológicas**

**LABORATORIO DE ACUACULTURA TROPICAL**



**Obtención de un lote de reproductores de  
tenguayaca, *Petenia splendida*, mediante  
selección familiar en el Sureste Mexicano**

**Tesis que para obtener el grado de:**

**Maestro en Ciencias Ambientales**

**Presenta**

**Biól. José Elías Sánchez Pérez**

**Asesores**

**Dr. Wilfrido M. Contreras Sánchez**

**M. en C. Mario Fernández Pérez**

**Villahermosa Tabasco, noviembre de 2012**

# UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



## DIVISION ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

OCTUBRE 03 DE 2012

**C. JOSÉ ELÍAS SÁNCHEZ PÉREZ**  
**PAS. DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES**  
**P R E S E N T E**

En virtud de haber cumplido con lo establecido en los Arts. 80 al 85 del Cap. III del Reglamento de titulación de esta Universidad, tengo a bien comunicarle que se le autoriza la impresión de su Trabajo Recepcional, en la Modalidad de Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales titulado: **"OBTENCIÓN DE UN LOTE DE REPRODUCTORES DE TENGUAYACA *Petenia splendida*, MEDIANTE SELECCIÓN FAMILIAR EN EL SURESTE DE MEXICANO"**, asesorado por el Dr. Wilfrido Miguel Contreras Sánchez, sobre el cual sustentará su Examen de Grado, cuyo jurado está integrado por el Dr. Carlos Alfonso Álvarez González, Dr. Carlos Vázquez Peláez, Dr. Wilfrido Miguel Contreras Sánchez, Dr. Rafael Martínez García y M. en C. Ulises Hernández Vidal.

Por lo cual puede proceder a concluir con los trámites finales para fijar la fecha de examen.

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE  
ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE

**M. EN C. ROSA MARTHA PADRON LOPEZ**  
**DIRECTORA**

U. J. A. T.  
DIVISION ACADÉMICAS  
DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



DIRECCIÓN

C.c.p.- Expediente del Alumno.

C.c.p.- Archivo

KM. 0.5 CARR. VILLAHERMOSA-CÁRDENAS ENTRONQUE A BOSQUES DE SALOYA

Tel. y Fax (01-993) 3-54-43-08 y Tel. 3-58-15-79 E-mail: [dirección.dacbiol@ujat.mx](mailto:dirección.dacbiol@ujat.mx)

Usar papel reciclado economiza energía, evita contaminación y despilfarro de agua y ayuda a conservar los bosques

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

## CARTA AUTORIZACIÓN

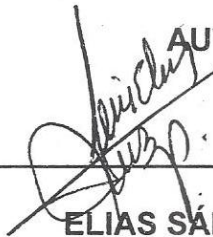
El que suscribe, autoriza por medio del presente escrito a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco para que utilice tanto física como digitalmente el Trabajo Recepcional en la modalidad de Tesis de Maestría denominado: **“OBTENCIÓN DE UN LOTE DE REPRODUCTORES DE TENGUAYACA *Petenia splendida*, MEDIANTE SELECCIÓN FAMILIAR EN EL SURESTE DE MEXICANO”**, de la cual soy autor y titular de los Derechos de Autor.

La finalidad del uso por parte de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco el Trabajo Recepcional antes mencionada, será única y exclusivamente para difusión, educación y sin fines de lucro; autorización que se hace de manera enunciativa más no limitativa para subirla a la Red Abierta de Bibliotecas Digitales (RABID) y a cualquier otra red académica con las que la Universidad tenga relación institucional.

Por lo antes manifestado, libero a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco de cualquier reclamación legal que pudiera ejercer respecto al uso y manipulación de la tesis mencionada y para los fines estipulados en este documento.

Se firma la presente autorización en la ciudad de Villahermosa, Tabasco el día Tres de Octubre del año 2012.

AUTORIZO



---

ELIAS SÁNCHEZ PÉREZ

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

# Obtención de un lote de reproductores de tenguayaca, Petenia splendida, mediante selección familiar en el sureste mexicano.

## INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

ÍNDICE DE SIMILITUD

### FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a> Internet	505 palabras — 3%
2	<a href="http://documents.mx">documents.mx</a> Internet	467 palabras — 3%
3	<a href="http://doczz.net">doczz.net</a> Internet	241 palabras — 1%
4	<a href="http://qdoc.tips">qdoc.tips</a> Internet	179 palabras — 1%
5	<a href="http://www.fao.org">www.fao.org</a> Internet	157 palabras — 1%
6	<a href="http://www.scielo.cl">www.scielo.cl</a> Internet	145 palabras — 1%
7	<a href="http://www.scielo.org.co">www.scielo.org.co</a> Internet	143 palabras — 1%
8	<a href="http://www.yumpu.com">www.yumpu.com</a> Internet	121 palabras — 1%
9	<a href="http://ptdocz.com">ptdocz.com</a> Internet	119 palabras — 1%

10	<a href="http://www.oceandocs.org">www.oceandocs.org</a> Internet	102 palabras — 1%
11	<a href="http://repositorio.espe.edu.ec:8080">repositorio.espe.edu.ec:8080</a> Internet	98 palabras — 1%
12	<a href="http://www.sian.inia.gob.ve">www.sian.inia.gob.ve</a> Internet	89 palabras — 1%
13	<a href="http://acteon.webs.upv.es">acteon.webs.upv.es</a> Internet	69 palabras — < 1%
14	<a href="http://archivos.ujat.mx">archivos.ujat.mx</a> Internet	62 palabras — < 1%
15	<a href="http://riul.unanleon.edu.ni:8080">riul.unanleon.edu.ni:8080</a> Internet	54 palabras — < 1%
16	<a href="http://albeitar.portalveterinaria.com">albeitar.portalveterinaria.com</a> Internet	42 palabras — < 1%
17	<a href="http://ciclidoss-mexico.com">ciclidoss-mexico.com</a> Internet	41 palabras — < 1%
18	<a href="http://pdacrsp.oregonstate.edu">pdacrsp.oregonstate.edu</a> Internet	37 palabras — < 1%
19	<a href="http://www.aunap.gov.co">www.aunap.gov.co</a> Internet	30 palabras — < 1%
20	G. Tsadik Getinet. "Effects of Maternal Age on Fecundity, Spawning Interval, and Egg Quality of Nile tilapia, <i>Oreochromis niloticus</i> (L.)", Journal of the World Aquaculture Society, 10/2008 Crossref	28 palabras — < 1%
21	<a href="http://doczz.es">doczz.es</a> Internet	28 palabras — < 1%

22	<a href="http://repositorio.ucsg.edu.ec">repositorio.ucsg.edu.ec</a> Internet	27 palabras — < 1%
23	<a href="http://ugspace.ug.edu.gh">ugspace.ug.edu.gh</a> Internet	27 palabras — < 1%
24	<a href="http://ecosur.repositorioinstitucional.mx">ecosur.repositorioinstitucional.mx</a> Internet	24 palabras — < 1%
25	<a href="http://www.uanl.mx">www.uanl.mx</a> Internet	24 palabras — < 1%
26	<a href="http://core.ac.uk">core.ac.uk</a> Internet	20 palabras — < 1%
27	<a href="http://open.library.ubc.ca">open.library.ubc.ca</a> Internet	19 palabras — < 1%
28	<a href="http://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov">pubmed.ncbi.nlm.nih.gov</a> Internet	19 palabras — < 1%
29	<a href="http://www.fishbase.se">www.fishbase.se</a> Internet	19 palabras — < 1%
30	<a href="http://tesis.ipn.mx">tesis.ipn.mx</a> Internet	18 palabras — < 1%
31	<a href="http://web.archive.org">web.archive.org</a> Internet	17 palabras — < 1%
32	<a href="http://www.scribd.com">www.scribd.com</a> Internet	17 palabras — < 1%
33	<a href="http://aquafishcrsp.oregonstate.edu">aquafishcrsp.oregonstate.edu</a> Internet	16 palabras — < 1%
34	<a href="http://todoxalapa.webcindario.com">todoxalapa.webcindario.com</a> Internet	16 palabras — < 1%

---

EXCLUIR CITAS

ACTIVADO

EXCLUIR FUENTES

DESACTIVADO

EXCLUIR BIBLIOGRAFÍA

ACTIVADO

EXCLUIR COINCIDENCIAS < 16 PALABRAS

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.

DEDICATORIA.

A MI MADRE (que en paz descanse)

Por que sus enseñanzas durante el tiempo que vivió, han sido parte de mi fortaleza

A MI ESPOSA E HIJOS.

Maribel

Emilio Rubén y Elías Rodrigo

Por que son los seres queridos más importantes que tengo, por compartir esta etapa de mi vida y por su inmenso amor.

## AGRADECIMIENTOS.

Al Dr. Wilfrido Miguel Contreras Sánchez, por la invitación a participar en este proyecto, por su asesoramiento, por el apoyo brindado para la terminación del presente estudio y por su confianza.

A todos los muchachos que integran al equipo de producción del Laboratorio de Acuicultura de la DACBIOL que directa e indirectamente me estuvieron apoyando, al equipo de trabajo del Dr. Wilfrido, sin su colaboración no hubiera sido posible la realización de este estudio.

Al M. en C. Mario Fernández Pérez, por su asesoramiento y tolerancia en la etapa experimental del presente estudio.

A los muchachos de DACA, por su colaboración durante el tiempo que estuve desarrollando el estudio en las instalaciones de DACA.

## INDICE

Capítulo I: Propuesta de investigación	4
Introducción	5
Antecedentes	8
Técnicas genéticas en peces	9
Tipo de selección	9
Selección individual	9
Selección familiar	10
Selección interfamiliar	10
Selección intrafamiliar	10
Combinación de selección interfamiliar e intrafamiliar	10
Tasa de crecimiento	11
Factores que influyen en la reproducción de los peces:	11
Nutrición	13
Características morfométricas	14
Características merísticas	15
Estrés	15
Temperatura	15
Fecundidad	16
Especie en estudio:	17
Distribución	17
Hábitat	17
Biología	18
Descripción de la especie	18
Justificación	19
Objetivo general y objetivos particulares	21
Agradecimientos	23
Referencias	23
Capítulo II: Evaluación del desempeño reproductivo de adultos de <i>Petenia splendida</i> (Perciforme: Cichlidae), en Tabasco, México..	35
Abstract	36

Materiales y métodos _____	38
Análisis estadísticos _____	40
Resultados _____	40
Características morfométricas y merísticas de adultos _____	40
Capacidad reproductiva _____	41
Ciclo reproductivo 2009 _____	41
Ciclo reproductivo 2010 _____	42
Discusión _____	44
Agradecimientos _____	48
Resumen _____	48
Referencias _____	49
Figura 1 _____	55
Figura 2 _____	56
Figura 3 _____	57
Figura 4 _____	58
Cuadros 1 y 2 _____	59
Cuadro 3 _____	60
Capítulo III: Obtención de un lote de reproductores de la mojarra tenguayaca, <i>P. splendida</i> , seleccionados en base a su crecimiento. _____	61
Abstract _____	62
Materiales y métodos _____	64
Evaluación del crecimiento (preselección): _____	66
Primera selección _____	66
Segunda selección _____	66
Análisis estadístico _____	67
Resultados _____	67
Primera etapa (antes de la selección) _____	67
Crecimiento por familia _____	67
Crecimiento por localidad _____	68
Segunda etapa, primera selección: _____	68
Crecimiento por localidad _____	68

Ganancia genética	68
Heredabilidad	69
Segunda selección	69
Discusión	70
Agradecimientos	75
Resumen	75
Referencias	76
Cuadro 1	80
Cuadro 2	81
Cuadro 3	82
Cuadro 4	83
Cuadro 5	84
Figuras 1	85
Figuras 2	86
Figuras 3	87
Figuras 4	88
Figuras 5	89
Figuras 6	90
Figuras 7	91
Figuras 8	92
Figura 9	93
Figura 10	94
Figura 11	95
Figura 12	96
Figura 13	97
Figura 14	98
Figura 15	99
Figura 16	100
Figura 17	101

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.

# **CAPITULO I**

## **Propuesta de Investigación**

## INTRODUCCIÓN

Uno de los principales constituyentes de la dieta humana es el pescado y la forma de obtenerlo es a través de la pesca, aunque en la actualidad para realizar esta actividad es bastante compleja por los diferentes impactos a los que ha sido sometida. La acuicultura juega un papel importante en este sentido, es considerada una alternativa para cubrir la demanda de proteína animal para el consumo humano. Se basa en la producción de peces, moluscos, crustáceos y algas tratando de cubrir en la totalidad de sus ciclos de vida, bajo diferentes sistemas de producción: el intensivo, semi-intensivo y extensivo (Tacón 1993).

La acuicultura constituye una alternativa para el cultivo de especies nativas con potencial de mercado, ya que la situación de estas especies en algunos casos ha llegado a ser crítica como consecuencia de diversos fenómenos de competencia y depredación por parte de un gran número de especies exóticas introducidas a sus hábitats naturales y por sobreexplotación del recurso (Rojas & Mendoza 2000).

En Latinoamérica, el interés en el cultivo de peces endémicos se ha incrementado notablemente en los últimos años, ya que estas especies presentan una amplia aceptación en el mercado. En el aspecto de la investigación científica y tecnológica las especies nativas se han estudiado por diversas razones como: la presencia de una alta capacidad para su reproducción, por soportar una alta tolerancia a cambios en el ambiente y porque tienen un buen crecimiento y una alta proporción de carne para su consumo, por lo que se hace importante profundizar en aspectos muy particulares, como el desarrollo de la infraestructura para potenciar su cultivo a escala comercial (Martínez & Ross 1994, Morales 2003).

En México el estudio de peces para la acuicultura se ha orientado a especies introducidas y biotecnologías dominadas, dándole mayor importancia a las especies exóticas que llegaron al país con su paquete tecnológico ya desarrollado en su gran mayoría, siendo necesario en la mayoría de los casos la adaptación de estas tecnologías a las condiciones específicas de nuestro país (Rojas & Mendoza 2000). Las principales especies acuáticas que se cultivan tradicionalmente en México son: trucha, bagre, ostión americano, carpa, tilapia y el langostino malayo. Por lo que uno de los principales problemas que afecta a los peces nativos, es la pérdida de diversidad como consecuencia de

la sobreexplotación, las actividades humanas y la introducción de especies exóticas en cuerpos de agua continentales.

Tabasco es el segundo estado con mayor incidencia de agua dulce, por el corren los dos ríos más caudalosos del país, el Grijalva y el Usumacinta, cuenta con un litoral costero de 24,661 km<sup>2</sup>, que representa el 1.3% del territorio nacional, es considerado como un sitio potencial para el desarrollo de actividades acuícolas de la región Sur-Sureste del país. Sin embargo, en contraste con esto, la acuicultura a nivel comercial en el estado se ha restringido exclusivamente a dos especies, la tilapia *Oreochromis niloticus* y el camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vanameii*, las cuales son cultivadas de manera extensiva y semi-intensiva, sin que hasta la fecha se refleje fuertemente dentro de las estadísticas de producción acuícola a nivel nacional. Adicionalmente, en el caso del ostión *Crassostrea virginica*, nuestro estado es el mayor productor nacional, pero donde su producción es exclusivamente por captura, sin que hasta el momento haya un proyecto para promover su cultivo. Sin embargo, se pueden encontrar también, especies nativas de agua dulce, salobre y marina, de las que se tiene gran interés comercial y de conservación de la biodiversidad, entre estas especies, un grupo importante es el de los cíclidos conocidos como *mojarras* que habitan en aguas dulces y salobres; la mojarra castarrica (*Cichlasoma urophthalmus*), la mojarra paleta (*Vieja sypnola*), y la mojarra tenguayaca (*Petenia splendida*) (Mendoza *et al.* 1993).

De acuerdo a lo anterior, existe la necesidad de desarrollar sistemas de producción con especies nativas para su uso en la acuicultura, que han recibido poca atención en comparación con algunas especies exóticas con las que se han realizado estudios de mejoramiento genético, logrando resultados positivos. Es importante considerar que para que este tipo de programas resulte exitoso, es necesario evaluar algunos factores que determinan la selección de los reproductores que se utilizan como población base. Entre estos factores están: los morfométricos y reproductivos, sobre todo cuando los organismos que se ocupan para la formación del lote de reproductores son tomados de poblaciones silvestres, por eso se hace importante esta información, porque se desconoce (Ross & Beveridge 1995, Mendoza *et al.* 1988). Las variaciones en la forma del cuerpo, reflejan diferencias morfológicas y de comportamiento mostrando la adaptación del pez a su ambiente (Webb 1984). Estas diferencias entre las poblaciones de peces de la misma

especie no necesariamente indican una separación genética entre los stocks, sino que son el resultado de los factores ambientales como; la temperatura, oxígeno disuelto, profundidad, flujo de la corriente de agua, salinidad y radiación (Swain & Foote 1999, Lindsey 1988, Turan 2000). Las características morfométricas, describen aspectos de la forma del cuerpo y las características merísticas es el número de estructuras contables que poseen desde la etapa larval los organismos (Turan *et al.* 2006).

La reproducción de los peces, es un proceso rítmico que se encuentra regulado por la interacción de varios factores ambientales como el fotoperiodo, la temperatura, las lluvias, la salinidad, entre otros; en respuesta a estas variaciones cíclicas, los peces han seleccionado la época del año que les resulta más favorable para su reproducción y la supervivencia de su progenie, muestran adaptaciones fisiológicas muy estrechas con el medio en el que viven, exhibiendo ritmos biológicos diarios y estacionales como la luz, temperatura, la disponibilidad de alimento y la presencia de depredadores (Coward & Bromage 2000, Carrillo *et al.* 2009, Muñoz-Cueto 2009). En la acuicultura, la reproducción controlada de nuevas especies es el principal interés, pero en la mayoría de los casos sigue siendo un proceso poco controlado, debido a la baja fecundidad, la falta de sincronización entre los reproductores y la maduración precoz de los peces que influye en el tamaño de sus crías (Muñoz-Cueto, 2009; Coward & Bromage 2000).

En el presente estudio, se evaluó el desempeño reproductivo de organismos adultos de la mojarra tenguayaca *P. splendida* de cuatro localidades de la región y el crecimiento de familias por localidad, para obtener un lote de reproductores.

## ANTECEDENTES

En el bagre y la trucha, la diploidia se realiza desde los 80`s, y los programas de selección en peces se realizan desde los años 60`s (Kinghorn 1983). El mejoramiento genético de los peces y su aprovechamiento se han extendido por todo el mundo desde 1990. En la actualidad se aplican comercialmente diversas técnicas genéticas como la domesticación, la selección, el cruzamiento intraespecífico, la hibridación interespecífica, la inversión del sexo y el mejoramiento genético y la poliploidía, con el fin de mejorar peces y crustáceos genéticamente de distintas familias filogenéticas (Dunham1995). La selección en el proceso de domesticación ha generado al cabo de pocas generaciones variedades de peces superiores a las variedades silvestres. La mayor parte de las investigaciones sobre genética y mejoramiento de peces cultivados se han realizado a lo largo de los dos últimos decenios. Se ha dedicado especial atención a la evaluación de variedades nuevas debido a la disponibilidad de variedades que procedían de lugares distintos con un historial reproductivo y unos rasgos genéticos distintos. Se han efectuado estimaciones sobre la heredabilidad de varios rasgos o características en numerosas especies, si bien la respuesta a la selección se ha medido en muy pocas ocasiones (Dunham 1995).

A diferencia de los animales y plantas de cultivo tradicional, los recursos genéticos en las especies acuícolas se encuentran en poblaciones silvestres. Muchas de estas especies están en fase de domesticación, y por tanto, los *stocks* de reproductores se están constituyendo en la actualidad. Por otro lado, el número de generaciones de selección en aquellas especies con programas de selección genética es todavía escaso, con lo que la introducción de variación genética desde poblaciones silvestres es todavía una posibilidad real. En consecuencia, la evaluación de recursos genéticos en poblaciones naturales o silvestres constituye un soporte esencial para la acuicultura, ya que la materia prima a utilizar para la fundación de *stocks* e inicio de programas de selección genética se encuentra, sobre todo, en poblaciones naturales (Toro & López-Fanjul 1997, Dunham *et al.* 2001, Hulata 2001, Gjedrem 2005).

Cuando se hace mención sobre la mejora genética, se involucran aspectos significativos como; los caracteres cualitativos: el color, el sexo o la configuración de las escamas. Son los caracteres más fáciles de observar porque cada individuo pertenece a una

u otra categoría discreta, descriptiva y singular. Pero están también los caracteres cuantitativos, los que pueden medirse, como la longitud, el peso, el número de huevos por kg en las hembras o la conversión alimenticia (Tave 1996). El mejoramiento genético en especies acuícolas ofrece una oportunidad importante para incrementar la producción, calidad del producto y rentabilidad en empresas que se dedican a la acuicultura. Las tecnologías existentes pueden ser implementadas para mejorar caracteres cuantitativos que tienen valor económico, sin embargo, las técnicas de mejoramiento para obtener ganancia genética deben incluir una definición formal de los objetivos de crianza, parámetros de estimación genética que describen las poblaciones y sus diferencias (Davis & Hetzel 2000).

**Técnicas genéticas en peces:** El mejoramiento genético en la acuicultura, se usa para incrementar el crecimiento de la especie a cultivar, en la combinación de caracteres de dos especies dentro de un solo grupo de peces, en la transferencia de rasgos deseables entre especies, en la reducción de la reproducción no deseada a través de la producción de peces estériles o monosexo, en el incremento de la producción y la resistencia a enfermedades, en la eficiencia de la conversión de alimento, la tolerancia a la reducción de calidad del agua y descenso a las bajas de temperatura, estos resultados se obtienen mediante la aplicación de diversas técnicas genéticas, como la selección de cría, el cruzamiento intraespecífico e interespecífico, la inversión del sexo, la manipulación cromosómica y la poliploidía (Gjedrem 1985, Bartley & Hallerman 1995, Hallerman & Kapuscinski 1995, López-Fanjul & Toro 1988, Tave 1996, Forestry 2000, Hulata 2001).

**Tipos de selección:** Existen dos tipos básicos de selección de cría: la selección individual (selección masal) y la selección familiar (Intrafamiliar e interfamiliar), cuál sea el tipo de selección más eficiente a usar dependerá del carácter y de cómo sea medido, así como de la biología de los peces y de la heredabilidad del carácter (Tave 1996).

**Selección individual:** Se ignoran las relaciones familiares y se establecen comparaciones entre individuos. Se seleccionan aquellos individuos superiores con respecto al promedio de su población y se utilizan como reproductores seleccionados (Tave 1996).

**Selección familiar:** Son de máxima importancia las relaciones familiares, se comparan y clasifican las medias familiares y se reservan o descartan familias enteras, o se establecen clasificaciones individuales dentro de cada familia y se efectúa la selección independientemente en cada una de ellas, esta selección se usa cuando el rasgo seleccionado tiene baja heredabilidad (generalmente  $<0,15$ ), se puede excluir una parte sustancial de la variación ambiental, lo que facilita la tarea de identificar las diferencias genéticas y seleccionar los mejores peces en términos de la variación heredable (Tave 1996, Fjalestad 2005). La selección familiar es muy útil en aquellas especies que tienen una gran cantidad de prole como puede ser en la avicultura comercial y la acuicultura. En aves se utiliza desde los años 50.

**Selección interfamiliar:** En esta selección, se determinan los valores medios para cada familia y después se clasifican dichos valores. Se descartan o reservan, entonces, familias enteras, si la familia es muy grande, solo se toma una muestra al azar de cada familia. No se establece un valor límite, sino que el cultivador decide conservar las mejores 10, 15 o 20 familias. Depende del número de familias en la población y de la intensidad de selección que se quiera obtener. El tamaño de las familias seleccionadas debe ser uniforme (Tave 1996, Fjalestad 2005).

**Selección intrafamiliar:** Se considera a cada familia como una sub-población provisional y la selección se realiza independientemente dentro de cada familia. Se ordenan los peces de cada familia y se reservan los mejores de ellos tomando como base la media familiar. En esta forma de selección, el piscicultor conserva normalmente los mejores 10, 15 ó 20 peces de cada 15, 20 ó 30 familias (Tave 1996, Fjalestad 2005).

**Combinación de selección interfamiliar e intrafamiliar:** Para superar algunos de los problemas que se presentan en la selección interfamiliar y la intrafamiliar, es posible combinar ambas en un programa de selección integrado de dos fases. Se utiliza primero la selección interfamiliar para seleccionar las mejores familias y, después, mediante la selección intrafamiliar se eligen los mejores peces de cada familia seleccionada. Si se utiliza esta combinación, el cultivo de los peces debe realizarse en las mismas condiciones

que en la selección interfamiliar, porque la selección se efectúa primero a nivel interfamiliar. Se deben excluir todos los peces pequeños, de manera que en la población de peces reproductores seleccionados no existirán individuos enanos. En la fase de selección interfamiliar del programa de selección se descartarán algunos peces de gran tamaño, aunque casi siempre su tamaño no es heredable (Tave 1996, Fjalestad 2005).

**Tasa de crecimiento:** El crecimiento de un organismo implica un cambio de tamaño en el tiempo. Se puede medir este cambio, utilizando como variables la longitud y el peso. Un individuo obtiene energía del alimento y esa energía puede ser destinada al crecimiento y a la reproducción (Maroñas *et al.* 2003).

La tasa de crecimiento de los peces, es modificada por una serie de factores que incluyen a la temperatura del agua, la densidad del cultivo, el porcentaje de alimentación y el tipo de alimento; además de la variación intraespecífica en la tasa de crecimiento dentro de un grupo de peces. Un ejemplo de esto es conocido como el efecto de jerarquía de tallas; mismo que es propiciado por la habilidad de algunos organismos a alimentarse mejor que otros (Lahti & Lower 2000, Wang *et al.* 2000).

La tasa de crecimiento, puede aumentar o disminuir dependiendo de la relación entre el alimento-metabolismo-temperatura. La demanda de energía podría exceder a la ganancia resultante del incremento en consumo de alimento, y por lo tanto, producir una disminución en la tasa de crecimiento (Brett 1979).

Para proporcionar un ambiente de cultivo que asegure un crecimiento óptimo del pez, es esencial tener información sobre la manera en que el comportamiento alimenticio y el consumo de alimento se ven influidos por cambios en varios factores bióticos y abióticos (Jobling *et al.* 1995). El peso es un factor intrínseco al animal que influye en la tasa de crecimiento. En el caso de los peces, este crecimiento es muy activo durante la primera fase de vida, disminuyendo al alcanzar un peso determinado. Se ha comprobado en numerosas especies que para factores ambientales constantes y alimentación no limitante, a mayor tamaño, menor tasa de crecimiento (Brett 1974, García García 1994, Elliot & Hurley 1995).

**Factores que influyen en la reproducción de los peces:** La reproducción y el crecimiento, son los aspectos más importantes en el desarrollo de la acuicultura. El

crecimiento es el aumento del tamaño y número de células, así como de las estructuras de un organismo, lo cual conlleva a un aumento de su tamaño total. Existen dos tipos de crecimiento, el crecimiento somático y el crecimiento en masa. El crecimiento somático es el progreso del organismo en dimensiones longitudinales, como resultado de la multiplicación celular y la posición de sustancias celulares. El crecimiento en masa es el aumento en volumen debido a la acumulación de reservas energéticas y formación de órganos reproductores (Güel 1973, Barker & Sheibling 2008).

El sistema inmune se ve expuesto en la maduración sexual y durante la época reproductiva, momento en el que se da una conjunción de factores que afectan negativamente a las defensas del organismo. En las especies migratorias se suma el efecto negativo que produce el estrés debido a la migración hacia la parte inicial del río (cabecera del río) en busca de lugares idóneos de desove, en el que el esfuerzo realizado y la falta de nutrición afecta notablemente a la capacidad de resistencia. Los cambios fisiológicos que se producen implican un incremento en los niveles plasmáticos de corticoides y esteroides sexuales, hormonas capaces de afectar el funcionamiento del sistema inmune, y modificaciones en la epidermis, que influyen en la resistencia superficial (Pickering & Christie 1980, Slater & Schreck 1993, Maule *et al.* 1996).

Durante la etapa de reproducción los peces utilizan una gran cantidad de energía para la formación de tejidos, gametos, así como en el cortejo nupcial (dependiendo de la especie); La energía destinada a crecimiento o energía retenida es utilizada para la formación de tejidos y estructuras (crecimiento somático), lo cual tendrá como resultado el aumento de las dimensiones del animal, siendo esta la parte más importante desde el punto de vista de producción y la energía no utilizada es desechada en forma de heces (Klekowski & Duncan 1975, Bayne *et al.* 1976, Jobling 1994, Vega *et al.* 2004). Aproximadamente el 75% de la energía ingerida es digerida.

La energía digerida se subdivide en orina y energía (neta) metabolizable. A su vez, la energía neta tiene los siguientes destinos: metabolismo basal (26%), Metabolismo activo (16%), crecimiento (0-18%) y reproducción (0-18%), indicando entre paréntesis los porcentajes con respecto a la energía ingerida. Al inicio de la actividad reproductiva el individuo entra en una fase donde una parte importante de los recursos disponibles son asignados en las tareas de reproducción (Saborido-Rey 2008). En algunas especies, el

macho cuenta con una tasa de crecimiento más acelerada que la hembra, debido a que la hembra destina una mayor cantidad de energía en la producción de gametos y vitelogenina para propósitos reproductivos. Sin embargo, en otros organismos sucede lo contrario y es la hembra quien presenta mayores dimensiones corporales (Lucas 1996, Pruder 2000).

Además de depender del alimento y del peso de los peces, el crecimiento y la reproducción también están en función de otros factores que suelen interactuar con ellos y que a continuación se detallan:

**Nutrición:** Cada especie tiene distintos hábitos alimenticios y requerimientos nutricionales específicos; es por ello que no puede hablarse de un alimento con características óptimas para los organismos acuáticos en general (National Research Council 1993, D'Abramo *et al.* 1997). Las deficiencias vitamínicas de ácido ascórbico y vitamina E, afectan negativamente a los mecanismos de la inmunidad, principalmente a los de naturaleza inespecífica como la actividad de los macrófagos o el complemento. Sin embargo, altos niveles vitamínicos en la dieta por encima de los requerimientos diarios tampoco producen mayor estimulación de los mismos (Fletcher 1986, Blazer 1991). La cantidad y calidad de los nutrientes ingeridos, tienen un efecto directo sobre el crecimiento. Si el alimento tiene alta cantidad de energía y poca proteína, el organismo cubrirá sus necesidades energéticas pero no tendrá sustrato suficiente para formar tejido y estructuras. Por otro lado, si hay una gran cantidad de proteína y poca energía el organismo no tendrá suficiente energía para realizar sus funciones fundamentales y la obtendrá a partir de los aminoácidos, lo cual es menos redituable en términos costo-beneficio ya que se necesita una mayor cantidad de ATP para obtener energía de estos compuestos (Dokken 1987, Lehninger 1995). Los nutrientes del alimento son usados por los organismos acuáticos para construir nuevas estructuras celulares y obtener energía (anabolismo y catabolismo) (Lucas, 1996). El requerimiento de proteína depende en gran medida de los hábitos alimenticios de la especie; mientras que especies herbívoras requieren bajas cantidades de proteína especies omnívoras y sobre todo carnívoras requieren altas cantidades de proteína debido a que ellas obtienen una considerable fracción de su energía requerida a partir de los aminoácidos (Martínez-Porchas 2009).

**Características morfométricas:** Las medidas morfométricas, hacen referencia a variables numéricas continuas como la longitud de la cabeza en relación a la longitud del cuerpo. Es un importante indicador ecológico en peces porque mide la adaptación de una especie a su ambiente, y se puede utilizar para potenciar su eficacia biológica en ambientes cerrados. La forma de alimentación y posición de los peces ante la corriente de los ríos teniendo en cuenta las diferencias en la orientación y estructura de la cabeza, las habilidades natatorias asociadas a la resistencia, fuerza y velocidad según la forma del cuerpo, anomalías congénitas y del desarrollo como un indicador sensitivo de estrés e identificación del umbral de crecimiento, se conocen mediante los caracteres morfométricos (Gatz 1979, Watson & Balon 1984, Webb & Weihs 1986, Hard *et al.* 1999, Kovac *et al.* 1999).

Tradicionalmente, los peces tienen variaciones fenotípicas más grandes pero caracteres heredables más bajos. En tilapia la heredabilidad es entre 0.25 y 0.40 para crecimiento comparados con los mamíferos para producción de leche (0.29) y las aves para producción de huevo (0.30), debido a que son fuertemente afectados por las fluctuaciones ambientales, estas bajas de heredabilidad son presumiblemente un reflejo de los peces, que siendo poiquiloterms, regulan su fisiología interna en respuesta a la temperatura externa y otros cambios ambientales (Allendorf *et al.* 1987, Ryman *et al.* 1995). En los peces, existe clara relación entre la forma y la función, permitiendo que la morfología, refleje la adaptación al hábitat y al nicho de alimentación (Robinson & Wilson 1996).

En este caso, las características externas de los peces mantenidos en estanque, son el resultado de condiciones homogéneas que hacen posible un seguimiento de las variables morfométricas para identificar el sexo. Las estrategias que desarrollan los peces para la obtención del alimento resultan determinantes en su dieta, presentando diversos hábitos de captura e ingesta de sus presas como consecuencia de sus adaptaciones morfo-funcionales. Son también determinantes en el tipo de presa a capturar, la ubicación, tamaño y forma de la boca y dientes, ya que tanto el tamaño como el área de la boca se relacionan con el tamaño del pez (Gosline 1971, Wainwright 1988, Lagler *et al.* 1990, Linde *et al.* 2004, Karpouzi & Stergiou 2003). En muchas especies de peces, existe una estrecha relación entre la longitud del depredador y la longitud de la presa e incluso con el tamaño de la boca (Cancino & Castilla 1985, Stergiou & Fourtouni 1991, Villarroel & Acuña 1999, Nilsson &

Bronmark 2000, Scharf *et al.* 2000, Chase 2002, Dorner & Wagner 2003, Ibáñez *et al.* 2004, Ibáñez 2005).

**Características merísticas:** Las características merísticas hacen referencia a variables numéricas discontinuas como el número de vértebras, radios de las aletas, escamas y fecundidad. Varios autores han demostrado que existe una relación entre algunas características merísticas y las condiciones ambientales a las que están expuestos huevos y larvas (Holden & Raitt 1975). Durante la ontogenia el número de estas estructuras pueden permanecer fijas y presentar cambios debido a las subsecuentes fluctuaciones ambientales (Swain & Foote 1999). Las características merísticas son afectadas por factores ambientales como, salinidad, luz, temperatura oxígeno disuelto (Aly & Lindsey 1974).

**Estrés:** El estrés ambiental afecta significativamente la utilización y flujo de energía en un organismo debido a que hay un efecto directo sobre su metabolismo. Generalmente se presenta en sistemas de cultivo, ya que los organismos están expuestos a condiciones variables o adversas de varios parámetros, como: temperatura, salinidad, OD, densidad, metabólicos tóxicos, entre otros, además de actividades comunes en una granja como: manipulación de organismos en biometrías, limpieza de tanques de cultivo, recambio de agua, etc. los cuales provocan un estrés adicional a los organismos (Beamish *et al.* 1996, Davis & McEntire 2009). En los sistemas de cultivo, los organismos no pueden huir de condiciones sub-óptimas (si las hay), por lo que deben llevar a cabo ajustes metabólicos tales como el aumento en la secreción de hormonas como el cortisol, proteínas del shock térmico, etc. La síntesis y acción de estas hormonas conlleva un incremento en la demanda energética (Barton & Iwama 1991, Haukenes *et al.* 2008).

**Temperatura:** La temperatura es un factor que afecta directamente el metabolismo de los animales (Re *et al.* 2004). A medida que aumenta la temperatura, también aumenta la tasa metabólica y viceversa (Prosser 1986, Huey & Bennett 1990, Cifuentes-Lemus *et al.* 1997, Gillooly 2001, Martínez-Porchas 2005). Al incrementarse la tasa metabólica también lo hace la demanda energética por lo cual, el organismo consume una mayor cantidad de alimento, provocando que la tasa de crecimiento también se vea incrementada. Esto sucede hasta cierto punto, en el cual la temperatura es óptima donde el organismo tiene su mayor tasa de crecimiento. A partir de ese punto, a medida que la temperatura aumente la tasa metabólica y consumo de alimento seguirán incrementándose, pero la tasa de crecimiento

comenzará a disminuir, ya que, aunque el organismo consuma una mayor cantidad de energía, esta no será utilizada para el crecimiento, sino para satisfacer las necesidades de un metabolismo acelerado (Clarck & Seymour 2006).

Para asegurar que un individuo está en condiciones de reproducirse en la estación apropiada, un mecanismo fisiológico debe controlar el momento de la maduración de la gónada. Este mecanismo de control temporal probablemente tiene dos componentes: un ciclo endógeno de desarrollo gonadal y un mecanismo que sincronice este ciclo con ciertas claves ambientales, la temperatura y la duración del día son probablemente las claves críticas, que ya han sido muy estudiadas experimentalmente (Saborido-Rey 2008).

**Fecundidad:** La fecundidad es el eslabón principal entre las estimaciones cuantitativas de huevos y larvas, así como la estimación del tamaño del stock reproductor. Es el número de huevos que una hembra logra poner a lo largo de todas las estaciones reproductivas de su vida, se relacionan a menudo con la talla el peso o la edad. La relación entre la longitud del pez y la fecundidad es de tipo exponencial (Saborido-Rey 2008). La fecundidad varía de una especie a otra, dependiendo de los factores ambientales y la condición de los reproductores, que influye en el tiempo de madurez así como en la calidad y cantidad de huevos (Marteinsdottir & Begg 2002, Musa & Salam 2007). En los peces de aguas cálidas o tropicales, la fluctuación de disponibilidad de alimento en su ambiente natural, es un factor determinante para la frecuencia de la reproducción (Wills-Franco & Muñoz-Ramírez 2005).

Bajo condiciones desfavorables de crecimiento o alto grado de competencia intraespecífica, las hembras pequeñas producen huevos grandes, pero también pueden producir muchos huevos pequeños, la ventaja de un huevo grande es una cría de talla grande, lo que incrementa su supervivencia durante los días críticos después de la eclosión (Hutchings 1991, Olofsson & Mosegaard 1999, Einum & Fleming 2000). La aparente interacción de tamaño y edad en la determinación del tiempo del primer desove en especies de vida larga, la nutrición es importante en la determinación de la edad de la primera maduración. El tiempo exacto de maduración en vida silvestre, puede depender de la compleja interacción de una serie de factores tales como el fotoperíodo, la temperatura y las condiciones de alimentación que el pez ha experimentado tanto antes como durante la maduración (Nikolsky 1963).

Para peces en general, la relación entre fecundidad y longitud es logarítmica para un rango amplio de longitudes (Drucker 1972). La fecundidad en *Katsuwonus pelamis*, por ejemplo un pez de 498 mm desova en promedio 141,000 huevos, mientras que uno de 704 mm produce 1, 200, 000 huevos. Existen amplias variaciones en la fecundidad para peces de similar longitud y peso (Batts 1972). La fecundidad de *Rhinichthys atratulus meleagris* es de 2,674 huevos, tiene una relación lineal con la longitud (Tarter 1968).

**Especie en estudio:** *Petenia splendida*

**Distribución:** Es una especie propia del lago Petén en Guatemala, su distribución va desde la vertiente del Atlántico Mesoamericano, cuenca del río Grijalva, en Tabasco: Municipios de Balancán, Jonuta, Emiliano Zapata, Centla, Huimanguillo, Jalapa, Jalpa de Méndez, Nacajuca, Macuspana y Centro; en Chiapas: Municipio de Ocosingo; en Veracruz: Municipio de Minatitlán, cuenca del río Papaloapan, presa Miguel Alemán; en Oaxaca: presa de Temazcal, Municipio de Matías Romero, San Miguel Soyaltepec; al este hasta la cuenca del río Usumacinta en México y Guatemala (Petén), incluido el lago Petén, de ahí al norte hasta Campeche: en el municipio de Palizada, y el sureste de Quintana Roo: en los municipios de Othón P. Blanco y Carrillo Puerto y la cuenca del río Belice, Belice (Reséndez-Medina & Salvadores 1983, Vargas 1984, Chávez *et al.* 1989, Miller 1992, Caro *et al.* 1994, Miller *et al.* 2009). *Petenia splendida*, es una especie conocida por varios nombres comunes, en México es conocida por “mojarra tenguayaca”; en Guatemala por “Pez blanco” y en Belice por “Bay Snook” y en Alemania por “gefleckterraubbuntbarsch” (Espinosa *et al.* 1993, Kullander 2003).

**Hábitat:** En arroyos, ríos, lagunas y ciénagas, en aguas tranquilas, someras y salobres, asociadas a vegetación abundante (1.8 ppm o más en las lagunas de Bacalar y Pom, Quintana Roo), clara, turbia o lodosa; corriente ausente o leve; sustrato de limo, lodo, arena, arcilla, marga, roca; vegetación de Jacinto acuático: *Potamogeton*, *Juncus*, *Pontederia*, algas verdes: *Myriophyllum*, *Ceratophyllum*, mangle: *Equisetum*, lirio acuático: *Thypha*; profundidad de 0.5 hasta 5 metros, temperatura de 24 a 34 °C, oxígeno disuelto de 3.5 a 11.2 ml/L, una salinidad de 0.04 a 0.024 ppm (río González y lagunas adyacentes) (Reséndez 1981, Páramo 1982, Reséndez-Medina & Salvadores 1983, Chávez *et al.* 1989, Torres-Orozco 1991, Miller 1992, Caro *et al.* 1994, Kullander 2003, Miller *et al.* 2009).

**Biología:** Alcanza la madurez sexual a los 16.5 cm, el desove da inicio en marzo, con un máximo entre junio y julio y termina en octubre. Se alimenta durante el día de otros peces y en menor proporción de materia orgánica, restos vegetales e insectos, su máxima longitud es de 35 cm (Astorqui 1971, Reséndez-Medina & Salvadores 1983, Valtierra-Vega & Schmitter-Soto 2000). Álvarez del Villar (1970) describe a la tenguayaca como un pez dulceacuícola que alcanza una talla de 40 cm de longitud y aproximadamente 600 g de peso corporal, es una especie de cuerpo alto y comprimido, boca terminal, grande y protractil; los dientes en forma de cono con terminales puntiagudas. Conkel (1993), menciona en su trabajo de Cíclidos de Norte y Centroamérica que alcanza hasta 50 cm y más de 600 g de peso. Es un pez carnívoro que se reproduce sobre sustrato, con cuidado de la prole. Tiene una apariencia espléndida, de color dorado-plateado, alcanza hasta 30 cm de longitud y puede pesar más de 800 g (Chávez *et al.* 1989). Las hembras desovan cerca de 1000 huevos que adhieren a sustratos sólidos y tersos, el número varía de acuerdo al peso de la hembra, los huevos tardan en eclosionar 5 días con una temperatura de 28 °C y la pareja de progenitores se vuelve a reproducir a los 45 días.

Los huevos miden entre 1 y 2 mm de diámetro. Las larvas tienen un peso promedio de  $5.0 \pm 0.01$  mg y  $6.03 \pm 0.021$  mm de longitud total a los 3 días posteclosión.

**Descripción de la especie:** Tiene el cuerpo grisáceo con tintes amarillos en la porción media y sobre todo en el opérculo y las mejillas con 6 a 7 bandas transversales negras muy notables, acentuándose el color en la parte media del cuerpo. Presenta una mancha redondeada de color negro intenso bordeado de amarillo en la mitad superior del pedúnculo caudal. Numerosas manchas pequeñas de color negro sobre las mejillas, opérculo, frente y aletas pectorales (Álvarez del Villar 1970). La especie se caracteriza por no tener vaina escamosa en la base de las aletas dorsal y anal. Presenta de 26 a 30 escamas en una serie longitudinal y de 9 a 12 branquiespinas totales (de 7 a 9 en la rama inferior) en el primer arco branquial. La aleta dorsal tiene de 15 a 16 espinas y de 10 a 12 radios; la aleta anal de 6 a 7 espinas y de 7 a 9 radios (Páramo 1982).

Caro *et al* (1994), menciona que entre las especies de cíclidos nativos, la tenguayaca tiene gran demanda local y regional, además presentar un gran potencial para aprovecharse en policultivos debido a sus hábitos alimenticios carnívoros. Rodiles *et al* (1977), la reportan como una especie con buena distribución y como objeto de pesquerías artesanales

en todo el sistema del río Lacanja, en la Selva Lacandona de Chiapas. Domínguez y Rodiles (1998), mencionan que es una especie cuyo cuerpo presenta mucha carne con pocas espinas, lo que la hace un alimento de proteína animal de amplio consumo.

## JUSTIFICACIÓN

Uno de los principales objetivos de los programas de mejoramiento genético, es el de aumentar los niveles productivos de especies de interés económico como, la tilapia, salmón y trucha (Hershberger *et al.* 1990, Bentsen *et al.* 1998, Basiao *et al.* 2005, Eknath *et al.* 2007). Ofrece una oportunidad importante para incrementar la producción, calidad del producto y sobre todo rentabilidad en empresas que se dedican a la acuicultura (Davis & Hetzel 2000).

En el Sureste de México, para lograr una mayor producción de peces, los productores acuícolas requieren del desarrollo de técnicas alternativas de las especies nativas. El impulso de una nueva cultura en el uso de especies nativas es importante en lo económico y ambiental. Aunado a la demanda local y extranjera, están las grandes presiones sobre sus poblaciones naturales. Pocos estudios han valorado los parámetros biológicos básicos para el desarrollo de programas de especies acuícolas importantes y la información es necesaria para trabajar en la recuperación de sus poblaciones e impulsar un diferente tipo de acuicultura; basada en la sostenibilidad de especies nativas y la seguridad en su alimentación. Debido a su gran importancia ecológica, cultural y comercial, en Tabasco y Chiapas existe especial interés en desarrollar la acuicultura y recuperación de poblaciones pesqueras de *Petenia splendida* (Mendoza 1988).

Durante la última década, el Laboratorio de Acuicultura Tropical de la DACBIOL de la UJAT, ha dirigido diferentes investigaciones que han sido apoyada por el PDA/CRSP para desarrollar técnicas que permitan el cultivo de especies nativas como la del pejelagarto, *Atractosteus tropicus*, y las mojarras *Cichlasoma urophthalmus* y *Petenia splendida*. Estos estudios tienen información valiosa con respecto al rendimiento reproductivo en cautiverio, la masculinización y el cultivo larval. En este sentido, se ha encontrado que *P. splendida* es un buen candidato para su inclusión en la acuicultura. Comercialmente, esta especie es la más deseable, tiene los valores más altos entre cíclidos en el mercado local y la demanda es muy alta. Para lograr el cultivo de peces nativos a una

escala comercial, es importante la investigación básica y aplicada para completar el ciclo vital de la especie en cautiverio. Sin embargo, en México el impulso para esta actividad se ha dado para especies introducidas como la tilapia y la trucha arco iris, porque la tecnología es ya bastante dominada (Rojas & Mendoza 2000). Toda esta información que se ha producido para algunos cíclidos nativos en cautiverio es prometedora. Los números de la producción de juveniles son alentadores y muy valiosos; sin embargo, la mejora genética para acuicultura aún no ha sido desarrollada completamente y a través de esta aproximación, la calidad de los juveniles puede ser perfeccionada significativamente.

El mejoramiento genético en la acuicultura, puede aumentar la productividad en el transcurso de varias generaciones. Está pensado para aumentar las tasas de crecimiento y el rendimiento de forma gradual a lo largo de muchos años, que originará una población mejorada genéticamente (Tave 1996).

El objetivo del presente estudio, consistió en la evaluación del desempeño reproductivo de organismos adultos de la mojarra tenguayaca *P. splendida*, de cuatro localidades de la región (Nacajuca, Centla y Centro en Tabasco y Malpaso en Chiapas), la comparación de parámetros morfométricos y reproductivos; así como la evaluación del crecimiento de familias que se lograron por localidad, para la obtención de un lote de reproductores mejorados genéticamente. La información generada, permitirá contribuir en el conocimiento de su reproducción en cautiverio y un mejor manejo del cultivo de la especie.

#### OBJETIVO GENERAL

- Obtener un lote de reproductores de la mojarra tenguayaca, *Petenia splendida*, seleccionados en base a su crecimiento.

#### OBJETIVOS PARTICULARES

- Evaluar desempeño reproductivo de los organismos adultos obtenidos de cuatro localidades de la región.
- Determinar las diferencias de los índices de crecimiento de familias obtenidas por localidad.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.

## AGRADECIMIENTOS

Al Fisheries and Aquaculture Collaborative Research Support Program. El F&A CRSP es parcialmente financiado por la United States Agency for International Development (USAID). Financiamiento No. **EPP-A-00-06-00012-00** y por otras instituciones participantes. Las opiniones vertidas son exclusivas de los autores y no necesariamente reflejan los puntos de vista de la US Agency for International Development. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca de posgrado otorgada.

## REFERENCIAS

- Aly, M. Y. & C. C. Lindsey. 1974. Heritable and temperature-induced meristic variation in the medaka *Oryzias latipes*. *Canadian Journal of Zoology* 52: 959-976.
- Álvarez del Villar, J., 1970. Peces Mexicanos (Claves). Instituto de Investigaciones Biológicas Pesqueras. Comisión Consultiva de Pesca. México 166 pp.
- Allendorf, F., N. Ryman, F. Utter. 1987. Genetics and fishery management: past, present and future. In: Ryman, N. and Utter, F., eds. *Population Genetics and Fishery Management*. Seattle and London: Washington Sea Grant Publications/Univ. Washington Press, 1-19 pp.
- Astorqui, I. 1971. Peces de la cuenca de los grandes lagos de Nicaragua. *Rev. Biol. Tropical*. 19 (1,2): 7-57 pp.
- Barker, M. F. & R. E. Scheibling. 2008. Rates of fission, somatic growth and gonadal development of a fissiparous sea star, *Allostichaste rinsignis*, in New Zealand. *Marine Biology* 153:815-824.
- Bartley, D. M. & E. M. Hallerman. 1995. Global perspective on the utilization of genetically modified organisms in aquaculture and fisheries. *Aquaculture* 137: 1-7
- Barton, B. A. & G. K. Iwama. 1991. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids. *Annual Reviews of Fish Diseases* 1:3-26.

- Basiao, Z. U., A. L. Arago, & R. W. Doyle. 2005. A farmer-oriented Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L., breed improvement in the Philippines. *Aquaculture Research* 36: 113-119.
- Batts, B. S. 1972. Sexual maturity, fecundity and sex ratios of the Skipjack Tuna, *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus), in North Carolina waters. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 101 (4): 626-637.
- Bayne, B. L., Windows, J. & R. J. Thompson. 1976. Physiological integrations. 261-291. En: Bayne, B.L. (eds). *Animal Physiology: Principles and Adaptations*. MacMillan Company, New York.
- Beamish, F. W. H., Sitja-Bobadilla, A., Jebbink, J. A. & P. T. K. Woo. 1996. Bioenergetic cost of cryptobiosis in fish: rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* infected with *Cryptobia salmositica* and with an attenuated live vaccine. *Diseases of Aquatic Organisms* 25:1-8.
- Bentsen, H. B., A. E. Eknath, M. S. Palada-de Vera, J. C. Danting, H. L. Bolivar, R. A. Reyes, E. E. Dionisio, F. M. Longa long, A. V. Circa, M. M. Tayamen, & B. Gjerde. 1988. Genetic improvement of farmed tilapias: growth performance in a complete diallel cross experiment with eight strains of *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture* 204: 349-359.
- Blazer, V. S. 1991. Piscine macrophage function and nutritional influences: A review. *J. Aquat. Anim. Health*, 3:77-86.
- Brett, J. R. 1974. Tank experiment on the culture of pansizesckeye (*Oncorhynchus nerka*) and pink salmon (*O. gorbuscha*) using environmental control. *Aquaculture* 4: 341-352.
- Brett, J. R. 1979. Environmental factors and growth. In: W. S. Hoar, D. J. Randal & J. R. Brett (Eds.). *Fish Physiology V. bioenergetics and Growth*. Academic Press, Inc., San Diego, CA. USA, pp. 559-675.
- Cancino, J. & J. Castilla. 1985. Emersion behaviour and foraging ecology of the common Chilean clingfish *Sicyases sanguineus* (Pisces: Gobiesocidae). *Journal of Natural History* 22: 249-261.
- Caro, C., Mendoza, A. & Sánchez, M. 1994. Caracterización del medio ambiente de *Petenia splendida* en lagunas del sur de Quintana Roo. En *Memorias del II Seminario*

- sobre peces nativos, con uso potencial en acuicultura, del 23 al 26 de mayo de 1994, en H. Cárdenas, Tabaco, México.
- Carrillo, M., S. Zanuy & M. J. Bayarri. 2009. Control ambiental de la reproducción de los peces con especial referencia al control del ciclo sexual, de la pubertad y de la precocidad. Páginas 175-246. En: J. Espinoza de los Monteros y A. Carrillo-Estévez. Aspectos básicos y sus aplicaciones en la acuicultura. Publicaciones Científicas y Tecnológicas de Fundación Observatorio Español de Acuicultura. Madrid.
- Chase, B. C. 2002. Differences in diet of Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) at five seasonal feeding grounds on the New England Continental Shelf Fisher y Bulletin 100: 168-180.
- Cifuentes-Lemus, J. L., Torres-García, P. & M. M. Frías. 1997. Comportamiento de los organismos marinos frente a la temperatura y a la salinidad. En: Cifuentes-Lemus, J. L., Torres-García, P. & Frías, M. M. El Océano y sus Recursos IV. Ciencias del Mar: Oceanografía Biológica.
- Clark, T. D. & R. S. Seymour. 2006. Cardio respiratory physiology and swimming energetics of a high-energy-demand teleost, the yellowtail kingfish (*Seriola lalandi*). Journal of Experimental Biology 209:3940-3951.
- Conkel, D. 1993. *Cichlids of North and Central America*. T. F. H. Publications, Inc., USA. Pág. 186
- Chávez L. M. O., Mattheeuws A. E., Pérez V. M. H. 1989. Biología de los Peces del Río San Pedro en Vista de Determinar su Potencial para la Piscicultura. INIREB-FUCID. 126 pp.
- Coward, K. & R. N. Bromage. 2000. Reproductive physiology of female tilapia broodstock. Review in Fish Biology and Fisheries 10: 1-25
- Davis, G. P. & D. J. Hetzel. 2000. Integrating molecular genetics technology with traditional approaches for genetic improvement in aquaculture species. *Aquaculture Research*.
- Davis, K. & M. McEntire. 2009. Comparison of the cortisol and glucose stress response to acute confinement among white bass, Monrone chrysops, striped bass, *Monrone saxatilis* and sunshine bass, *Monrone chrysops* and *Morone saxatilis*. Journal of the World Aquaculture Society 40:567-572.

- D'Abramo, L., Conklin, D. & D. L. Akiyama. 1997. Crustacean nutrition. *Advances in World Aquaculture*, vol. 6.
- Dokken, Q. R. 1987. Effects of varying macronutrients and energy ratio on growth and survival of *P. vannamei* and *P. setiferus*. Texas A & M University, College Station, Texas, USA. Un published.
- Domínguez, C. S. & Rodiles H. R. 1998. Guía de Peces del Río Lacanja, Selva Lacandona, Chiapas, México. Guías Científicas ECOSUR. Colegio de la Frontera Sur. México. 69 pp.
- Dórner, H. & A. Wagner. 2003. Size-dependent predator-prey relationships between perch and their fish prey. *Journal of Fish Biology* 62: 1021-1032.
- Drucker, B. 1972. Some life history characteristics of Coho Salmon of the Karluk River System, Kodiak island, Alaska. U.S. Dep. of Comm. Fish Bull. 70 (1): 79-94.
- Dunham, R. A. 1995. Declaración y plan de acción de Kyoto sobre la contribución sostenible de la pesca a la seguridad alimentaria. Conferencia Internacional. Kyoto, Japón, 4-9 de diciembre de 1995. <http://www.fao.org/DOCREP/006/AC442S/AC442S00.HTM>.
- Dunham, R. A. K. Majumdar, E. Hallerman, D. Bartley, G. Mair, G. Hulata, Z. Liu, N. Pongthana, J. Bakos, D. Penman, M. Gupta, P. Rothlisberg & G. Hoerstgen-Schwark. 2001. Review of the status of aquaculture regenetics. In: *Aquaculture in the Third Millenium. Technical Proceedings of the Conference on Aquaculture in the Third Millennium* (20-25 de febrero, 2000. Bangkok, Tailandia). R. P. Subasinghe, P. Bueno, M. J. Phillips, C. Hough, S. E. McGladdery y J. R. Arthur (eds.): 129-157. NACA. Bangkok, Tailandia.
- Einum, S. & I. A. Fleming. 2000. Selection against late emergence and small offspring in Atlantic salmon *Salmo salar*. *Evolution* 54 (2): 628-639.
- Eknath, A. E., H. B. Bentsen, R. W. Ponzoni, M. Rye, N. H. Nguyen, J. Thodesen, & B. Gjerde. 2007. Genetic improvement of farmed tilapias: Composition and genetic parameters of a synthetic base populations of *Oreochromis niloticas* for selective breeding. *Aquaculture* 273: 1-14.
- Elliot, J. M. & M. A. Hurley. 1995. The functional relationship between body size and growth rate in fish. *Functional Ecology* 9: 625-627.

- Espinoza, H. M. Gaspar & P. Fuentes. 1993. Listados Faunísticos de México. Los Peces dulceacuícolas Mexicanos. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 99 pp.
- Fjalestad, K. T. 2005. Selection methods. Pages 159-170 In T. Gjedrem (Editor). Selection and breeding programs in aquaculture. Springer, Dordrecht. The Netherlands.
- Fletcher, T. C. 1986. Modulation of nonspecific host defenses in fish. *Vet. Immunol. Immunopathol.*, 12:59-67.
- Forestry, F. 2000. Biotechnology and fish culture. *Hydrobiology*. 420: 45-47.
- García García, B. 1994. Factores que influyen sobre el consumo de oxígeno, ingesta y crecimiento en la dorada (*Sparus aurata* L.): una aproximación al establecimiento de modelos lineales. Tesis doctoral. Departamento de Fisiología y Farmacología. Universidad de Murcia. España. 231 pp.
- Gatz, A. J. 1979. Community organization in fishes as indicated by morphological features. *Ecology*. 60:711-718.
- Gillooly, J. F., Brown, J.H., West, G.B., Savage, V. M. & E. L. Charnov. 2001. Effects of size and temperature on metabolic rate. *Science*. 293:2248-2251.
- Gjedrem, T. 1985. Improvement of productivity through breeding schemes. *GeoJournal*. 10: 233-2410: 233-241.
- Gjedrem, T. 2005. Selection and breeding programs in aquaculture. Springer, Dordrecht. The Netherlands.
- Gosline, W. 1971. Functional morphology and classification of teleostean fishes. The University Press of Hawaii, Honolulu, USA. 208 pp.
- Güel, R. 1973. Factores que influyen en el crecimiento somático. *Revista Cubana de Pediatría* 47:523-5.
- Hallerman E. M. & A. R. Kapuscinsk. 1995. Incorporating risk assessment and risk management into public policies on genetically modified finfish and shellfish. *Aquaculture* 137: 9-17.
- Hard, J. J. G. A. Winans, J. C. & Richardson. 1999. Phenotypic and genetic architecture of juvenile morphometry in Chinook salmon. *J. Hered.* 90 (6):597-606.

- Haukenes, A. H. Barton, B. A. & H. Bolligs. 2008. Cortisol responses of pallid sturgeon and yellow perch following challenge with lypopoly saccharidae. *Journal of Fish Biology* 72:780-784.
- Hershberger, W. K. J. M. Myers, R. N. Iwamoto, W. C. McAuley, & A. M. Saxton. 1990. Genetic changes in the growth of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) in marine net-pens, produced by ten years of selection. *Aquaculture* 85: 187-197.
- Holden, M. J. Raitt, D. F. S. 1975. Manual de Ciencia Pesquera, Parte 2. Métodos para Investigar los Recursos y su Aplicación.
- Huey, R. B. & A. F. Bennett. 1990. Physiological adjustments to fluctuating thermal environments: Anecological and evolutionary perspective. *Stress proteins in biology and medicine*. 37-59.
- Hulata, G. 2001. Genetic manipulations in aquaculture: a review of stock improvement by classical and modern technologies, *Genetic* 111: 155-173.
- Hutchings, J. A. 1991. Fitness consequences of variation in egg size and food abundance in brook trout, *Salvelinus fontinalis*. *Evolution* 45: 1162-1168.
- Ibáñez, C. M. C. González & L. Cubillos. 2004. Dieta del pez espada *Xiphias gladius* Linnaeus, 1758, en aguas oceánicas de Chile central en invierno de 2003. *Investigaciones Marinas (Chile)* 32: 113-120.
- Ibáñez, C. M. 2005. Relaciones morfométricas del draco rayado *Champsocephalus gunnari* (Perciformes, Notothenioidei) y su presa el krill antártico *Euphausia superba* (Crustacea, Euphausiacea). *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile)* 54: 33-36.
- Jobling, M. 1994. Fish bioenergetics. Chapman and Hall, London. G. B. 1994. 309 p.
- Jobling, M. A. M. Arnesen, B. M. Baardvik, J. S. Christiansen & E. H. Jorgensen. 1995. Monitoring feeding behaviour and food intake: Methods and applications. *Aquaculture Nutrition* 1: 131-143.
- karpouzi, V. S. & K. I. Stergiou. 2003. Mouth shape and relationships between mouth size and body length for several marine fishes: trophic implications. *Journal of Fish Biology* 62: 1353-1365.

- Klekowski, K. R. & A. Duncan. 1975. Physiological approach to ecological energetics. 15-36. In: Grodzinski, W.R.Z., Klekowski, K.R. & Duncan, A. (eds) Methods for Ecological Bioenergetics. Blackwell Science, Oxford.
- Kovac, V. G. H. Copp, M. P. Francis. 1999. Morphometry of the stone loach, *Barbatula barbatula*: Do mensural characters reflect the species' life history thresholds?.
- Kullander, S. O. 2003. *Petenia splendida*, Bay Snook. Froese, R. y D. Pauly. Editores. 2011. Fishbase. Publication World Wide Web Electronics. [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org), versión (10/2011).
- Lahti, K. & N. Lower. 2000. Effects of size asymmetry on aggression and food acquisition in Arctic charr. *Journal of Fish Biology* 56: 915-922.
- Lagler, K. F., Bardach, J. E., Miller, R. R. & May-Passino, D. R., 1990. *Ictiología*, AGT Editor, México, D. F., 489 p.
- Lehninger, A. L. 1995. *Bioquímica*. Segunda Edición. Ediciones Omega S.A. de C.V. Barcelona, España. 1117 pp.
- Linde, M. M. Palmer & J. Gómez-Zurita. 2004. Differential correlates of diet and phylogeny on the shape of the premaxilla and anterior tooth in sparid fishes (Perciformes: Sparidae). *Journal of Evolutionary Biology* 17: 941-952.
- Lindsey, C. C. 1988. Factors controlling meristic variation. Pages 197-274 In: W. S. Hoar and D. J. Randall (Editors). *Fish Physiology* Vol. 11-B. Academic Press, San Diego, C. A.
- López-Fanjul, C. & M. A. Toro 1988. *Mejora genética de peces y moluscos*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Lucas, A. 1996. *Bioenergetics of Aquatic Animals*. Taylor & Francis, Ltd. 169 pp.
- Maroñas, M. E.; G. A. Darrigran; E. D. Sendra & G. Breckon. 2003. Shell growth of golden mussel, *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae), in the Río de la Plata, Argentina. *Hidrobiología* 495: 41-45.
- Marteinsdottir, G. & G. A. Begg. 2002. Essential relationships incorporating the influence of age, size and condition on variables required for estimation of reproductive potential in Atlantic cod *Gadus morhua*. *Marine Ecology Progress Series* Vol. 235:235-256.

- Martínez-Porchas, M. 2005. Efecto de la proporción proteína/energía dietética en el desempeño biológico de *Litopenaeus vannamei* en baja temperatura. Universidad de Sonora. Tesis de Maestría. 47pp.
- Martínez-Porchas, M.; Martínez-Córdova, L. R. & Ramos-Enríquez, R. 2009. Dinámica del crecimiento de peces y crustáceos. REDVET. Revista electrónica de Veterinaria. Vol. 10, (40). <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n101009.html>
- Martínez-Palacios, C. & L. G. Ross. 1994. Biología y cultivo de la mojarra latinoamericana *Cichlasoma urophthalmus*. Editorial CIAD-CONACYT. México.
- Maule, A. G., R. Schrock, C. Slater, M.S. Fitzpatrick & C.B. Schreck. 1996. Immune and endocrine responses of adult chinook salmon during freshwater immigration and sexual maturation. Fish Shell fish Immunol., 6:221-233.
- Mendoza, E. 1988. Desarrollo larval de *Cichlasoma urophthalmus*. Memorias del primer seminario sobre peces nativos con uso potencial en acuicultura. Cárdenas, Tabasco, México. CEICADES-UJAT-INIREB. 16-17 p.
- Mendoza, A., Páramo, S., Contreras, M. W., Márquez, G. 1993. Alternativas para el desarrollo piscícola para el manejo complementario de áreas inundadas de Tabasco, México. En Tabasco realidad y perspectiva. Vol. II, Gobierno del Estado de Tabasco, 263-279.
- Miller, R. R. 1992. Pisces, p.486-501. In S. H. Hurlbert and A. Villalobos-Figueroa (eds.). Aquatic biota of México, Central America and the West Indies. San Diego, California, EEUU.
- Miller, R. R., Minckley, W.L. & Norris, S. M. 2009. Peces dulceacuícolas de México. Primera edición en español: 2009. Pp. 386-409. Editoriales. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D. F. 559 p.
- Morales, D. A., 2003. Biología, cultivo y comercialización de la Tilapia. Editorial AGT editor, S.A., México, 201p.
- Musa, A. S. M. & B. A. Salam. 2007. Fecundity on *Mystus bleekari* (Day 1877) from the river Padma near Rajshahi City. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Science 7:161-162.
- Muñoz-Cueto, J. A. 2009. Cerebro y reproducción en peces: Bases neurales y neuroendócrinas. Páginas 27-96 En: J. Espinosa de los Monteros y A. Carrillo-

- Esteves. La reproducción de los peces: aspectos básicos y sus aplicaciones en acuicultura. Publicaciones Científicas y Tecnológicas de la Fundación Observatorio Español de Acuicultura. Madrid, España.
- Wills-Franco, G. A., & Muñoz Ramírez, A. P. 2005. Importancia de la nutrición en la reproducción de peces Teleósteos. Páginas 63-77 En: Reproducción de los peces en el trópico. Editoriales. Subgerencia de Pesca y Acuicultura de la INCODER, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D. C. Colombia. 246 p.
- Nikolsky, G. 1963. The ecology of fishes Academic. Press. London. 352. p.
- Nilsson, P. A. & C. Brónmark. 2000. Prey vulnerability to a gape-size limited predator: behavioural and morphological impacts on northern pike piscivory. *Oikos* 88: 539-546.
- Olofsson, H. & H. Mosegaard. 1999. Larger eggs in resident Brown trout living in sympatry with anadromus Brown trout. *Ecology Freshwater Fish* 8: 59-64.
- Páramo, S. 1982. Ictiofauna del río González y lagunas adyacentes, Tabasco, México. Tesis Profesional, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 75 p, 9 tabss, 14 mapas, 61 figuras.
- Pickering, A. D. & Christie, P. 1980. Sexual differences in the incidence and severity of ectoparasitic infestation of the brown trout, *Salmo trutta* L. *J. Fish Biol.*, 16:669-683.
- Prosser, C. L. 1986. Adaptational biology: Molecules to organisms. John Wiley, New York.
- Pruder, G. D. 2000. Biosecure Zero-Water Exchange Shrimp Production Systems. *J. Ocean Univ. Qindago*. 30: 92-106.
- Re, A. D., Diaz, F., Sierra, E. & S. Gomez-Jimenez. 2004. Oxygen consumption, ammonium and osmoregulatory capacity of *Litopenae usstylirostris* (Stimpson) exposed to different combinations of temperature and salinity. *Ciencias Marinas*. 30:433-453.
- Reséndez, A. 1981. Estudio de los peces de la laguna de Términos, Campeche, México. II., *Biótica* 6 (4) 345-430.
- Reséndez, A. & Salvadores, M. L. 1983. Contribución al conocimiento de la biología del pejelagarto *Atractosteus tropicus* (Gill) y la Tenguayaca *Petenia splendida* (Gunter) del estado de Tabasco. *Biótica* 8 (4): 413-426.

- Robinson, B. W., D. S. Wilson. 1996. Genetic variation and phenotypic plasticity in a trophically polymorphic population of pumpkinseed sunfish (*Lepomis gibbosus*). *Evol. Ecol.* 10:631-652.
- Rodiles, H. R., S. Domínguez & E. Velázquez. 1977. Diversidad Ictiofaunística en el Río Lacanja. Resúmenes del V Congreso Nacional de ictiología, Mazatlán, Sinaloa, México. Pág. 9.
- Rojas, C. P. & Mendoza, R. 2000. El Cultivo de Especies Nativas en México. Instituto Nacional de Pesca-SEMARNAP. Dirección General de Investigaciones en Acuicultura. Estado de Salud en la Acuicultura, noviembre. 42 p.
- Ross, L. G. & M. C. M. Beveridge. 1995. Is a better strategy necessary for development of native species for aquaculture? A Mexican case study. *Aquaculture Research*. 26: 539-547.
- Ryman, N., F. Utter & L. Laikre. 1995. Protection of intraspecific biodiversity of exploited fishes. *Rev. Fish Biol. and Fisheries* 5:417-446.
- Saborido-Rey, F. 2008. Ecología de la reproducción y potencial reproductivo en las poblaciones de peces marinos. Curso doctorado del programa "Biología de los Organismos y Ecosistemas" del Departamento de "Ecología y Biología Animal" de la Universidad de Vigo. Instituto de Investigaciones Marinas (CSIC). Universidad de Vigo, España. 71 pp. <http://hdl.handle.net/10261/7260>.
- Scharf, F. S. F. Juanes & R. A. Rountree. 2000. Predator size-prey size relationships of marine fish predators: interspecific variation and effects of ontogeny and body size on trophic-niche breadth. *Marine Ecology Progress Series* 208: 229-248.
- Slater, C. H. & Schreck, C. B. 1993. Testosterone alters immune response of chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Gen. Comp. Endocrinol.*, 89:291-298.
- Stergiou, K. I. & H. Fourtouni. 1991. Food habits, ontogenetic diet shift and selectivity in *Zeus faber* Linnaeus, 1758. *Journal of Fish Biology* 39: 589-603.
- National Research Council. 1993. Nutrient Requirement of Fish. Board on Agriculture. National Academy Press. Washington, D.C. 128 p.
- Swaint, D. P. & C. J. Foote. 1999. Stocks and chameleons: The use of phenotypic variation in stock identification. *Fisheries Research* 43: 123-128.

- Tacon, A. G. J. 1993. Feed formulation and on-farm feed management. 61-74. In: M. B. New, A. G. J., Tacon & I. Csavas. Farm-made aquafeeds. Thailandia.
- Tarter, D. C. 1968. The biology of the western blacknose dace, *Rhinichthy satratulus meleagris* Agassiz, in Doe Run, Meade County, Kentucky. Univ. of Louisville, Kentucky. 156 p.
- Tave, D. 1996. Programas de cría selectiva para piscifactorías de tamaño medio. FAO Documento Técnico de Pesca. No. 352. Roma, 127 p.
- Toro, M. A. & C. López-Fanjul. 1997. Mejora genética en Acuicultura. En: *Producción Animal Acuática*. C. Buxadé (ed.): 107 p. Mundi-Prensa. Madrid.
- Torres-Orozco, B. R., 1991. Los Peces de México. AGT Editor, S. A. México. 191 p.
- Turan, C. 2000. Otolith shape and meristic analysis of Herring (*Clupea harengus*) in the northeast Atlantic. *Archive of Fishery and Marine Research* 48 (3): 283-295.
- Turan, C. M. Oral, B. Ozturk, & E. Duzgunes. 2006. Morfometric and meristic variation between stocks of Bluefish (*Pomato mussaltatrix*) in the Black, Marmara, Aegean and northeastern Mediterranean seas. *Fisheries Research* 79: 139-147.
- Vega, M. E., Díaz, F. & S. Espina. 2004. Balance energético de juveniles de *Chirostoma estor estor* (Jordan, 1879) (Pises, Atherinopsidae) en relación con el tamaño corporal. *Hidrobiología* 14: 113-120.
- Valtierra-Vega, M. T. & J. J. Schmitter-Soto 2000 Hábitos alimentarios de las mojarras (Perciformes: Cichlidae) de la laguna Caobas, Quintana Roo, México. *Rev. Biol. Trop.* 48 2/3):503-508
- Velasco, R. C., 1976. Los Peces de Agua Dulce del Estado de Chiapas. Ediciones Gobierno Del Estado. México. 154p.
- Villarroel, J. C. & E. Acuña. 1999. Alimentación y relaciones predador-presa en el lenguado de ojos grandes *Hippoglossina macrops* Steindachner 1876 (Pisces: Paralichthyidae) de la zona norte de Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía (Chile)* 34: 145-154.
- Wainwright, P. C. 1988. Morphology and ecology: functional basis of feeding constraints in Caribbean labrid fishes. *Ecology* 69: 635-645.

- Wang, N., R. S. Hayward & D. B. Noltie. 2000. Effects of social interactions on growth of juvenile hybrid Sunfish held at two densities. *North American Journal of Aquaculture* 62: 161-167.
- Watson, D. J., E. K. Balon. 1984. Ecomorphological analysis of fish taxocenes in rainforest streams of northern Borneo. *J. Fish Biol.* 25:371-384.
- Webb, P. W., D. Weihs. 1986 Functional locomotor morphology of early life history stages of fishes. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 115:115-127.
- Webb, P. W. 1984. Body form, locomotion and foraging in aquatic vertebrates *American Zoologist* 24: 107-120.
- Wills-Franco, G. A. & A. P. Muñoz-Ramírez. 2005. Importancia de la nutrición en la reproducción de peces teleósteos. Páginas 63-77 En P. V. caza, M. A. Landinez-Parra y A. I. Sanabria Ochoa (Editores). *Reproducción de los peces tropicales*. Imprenta Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.

## CAPITULO II

**Evaluación del desempeño reproductivo de adultos de *Petenia splendida*, (Perciforme: Cichlidae) en Tabasco, México<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup>Artículo que será sometido a la revista Biología Tropical.

**Evaluación del desempeño reproductivo de adultos de *Petenia splendida* (Perciforme: Cichlidae), en Tabasco, México.**

José Elías Sánchez Pérez<sup>1</sup>., Wilfrido M. Contreras Sánchez<sup>1</sup> & Mario Fernández Pérez<sup>2</sup>;

<sup>1</sup>Laboratorio de Acuicultura Tropical. División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Villahermosa-Cárdenas Km 0.5 Entronque a Bosques de Saloya, Villahermosa, Tabasco. C.P. 86000, México; [s\\_elias05@yahoo.com.mx](mailto:s_elias05@yahoo.com.mx) & [contrerw@hotmail.com](mailto:contrerw@hotmail.com)

<sup>2</sup>Laboratorio de Reproducción y Genética Acuícola. División Académica de Ciencias Agropecuarias. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Villahermosa-Teapa Km 25, La Huasteca, Tabasco, México; [mafepez@hotmail.com](mailto:mafepez@hotmail.com)

**ABSTRACT:** The reproductive performance of adult organisms of the Minnow Snook, *Petenia splendida* from the 2009-2010 cycle was assessed. Samples were taken in the Municipalities of Nacajuca, Centla and Centro, Tabasco, and in Malpaso, Chiapas. From the reproductive cycle of 2009, it was obtained a total of 69 batches, which included 41 females with 109,056 larvae. Females with the highest number of spawning and hatched larvae were in Nacajuca, followed by Centro and Centla. The location with lower production was Malpaso, Chiapas. The best average of hatched larvae was for the Municipality of Centla. On the other hand, the reproductive cycle of 2010, it was obtained a total of 40 batches with 22 females carrying 97,649 larvae. Females with the highest number of spawning events were in the Municipality of Centro, followed Nacajuca and Centla. In this case, Malpaso had again the lowest number of spawning events.

**Keywords:** Reproductive cycle, Snook, *P. splendida*, native species.

Número de palabras: 7 293

La mojarra tenguayaca *Petenia splendida*, es una especie propia del lago Petén en Guatemala, su distribución va desde la vertiente del Atlántico Mesoamericano, cuenca del río Grijalva, Tabasco, Chiapas, Veracruz, cuenca del río Papaloapan, presa Miguel Alemán, Oaxaca, presa de Temazcal, al este hasta la cuenca del río Usumacinta en México y Guatemala (Petén), incluido el lago Petén, de ahí al norte hasta Campeche y el sureste de Quintana Roo y la cuenca del río Belice, Belice (Reséndez-Medina & Salvadores 1983, Chávez *et al.* 1989, Miller 1992, Caro *et al.* 1994, Miller *et al.* 2009). Alcanza la madurez sexual a los 16.5 cm, el desove da inicio en marzo, con un máximo entre junio y julio y termina en octubre. Es una especie carnívora principalmente ictiófaga y en menor proporción se alimenta con materia orgánica, restos vegetales e insectos, capturando aparentemente su alimento durante el día. Presenta una longitud que varía entre 35 a 40 cm, con un peso máximo de 800 g. Es una especie de cuerpo alto y comprimido, boca terminal, grande y protráctil; los dientes en forma de cono con terminales puntiagudas. Se reproduce sobre sustrato, con cuidado de la progenie. Tiene una apariencia espléndida, de color dorado-plateado. Las hembras desovan cerca de 1,000 huevos, el número varía de acuerdo al peso de la hembra, los huevos tardan en eclosionar 5 días con una temperatura de 28 °C. Los huevos miden entre 1 y 2 mm de diámetro. Las larvas tienen un peso promedio de  $5.0 \pm 0.01$  mg y  $6.03 \pm 0.021$  mm de longitud total a los 3 días posteclosión. La pareja de progenitores se vuelve a reproducir a los 45 días. (Álvarez del Villar 1970, Astorqui 1971, Velasco 1976, Reséndez-Medina & Salvadores 1983, Chávez *et al.* 1989, Conkel 1993, Valtierra-Vega & Schmitter-Soto 2000). La especie se caracteriza por no tener vaina escamosa en la base de las aletas dorsal y anal. Presenta de 26 a 30 escamas en una serie longitudinal y de 9 a 12 branquiespinas totales (de 7 a 9 en la rama inferior) en el primer arco branquial. La aleta dorsal tiene de 15 a 16 espinas y de 10 a 12 radios; la aleta anal de 6 a 7 espinas y de 7 a 9 radios (Páramo 1982). *P. splendida* tiene gran demanda local y regional, además de presentar un gran potencial para aprovecharse en policultivos debido a sus hábitos alimenticios carnívoros, como objeto de pesquerías artesanales en todo el sistema del río Lacanja, en la Selva Lacandona de Chiapas. Es una especie cuyo cuerpo presenta mucha carne con pocas espinas, lo que la hace un alimento de proteína animal de amplio consumo (Rodiles *et al.* 1977, Caro *et al.* 1994, Domínguez & Rodiles 1998). Pocos estudios han valorado los parámetros biológicos básicos para la constitución de nuevas

especies en procesos de acuicultura y la información es necesaria para trabajar en la recuperación de sus poblaciones naturales e impulsar una acuicultura diferente; basada en la sostenibilidad de especies nativas y la seguridad en su alimentación. Debido a su gran importancia ecológica, cultural y comercial, en Tabasco y Chiapas existe especial interés en desarrollar la acuicultura y recuperación de poblaciones pesqueras de *P. splendida* (Mendoza 1988). El conocimiento del desempeño reproductivo de los reproductores utilizados en este estudio es importante para determinar su potencial productivo, ya que uno de los problemas que existen en cultivos de esta especie, es la baja producción de crías y es aquí, donde se hace significativo el conocimiento relacionados con la reproducción porque se pueden establecer mejores estrategias que permitan una mayor obtención de crías.

En el presente estudio, se evaluó el desempeño reproductivo de organismos adultos de la mojarra tenguayaca *P. splendida*, de cuatro localidades de la región (Nacajuca, Centla y Centro en Tabasco y Malpaso en Chiapas), en el que se compararon parámetros morfométricos y reproductivos que permitirán contribuir en el conocimiento de su reproducción en cautiverio y mejor manejo del cultivo de la especie.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Acuicultura Tropical de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBIOL) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Los reproductores que usaron en el trabajo de investigación, se obtuvieron en colectas de lagunas de cuatro zonas (Nacajuca, Centla y Centro en Tabasco y Malpaso en Chiapas). Una vez capturados, los lotes de adultos se transportaron al Laboratorio de Acuicultura Tropical de la DACBIOL y se mantuvieron por cuatro semanas en tanques de plástico con capacidad de 2000 L, incorporados a un sistema de recirculación para su aclimatación. Posteriormente para su identificación, se marcaron individualmente implantando intramuscularmente un microchip (1cm de longitud; 2 mm de diámetro) en la región dorsal media empleando una jeringa. Los peces fueron sexados, pesados y se registraron 13 características morfométricas: longitud total, longitud estándar, altura del cuerpo, longitud de la aleta dorsal, pectoral, pélvica, longitud y altura del pedúnculo, perímetro, longitud de la cabeza, longitud de la mandíbula superior, diámetro de la boca y diámetro ocular. Con estas variables se construyeron variables biométricas que consistieron

en: longitud total/longitud de cabeza (LtyLcab), longitud total/altura del cuerpo (LtyAc), longitud total/longitud aleta dorsal (LtyLad), longitud total/longitud aleta pectoral (LtyLappec), longitud total/longitud aleta pélvica (LtyLapel), longitud total/longitud pedúnculo (LtyLped), longitud total/altura pedúnculo (LtyAlped), longitud total/perímetro (LtyPer), longitud total/longitud mandíbula superior (LtyLmans), longitud total/diámetro de la boca (LtyDiabo) y longitud total/diámetro ocular (LtyDiaocu); así como 6 características morfológicas: número de radios de la aleta anal y dorsal; número de espinas de la aleta anal y dorsal y el número de escamas de la línea lateral superior e inferior.

Para el inicio del ciclo de reproducción 2009, se seleccionaron 36 reproductores de la localidad de Centro (27 ♀: 9 ♂), 24 de Nacajuca (18♀: 6 ♂), 12 de Centla (9♀: 3♂) y 24 reproductores de Malpaso (18♀: 6♂). Para el ciclo reproductivo 2010, se trabajó con 18 reproductores de la localidad de Centro (14♀: 4♂), 12 de Nacajuca (9♀: 3♂), 6 de Centla (4♀: 2♂) y 6 reproductores de Malpaso (4♀: 2♂). Fueron distribuidos aleatoriamente en tanques de reproducción de plástico de 2.5 m de diámetro y un metro de profundidad, manteniéndose por separado los lotes de las diferentes localidades. Cada tanque contenía 9 hembras y 3 machos, manteniéndose una relación hembra-macho de 3:1. Estos tanques fueron acondicionados colocando láminas de plástico de 30.5 X 61 cm, como protección de los nidos de las parejas. Una vez iniciados los desoves, se mantuvo una estrecha vigilancia de los padres y al momento de las eclosiones de las larvas, se procedió a recolectarlas por sifoneo suave, para posteriormente trasladarlas a tinas de plástico con capacidad de 60 L con aireación constante, capturándose a los padres de manera individual, tomando la lectura de los microchips con un lector Avid. Una vez que las larvas iniciaron actividad de nado libre (aproximadamente tres días posteriores al traslado) se procedió a contarlas de manera individual, empleando una red de cuchara para acuarios. Se mantuvieron por 15 días alimentadas con alimento vivo (nauplios de *Artemia*) *ad libitum*.

La calidad del agua del sistema se mantuvo realizando cambios parciales del 50% cada 15 días, el oxígeno disuelto y la temperatura fueron monitoreados diariamente con un oxímetro YSI 55 (California, USA). Para el pH se usó un medidor portátil digital de la marca CONDUCTRONIC modelo pH10. A los reproductores se les proporcionó alimento vivo a saciedad (juveniles de tilapia *Oreochromis niloticus*).

**Análisis estadísticos:** Para determinar si existen diferencias morfométricas entre las poblaciones de peces estudiadas, se realizó un análisis discriminante múltiple por pasos hacia adelante, empleando las variables biométricas construidas. Con ello se determinó el porcentaje de acierto en el establecimiento de memberships por localidad de origen. Se incluyeron las seis variables merísticas muestreadas y las once variables biométricas construidas a partir de los datos morfométricos de los 95 reproductores de las cuatro localidades. Para determinar si se presentaron diferencias significativas entre el factor de condición (K) y los parámetros: peso promedio de la hembra y número de larvas eclosionadas, se realizó un análisis de varianza ANOVA de una vía. El análisis estadístico se realizó con el programa STATGRAPHICS Plus ® V. 5. Con un nivel de confianza del 95%.

## RESULTADOS

**Características morfométricas y merísticas de adultos:** Los resultados del análisis discriminante múltiple por pasos indican que existe una fuerte asociación de valores que permiten la discriminación entre los organismos provenientes de las localidades estudiadas. Las funciones canónicas 1 (F1) y 2 (F2) explican el 54.70% y el 32.65% respectivamente de la variabilidad de los datos con un valor alto de significancia ( $p < 0.001$ ). La función 3 (F3) obtenida por el modelo representó el 12.65% de la variabilidad, no siendo estadísticamente significativa ( $p = 0.066$ ). Los organismos clasificados correctamente por el modelo corresponden al 67.5% del total (Fig. 2). Los valores más altos de clasificación correcta correspondieron a Centla (81.82%), seguidos de Nacajuca (75.00%) y Malpaso (72.73%); siendo el valor más bajo para el Centro con un 55.56%. Las asignaciones de memberships para Nacajuca y Centla tuvieron nula identificación errónea como organismos de Malpaso. Los valores de clasificación errónea más altos correspondieron a organismos de Nacajuca (20.83%; clasificados erróneamente como organismos de Centro) y los de Centro (19.44%; identificados erróneamente como organismos de Centla; Cuadro 1).

La condición de bienestar de los organismos reproductores representada por el Factor de Condición indica que los organismos de Malpaso presentaron el mejor valor ( $K = 2.49$ ) con respecto a los reproductores de Centla ( $K = 2.07$ ), Nacajuca ( $K = 1.84$ ) y Centro ( $K = 1.54$ ); **Fig. 4**).

**Capacidad reproductiva:** Con base en los resultados obtenidos en el presente trabajo se determina que la temporada reproductiva de *P. splendida* en cautiverio y sin control de la temperatura ambiental inicia en el mes de marzo y termina el mes de octubre. Siendo similar para los dos años de estudio.

**Ciclo reproductivo 2009:** Para este ciclo reproductivo, se obtuvieron un total de 69 desoves de las cuatro localidades provenientes de 41 hembras y produciendo un total de 109,056 larvas eclosionadas. Las hembras con mayor número de desoves fueron las de la localidad de Nacajuca con 29, seguidas por Centro con 23, Centla con 11 y Malpaso con 6 desoves. La localidad con mayor número de larvas eclosionadas fue Nacajuca con 42,018, seguido de Centro con 38,436, Centla con 20,654 y Malpaso 7,948 larvas eclosionadas (Cuadros 2 y 3).

Los organismos provenientes de Nacajuca tuvieron la mayor frecuencia de desoves en los meses de agosto (8) y septiembre (7). Esto se manifestó en una producción de larvas de 7,604 para agosto y 8,226 en septiembre. Los organismos de Centro tuvieron el mayor número de desoves en julio (6) y agosto (6); con 13,459 y 7,284 larvas eclosionadas respectivamente. Los reproductores de Centla tuvieron su máximo número de desoves en los meses de agosto y septiembre (3) en cada mes con 2,030 y 4,165 larvas respectivamente. Los organismos de Malpaso desovaron mayoritariamente en agosto (5 desoves) y un total de 6,848 larvas eclosionadas ese mes. Debido a que el número de reproductores varió entre localidades, el análisis se realizó por sistema de producción, hembra y biomasa: para este ciclo reproductivo, los organismos de la localidad de Nacajuca obtuvieron los mejores desoves por sistema con 14.5, promediando 1.6 desoves por hembra y desovando el 77.7% de las hembras del total. Los organismos de la localidad de Centla presentaron 11 desoves por sistema, mostrando 1.2 desoves por hembra y desovando el 55.5% de hembras. Los organismos de la localidad de Centro presentaron 7.6 desoves por sistema, con un promedio de 0.85 desoves por hembra y un 62.9% de hembras desovadas. De los organismos de Malpaso se obtuvieron 3 desoves por sistemas con un promedio de 0.33 desoves por hembra, desovando solamente un 27.7% del total de hembras (Cuadro 2).

De las 17 hembras de la localidad de Centro que desovaron para ciclo 2009, seis desovaron en dos ocasiones y una de ellas desovó también dos veces en el ciclo 2010. De las otras 11 hembras que desovaron una sola vez, dos desovaron en dos ocasiones en el ciclo 2010, una en cuatro ocasiones y dos de una ocasión. Para la localidad de Nacajuca, de las 14 hembras que desovaron del total, dos hembras desovaron cuatro veces, una de estas hembras desovó nuevamente cuatro veces en el ciclo 2010, dos hembras desovaron en tres ocasiones, cinco hembras desovaron en dos ocasiones, una de estas hembras desovó en una sola ocasión en el ciclo 2010; de las demás cinco hembras que solo desovaron una vez, una de estas hembras desovó en cuatro ocasiones en el ciclo 2010. De la localidad de Centla, de las cinco hembras que desovaron en total, dos desovaron en tres ocasiones, dos más desovaron en dos ocasiones, de estas dos hembras una desovó en dos ocasiones en el ciclo 2010 y la otra hembra solo desovó una vez este año. De las cinco hembras de Malpaso que desovaron solo una desovó en dos ocasiones, ninguna de estas hembras desovó en el ciclo 2010.

El número promedio de larvas producidas por desove entre Centla ( $1,877.64 \pm 356.72$ ) y Centro ( $1,671.13 \pm 246.69$ ) no mostró diferencias estadísticamente significativas; sin embargo, estas dos localidades con respecto a Nacajuca ( $1,448.90 \pm 219.701$ ) y Malpaso ( $1,324.67 \pm 483.00$ ) si presentaron diferencia significativa ( $p < 0.05$ ). La tasa relativa de producción de crías, mostro el mismo patrón entre las localidades de Centla (6.57 crías/g) y Nacajuca (6.04 crías/g) ya que fueron similares, pero diferentes de Centro (4.99 crías/g) y Malpaso (3.69 crías/g) (Cuadro 3).

El mejor número promedio de larvas producidas por hembra, lo mostraron los organismos de Nacajuca (2,334.3), seguido de los organismos de Centla (2,294.9), en comparación con los organismos de Centro (1,423.6) y Malpaso (441.6). Este patrón cambia al ser analizada la relación de larvas producidas por peso (gramo) de hembra siendo mejor para las hembras de Centla que para las hembras de Centro (Cuadro 3).

**Ciclo reproductivo 2010:** Para este ciclo reproductivo se obtuvieron un total de 39 desoves de las cuatro localidades provenientes de 21 hembras, haciendo un total de 97,649 larvas eclosionadas. Las hembras con mayor número de desoves fueron las de la localidad de Centro con 16, seguidas por Nacajuca con 15, Centla con 6 y Malpaso con 2 desoves

(Cuadro 4). La localidad con mayor número de larvas eclosionadas fue Centro con 42,515, seguida de Nacajuca con 38,060, Centla con 10,929 y Malpaso con 6,145 larvas eclosionadas (Cuadro 5).

Los organismos provenientes de Centro tuvieron la mayor frecuencia de desoves en los meses de mayo y julio (6 en cada mes). La mayor producción de larvas se obtuvo en el mes de julio con 13,840 y para agosto de 11,666. Los organismos de Nacajuca tuvieron el mayor número de desoves en agosto (5) con 16,228 larvas eclosionadas. Los organismos de Centla tuvieron un máximo de desove en octubre (2) con 2,936 larvas eclosionadas, mostrando una producción en mayo de 2,806 larvas eclosionadas en un solo desove. Los organismos de Malpaso, tuvieron dos desoves, uno en el mes de mayo con 2,250 larvas eclosionadas y el otro en septiembre, con 3,825 larvas eclosionadas.

Para este ciclo reproductivo, los mejores desoves por sistema se obtuvieron de los organismos de la localidad de Nacajuca con 15, produciendo 1.6 desoves por hembra y desovando el 66.6% de hembras del total. Los organismos de la localidad de Centro presentaron el 8.0 de desoves por sistema, mostrando 1.14 desoves por hembra, desovando el 78.5% de las hembras. Los organismos de la localidad de Centla tuvieron 6 desoves por sistema, promediando 1.5 desoves por hembra y un 75.0% de hembras que desovaron del total. De los organismos de Malpaso se obtuvieron 2 desoves por sistemas con un promedio de 0.5 desoves por hembra, desovando el 50.0% del total de hembras (Cuadro 4).

De las 11 hembras que desovaron de la localidad de Centro para el ciclo 2010, una hembra desovo en cuatro ocasiones, tres hembras desovaron dos veces y siete hembras desovaron en una sola ocasión. Para la localidad de Nacajuca, de las seis hembras que desovaron del total, dos hembras desovaron en cuatro ocasiones, otra hembra desovo tres veces, una más en dos ocasiones y las otras dos hembras desovaron en una sola ocasión. De la localidad de Centla, de las tres hembras que desovaron, una hembra desovó tres veces, otra hembra en dos ocasiones, y una en una sola ocasión. De las dos hembras de Malpaso que desovaron, cada hembra desovó una sola vez.

Los valores promedios de larvas producidas por desove entre Malpaso ( $3,072.50 \pm 836.595$ ), Centro ( $2,591.38 \pm 295.781$ ) y Nacajuca ( $2,537.33 \pm 305.481$ ) no mostraron diferencia estadísticamente significativas; sin embargo, estas tres localidades con respecto a Centla ( $1,821.50 \pm 483.008$ ) si presentaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ). La tasa

relativa de producción de crías, mostró similitud entre las localidades de Centla (6.95 crías/g) y Malpaso (6.43 crías/g), siendo diferentes con respecto a Centro (9.55 crías/g) y Nacajuca (15.19 crías/g), (Cuadro 5), (Figuras 3, 4, 5 y 6).

El mejor número promedio de larvas por hembra, lo mostraron los organismos de Nacajuca (4,228.9), seguido de los organismos de Centro (3,036.7), en comparación con los organismos de Centla (2,732.25) y Malpaso (1,536.25).

## DISCUSIÓN

El uso de la morfometría y merística como técnica para identificar la procedencia de reproductores es cada vez más frecuente en la investigación de organismos acuáticos. En el presente estudio, el análisis de las variables biométricas de adultos de *Petenia splendida* sugieren que los organismos provenientes de las diferentes localidades pueden ser distinguidos entre sí empleando variables construidas a partir de sus caracteres morfométricos. Esta información permitió detectar una mayor semejanza entre los organismos de las localidades de Centla y Centro y diferenciar ampliamente a los reproductores de Nacajuca y Malpaso que fueron los más disímiles. Este tipo de metodología se han empleado con anterioridad para determinar diferencias entre tres bioformas reportadas de la misma mojarra tenguayaca *P. splendida* en el lago Petén Itzá, Guatemala (Méndez *et al.* 2011). En otro estudio, los resultados de los caracteres morfométricos del robalo *Eleginops maclovinus*, permitieron establecer las diferencias entre los individuos de dos localidades, de la desembocadura del río Bío Bío y aquellos provenientes del área de Puerto Montt (Gacitúa *et al.* 2008). Esta metodología también ha permitido diferenciar entre machos y hembras de *Colossoma macropomum* (Pineda-Santis *et al.* 2002) y entre poblaciones del género *Coilia* (Cheng *et al.* 2005). De la misma manera se han realizado estudios morfométricos y merísticos que permiten diferenciar entre especies; como los realizados por Vera & Pequeño (2001) con ejemplares del género *Sicyases* (peje-sapos), con ejemplares del género *Gerres* en América (Burnes-Romo 2009) y el estudio de Fernández-Yépez (1969) para caracterizar seis especies de *Vieja* del río Usumacinta Chiapas, México o especies de teleósteos (Kullander 1999). Estos autores resaltan que la biometría proporciona una plataforma más amplia al momento de la

clasificación de los ejemplares, ayuda al conocimiento de la especie y demuestra la importancia de la conservación de su hábitat natural.

El factor de condición (K) expresa el estado físico y biológico de los peces y en cultivo es útil para comparar y cuantificar numéricamente la condición o estado en que el pez se encuentra pudiendo asociarse a una valoración de la contextura o estado de delgadez o gordura. Este índice representa una forma indirecta de evaluar las relaciones ecológicas y los efectos de diferentes estrategias de manejo (Bagenal & Tesch 1978, Gallardo-Cabello *et al.* 1983, Wottom 1990, Murphy *et al.* 1991). En el caso del presente estudio, los organismos reproductores de *P. splendida* de la localidad de Malpaso presentaron el mejor factor de condición, con respecto a los reproductores de Centla y Nacajuca, siendo el valor más bajo obtenido para los organismos de la localidad de Centro. Estos datos pueden indicar que los peces de Malpaso tienen una complexión robusta y pudieran estar reflejando una mayor edad; sin embargo, no necesariamente son indicativos de una mejor condición reproductiva. Esto difiere de los resultados de un estudio relacionado con Tucunare, *Cichla ocellaris Schneider*, en el que se determinó que la relación peso-longitud de la población estudiada indicaba un crecimiento de tipo alométrico (Bocanegra y Guerra 1985). Otros estudios, como el de la selección de hembras de Yambú (*Brycon siebenthalae*), para la reproducción inducida mediante el K relativo, han demostrado que los porcentajes de respuestas positivas por años y correlacionados con las diferencias significativas halladas entre años, provocan cambios entre las edades de las hembras de un mismo grupo y han indicado que el cálculo del K es más confiable a mayor edad reproductiva (Arias *et al.* 2004). Este tipo de estudios, también han permitido evaluar, la relación del factor de condición múltiple (KM) con la reproducción de machos en la carpa *Cyprinus carpio* y en diferentes estaciones climáticas en machos de primera reproducción. Los machos mostraron un KM promedio máximo en el invierno, mientras que el menor promedio se registró en el verano, además, la mayor variabilidad fue en el invierno; Por el contrario, en el verano casi todos los ejemplares tienen un valor de KM muy parecido (Rodríguez-Gutiérrez & Marañón-Herrera 1993). Morgan (2004) no encontró diferencias significativas en el factor de condición, al comparar machos de tres poblaciones de *Hippoglossoides platessoides*; sin embargo, si existe una relación entre la condición de las hembras y su reproducción, señalando que las hembras con mejor condición son las que se reproducen primero.

En el presente estudio, se determinó que existen diferencias en el potencial reproductivo de los peces de las cuatro localidades estudiadas. Particularmente resalta la gran diferencia entre los peces de Malpaso y aquellos provenientes de Centla, Centro y Nacajuca. Estos resultados pudieron ser generados por diferencias en la edad de los reproductores, puesto que estos organismos son de origen silvestre, por lo que se desconocía su edad. Sin embargo, la diferencia en tamaños puede ser un indicativo de esto, pues los peces de Malpaso fueron considerablemente más grandes que los de las otras tres localidades. En este sentido, Bhujel (2000) reportó que el tamaño, la edad, manejo de la alimentación y los factores ambientales impactan significativamente en la capacidad reproductiva de los reproductores de la tilapia *Oreochromis niloticus*. Este autor menciona que la proporción de sexos en esta especie es importante en la producción de crías. Una alta proporción de machos con hembras más pequeñas tiene efectos beneficiosos. Acorta los intervalos de desove y aumenta el número de hembras en desove y, en consecuencia, aumenta la producción de crías. Más hembras podrían reproducirse si son mantenidas en estanques con machos más pequeños. En *Oreochromis spirilus* de un año de edad, se manifiesta una fecundidad más alta que los de dos y cinco años, demostrando que la fecundidad disminuye con la edad de los reproductores (Ridha & Cruz 1989). En una comparación de tilapias rojas de Florida, los reproductores más jóvenes (1-2 años) son más productivos que los reproductores más viejos que produjeron menos crías por unidad de peso, además de presentar una menor frecuencia de desoves con periodos más largos entre los desoves (Smith *et al.* 1991). Mair *et al.* (2004) mencionan que existe una asociación de la edad con la fecundidad en cuatro líneas de tilapia utilizadas como reproductores. En ese trabajo, los autores concluyen que la fecundidad disminuye con la edad. Existen estudios similares, donde evaluaron el potencial reproductivo de la chumbimba *Vieja maculicauda*, de hembras y machos, encontrando que la fertilización, incubación y eclosión es externa en esta especie y que el proceso de apareamiento y reproducción tiene una duración de 20 a 23 días. Los autores concluyen que las hembras de menor peso producen el mayor número de alevines por puesta (Elías-Ogáldez *et al.* 2008).

Existen estudios como los de Nair (1998), Jawad & Busneina (2000) & Sivashanthini *et al.* (2008) demuestran una relación entre la fecundidad y el peso y la longitud de las hembras de *Encrasicholina devisi*, *Gambusia affinis* y *Gerres abbreviatus*.

Así también como en el estudio de la población de *Alburnus alburnus*, donde concluyen que existe un incremento en la fecundidad conforme aumenta el peso y la longitud de las hembras (Raikova-Petrova et al. 2009). En otros trabajos realizados en Israel, se considera que las hembras reproductoras de dos años son más productivas que las de un año (Hulata 1997).

En el presente estudio con *P. splendida*, no se expresó esta relación, las hembras de la localidad de Nacajuca con un peso promedio menor, tuvieron la mayor producción de larvas, con respecto a la de localidad de Malpaso con mayores pesos promedio y cuya producción de larvas fue menor. Chávez et al. (2005) coinciden al obtener resultados parecidos con *Cichlasoma urophthalmus*, al no encontrar relación entre el tamaño de las hembras y la fecundidad. El peso de hembras en tilapias chitraladas del Nilo *Oreochromis niloticus*, no mostro influencia en el número de huevos producidos, por lo que se concluyó que el tamaño de las hembras como un solo factor, no puede ser usado para predecir la capacidad reproductiva (Tsadik & Bart 2007). Las hembras de tilapia mayores producen más huevos por puesta que las pequeñas. Sin embargo, las pequeñas producen más huevos por unidad de peso vivo, ya que se reproducen mayor número de veces en un año. En estanques de reproducción poblados con tilapias pequeñas producían más larvas que los estanques poblados con tilapias grandes. Ambos tamaños derivaban del mismo grupo de edad, de forma que estos efectos no estaban relacionados con la edad (Little 1989).

Es importante considerar que en el éxito reproductivo de los peces intervienen otros factores, como la edad de la hembra, alimentación, condiciones fisiológicas y ambientales (Ridha & Cruz 1989, Smith et al. 1991, Conward & Bromage 2000, Izquierdo et al. 2001, Mair et al. 2004, Anyanwu et al. 2007, Musa & Salam 2007, Tsadik & Bart 2007, Tahoun et al. 2008). El estrés ambiental es otro factor que pudo haber marcado diferencias en el potencial reproductivo de *P. splendida*, aunque en menor grado, ya que los peces adultos estuvieron expuestos a condiciones variables de temperatura ambiental, a las actividades realizadas en el sistema de cultivo como: manipulación de los reproductores para la lectura de los microchips, el sexado, la recolectas de las larvas, limpieza de los tanques de cultivo, recambio de agua, etc., pudieron provocar un estrés adicional a los peces. Varios autores mencionan que el estrés ambiental afecta significativamente el uso y flujo de energía en un organismo, debido a que hay un efecto directo sobre su metabolismo. Generalmente se

presenta en un sistema de cultivo, ya que están expuestos a condiciones adversas de parámetros como: temperatura, OD, densidad, metabolitos tóxicos, etc., (Beamish & col 1996, Davis & McEntire 2009). En los sistemas de cultivo, los peces no pueden escapar de condiciones desfavorables (si se presentan), por lo que deben llevar a cabo ajustes metabólicos como: el aumento en la secreción de hormonas como el cortisol, proteínas del shock térmico, etc. La síntesis y acción de estas hormonas conlleva un incremento en la demanda energética (Barton & Iwama 1991, Haukenes *et al.* 2008).

Los resultados de este estudio también nos permiten expresar que, en el caso de las hembras, que por su tamaño y edad debieron de estar maduras en la temporada de desove no lo estuvieron, aunque hayan desovado en ciclos reproductivos anteriores. Esto podría significar que en estas hembras existió poca capacidad de desove y que además no alcanzaron la reserva de energía que desencadenara la maduración; este proceso está ligado a la cantidad y calidad de reservas alimenticias y por tanto a la capacidad de los reproductores de acumularlas durante su alimentación. Esta escasez de reservas pudo llevar a las hembras a no desovar en el ciclo reproductivo.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores queremos agradecer al Fisheries and Aquaculture Collaborative Research Support Program. El F&A CRSP es parcialmente financiado por la United States Agency for International Development (USAID). Financiamiento No. EPP-A-00-06-00012-00 y por otras instituciones participantes. Las opiniones vertidas son exclusivas de los autores y no necesariamente reflejan los puntos de vista de la US Agency for International Development. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca de posgrado otorgada.

#### RESUMEN

Se evaluó el desempeño reproductivo de los organismos adultos de los ciclos 2009-2010 de la mojarra tenguayaca, *Petenia splendida*, de las localidades de Nacajuca, Centla y Centro en Tabasco y Malpaso en Chiapas. Del ciclo reproductivo 2009, se obtuvieron un total de

69 desoves de 41 hembras con 109,056 larvas. Las hembras con mayor número de desoves y larvas eclosionadas fueron de la localidad de Nacajuca, seguidas de Centro y Centla. La localidad con menor producción fue Malpaso. El mejor promedio de larvas eclosionadas con respecto al número de desoves fue para la localidad de Centla. Para el ciclo reproductivo 2010, se obtuvieron un total de 40 desoves de 22 hembras con 97,649 larvas. Las hembras con mayor número de desoves fueron de la localidad de Centro, seguidas de Nacajuca y Centla, nuevamente Malpaso presentó el menor número de desoves. El mejor promedio de larvas con respecto al número de desoves fue para la localidad de Malpaso.

**Palabras claves:** Ciclo reproductivo, tenguayaca, *P. splendida*, especie nativa.

#### REFERENCIAS

- Álvarez del Villar, J., 1970. Peces Mexicanos (Claves). Instituto de Investigaciones Biológicas Pesqueras. Comisión Consultiva de Pesca. México 166 Pp.
- Anyanwu, P. E, B. C. Okoro, A. O. Anyanwu, M. A. Matanmi, B. I. Ebonwu, I. K. Ayaobu-Cookey, M. B. Hamzat, F. Ihimekpen, & S. E. Afolabi. 2007. Length-Weight Relationship, Condition Factor and Sex Ratio of African Mudcatfish (*Clarias gariepinus*) Reared in door Water Recirculation System Tanks. Research Journal of Biological Sciences 2 (7): 780-783.
- Arias, C. J. A., Zaniboni Filho E., Vásquez T. W. & Atenció G. V. J. 2004. Selección de hembras de yambu, *Brycon siebenthalae*, para reproducción inducida, mediante el factor de condición relativo. Revista Orinoquia, vol. 8, número 002. Universidad de los Llanos Villavicencio, Colombia. 49-55. Pp.
- Astorqui, I. 1971. Peces de la cuenca de los grandes lagos de Nicaragua. Rev. Biol. Tropical. 19 (1,2): 7-57 pp.
- Bagenal, T. B. & F. W. Tesch. 1978. Age and Growth, p 98-130. In T. Bagenal (ed.). Methods for assessment of fish production in freshwater. Blackwell, Londres.
- Barton, B. A. & G. K. Iwama. 1991. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids. Annual Reviews of Fish Diseases 1:3-26.

- Beamish, F. W. H., Sitja-Bobadilla, A., Jebbink, J. A. & P. T. K. Woo. 1996. Bioenergetic cost of cryptobiosis in fish: rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* infected with *Cryptobia salmositica* and with an attenuated live vaccine. *Diseases of Aquatic Organisms* 25:1-8.
- Bocanegra, F. A. & Guerra-Flores H. 1985. Algunas consideraciones biológicas del Tucunare, *Cichla ocellaris Schneider*. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. IIAP. Resumen.
- Bhujel, C. R. 2000. A review of strategies for the management of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodfish in seed Production system, especially hapa-based systems. *Aquaculture* 181, 37-59.
- Burnes-Romo, L. A. 2009. Estatus taxonómico de *Gerres cinereus* (Walbaum, 1792). Tesis profesional. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. México, 83 Pp.
- Caro, C., Mendoza, A. & Sánchez, M. 1994. Caracterización del medio ambiente de Petenia splendida en lagunas del sur de Quintana Roo. En Memorias del II Seminario sobre peces nativos, con uso potencial en acuicultura, del 23 al 26 de mayo de 1994, en H. Cárdenas, Tabaco, México.
- Conkel, D. 1993. *Cichlids of North and Central America*. T.F.H. Publications, Inc., USA. Pág. 186.
- Chávez L. M. O., Mattheeuws A. E., Pérez V. M. H. 1989. Biología de los Peces del Río San Pedro en Vista de Determinar su Potencial para la Piscicultura. INIREB-FUCID. 126 pp.
- Chávez-López, R. M. S. Peterson, N.J. Brown-Peterson, A. A. Morales-Gómez & J. Franco-López. 2005. Ecology of the Mayan cichlid, *Cichlasoma urophthalmus* Günther, in the Alvarado lagoonal system, Veracruz, México. *Gulf and Caribbean Research* Vol. 17: 123-131.
- Cheng, Q. D. Lu, & L. Ma. 2005. Morphological difference between close populations discernible by multivariate analysis: A case study of genus *Coilia* (Teleostei: Clupeiforms). *Aquatic Living Resources* 18: 187-192.
- Coward, K. & R. N. Bromage. 2000. Reproductive physiology of female tilapia broodstock. *Review in Fish Biology and Fisheries* 10: 1-25

- Davis, K. & M. McEntire. 2009. Comparison of the cortisol and glucose stress response to acute confinement among white bass, *Monroone chrysops*, striped bass, *Monrone saxatilis* and sunshine bass, *Monrone chrysops* and *Morone saxatilis*. *Journal of the World Aquaculture Society* 40:567-572.
- Domínguez, C. S. & Rodiles H. R. 1998. Guía de Peces del Río Lacanja, Selva Lacandona, Chiapas, México. Guías Científicas ECOSUR. Colegio de la Frontera Sur. México. 69 pp.
- Cabello-Gallardo M. & Gual Frau A. 1983. Consideraciones bioecológicas durante el crecimiento de *Phycis blennoides* (Brunnich, 1768), en el mediterráneo occidental (Pises: Gadidae). *Anales Instituto de ciencias del mar y limnología. Universidad Nacional Autónoma de México*, 11(1): 225-238
- Gacitúa, S. C. Oyarzún & R. Veas. 2008. Análisis multivariado de la morfometría y merística del robalo *Eleginops maclovinus* Cuvier, 1830). *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 43(3): 491-500, diciembre de 2008.
- Haukenes, A. H. Barton, B. A. & H. Bolligs. 2008. Cortisol responses of pallid sturgeon and yellow perch following challenge with lypopoly saccharidae. *Journal of Fish Biology* 72:780-784.
- Hulata, G. 1997. Large-scale tilapia Alevines production in Israel. *The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh* 49:174-179.
- Izquierdo, M. S. H. Fernández-Palacios & A. G. J. Tacon. 2001. Effects of broodstock nutrition on reproductive performance of Fish. *Aquaculture* 197: 25-42.
- Jawad L. A. & A. M. Busneina 2000. Fecundity of mosquitofish, *Gambusia affinis* (Baird & Girard) as a function of female size in fish from two lakes in Libya. *Miscellanea Zoológica* 23 (1): 31-40.
- Kullander, S. O. 1999. Fish species – how and why. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 9: 325/352.
- Little, D. C. 1989. An evaluation of strategies for production of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry suitable for hormonal treatment. PhD. Thesis, Institute of Aquaculture, University of Stirling, Uk.
- Mair, G. C., S. Lakapunrat, W. L. Jere & A. Bart. 2004. Comparison of reproductive parameters among improved strains of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* In R. B.

- Bolivar, G. C. Mair, & K. Fitzsimmons (Editors). New dimensions in farmed tilapia. Proceedings 6th International Symposium. Tilapia in Aquaculture, Roxas Boulevard, Manila Philippines.
- Méndez, A. M. E. García & L. Lozano. 2011. Sistemática del pez *Petenia splendida* (Perciformes: Cichlidae) en el lago Petén Itzá, Guatemala. Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744) Vol. 59 (3): 1205-1216, Septiembre 2011.
- Mendoza, E. 1988. Desarrollo larval de *Cichlasoma urophthalmus*. Memorias del primer seminario sobre peces nativos con uso potencial en acuicultura. Cárdenas, Tabasco, México. CEICADES-UJAT-INIREB. 16-17 p.
- Miller, R. R. 1992. Pisces, p.486-501. In S.H. Hurlbert & A. Villalobos-Figueroa (eds.). Aquatic biota of México, Central America and the West Indies. San Diego, California, EEUU.
- Miller, R. R., Minckley, W. L. & Norris, S. M. 2009. Peces dulceacuícolas de México. Primera edición en español: 2009. Pp. 386-409. Editoriales. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D. F. 559 p.
- Morgan, M. J. 2004. The relationship between fish condition and the probability of being mature in American plaice (*Hippoglossoides platessoides*). ICES Journal of Marine Science 61: 64-70.
- Musa, A. S. M. & B. A. Salam. 2007. Fecundity on *Mystus bleekari* (Day 1877) from the river Padma near Rajshahi City. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Science 7:161-162.
- Nair, S. M. 1998. The fishery, Biology and population dynamics of anchovies of the Kerala coast. Doctor's thesis. Mahatma Gandhi University. Kottayam, Kerala. India.
- Páramo, S. 1982. Ictiofauna del río González y lagunas adyacentes, Tabasco, México. Tesis Profesional, Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 75 p, 9 tabss., 14 mapas, 61 figuras.
- Pineda-Santis, H. L. F. Restrepo & M. Olivera-Ángel 2002. Comparación morfométrica entre machos y hembras de Cachama Negra (*Colossoma macropomum*, Cuvier 1818) mantenidos en estanque. *Revista AquaTIC*, nº 17, Octubre 2002. URL: <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/>

- Raikova-Petrova, G., M. Lliev & I. Petrov. 2009. Growth rate and fecundity of bleak (*Alburnus alburnus*) (L.) in the sand-pit lake Chepintsi (Bulgaria). *Biotechnology & Biotechnology* 23: 212-216.
- Reséndez, A. & Salvadores, M. L. 1983. Contribución al conocimiento de la biología del pejelagarto *Atractosteus tropicus* (Gill) y la Tenguayaca *Petenia splendida* (Gunter) del estado de Tabasco. *Biótica* 8 (4): 413-426.
- Ridha, M. & E. M. Cruz. 1989. Effect of age on the fecundity of the tilapia *Oreochromis spilurus*, *Asian Fisheries Science* 2: 239-247.
- Rodiles, H. R., S. Domínguez & E. Velázquez. 1977. Diversidad Ictiofaunística en el Río Lacanja. Resúmenes del V Congreso Nacional de ictiología, Mazatlán, Sinaloa, México. Pág. 9
- Rodriguez-Gutierrez M. & S. Marañón-Herrera 1993. Relación del factor de condición múltiple con la reproducción de machos en la carpa *Cyprinus carpio*. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*. <http://biblioweb.dgsca.unam.mx/cienciasdelmar/instituto/1993/articulo431.html>.
- Smith, S. J., W. O. Watanabe, J. R. Chan, D. H. Ernst, R. I. Wicklund, & B. L. Olla. 1991. Hatchery production of Florida red tilapia seed in brackish-water tanks: the influence of broodstock age. *Aquaculture and fisheries Management* 22: 141-147.
- Sivashanthini, K. G. A. Charles & S. Shutharshan. 2008. Fecundity studies of *Gerres abbreviatus* (Bleeker 1850) from the Jaffna Lagoon, Sri Lanka. *Journal the Fisheries and Aquatic Science*, 3 (5): 320-327.
- Suresh, A. V. Últimos avances en el manejo de reproductores de tilapia. *Revista AquaTIC*, n° 10, Junio 2000. [Disponible el 19/04/2012 en URL: <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=h&c=87>]
- Tahoun, A. M., M. A-R. Ibrahim Y. F. Hammouda M. S. Eid. M. M. A. Zaki Eldin & F. I. Magouz. 2008. Effects of age and stocking density on spawning performance of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L) broodstock reared in hapas. 8<sup>th</sup> International Symposium on tilapia in Aquaculture. Egypt.
- Tsadik G. g. & A. N. Bart. 2007. Characterization and comparison of variations in reproductive performance of Chitralada strain Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L). *Aquaculture Research* 38: 1066-1073.

- Valtierra-Vega, M.T. & J. J. Schmitter-Soto. 2000. Hábitos alimentarios de las mojarra (Perciformes: Cichlidae) de la laguna Caobas, Quintana Roo, México. *Rev. Biol. Trop.* 48(2/3): 503-508
- Velasco, R. C. 1976. Los Peces de Agua Dulce del Estado de Chiapas. Ediciones Gobierno Del Estado. México. 154 Pp.
- Vera, S. R. & G. Pequeño R. 2001. Comparación de caracteres merísticos y morfométricos entre peces del género *Sicyases* del archipiélago de Juan Fernández, Valparaíso y Valdivia (Osteichthyes: Gobiesocidae). *Invest. Mar., Valparaíso*, 29 (2): 3-14, 2001.
- Wootton, R. J. 1990. *Ecology of Teleost Fishes*. Chapman and Hall. Fish and Fisheries Series 1. Londres. 404 p.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.

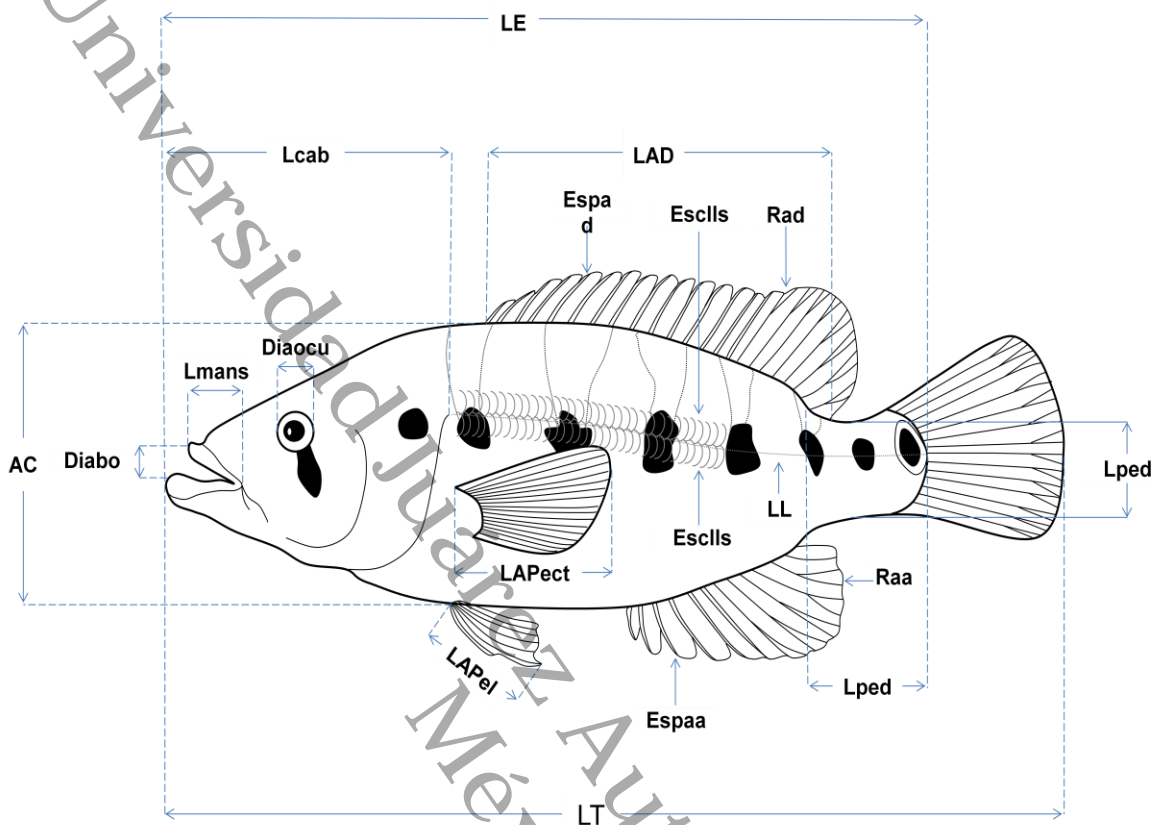


Fig. 1. Características morfométricas y merísticas medidas en organismos reproductores de *P. splendida*. Longitud de cabeza (Lcab), Altura del cuerpo (Ac), Longitud aleta dorsal (Lad), Longitud aleta pectoral (Lapect), Longitud aleta pélvica (Lapel), Longitud pedúnculo (Lped), Altura pedúnculo (Alped), Longitud mandíbula superior (Lmans), Diámetro de la boca (Diabo) y Diámetro ocular (Diaocu). Radios aleta anal (Raa), Radio aleta dorsal (Rad), Espinas aleta anal (Espaa), Espina aleta dorsal (Espad), Escamas línea lateral superior (Esclis) y Escama línea lateral inferior (Escli).

Fig. 1. Morphometric and meristic measures organisms *P. splendida*. Head length (Lcab), body height (Ac), dorsal fin length (Lad), pectoral fin length (Lapect), pelvic fin length (Lapel), peduncle length (Lped), stem height (Alped), upper jaw length (Lmans), rim diameter (Diabo) and eye diameter (Diaocu). Radios anal fin (Raa), dorsal Radio (Rad), anal fin spines (Espaa), dorsal spine (Espad), upper lateral line scales (Esclis) and lower sideline Flake (Escli).

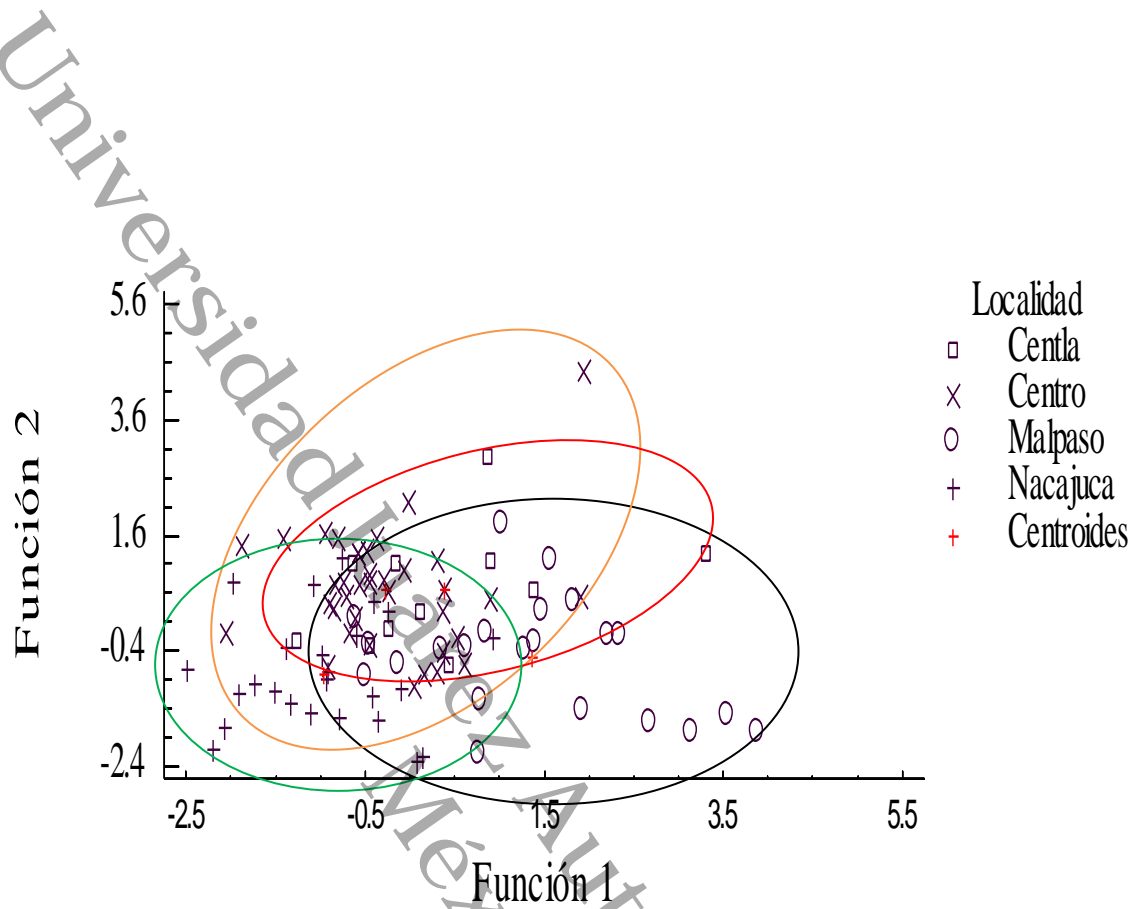


Fig. 2. Gráfico de las dos funciones más importantes del Análisis discriminante de las variables biométricas de reproductores de *P. splendida* de las cuatro localidades. Las cruces rojas indican los centroides identificados por el modelo para cada localidad. Las elipses agrupan los valores estimados por el modelo para cada individuo muestreado.

Fig. 2. Discriminant analysis showing the two most important functions of *P. splendida* biometric variables at the four locations. Red crosses indicate the centroids identified by the model for each locality. Ellipses group the values estimated by the model for each individual sampled.

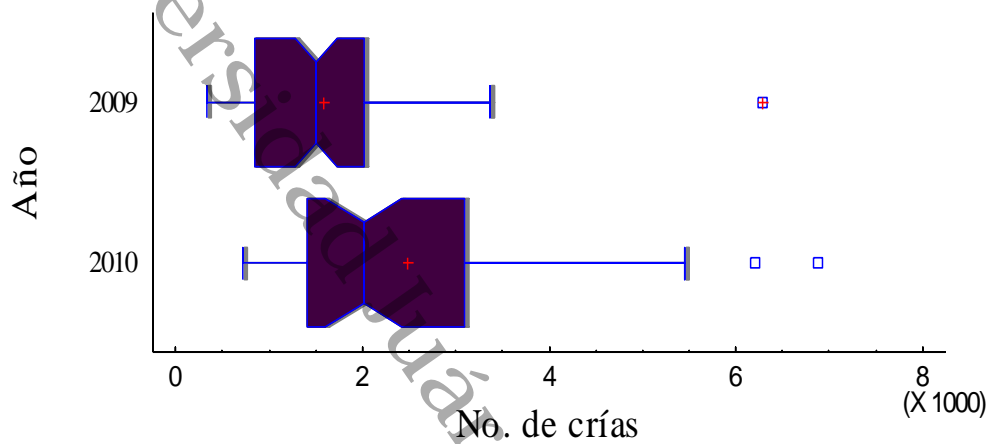


Fig. 3. Diagrama de caja y cejas representando el número de larvas eclosionadas por año de *P. splendida* de todas las localidades para los dos años de estudio. La línea al interior de la caja representa la mediana. La cruz representa la media.

Fig. 3. Boxplots representing the number of hatched larvae per year of *P. splendida* at all locations for the two years of study. The line inside the box represents the median. The cross represents the mean.

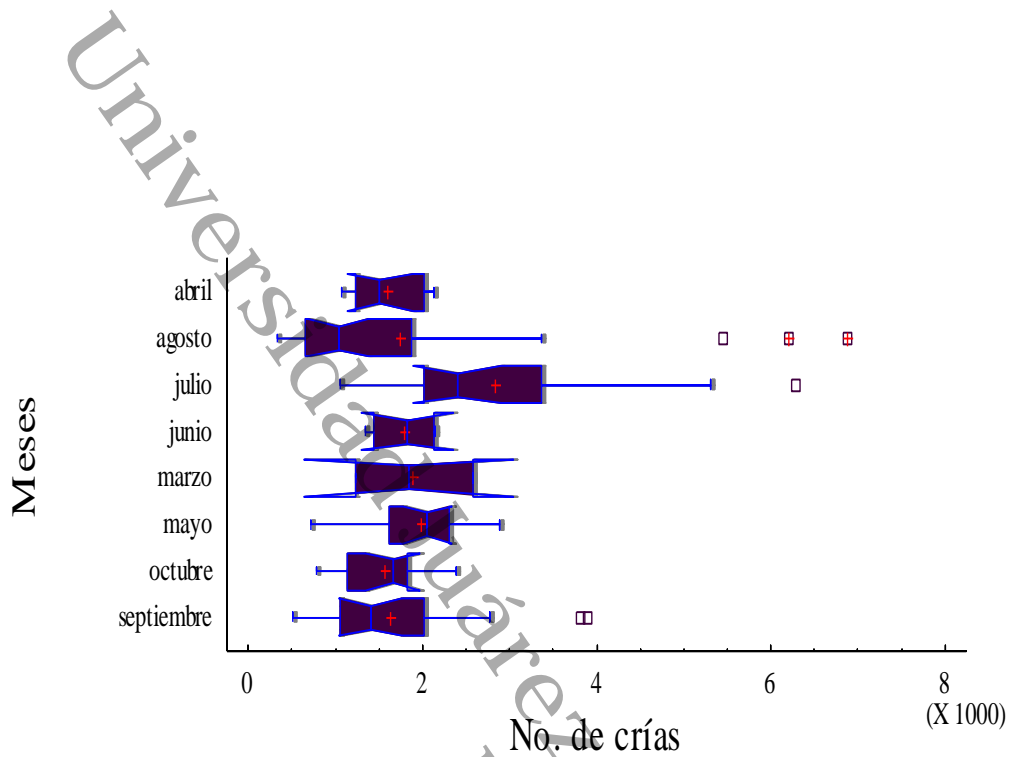


Fig. 4. Diagrama de caja y ceja representando el número promedio ( $\pm$  EE) de larvas de *P. splendida* eclosionadas por mes para los dos años de muestreo. La línea al interior de la caja representa la mediana. La cruz representa la media.

Fig. 4. Boxplots representing the average number ( $\pm$  EE) of larvae *P. splendida* hatched per month for the two years of sampling. The line inside the box represents the median. The cross represents the mean.

CUADRO 1.

Porcentaje de certeza del modelo discriminante, con respecto al total de desoves por localidad. Resultados de la clasificación correcta del modelo discriminante.

TABLE 1.

Model of certainty discriminant percentage according to total spawning per location. Results of the discriminant model correctly classified.

Localidad real	Localidad predicha				
	Tamaño (n)	Centla	Centro	Malpaso	Nacajuca
Centla	11	9/(81.82%)	1/(9.09%)	0/(0.00%)	1/(9.09%)
Centro	36	7/(19.44%)	20/(55.56%)	5/(13.89%)	4/(11.11%)
Malpaso	22	3/(13.64%)	2/(9.09%)	16/(72.73%)	1/(4.55%)
Nacajuca	24	1/(4.17%)	5/(20.83%)	0/(0.00%)	18/(75.00%)

CUADRO 2.

Desoves de *P. splendida*, ciclos 2009 y 2010

TABLE 2.

Spawning of *P. splendida*, 2009 and 2010 cycles

Localidad	No. Total de ♀	No. de ♀ que desovaron	% de ♀ que desovaron	No. desoves	Desoves/♀ totales	No. de sistemas	Desoves/sistemas
Centla 2009	9	5	55.5	11	1.2	1	11
2010	4	2	75.0	6	1.5	1	6
Centro 2009	27	17	62.9	23	0.85	3	7.6
2010	14	11	78.5	16	1.14	2	8
Nacajuca 2009	18	14	77.7	29	1.6	2	14.5
2010	9	6	66.6	15	1.6	1	15
Malpaso 2009	18	5	27.7	6	0.33	2	3
2010	4	2	50.0	2	0.5	1	2

CUADRO 3.

Producción de larvas de *P. splendida*, ciclos 2009 y 2010.

TABLE 3.

Production of larvae *P. splendida*, 2009 and 2010 cycles.

Localidad	No. Total de ♀	No. Total larvas	Larvas/♀	Larvas/desoves	Peso ♀ (g)	Relación Larvas/Peso ♀ (g)
Centla 2009	9	20,654	2,294.9	1,877.64	285.60	6.57
2010	4	10,929	2,732.25	1,821.50	262	6.95
Centro 2009	27	38,436	1,423.6	1,671.13	334.65	4.99
2010	14	42,515	3,036.7	2,500.88	262	9.55
Nacajuca 2009	18	42,018	2,334.3	1,448.90	239.84	6.04
2010	9	38,060	4,228.9	2,537.33	167	15.19
Malpaso 2009	18	7,948	441.6	1,324.67	538.00	2.46
2010	4	6,145	1,536.25	3,072.50	478	6.43

# CAPITULO III

**Obtención de un lote de reproductores de la mojarra tenguyaca *Petenia splendida* (Perciforme: Cichlidae), seleccionados en base a su crecimiento<sup>2</sup>.**

---

<sup>2</sup>Artículo que será sometido a la revista Biología Tropical.

**Obtención de un lote de reproductores de la mojarra tenguayaca *Petenia splendida* (Perciforme: Cichlidae), seleccionados en base a su crecimiento.**

José Elías Sánchez Pérez<sup>1</sup>., Wilfrido M. Contreras Sánchez<sup>1</sup> & Mario Fernández Pérez<sup>2</sup>;

<sup>1</sup>Laboratorio de Acuicultura Tropical. División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Villahermosa-Cárdenas Km 0.5 Etrouque a Bosques de Saloya, Villahermosa, Tabasco. C.P. 86000, México; [s\\_elias05@yahoo.com.mx](mailto:s_elias05@yahoo.com.mx) & [contrerw@hotmail.com](mailto:contrerw@hotmail.com)

<sup>2</sup>Laboratorio de Reproducción y Genética Acuícola. División Académica de Ciencias Agropecuarias. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Villahermosa-Teapa Km 25, La Huasteca, Tabasco, México; [mafepez@hotmail.com](mailto:mafepez@hotmail.com)

**ABSTRACT:** A stock of *Petenia splendida* was selected based on their length growth. In the first stage, before selection, the growth of the organisms was at very slow rates, reaching between 0.018-0.025 g / day and 0.021-0.030 cm / day, at 105 days of stocking and 243 days of growing. Survival recorded a variation range between 48.0-93.8%. In the second stage, (first selection), a rapid growth began for both populations (selected and control), reaching growth rates between 0.20-0.29 g / day and 0.03 to 0.04 cm / day. Survival reached a range between 53.3-95.3%. For the control population growth rate ranged from 0.16 to 0.27 g / day and 0.03 to 0.04 cm / day. Survival recorded a range of 56.0-87.3%. Organisms collected in the Municipality of Centro recorded the highest weight gains by selection-control observed in two families (11.1 g), four (8.6 g) and seven (7.7 g). The best values observed when differences by selection in length were in the four and fifteen families (0.8 cm), one and two (0.6 cm). The heritability values of growth characters are reliable (0.47 cm; higher value for length) which indicates that the selection made for *P. splendida* achieved a substantial improvement to the growth in the next generation. In the second selection, it was obtained 20 pairs of each family, making a total of 320 reproductives of *P. splendida*.

**Keywords:** Breeding, Snook, *P. splendida*, native species

Número de palabras: 8 493

La reproducción de los peces, es un proceso rítmico que se encuentra regulado por la interacción de varios factores ambientales como el fotoperiodo, la temperatura, las lluvias, la salinidad, entre otros; en respuesta a estas variaciones cíclicas, los peces han seleccionado la época del año que les resulta más favorable para su reproducción y la supervivencia de su prole, muestran adaptaciones fisiológicas muy estrechas con el medio en el que viven, exhibiendo ritmos biológicos diarios y estacionales como la luz, temperatura, la disponibilidad de alimento y la presencia de depredadores (Coward & Bromage 2000, Carrillo *et al.* 2009, Muñoz-Cueto 2009). En la acuicultura, la reproducción controlada de nuevas especies es el principal interés, pero en la mayoría de los casos sigue siendo un proceso poco controlado, debido a la baja fecundidad y la falta de sincronización entre los reproductores y la maduración precoz de los peces influye en el tamaño de las crías (Coward & Bromage 2000, Muñoz-Cueto 2009).

El mejoramiento genético de los peces y su aprovechamiento se han extendido por todo el mundo desde 1950. Se han estado aplicando comercialmente diversas técnicas genéticas como la domesticación, la selección, el cruzamiento intraespecífico, la hibridación interespecífica, la inversión del sexo y el mejoramiento genético y la poliploidía, con el fin de mejorar peces y crustáceos genéticamente de distintas familias filogenéticas (Dunham 1995). La labor de selección en el proceso de domesticación ha generado al cabo de unas pocas generaciones variedades de peces superiores a las variedades silvestres. La mayor parte de las investigaciones sobre genética y mejoramiento de peces cultivados se han realizado a lo largo de los dos últimos decenios. Se ha dedicado especial atención a la evaluación de variedades nuevas debido a la disponibilidad de variedades que procedían de lugares distintos con un historial reproductivo y unos rasgos genéticos distintos. Se han efectuado estimaciones sobre la heredabilidad de varios rasgos o características en numerosas especies, si bien la respuesta a la selección se ha medido en muy pocas ocasiones (Dunham 1995).

A diferencia de los animales y plantas de cultivo tradicional, los recursos genéticos en las especies de acuicultura se encuentran en poblaciones silvestres. Muchas de estas especies están en fase de domesticación, y por tanto, los *stocks* de reproductores se están constituyendo en la actualidad. Por otro lado, el número de generaciones de selección en aquellas especies con programas de selección genética es todavía escaso, con lo que la

introducción de variación genética desde poblaciones silvestres es todavía una posibilidad real. En consecuencia, la evaluación de recursos genéticos en poblaciones naturales constituye un soporte esencial para la acuicultura, ya que la materia prima a utilizar para la fundación de *stocks* e inicio de programas de selección genética se encuentra, sobre todo, en poblaciones naturales (Toro & López-Fanjul 1997, Dunham *et al.* 2001, Hulata 2001, Gjedrem 2005). Lo que se observa en poblaciones silvestres es la gran variación que es lo importante.

Cuando se hace mención sobre la mejora genética, se involucran aspectos significativos que son importantes revisar como; los caracteres cualitativos: el color, el sexo o la configuración de las escamas. Son los caracteres más fáciles de observar porque cada individuo pertenece a una u otra categoría discreta, descriptiva y singular. Pero están también los caracteres cuantitativos, los que pueden medirse, como la longitud, el peso, el número de huevos por kg en las hembras o la conversión de los alimentos (Tave 1996). El mejoramiento genético en especies acuiculturales ofrece una oportunidad substancial para incrementar la producción, calidad del producto y sobre todo rentabilidad en empresas que se dedican a la acuicultura. Las tecnologías existentes pueden ser implementadas para mejorar caracteres cuantitativos que tienen valor económico, sin embargo, las técnicas de mejoramiento para obtener ganancia genética incluyen definición formal de los objetivos de crianza, parámetros de estimación genética que describen las poblaciones y sus diferencias (Davis & Hetzel 2000).

El objetivo del presente estudio, consistió en la obtención de un lote de reproductores selectos de *P. splendida*, con una mejora genética importante en crecimiento. Se evaluó el crecimiento de familias de cuatro localidades de la región (Nacajuca, Centla y Centro en Tabasco y Malpaso en Chiapas).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Acuicultura Tropical de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Los reproductores que se usaron en el trabajo de investigación, se obtuvieron de colectas de lagunas de cuatro zonas (Nacajuca, Centla y Centro en Tabasco y Malpaso en Chiapas). Una vez capturados, los lotes de adultos se transportaron al

Laboratorio de Acuicultura Tropical de la DACBIol y se mantuvieron por ocho semanas en tanques de plástico con capacidad de 2000 L, incorporados a un sistema de recirculación para su aclimatación. Posteriormente para su identificación, se marcaron individualmente implantando intramuscularmente un microchip (1cm de longitud; 2 mm de diámetro) en la región dorsal media empleando una jeringa. Los peces fueron sexados, pesados y se registraron 13 características morfométricas: longitud total, longitud estándar, altura del cuerpo, longitud de la aleta dorsal, pectoral, pélvica, longitud y altura del pedúnculo, perímetro, longitud de la cabeza, longitud de la mandíbula superior, diámetro de la boca y diámetro ocular; así como 6 características merísticas: número de radios de la aleta anal y dorsal; número de espinas de la aleta anal y dorsal y la escamas de la línea lateral superior e inferior. Se trabajo con 18 reproductores de la localidad de Centro (14♀: 4♂), 12 de Nacajuca (9♀: 3♂), 6 de Centla (4♀: 2♂) y 6 reproductores de Malpaso (4♀: 2♂). Fueron distribuidos aleatoriamente en tanques de reproducción de plástico de 2.5 m de diámetro y un metro de profundidad, manteniéndose por separado los lotes de las diferentes localidades. En cada tanque se mantuvo una relación hembra-macho de 3: 1. Estos tanques fueron acondicionados colocando láminas de plástico de 30.5 X 61 cm, como protección de los nidos de las parejas. Una vez iniciados los desoves, se mantuvo una estrecha vigilancia de los padres y al momento de las eclosiones de las larvas, se procedió a recolectarlas por sifoneo suave. Las larvas fueron trasladadas a tinas de plástico con capacidad de 60 L con aireación constante, capturándose a los padres de manera individual, tomando la lectura de los microchips con un lector Avid, además de identificarse el sexo. Una vez que las larvas iniciaron actividad de nado libre (aproximadamente entre uno y tres días posteriores al traslado) se procedió a contarlas de manera individual, empleando una red de cuchara para acuarios. Se mantuvieron por 15 días alimentadas con nauplios de Artemias vivas *ad libitum*, en un sistema de recirculación para posteriormente iniciar una alimentación mezclada de nauplios y alimento artificial para dar paso a una alimentación exclusiva de alimento microparticulado al día 30 posterior a la eclosión (dde). Las crías se mantuvieron en este sistema hasta que alcanzaron una talla de 2 cms, que permitió su traslado a jaulas de malla tipo mosquitero de 2 x 1 x 1.20 m colocadas en un estanque rústico de la División Académica de Ciencias Agropecuarias (DACA), iniciando con esto las evaluaciones de crecimiento de la progenie.

**Evaluación del crecimiento (preselección):** Del total de crías, se seleccionaron 1000 al azar dividiéndolas en 2 jaulas (500 crías en cada jaula, por familia,) de malla tipo mosquitero; una para la población seleccionada y otra para la población control, con una densidad de siembra = 250 org/m<sup>3</sup>. En total se emplearon 17 familias (8 de Centro, 8 de Nacajuca y 1 de Malpaso) siendo 34 jaulas en total. A partir de este momento se realizaron biometrías (longitud y peso) cada 15 días a todas las jaulas de las tres localidades, tomando una muestra del 10% de las crías de cada jaula. Se pesaron individualmente con una balanza analítica (Ohaus<sup>®</sup>, USA) con una precisión de 0.001g y se midieron con un Ictiómetro con escala en milímetros. A los 165 días se realizó biometrías a todas las crías de cada jaula, considerando solo la longitud, se procedió a trabajar con los datos obtenidos para elaborar las tablas de distribución de frecuencias y realizar la primera selección. Con el objetivo de aumentar la tasa de crecimiento, se aplicó el método de selección intrafamiliar para los organismos de cada localidad.

**Primera selección:** Con la información de las tablas de distribución de frecuencia de cada familia, en la jaula de la población seleccionada se seleccionaron los 150 organismos de mayor talla, mientras que, de la jaula con la población control se seleccionaron 150 organismos al azar. Se sembraron 75 org/m<sup>3</sup> (150 org/jaula). Las crías se trasladaron a jaulas de hilo alquitranado de 2 x 1 x 1.20 m con luz de malla de ½ pulgada. Una vez que los peces alcanzaron en promedio una longitud de 5 cms, se movieron de nuevo; está vez a jaulas de hilo alquitranado de las mismas dimensiones pero con una apertura de luz de malla de una pulgada. En todos los casos, los peces se alimentaron 3 veces al día, suministrando una ración diaria de alimento marca Silver Cup<sup>™</sup> correspondiente a un 5% de la biomasa estimada. El tamaño de partícula del alimento se ajustó al tamaño de los peces.

**Segunda Selección:** Transcurridos 195 días después de la primera selección, los peces fueron colectados y medidos en longitud. Con los datos obtenidos se elaboraron las tablas de distribución de frecuencias y se realizó la segunda selección. Los mejores 20 peces de mayor talla, fueron los seleccionados de cada familia y separados por sexo, para la población control los peces fueron seleccionados al azar. Los peces se fueron colocando en las jaulas de hilo alquitranado de una pulgada de luz de malla, hasta quedar conformados los lotes de reproductores de cada familia por localidad. Diariamente, fue monitoreado el

oxígeno disuelto y la temperatura con un oxímetro YSI® modelo 55. Para el pH se usó un medidor portátil digital de la marca CONDUCTRONIC modelo pH10.

**Análisis estadístico:** Se realizó un análisis de varianza de una vía a los parámetros: peso inicial y longitud inicial, sobrevivencia, el peso final y la longitud final, tasa de crecimiento, ganancia genética por familia y localidad de los peces seleccionados y sus controles, para determinar si presentaron diferencias significativas. El análisis estadístico se realizó con el programa STATGRAPHICS Plus® V. 5. Con un nivel de confianza del 95%.

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos en el presente estudio, indican que existen valores de heredabilidad en los caracteres de crecimiento bastante confiables. Para longitud se obtuvo un valor de hasta 0.47 cm mayor que los controles, lo que indica que la selección realizada para *P. splendida* alcanzará una mejora sustancial de crecimiento en la próxima generación.

**Primera etapa (antes de la selección):** En esta etapa del estudio, el crecimiento de los organismos fue muy lento alcanzando tasas de crecimiento entre 0.018-0.025 g/día y 0.021-0.030 cm/día. La sobrevivencia obtenida en esta etapa varió considerablemente entre familias presentando un rango de variación entre 48.0-93.8 % (cuadro 1).

**Crecimiento por familia:** En esta primera etapa el crecimiento en peso por familia, indica que para los peces de la localidad de Centro se observaron los mejores valores en las familias cinco (0.026 g), cuatro y dos (0.024 g, en ambas). En longitud, los mejores valores fueron para las familias quince (0.028 cm), cinco (0.027 cm) y las familias uno y dos (0.026 cm). La mejor sobrevivencia se observó para la familia uno. Para la localidad de Nacajuca los mejores valores para peso fueron para las familias dieciséis (0.030 g), once (0.025g) y catorce (0.023g) y en longitud los mejores valores fueron para las familias trece, catorce y dieciséis (0.028 cm), nueve y doce (0.027 cm) y once (0.026 cm). La mejor sobrevivencia se observó para la familia diez. En el caso de la localidad de Malpaso, los valores para peso y longitud de la única familia analizada fueron (0.022g y 0.030 cm, respectivamente). La sobrevivencia que se observó fue del 65.5 % (Cuadro 1).

**Crecimiento por localidad:** Hasta antes de la selección, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en crecimiento entre las tres localidades estudiadas (Figuras 1 y 2). En el cuadro uno se muestra los detalles de seguimiento de las crías a nivel de familia en esta primera etapa.

#### **Segunda etapa, primera selección:**

A partir de la primera selección llevada a cabo a los 165 días de cultivo se observó un crecimiento rápido para ambas poblaciones (seleccionada y control), alcanzando tasas de crecimiento entre 0.20-0.29 g/día y 0.03-0.04 cm/día para la población seleccionada. La sobrevivencia varió entre las familias, con un rango entre 53.3 y 95.3 %. Para la población control, la tasa de crecimiento alcanzada varió entre 0.16-0.27 g/día y 0.03-0.04 cm/día. La sobrevivencia también varió entre las familias, presentando un rango entre 56.0 y 87.3% (cuadro 2 y 3).

**Crecimiento por localidad:** Al analizar la información por localidad, se observa que el crecimiento de las crías de las poblaciones de Centro y Nacajuca fueron mayores con respecto a las crías de la población de Malpaso, (Figuras 3, 4, 5 y 6). En los cuadros 2 y 3 se muestran los datos de seguimiento al crecimiento de las crías de esta etapa.

**Ganancia genética:** En el análisis de la ganancia genética en peso por localidad para esta segunda etapa para la población seleccionada, los mejores valores se observan en las familias dos (28.5 g), cuatro (27.2 g) y ocho (24.1 g) de la localidad de Centro. En el análisis para la ganancia genética en longitud los mejores valores fueron para las familias dos (4.2 cm), cuatro (4.1 cm) y quince (3.9 cm). Para la localidad de Nacajuca el análisis de la ganancia genética para peso, indica los mejores resultados en las familias seis (29.2 g), doce (25.0 g) y diez (24.9 g) siendo similar el resultado en longitud para las familias seis (4.4 cm), doce (4.2 cm) y diez (3.9 cm). Para la población control, en el análisis de la ganancia genética en peso los mejores valores se observan en las familias cinco (22.3 g), ocho (21.5 g) y quince (20.3 g) de la localidad de Centro. En el análisis para la ganancia genética en longitud los mejores valores fueron para las familias ocho (4.0 cm), cinco (3.8 cm) y dos (3.6 cm). En el caso de la localidad de Malpaso, para la población seleccionada los valores para peso y longitud fueron (22.4 g y 3.6 cm) respectivamente y para la población control (19.5 g y 3.7 cm).

El análisis sobre la ganancia obtenida por la selección en cada familia (selección-control) indica que para los organismos del Centro las mejores ganancias se observan en las familias dos (11.1 g), cuatro (8.6 g) y siete (7.7 g). En la diferencia por selección en longitud los mejores valores se observan en las familias cuatro y quince (0.8 cm), uno y dos (0.6 cm). Para la localidad de Nacajuca la ganancia por la selección, se observaron los mejores valores en las familias doce (6.1 g), once (5.9 g) y diez (3.9 g). En la diferencia por selección en longitud los mejores valores se observan en las familias doce (0.7 cm), diez y once (0.4 cm). En el caso de la localidad de Malpaso, la ganancia por selección en peso fue de 2.9 g, aunque los peces de la selección fueron ligeramente mas cortos en longitud (-0.1 cm; Cuadro 4).

**Heredabilidad:** Para constituir la heredabilidad ( $h^2$ ), la proporción entre la variación genética aditiva, que es la porción que se hereda y la variación fenotípica, se realizó la correlación para los caracteres de crecimiento como el peso y la longitud y se encontraron valores de heredabilidad mayores a 0.3, siendo el carácter longitud el que presenta el valor más alto 0.47 (Cuadro 6), lo que indica que la selección realizada reportará una mejora sustancial al crecimiento en la próxima generación. Las correlaciones genéticas muestran valores superiores a las correlaciones fenotípicas, lo que muestra que en esta primera selección los peces podrán transmitir esa superioridad a la descendencia.

**Segunda selección:** Se realizó la selección correspondiente a los 360 días de cultivo (muestreo 16), que permitió obtener un total de 2,908 organismos adultos de las tres localidades; 1,513 de Centro, 1,178 de Nacajuca y 217 de Malpaso (Figuras 7, 8, 9). De este total, 1,413 correspondieron a la población seleccionada y 1,495 a la población control. De la población seleccionada, de la localidad de Centro se obtuvieron 700, de Nacajuca 617 y de Malpaso 67; estos organismos correspondieron a 607 hembras y 806 machos. La localidad con mayor número de hembras fue Centro con 307, seguida de Nacajuca con 263 y Malpaso con 37. Para el caso de los machos; de Centro se obtuvieron 393 organismos, de Nacajuca 354 y de Malpaso 59 (Figuras 10 y 11).

Después de 360 días de experimentación se observó que los machos lograron mejores crecimientos que las hembras ( $p < 0.05$ ). La longitud promedio de los machos fue de 17.3 cm, mientras que para las hembras fue de 15.5 cm (Figura 12). Al contrastar los organismos separados por sexo y localidad, se observó que los machos de Centro y

Nacajuca no presentaron diferencias significativas entre sí ( $p > 0.05$ ) mostrando valores promedio de longitud de  $17.06 \pm 0.82$  y  $16.12 \pm 0.87$  respectivamente. Ambas poblaciones fueron más grandes ( $p < 0.05$ ) que los peces de Malpaso ( $16.98 \pm 0.88$  cm; Figuras 15 y 16). En cambio, los valores promedio de longitud en las hembras presentaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ). Siendo los peces más grandes los de Centro ( $15.49 \pm 0.72$  cm), seguidos de Nacajuca ( $15.23 \pm 0.74$  cm) y Malpaso ( $14.88 \pm 0.75$  cm). Los valores promedio de longitud entre las hembras control de las poblaciones de Centro y Nacajuca no presentaron diferencias estadísticas significativas entre sí ( $p > 0.05$ ). Teniendo valores de  $14.69 \pm 0.81$  cm y  $14.65 \pm 1.07$  cm, respectivamente. Las hembras más pequeñas fueron las de Malpaso ( $14.36 \pm 0.85$  cm) siendo significativamente más pequeñas que las otras dos poblaciones. El mismo patrón se observó al contrastar los valores promedio de longitud de los machos de Centro ( $16.03 \pm 1.04$ ), Nacajuca ( $16.158 \pm 1.15346$ ) y Malpaso ( $15.00 \pm 0.94$ ; figuras 13 y 14).

Del presente estudio se obtuvieron 20 parejas de cada familia en cada población, conformándose un lote de 320 reproductores de *P. Splendida*. De la selección obtenida, la tendencia genética fue ascendente debido a los valores registrados, que permitieron formar un lote de reproductores selectos. Estos organismos permitirán conformar la generación F1 de esta especie.

Las condiciones ambientales en el que se desarrolló el estudio presentaron valores de temperatura en un rango entre 23 y 31 °C, Oxígeno Disuelto entre 3.0 y 5.50 mg/l y el pH entre 6.50 y 7.30 ppm (Figura 17).

## DISCUSIÓN

Existen dos objetivos importantes en la implementación de la cría selectiva, el primero es aumentar la tasa de crecimiento mediante selección para longitud y para peso. El segundo es el de conseguir una población genéticamente mejorada (Tave 1996). En el presente estudio de selección intrafamiliar realizada con organismos de *Petenia splendida*, se demuestra que este tipo de selección es una buena opción para la mejora genética de esta especie, ya que los resultados obtenidos fueron significativos en crecimiento, en ganancia genética para peso y longitud por familia y por localidad en las dos etapas del estudio, donde los valores más altos, se observaron en los peces de la localidad de Centro. Este tipo

de estudio coincide con otros programas de selección genética en salmones, en el que han logrado mejorar los rasgos de: resistencia a enfermedades, rendimiento en carne y calidad del filete (color), tolerancia a la temperatura y salinidad, mejorar el porcentaje de conversión alimenticia, pigmentación de la piel, etc. (Gjedrem 2000). Entendiendo además por crecimiento al cambio de tamaño (longitud y peso) con relación al tiempo, el organismo crece cuando tiende a un límite, propio de la especie (Granado 1997). Es importante mencionar que este estudio es el primero en el que se realiza una mejora genética en *P. splendida*, por lo tanto, no existen valores con los que se pudieran contrastar los resultados obtenidos. Sin embargo, estudios en otras especies como la tilapia *Oreochromis niloticus* representan una mejor referencia comparativa dentro del grupo de los cíclidos, donde se han reportado resultados positivos en la selección genética después de una generación. Se han obtenido resultados de un 2.3% en crecimiento, medido por la diferencia entre tilapias seleccionadas y sus controles después de una generación (Brzesky & Doyle 1995). En otro estudio de peces seleccionados, resultaron significativamente mayores en un 3% en relación a sus controles; lo que representó un 34% de ganancia, al realizar mejoramiento genético en jaulas flotantes en la selección direccional realizada (Basiao & Doyle 1999). Bolívar & Newkirk (2002) encontraron un aumento promedio de 2.2 g en peso corporal por generación, aplicando la selección intrafamiliar en *O. niloticus*, de 16 semanas. En la comparación de *O. niloticus* y el híbrido rojo, en la primera fase de crecimiento (65 días) se obtuvo una ganancia en peso por día de 0.17 g. y 0.16 g respectivamente (Garduño 1999). En un programa de mejoramiento genético de tilapias del Nilo (2005), con familias del linaje GIFT, lograron que la ganancia genética acumulada para velocidad de crecimiento en este período fuera superior al 20%, equivaliendo a una ganancia genética anual de cerca del 4%. Los animales son evaluados en un sistema de producción en tanques, con período de cultivo que ocurre entre el otoño y primavera. Los resultados han indicado que los animales mantienen un crecimiento razonable en el período en que las temperaturas son más bajas y presentan velocidad de crecimiento elevada en los períodos en que las temperaturas están elevadas (Pereira *et al.* 2011).

En el crecimiento de *P. splendida* en la primera etapa, para las crías de las tres localidades fue muy lento tanto para la población seleccionada como para la población control. Esto nos puede estar indicando que, uno de los factores que debió de estar

influyendo en el crecimiento de los peces en esta etapa, fue la dominancia o lucha territorial, los más grandes desplazan a los más pequeños y débiles al momento de alimentarse, es decir, que se está estableciendo una relación de jerarquía de tamaño, que se estaría comprobando al momento de realizar la selección como ocurrió en el presente estudio. Aunque cada especie tiene distintos hábitos alimenticios y requerimientos nutricionales específicos; no se puede asegurar a un alimento con características óptimas en general. El estado nutricional que también es uno de los factores determinantes en el crecimiento de los peces, la cantidad y calidad de los nutrientes ingeridos, pudieron tener un efecto sobre el crecimiento de *P. splendida*. Si el alimento utilizado, contenía una alta cantidad de energía y poca proteína, las crías cubrieron sus necesidades energéticas pero no se obtuvo el sustrato suficiente para formar tejido y estructuras para su crecimiento, pero por otro lado, si contenía una gran cantidad de proteína y poca energía el organismo no obtuvo suficiente energía para realizar sus funciones fundamentales y las obtuvo a partir de los aminoácidos. Por lo tanto, es importante que haya existido el equilibrio en la relación proteína/energía en el alimento. Otro factor importante a considerar es el estrés ambiental, que pudo haber afectado significativamente a las crías, como: temperatura, oxígeno disuelto, densidad, metabolitos tóxicos, entre otros. Además de las actividades comunes en una granja: manipulación de organismos en las biometrías, limpieza de estanques de cultivo, recambio de agua, etc., que provocan un estrés adicional. Pero también como mencionan en otro estudio, al haber un elevado número de organismos por unidad de volumen hay un mayor consumo de oxígeno y de alimento, mayor producción de metabolitos tóxicos y menor espacio entre organismos; todo esto conlleva estrés al organismo, lo cual representa un aumento adicional a la demanda energética, afectando negativamente el crecimiento (Costas *et al.* 2007).

El cambio observado en la tasa de crecimiento a partir de la primera selección para la población selección y control en este estudio, pudo haber estado relacionado con las condiciones en las que se llevó a cabo esta parte del estudio. El hecho de que inicialmente los peces estuvieran en jaulas con malla de mosquitero y posteriormente fueran trasladados a jaulas de la misma dimensión pero con apertura de malla mayor, pudo haber generado condiciones más favorables para el crecimiento. Esto se debe principalmente a que una apertura de malla mayor permitió una mejor circulación del agua y por lo tanto una mejora

en la calidad del agua al interior de las jaulas. Al respecto Masser (1997) menciona que la talla de la malla no debe de ser menor de ½ pulgada para asegurar la buena circulación de agua a través de las jaulas. Gracias al intercambio continuo de agua, a través de las redes de las jaulas, se mantiene un adecuado nivel de oxígeno disuelto y permite que se desplacen los desechos metabólicos (Teng *et al.* 1978, Nakada & Murai 1991).

Estudios genéticos en salmónidos como trucha café (*Salmo trutta*) y trucha arco iris (*Onchorhynchus mykiss*), han centrado sus investigaciones en la evaluación genética y el mejoramiento de características cuantitativas, analizando la respuesta a la selección, estimando la heredabilidad, y valorando la interacción genotipo-ambiente (Sociedad genética de Chile 2000). En países como Israel y Colombia han utilizado la investigación genética para el desarrollo de la tilapia (*Oreochromis spp*) para obtener líneas muy superiores en rendimiento, adaptabilidad, sobrevivencia, y conversión alimenticia (Castillo 2003). Los programas de mejoramiento genético en peces, han utilizado la selección artificial con excelentes resultados; como son los casos de la trucha *Onchorhynchus mykiss* donde se logró reducir en 68 días la edad de reproducción; en tilapia *Oreochromis spp* se incrementó la edad de maduración a 50 días al transcurrir cuatro generaciones, la tasa de crecimiento se logró aumentar 250% en el salmón *Salmo salar* y en 85% en tilapia nilótica *Oreochromis niloticus* (INPA 1998, Pérez 1996). En un estudio con reproductores de la dorada *Sparus aurata* L. fueron genotipados utilizando 8 microsatélites, gracias a los cuales se pudo conocer el parentesco de más del 85 % de los individuos analizados. Los resultados indicaron que los caracteres de crecimiento peso y talla tuvieron heredabilidad en torno a 0.40 y altas correlaciones genéticas entre ellos (> 0.90) lo que indica que podrían ser susceptibles de mejora genética por selección (Navarro *et al.* 2009, Fernández-Farías *et al.* 2010).

En la actualidad, se han determinado correlaciones genéticas entre resistencia a enfermedades y caracteres relacionados con el crecimiento (peso y longitud corporal, tasa de crecimiento y eficiencia de conversión alimenticia) con salmónidos. Los resultados varían desde correlaciones genéticas negativas moderadas a bajas (Henryon *et al.* 2002), pasando por correlaciones inconsistentes (Beacham & Evelyn 1992, Henryon *et al.* 2002), hasta correlaciones favorables moderadas y bajas (Standal & Gjerde 1987, Gjedrem *et al.* 2005). Otro aspecto importante para obtener ganancia genética, es la exactitud de selección,

asociada a la heredabilidad, es decir, si la heredabilidad es mayor, habrá una mayor exactitud de selección y mayor ganancia genética (Tave 1986). La heredabilidad proporciona un buen elemento de valoración de la influencia de factores ambientales sobre la característica (Pérez 1996). La heredabilidad también puede cambiar de acuerdo con el momento de desarrollo del organismo, como lo demuestran estudios realizados por varios autores en carpa común *Ciprinus carpio*, en los cuales se mostraron cambios de heredabilidad para longitud y peso de acuerdo con la edad, obteniéndose coeficientes de 0.49, 0.15, 0.24 y 0.21 para talla a 1, 2, 3 y 4 años de edad, respectivamente (Reagan *et al.* 1976, Smisek 1980, Tave 1980). Igualmente, en estudios recientes con Lubina *Dicentrarchus labrax L.*, donde se demostró que la heredabilidad estimada para talla en peces, tiende a incrementarse con la edad (Saillant *et al.* 2006). El valor estimado de la heredabilidad permite definir qué método de selección se debe utilizar para el mejoramiento genético de las características cuantitativas (Cardelino & Rovirosa 1987). Si la heredabilidad es baja o media, se recomienda la selección basada en el pedigrí (prueba de ascendencia y descendencia) o la prueba de progenie (prueba de descendencia); pero si la heredabilidad es alta se prefiere la selección por desempeño individual o masal (Falconer 1981), la cual se ha usado para características de fácil medición como talla, peso y ganancia de peso (Kirpichnikov 1981). Otro método de selección es el familiar, aplicable a especies con tasas reproductivas elevadas, el cual elige los individuos mejores dentro de cada familia con ambiente común; por ser el más adecuado en cuanto a costos y utilización de espacio (Cardelino & Rovirosa 1987), es el más aplicado en piscicultura (Pérez 1996).

En este estudio, los estimados de heredabilidad que se obtuvieron, la correlación realizada para los caracteres de crecimiento peso y longitud, sugieren que es posible una mejora sustancial al crecimiento en la próxima generación. Pérez-Rostro & Ibarra (2003 a) observaron un incremento en la heredabilidad de la longitud total, la longitud del abdomen, el peso total y el ancho del primer somite abdominal de *L. vannamei*, cuando evalúan estos caracteres a las 17, 23 y 29 semanas de engorda. Las correlaciones genéticas son importantes para predecir los cambios en el fenotipo resultantes de la selección. Elevadas correlaciones genéticas entre caracteres sugieren pleiotropía y/o desequilibrio por ligamiento entre los genes para la ganancia en peso y peso final, y la selección para cada carácter puede producir una respuesta correlacionada con el otro.

Las condiciones ambientales en las que se desarrolló el presente estudio, estuvieron dentro de los rangos permisibles para cíclidos en cultivo (26-29 °C, 3-8 mg/l y 5-9), como los trabajos reportados por Aguilera (1985) & Morales (1991) para el cultivo de tilapia *Oreochromis niloticus*.

#### AGRADECIMIENTOS

Al Fisheries and Aquaculture Collaborative Research Support Program. El F&A CRSP es parcialmente financiado por la United States Agency for International Development (USAID). Financiamiento No. **EPP-A-00-06-00012-00** y por otras instituciones participantes. Las opiniones vertidas son exclusivas de los autores y no necesariamente reflejan los puntos de vista de la US Agency for International Development. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca de posgrado otorgada.

#### RESUMEN

Se obtuvo un lote de reproductores de *P. splendida*, seleccionados en base a su crecimiento en longitud. En la primera etapa antes de la selección, el crecimiento de los organismos fue muy lento alcanzando tasas de crecimiento entre 0.018-0.025 g/día y 0.021-0.030 cm/día, a los 105 días de cultivo y 243 días de edad. La sobrevivencia presentó un rango de variación entre 48.0-93.8 %. En la segunda etapa (primera selección), se inició un crecimiento rápido para ambas poblaciones (seleccionada y control), alcanzando tasas de crecimiento entre 0.20-0.29 g/día y 0.03-0.04 cm/día para la población seleccionada. La sobrevivencia alcanzó un rango entre 53.3-95.3 %. Para la población control, la tasa de crecimiento varió entre 0.16-0.27 g/día y 0.03-0.04 cm/día. La sobrevivencia presentó un rango entre 56.0-87.3%. Los organismos de la localidad de Centro obtuvieron las mejores ganancias en peso por la selección (selección-control) que se observan en las familias dos (11.1 g), cuatro (8.6 g) y siete (7.7 g). En la diferencia por selección en longitud los mejores valores se observan en las familias cuatro y quince (0.8 cm), uno y dos (0.6 cm). Los valores de heredabilidad en los caracteres de crecimiento son confiables (0.47 cm; valor más alto para longitud) lo que nos indica que la selección realizada para *P. splendida* alcanzará una mejora sustancial.

al crecimiento en la próxima generación. De la segunda selección, se obtuvieron 20 parejas de cada familia, haciendo un total de 320 reproductores de *P. splendida*.

**Palabras claves:** Mejora genética, tenguayaca, *P. splendida*, especie nativa.

## REFERENCIAS

- Aguilera, H. P. 1985. *La tilapia y su cultivo*. Secretaria de Pesca. México, D. F.
- Basiao, U. Z. & W. R. Doyle. 1999. Ensayo del tamaño específico por selección masal para Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) (L.), en granjas de jaulas en las Filipinas. *Aquaculture Research*, 57 (5) pp. 373-378.
- Beacham, T. D. & T. P. T. Evelyn. 1992. Genetic variation in disease resistance and growth of chinook, coho, and chum salmon with respect to vibriosis, furunculosis, and bacterial kidney disease. *Trans Am Fish Soc* 121, 456-485.
- Bolívar, R. B. & G. F. Newkirk. 2002. Response to within-family selection for body weight in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) using a single-trait animal model. *Aquaculture* 204: 371-381.
- Brzeski, J. V. & Doyle W. R. 1995. A test of an on-farm selection procedure for tilapia growth in Indonesia. *Aquaculture*. 137: 219-230.
- Cardelino, R. & Rovira J. 1987. Mejoramiento genético animal. 2nd ed. Montevideo: Hemisferio Sur. p. 65-91.
- Carrillo, M. S. Zanuy & M. J. Bayarri. 2009. Control ambiental de la reproducción de los peces con especial referencia al control del ciclo sexual, de la pubertad y de la precocidad. Páginas 175-246 En: J. Espinoza de los Monteros y A. Carrillo-Estévez. Aspectos básicos y sus aplicaciones en la acuicultura. Publicaciones Científicas y Tecnológicas de Fundación Observatorio Español de Acuicultura. Madrid.
- Castillo, L. F. 2003. La tilapia roja. Una evolución de 22 años de la incertidumbre al éxito; URL: [http:// www.produce.gob.pe/mipe/dna/doc/ctilapia\\_I.pdf](http://www.produce.gob.pe/mipe/dna/doc/ctilapia_I.pdf).
- Costas, B. Aragão, C. Mancera, J. M. D. Inis, M. T. & L. E. C. Conceição. 2007. High stocking density induces crowding stress and affects amino acid metabolism in

- Senegalese sole *Solea senegalensis* (Kaup 1858) juveniles. *Aquaculture Research* 39:1-9.
- Coward, K. & Bromage N. R. 2000. Reproductive physiology of female tilapia broodstock. *Fish Biology and Fisheries*, 10: 1-25.
- Davis, G. P. & D. J. Hetzel. 2000. Integrating molecular genetics technology with traditional approaches for genetic improvement in aquaculture species. *Aquaculture Research*.
- Dunham, R. A. 1995. Declaración y plan de acción de Kyoto sobre la contribución sostenible de la pesca a la seguridad alimentaria. Conferencia Internacional. Kyoto, Japón, 4-9 de diciembre de 1995. <http://www.fao.org/DOCREP/006/AC442S/AC442S00.HTM>.
- Dunham, R. A. K. Majumdar, E. Hallerman, D. Bartley, G. Mair, G. Hulata, Z. Liu, N. Pongthana, J. Bakos, D. Penman, M. Gupta, P. Rothlisberg & G. Hoerstgen-Schwark. 2001. Review of the status of aquaculture regenetics. In: *Aquaculture in the Third Millenium. Technical Proceedings of the Conference on Aquaculture in the Third Millennium* (20-25 de febrero, 2000. Bangkok, Tailandia). R. P. Subasinghe, P. Bueno, M. J. Phillips, C. Hough, S. E. McGladdery y J. R. Arthur (eds.): 129-157. NACA. Bangkok, Tailandia.
- Falconer, D. S. 1981. Introducción a la genética cuantitativa. México: Compañía editorial Continental S. A.
- Fernández, Farías T. M. A. Toro, J. Fernández, A. Pino-Querido, M. Hermida, M. Herlin, G. Ballón Díaz, M. D. López Belluga & P. Martínez. 2010. Estimación de parámetros genéticos para caracteres de crecimiento en Dorada (*Sparus aurata* L.). Actas de la XIV Reunión Nacional de Mejora Genética Animal.
- Garduño, L. M. 1999. Comparaciones de parámetros reproductivos, de crecimiento, fenotípicas y económicas de Tilapia roja. *Gaceta Regional*, Sistema de Investigación del Golfo de México (SIGOLFO) año 1, junio 1999, N° 2: 5-6; Martínez de la Torre, Veracruz.
- Granado, L. C. 1997. *Ecología de peces*. Universidad de Sevilla. Secretariado de publicaciones. Sevilla, España. Pp. 187-220.
- Gjedrem, T. 2000. Genetic improvement of cold-water fish species. *Aquac Res* 31, 25-33.

- Gjedrem, T. 2005. Selection and Breeding Programs in Aquaculture. Springer. Berlín: 364 pp.
- Henryon, M. A. Jokumsen, P. Berg, I. Lund, P. B. Pedersen, N. J. & Olesen. W. J. Slierendrecht. 2002. Genetic variation for growth rate, feedconversion efficiency, and disease resistance exists within a farmed population of rainbow trout. *Aquaculture* 209, 59-76. Erratum: *Aquaculture* 216, 387-388.
- Hulata, G. 2001. Genetic manipulations in aquaculture: a review of stock improvement by classical and modern technologies. *Genetica* 111: 155-173.
- INPA. 1998. Fundamentos de nutrición y alimentación en acuicultura. Series fundamentos N° 3, 342 p.
- Kirpichnikov, V. S. 1981. Genetic bases of fish selection. New York: Springer-Verlag. 410 pp.
- Masser, M. P. 1997. Cage culture. Handling and feeding caged fish. Southern Regional Aquaculture Center (SRAC). Publication No. 164.
- Muñoz-Cueto, J. A. 2009. Cerebro y reproducción en peces: Bases neurales y neuroendócrinas. Páginas 27-96 En: J. Espinosa de los Monteros y A. Carrillo-Esteves. La reproducción de los peces: aspectos básicos y sus aplicaciones en acuicultura. Publicaciones Científicas y Tecnológicas de la Fundación Observatorio Español de Acuicultura. Madrid, España.
- Morales, D. A. 1991. *La Tilapia en México, Biología, Cultivo y Pesquería*. E. d. AGT. México D. F.
- Nakada, M. & T. Murai. 1991. Yellowtail aquaculture in Japan. Pp. 55-72, En: McVey, J. P. (Ed.). Handbook of Mariculture, Vol. II, Finfish Aquaculture. CRC: Press, Boca Raton, Florida.
- Navarro, A. Zamorano, M. J. Hildebrandt, S. Ginés, R. Aguilera C. & Afonso, J. M. 2009. Estimates of heritabilities and genetic correlations for growth and carcass traits in gilthead seabream (*Sparus auratus* L.), under industrial conditions. *Aquaculture*. 289: 225-230.
- Pérez, J. E. 1996. Mejoramiento genético en acuicultura. Instituto de Oceanográfico de Venezuela. Universidad de Oriente. Cumaná: Imprenta universitaria. 178 p.

- Reagan, R. E. 1976. Pardue GB, Eisen ES. Predicting selection response for growth of channel catfish. *J Hered* 1976; 67:49-63.
- Pereira, R. R., A. de O. C. & R. Emico. 2011. Mejoramiento genético de peces. PROCITROPICO: Programa Cooperativo de Investigación e Innovación Agrícola para los Trópicos Suramericanos.  
<http://www.procitropicos.org.br/portal/conteudo/item.php?itemid=1810>
- Pérez-Rostro, P. C. & A. M. Ibarra (2003 a). Quantitative genetic parameter estimate for size and growth rate traits in Pacific white shrimp, *Penaeus vannamei*, when reared indoors. *Aquac. Res.* 34:543-553
- Reunión anual sociedad de genética de Chile. 1988-2000. Perspectivas de la paliación de biotecnologías en la acuicultura. Chile: Grupo de Ciencias de la Acuicultura.
- Saillant, E. 2006. Dupont-Nivet M, Haffray P, Chatain B. Estimates of heritability and genotype–environment interactions for body weight in sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) raised under communal rearing conditions. *Aquaculture*. 254:139–147.
- Smisek, J. 1980. Considerations of body conformations, heredability and biochemical characters in genetic studies of carpa in Czechoslovakia. Abstract in *Anim Breed Abs*; 48:302.
- Standal, M. & B. Gjerde. 1987. Genetic variation in survival of Atlantic salmon during searearing period. *Aquaculture* 66, 197-207.
- Tave, D. 1980. Smitherman R. O. Predicted response to selection for early growth in tilapia nilótica. *Trans Anim Fish Soc.* 109:439-445.
- Tave, D. 1986. Genetics of quantitative phenotypes. In: *Genetic for fish hatchery managers*. Connecticut: West por; p. 115-160.
- Tave, D. 1996. Programas de cría selectiva para piscifactorías de tamaño medio. FAO Documento Técnico de Pesca. No. 352. Roma, 127pp.
- Teng, S. K. T. E. Chua & P. E. Lim. 1978. Preliminary observation on the dietary protein requirement of the stuary grouper, *Epinephelus salmoides* Maxwel, culture in floating net-cages. *Aquaculture* 15: 257-271.
- Toro, M. A. & C. López-Fanjul. 1997. Mejora genética en Acuicultura. En: *Producción Animal Acuática*. C. Buxadé (ed.): 107 p. Mundi-Prensa. Madrid.

CUADRO 1.

Valores promedio de crecimiento en peso, longitud y sobrevivencia de peces provenientes de 16 familias obtenidas de las tres localidades de estudio. Las observaciones reflejan valores de 105 días de crecimiento, con un tamaño de muestra inicial de 500 organismos (1a etapa).

TABLE 1.

Mean values of growth in weight, length and survival of fish from 16 families obtained from the three study sites. The observations reflect values of 105 days of growth, with a sample size of 500 organisms (1st stage).

Localidad	Familia	Peso inicial	Peso Final	Tasa crecimiento g/día	Longitud inicial	Longitud Final	Tasa crecimiento cm/día	% Sobrevivencia
Centro	F1	0.70	3.10	0.023	3.80	6.50	0.026	93.8
Centro	F2	0.85	3.40	0.024	4.05	6.75	0.026	62.4
Centro	F3	1.05	3.00	0.019	4.55	6.70	0.020	85.9
Centro	F4	1.20	3.70	0.024	4.70	6.95	0.021	53.4
Centro	F5	0.85	3.55	0.026	3.95	6.80	0.027	71.5
Centro	F7	0.60	3.05	0.023	4.15	6.60	0.023	81.1
Centro	F8	0.95	3.40	0.023	4.20	6.75	0.024	91.9
Centro	F15	0.10	2.00	0.018	2.50	5.45	0.028	72.8
Nacajuca	F6	0.70	2.90	0.021	4.15	6.40	0.021	63.6
Nacajuca	F9	0.45	2.70	0.021	3.20	6.05	0.027	82.4
Nacajuca	F10	0.80	3.00	0.021	3.95	6.40	0.023	84.5
Nacajuca	F11	0.80	3.4	0.025	4.10	6.80	0.026	73.5
Nacajuca	F12	0.30	2.15	0.018	3.05	5.85	0.027	57.7
Nacajuca	F13	0.50	2.85	0.022	3.45	6.35	0.028	76.8
Nacajuca	F14	0.50	2.90	0.023	3.50	6.45	0.028	79.1
Nacajuca	F16	1.10	4.3	0.030	4.40	7.35	0.028	48.0
Malpaso	F17	0.30	2.65	0.022	2.90	6.05	0.030	65.5

CUADRO 2.

Valores promedio de crecimiento en peso, longitud y sobrevivencia de peces provenientes de 16 familias obtenidas de las tres localidades de estudio. Las observaciones reflejan valores de 195 días de crecimiento posterior a la primera selección, con un tamaño de muestra inicial de 150 organismos (2da Etapa, población seleccionada).

TABLE 2.

Valores average growth in weight, length and survival of fish from 16 families obtained from the three study sites. The comments reflect values of 195 days of growth after the first selection, with an initial sample size of 150 organisms (2nd Stage, selected population).

Localidad	Familia	Peso inicial	Peso Final	Tasa crecimiento g/día	Longitud inicial	Longitud Final	Tasa crecimiento cm/día	% Sobrevivencia
Centro	F1	8.30	54.48	0.237	9.20	16.40	0.037	80.7
	F2	7.40	62.89	0.285	9.00	17.10	0.042	73.3
	F3	7.20	52.89	0.234	8.80	16.00	0.037	95.3
	F4	8.20	61.16	0.272	9.20	17.20	0.041	62.7
	F5	10.30	56.91	0.239	9.50	16.00	0.033	76.0
	F7	7.50	52.83	0.232	8.70	15.50	0.035	76.0
	F8	9.20	56.12	0.241	9.60	16.50	0.035	58.0
	F15	6.40	52.35	0.236	8.40	16.10	0.039	84.7
Promedio		<b>8.06</b>	<b>56.20</b>	<b>0.247</b>	<b>9.05</b>	<b>16.35</b>	<b>0.037</b>	<b>75.84</b>
Nacajuca	F6	7.70	64.56	0.292	8.90	17.50	0.044	53.3
	F9	8.90	55.21	0.237	9.30	16.30	0.036	76.0
	F10	8.20	56.71	0.249	9.20	16.90	0.039	76.7
	F11	8.30	55.67	0.243	9.30	16.30	0.036	78.7
	F12	6.10	54.84	0.250	8.30	16.50	0.042	67.3
	F13	7.00	52.32	0.232	8.80	15.80	0.036	85.3
	F14	7.90	46.12	0.196	8.80	15.50	0.034	68.7
	F16	10.20	-	-	9.70	-	-	Perdida
Promedio		<b>8.04</b>	<b>55.06</b>	<b>0.243</b>	<b>9.04</b>	<b>16.4</b>	<b>0.038</b>	<b>72.29</b>
Malpaso	F17	6.50	50.23	0.224	8.50	15.50	0.036	64.0

CUADRO 3.

Valores promedio de crecimiento en peso, longitud y sobrevivencia de peces provenientes de 16 familias obtenidas de las tres localidades de estudio. Las observaciones reflejan valores de 195 días de crecimiento posterior a la primera selección, con un tamaño de muestra inicial de 150 organismos (2da Etapa, población control).

TABLE 3.

Mean values of growth in weight, length and survival of fish from 16 families obtained from the three study sites. The comments reflect values of 195 days of growth after the first selection, with an initial sample size of 150 organisms (2nd Stage, population control).

Localidad	Familia	Peso inicial	Peso Final	Tasa crecimiento g/día	Longitud inicial	Longitud Final	Tasa crecimiento cm/día	% Sobrevivencia
Centro	F1	6.20	38.18	0.164	8.50	14.45	0.031	80.0
	F2	7.90	41.58	0.173	9.10	16.06	0.036	64.0
	F3	6.50	45.01	0.197	8.70	15.47	0.035	87.3
	F4	7.80	44.00	0.186	9.00	15.49	0.033	68.0
	F5	6.30	49.71	0.223	8.40	15.78	0.038	70.7
	F7	6.80	37.02	0.155	8.70	14.95	0.032	68.7
	F8	5.00	46.92	0.215	7.90	15.66	0.040	65.3
	F15	8.40	47.96	0.203	9.30	15.33	0.031	62.0
Promedio		<b>6.86</b>	<b>43.80</b>	<b>0.190</b>	<b>8.70</b>	<b>15.40</b>	<b>0.035</b>	<b>70.75</b>
Nacajuca	F6	7.10	59.22	0.267	8.60	17.00	0.043	74.0
	F9	5.80	46.89	0.211	8.20	15.51	0.037	64.7
	F10	6.90	47.79	0.210	8.80	15.70	0.035	77.3
	F11	8.50	44.44	0.184	9.10	15.37	0.032	74.0
	F12	7.30	44.16	0.189	8.90	15.66	0.035	74.7
	F13	5.40	48.92	0.223	8.10	15.86	0.040	56.0
	F14	7.10	45.82	0.199	8.70	15.47	0.035	87.3
	F16	8.40	-	-	9.30	-	-	Perdida
Promedio		<b>7.06</b>	<b>48.18</b>	<b>0.212</b>	<b>8.71</b>	<b>15.80</b>	<b>0.037</b>	<b>72.57</b>
Malpaso	F17	5.90	43.85	0.195	8.20	15.45	0.037	80.7

CUADRO 4.

Ganancia en peso y longitud por familia y por localidad, en las dos etapas de los organismos.

TABLE 4.

Gain in weight and length per family per location, in the two stages of organisms

1era Etapa				2da Etapa				Ganancia por Selección	
Centro	Familia	Ganancia en peso	Ganancia en longitud	Seleccionadas		Control		Diferencia por Selección (peso)	Diferencia por Selección (longitud)
				Ganancia en peso	Ganancia en longitud	Ganancia en peso	Ganancia en longitud		
	F1	2.3	2.6	23.7	3.7	16.4	3.1	7.3	0.6
	F2	2.4	2.6	28.5	4.2	17.3	3.6	11.1	0.6
	F3	1.9	2.0	23.4	3.7	19.7	3.5	3.7	0.2
	F4	2.4	2.1	27.2	4.1	18.6	3.3	8.6	0.8
	F5	2.6	2.7	23.9	3.3	22.3	3.8	1.6	-0.5
	F7	2.3	2.3	23.2	3.5	15.5	3.2	7.7	0.3
	F8	2.3	2.4	24.1	3.5	21.5	4.0	2.8	-0.5
	F15	1.8	2.8	23.6	3.9	20.3	3.1	3.3	0.8
Nacajuca	F6	2.1	2.1	29.2	4.4	26.7	4.3	2.5	0.1
	F9	2.1	2.7	23.7	3.6	21.1	3.7	2.6	-0.1
	F10	2.1	2.3	24.9	3.9	21.0	3.5	3.9	0.4
	F11	2.5	2.6	24.3	3.6	18.4	3.2	5.9	0.4
	F12	1.8	2.7	25.0	4.2	18.9	3.5	6.1	0.7
	F13	2.2	2.8	23.2	3.6	22.3	4.0	0.9	-0.4
	F14	2.3	2.8	19.6	3.4	19.9	3.5	-0.3	-0.1
	F16	3	2.8	-	-	-	-		
Malpaso	F17	2.2	3.0	22.4	3.6	19.5	3.7	2.9	-0.1

CUADRO 5.

Correlaciones Fenotípicas (triángulo inferior), correlaciones genéticas (triángulo superior) y heredabilidad (diagonal) de los caracteres de crecimiento.

TABLE 5.

Phenotypic correlations (lower triangle), genetic correlations (upper triangle) and heritability (diagonal) of growth traits.

	Peso 1	Peso 2	Longitud 1	Longitud 2	Ganancia Peso	Ganancia Largo
Peso 1	<b>0.187</b>	0.312	0.266	0.184	0.250	0.535
Peso 2	0.641	<b>0.330</b>	0.178	0.568	0.531	0.411
Longitud 1	0.221	0.221	<b>0.343</b>	0.118	0.791	0.534
Longitud 2	0.409	0.263	0.329	<b>0.472</b>	0.524	0.582
Ganancia Peso	0.139	-0.625	0.145	0.145	<b>0.304</b>	0.810
Ganancia Largo	0.171	-0.494	0.225	-0.494	0.452	<b>0.294</b>

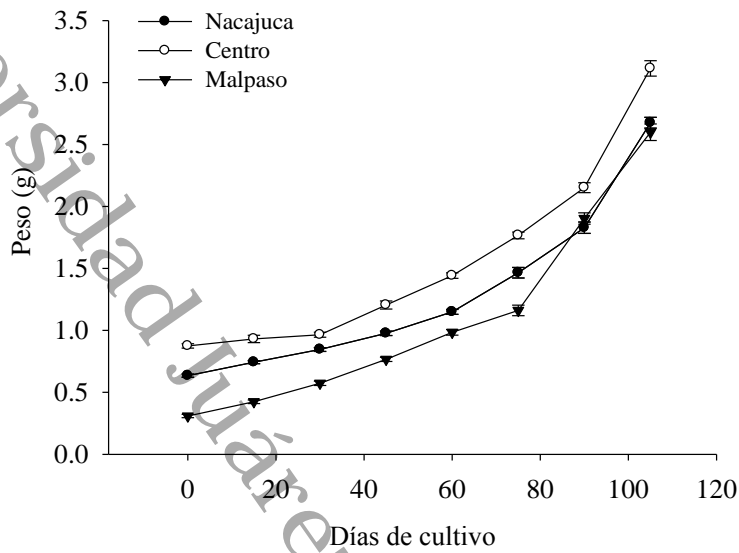


Fig. 1. Crecimiento promedio ( $\pm$  EE) en peso de organismos de *P. splendida*, por localidad, durante la primera etapa de cultivo (antes de la selección).

Fig. 1. Average growth ( $\pm$  EE) weight of bodies of *P. splendida*, by location, in the first growing season (before selection).

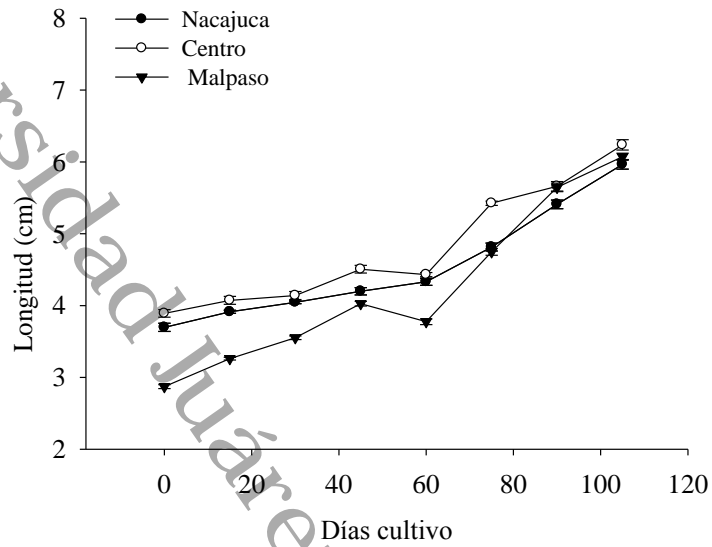


Fig. 2. Crecimiento promedio ( $\pm$  EE) en longitud de organismos de *P. splendida*, por localidad, durante la primera etapa de cultivo (antes de la selección).

Fig. 2. Average growth ( $\pm$  EE) in length agencies *P. splendida*, by location, in the first growing season (before selection).

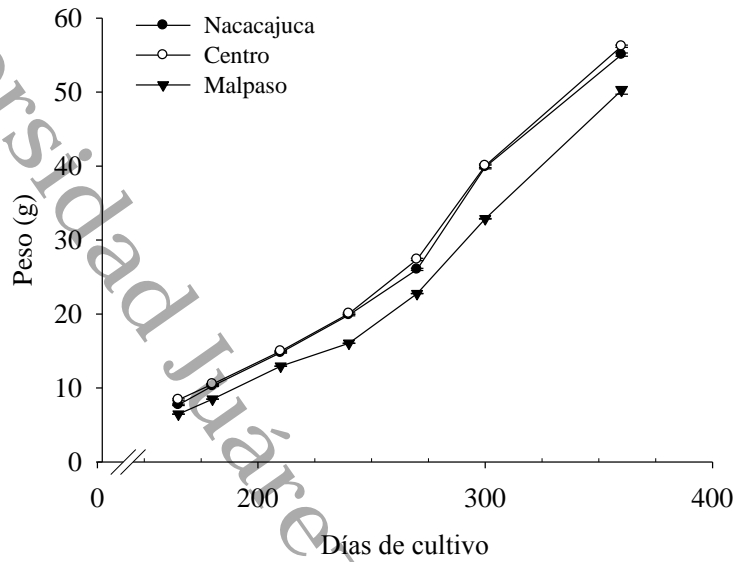


Fig. 3. Crecimiento promedio ( $\pm$  EE) en peso de organismos de *P. splendida*, por localidad, durante la segunda etapa de cultivo de la población seleccionada.

Fig. 3. Average growth ( $\pm$  EE) weight of bodies of *P. splendida*, by location, in the second stage of culture of the target population.

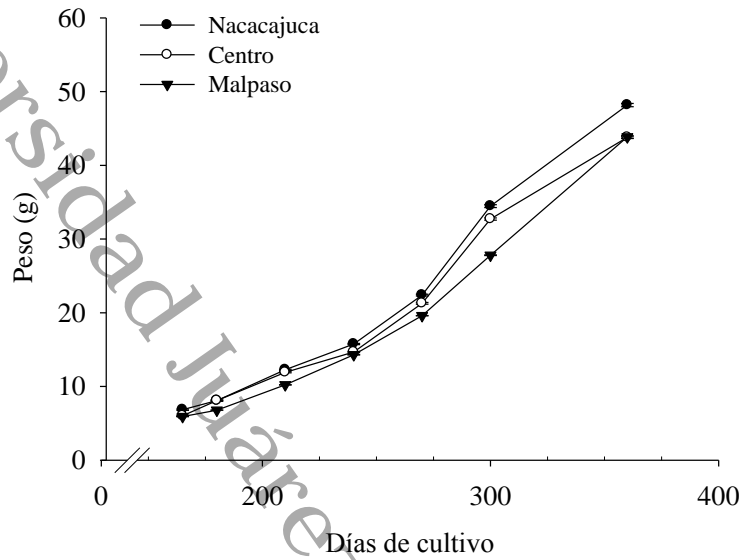


Fig. 4. Crecimiento promedio ( $\pm$  EE) en peso de organismos de *P. splendida*, por localidad, durante la segunda etapa de cultivo de la población control.

Fig. 4. Average growth ( $\pm$  EE) weight of bodies of *P. splendida*, by location, in the second stage of cultivation of the control population.

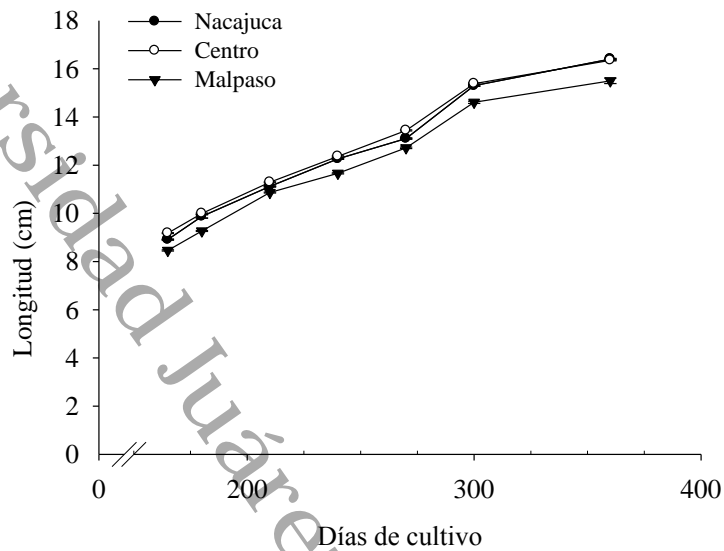


Fig. 5. Crecimiento promedio ( $\pm$  EE) en longitud de organismos de *P. splendida*, por localidad, durante la segunda etapa de cultivo de la población seleccionada.

Fig. 5. Average growth ( $\pm$  EE) in length agencies *P. splendida*, by location, in the second stage of culture of the target population.

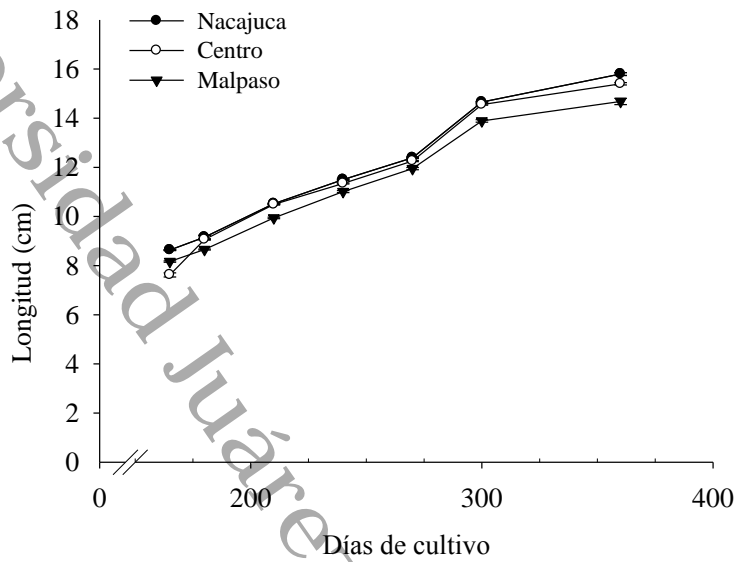


Fig. 6. Crecimiento promedio ( $\pm$  EE) en longitud de organismos de *P. splendida*, por localidad, durante la segunda etapa de cultivo de la población control.

Fig. 6. Average growth ( $\pm$  EE) in length agencies *P. splendida*, by location, in the second stage of cultivation of the control population.

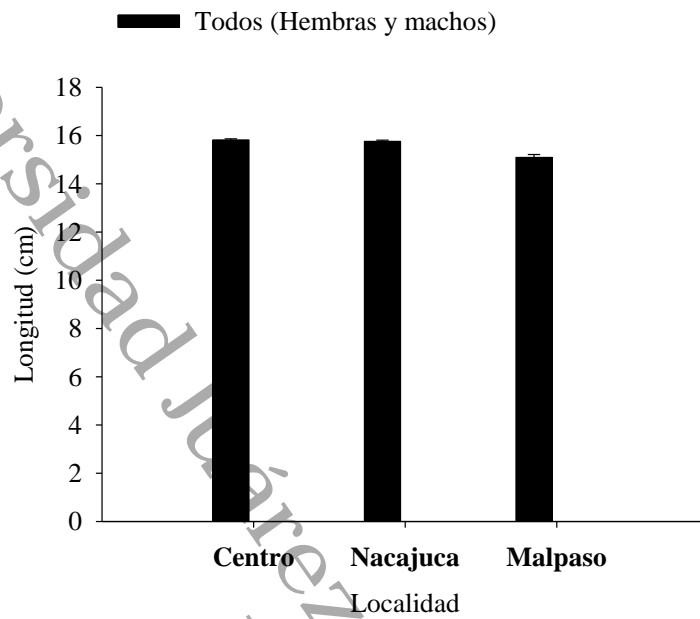


Fig. 7. Crecimiento promedio ( $\pm$  EE) en longitud de los organismos reproductores de *P. splendida*, por localidad, (todos).

Fig. 7. Average growth ( $\pm$  EE) in length organisms *P. splendida*, by location, (all).

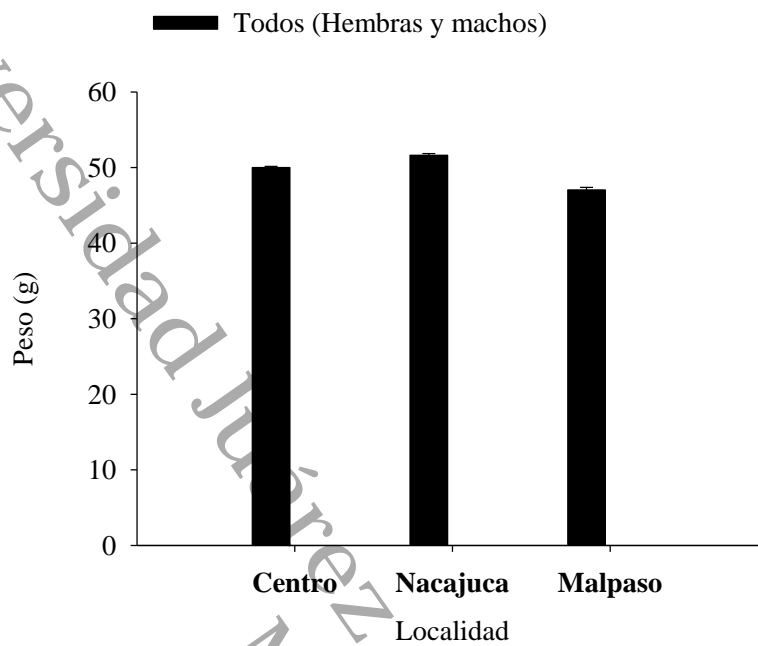


Fig. 8. Crecimiento promedio ( $\pm$  EE) en peso de los organismos reproductores de *P. splendida*, por localidad, (todos).

Fig. 8. Average growth ( $\pm$  EE) weight of organisms *P. splendida*, by location, (all).

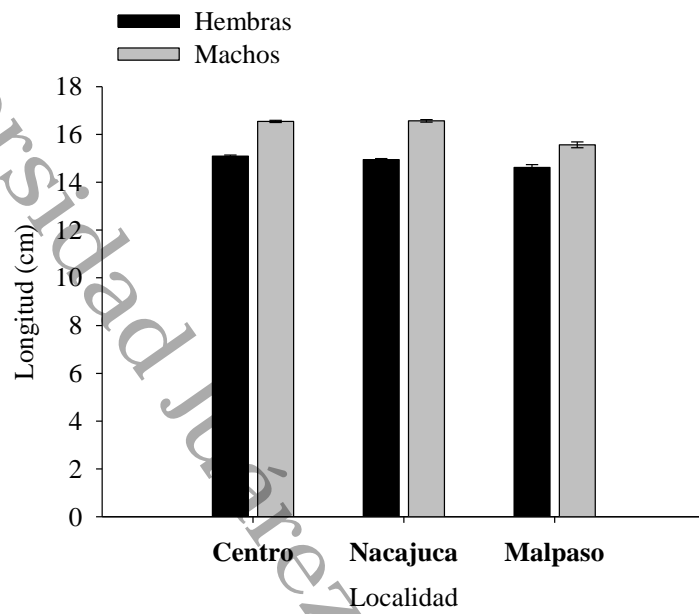


Fig. 9. Crecimiento promedio ( $\pm$  EE) en longitud de hembras y machos de *P. splendida*, sin seleccionar por localidad.

Fig. 9. Average growth ( $\pm$  EE) in length females and males of *P. splendida*, unchecked by location.

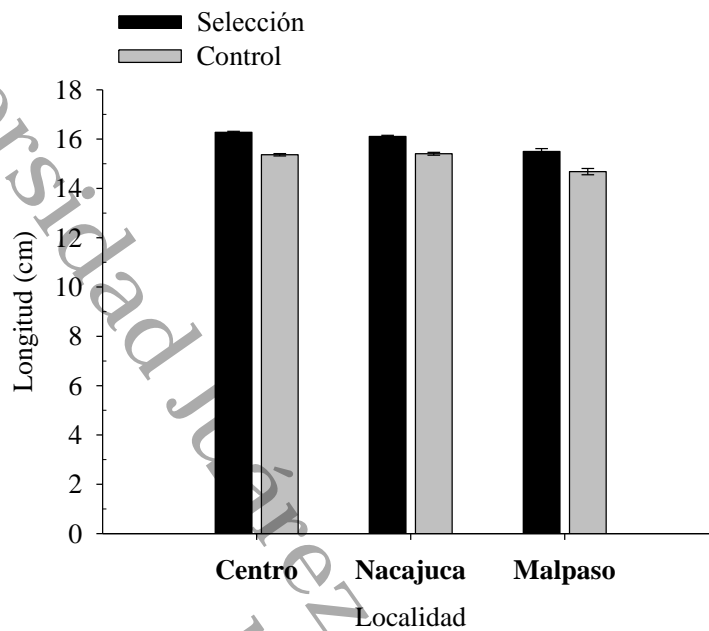


Fig. 10. Crecimiento promedio ( $\pm$  EE) en longitud de los organismos reproductores de *P. splendida*, selección y control por localidad.

Fig. 10. Average growth ( $\pm$  EE) in length agencies *P. splendida*, control selection and location.

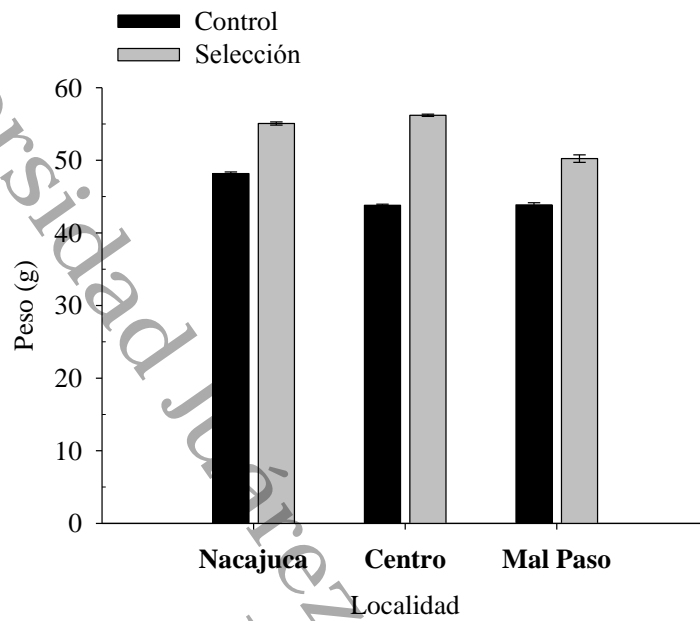


Fig. 11. Crecimiento promedio ( $\pm$  EE) en peso de los organismos reproductores de *P. splendida*, selección y control por localidad.

Fig. 11. Average growth ( $\pm$  EE) weight of organisms *P. splendida*, control selection and location.

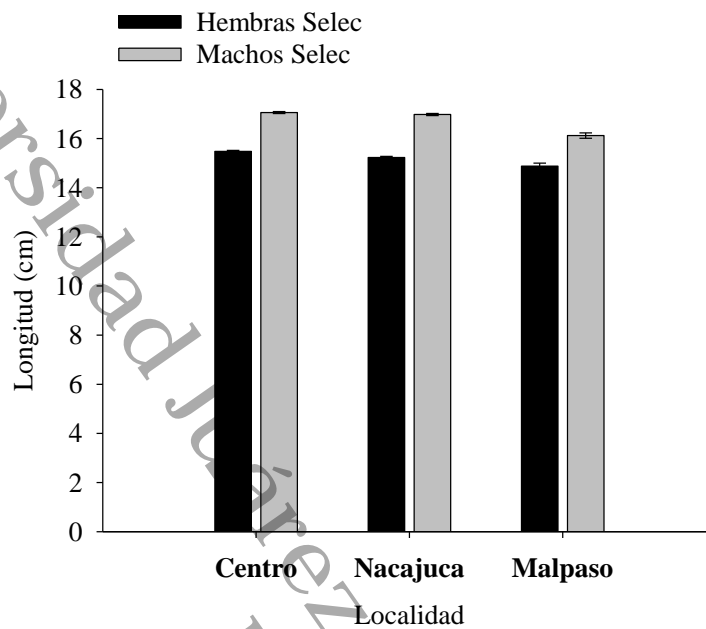


Fig. 12. Crecimiento promedio ( $\pm$  EE) en longitud de hembras y machos de *P. splendida*, seleccionados por localidad.

Fig. 12. Average growth ( $\pm$  EE) in length females and males of *P. splendida*, selected by location.

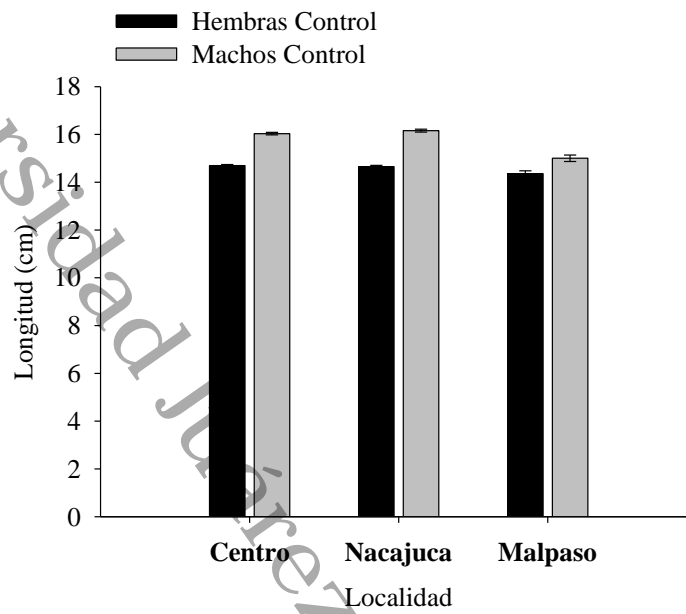


Fig. 13. Crecimiento promedio ( $\pm$  EE) en longitud de hembras y machos de *P. splendida*, de la población control por localidad.

Fig. 13. Average growth ( $\pm$  EE) in length females and males of *P. splendida*, population control location.

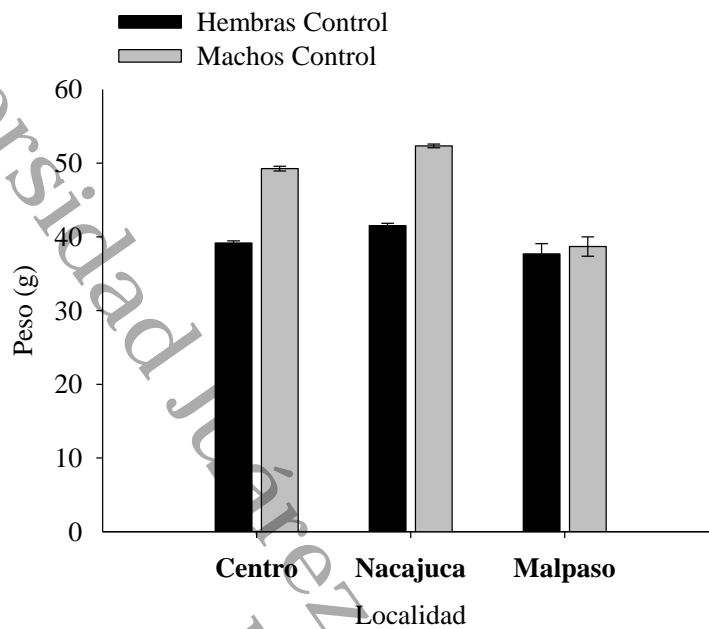


Fig. 14. Crecimiento promedio ( $\pm$  EE) en peso de hembras y machos de *P. splendida*, de la población control por localidad.

Fig. 14. Average growth ( $\pm$  EE) weight of females and males of *P. splendida*, population control location.

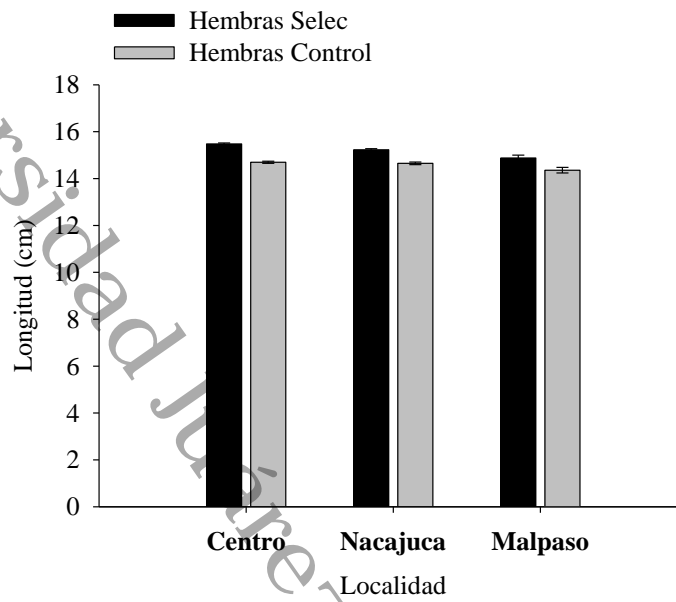


Fig. 15. Crecimiento promedio ( $\pm$  EE) en longitud de hembras seleccionadas y hembras control de *P. splendida*, por localidad.

Fig. 15. Average growth ( $\pm$  EE) in length and females selected females control *P. splendida*, by location.

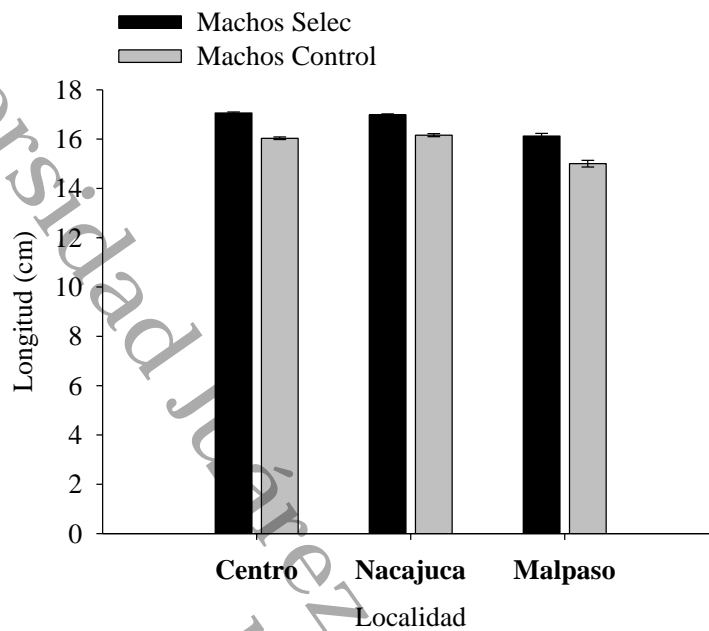


Fig. 16. Crecimiento promedio ( $\pm$  EE) en longitud de machos seleccionados y machos control de *P. splendida*, por localidad.

Fig. 16. Average growth ( $\pm$  EE) in length and males males selected control *P. splendida*, by location.

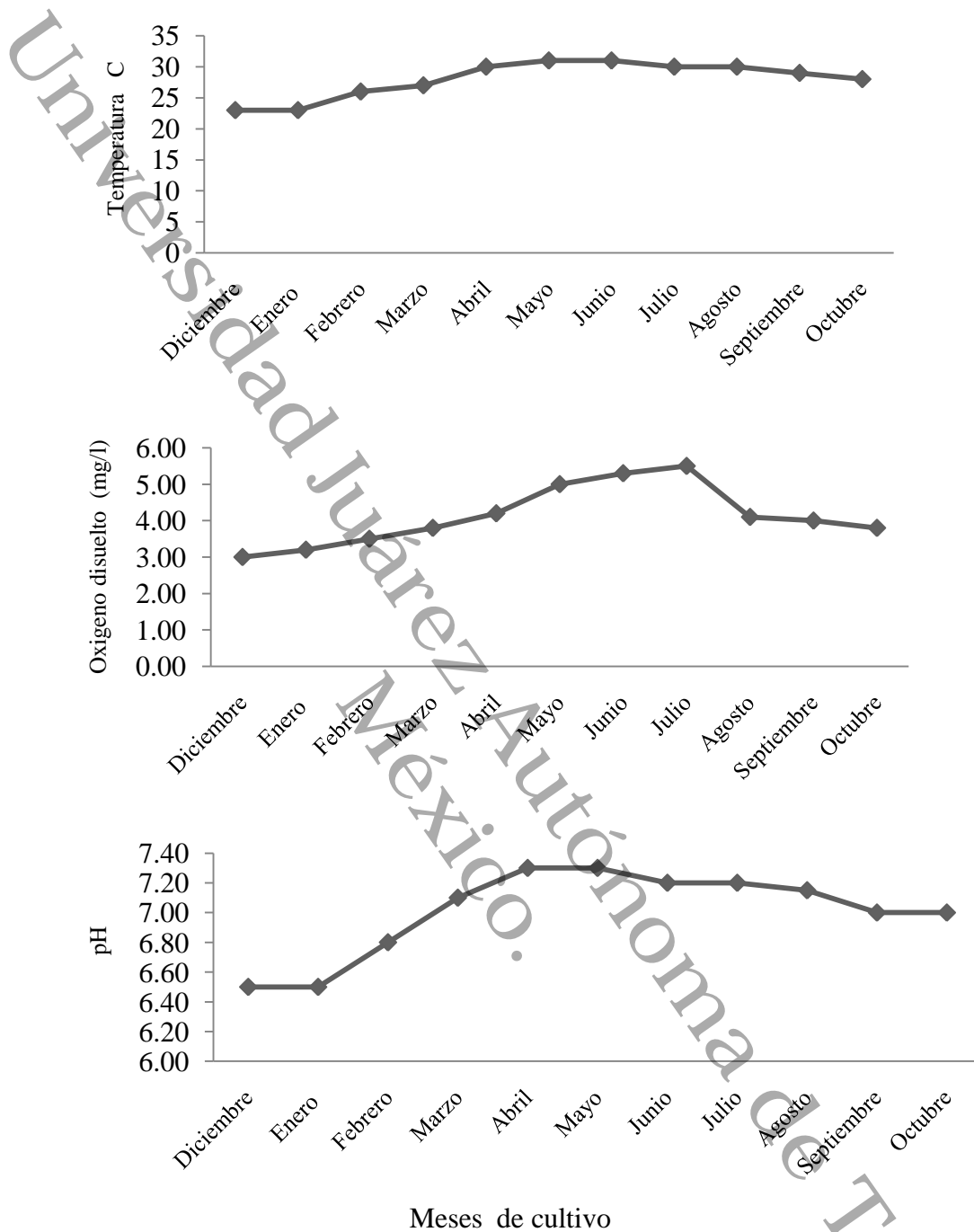


Fig. 17. Valores promedio de Temperatura (a), Oxígeno disuelto (b) y pH (c) del agua, durante los meses de cultivo de *P. splendida*.

Fig. 17. Average values of temperature (a), dissolved oxygen (b) and pH (c) water, during the months of culture of *P. splendida*.