

Discriminación de caracteres morfométricos de interés ornamental candidatos a criterios de selección en Barbo Sumatranano (*Puntius tetrazona*)

Psique Victoria Rivero Martínez,¹ Gabriel Ricardo Campos Montes,²
Tatiana Lugo García,³ Reyes López Ordaz,⁴
Fernando García Gómez⁵ y David Martínez Espinosa*.²

Resumen. *El objetivo de este trabajo fue discriminar caracteres morfométricos de interés ornamental candidatos a criterios de selección en Barbo Sumatranano (*Puntius tetrazona*).*

Los organismos fueron obtenidos a partir de 51 desoves en una granja comercial; a la semana 3 post-eclosión fueron enviados 150 organismos a un núcleo genético (Laboratorio) y 450 organismos distribuidos en Granja. A la semana 17 de edad fueron anestesiados para realizar 30 mediciones, agrupadas en medidas

¹ Departamento de Genética y Bioestadística. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México.

² Departamento de El Hombre y su Ambiente. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, *e-mail: maed4024@correo.xoc.uam.mx

³ Departamento de Abejas, Conejos y Organismos Acuáticos. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México.

⁴ Departamento de Producción Agrícola y Animal. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.

⁵ Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México.

corporales, de aletas y de marcas; valoradas a través de imágenes digitales y analizadas empleando un modelo multivariado de componentes principales, para detectar aquellas mediciones que explicaran al menos 80% de la variación de cada grupo, y se utilizó un modelo lineal para detectar diferencias entre sexos y lugares de crecimiento en las variables seleccionadas. Los resultados obtenidos muestran variabilidad en los caracteres relacionados con la belleza en *P. tetrazona*, así como efectos ambientales relacionados con ellas. Se redujo, además, el número de caracteres candidatos a ser considerados como criterios de selección, dando la posibilidad de la implementación de programas de mejoramiento genético enfocados en caracteres de interés ornamental para *P. tetrazona*.

Palabras clave: *puntius tetrazona*, ornamental, criterios de selección.

Abstract. Morphometric discrimination of candidates of ornamental interest in the tiger barb (*Puntius tetrazona*) was this work's objective. Organisms were obtained from 51 spawning at a commercial farm. Three weeks after spawning 150 organisms were drive to a genetic nucleus (lab) and 450 more were distributed along the farm. At 17th week they were anaesthetized to sized 30 measures grouped as corporal, those of fins and marks measures, evaluated through digital images and then analyzed with a principal component multivariate model to detect the measures that explain at least 80% of variation from every group of characters; a lineal model were used to find differences between sex and grown up places in selected variables. Results shows variability on the beauty related characteristics of *P. tetrazona*, alike effects environmental related to them. Besides the number of candidates to selection character was reduced, opening the possibility to employ breeding programs focused on ornamental interest characters of *P. tetrazona*.

Keywords: *puntius tetrazona*, ornamental, selection criteria

INTRODUCCIÓN

Una especie popular en la acuicultura ornamental es el barbo sumatran (Puntius tetrazona), un pez de cuerpo ovoide, con patrones de líneas definidas en la aletas y cuatro rayas transversales en el cuerpo, las cuales son su rasgo característico (Tamaru y Cole, 1997; Auró y Gallo, 2006; Breitenstein, 2006). Es factible distinguir variabilidad fenotípica en diversos caracteres de esta especie, lo que hace posible considerar el desarrollo de un programa de mejoramiento genético enfocado en rasgos morfológicos asociados a la belleza.

En la acuicultura ornamental el valor de mercado está fundamentado en características estéticas que generalmente son subjetivas; sin embargo, la armonía, el equilibrio y la simetría tienen un peso importante en el concepto de belleza (Adorno, 1971; Beaumont y Hoare, 2003; Blanco, 2004; Naini *et al.*, 2006; Miliutinovic *et al.*, 2014). Estas propiedades en peces de ornato pueden ser determinadas a partir de medidas corporales (Beaumont y Hoare, 2003; Zion *et al.*, 2008) que permitan determinar las relaciones de proporcionalidad relacionadas con belleza (Ghyka, 1977; Pacioli, 1987). Sin embargo, estas medidas pueden ser numerosas y no todas aportan información necesaria, por lo que es imprescindible precisar cuáles de ellas están relacionadas con la proporción estética. Es importante mencionar que las características de tipo cuantitativo, como es el caso de las medidas corporales, generalmente son poligénicas y están afectadas por el ambiente (Falconer y Mackay, 2011), por lo que es importante conocer cuáles efectos ambientales tienen impacto en la variabilidad de las características para considerarlos en los programas de selección.

En otras especies están documentados factores que no pueden ser modificados por selección, pero que están relacionados con las preferencias de mercado, tales como el sexo y las condiciones de cultivo, por ejemplo en el guppy (*Poecilia reticulata*) y el pez betta (*Betta splendens*), los machos tienen mayor valor económico que las hembras (Mariani,

2003; Breitenstein, 2004; Auró y Gallo, 2006), mientras que en el caso del caballito del norte (*Hippocampus erectus*), la coloración de la piel está relacionada con el color del sustrato, la intensidad de la luz y la temperatura (Lin *et al.*, 2009). Otro efecto ambiental importante en acuicultura es el efecto de ambiente común del tanque de crecimiento, el cual es una combinación de factores, como la densidad poblacional, la calidad de agua, la disponibilidad de alimento, las interacciones sociales, entre otros, capaces de generar variaciones en la evaluación de las características morfológicas (Gitterle *et al.*, 2005; Kjølglum, *et al.*, 2005; Castillo-Juárez *et al.*, 2007; Campos-Montes *et al.*, 2013). Asimismo se ha observado que el sistema de producción por diferencias en el grado de tecnificación, y las prácticas de manejo y cultivo, como las diferentes densidades de siembra, el tipo de alimentación y el control sanitario influyen en el crecimiento de las especies acuícolas (Kongkeo, 1997; Coman *et al.*, 2007; Janhunen *et al.*, 2013).

Como ya se mencionó el objetivo de este trabajo fue discriminar caracteres morfométricos de interés ornamental candidatos a criterios de selección en Barbo Sumatran (*Puntius tetrazona*), así como evaluar el efecto del sexo y el lugar de crianza sobre dichas características.

MATERIAL Y MÉTODOS

Lugar de estudio y formación de grupos

El estudio se llevó a cabo en un granja ubicada en el municipio de Tetecala, estado de Morelos (Granja) y en las instalaciones del núcleo genético de peces de ornato del Laboratorio de Sistemas Acuícolas de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco (Laboratorio), Ciudad de México. Los organismos fueron obtenidos a partir del apareamiento natural de 51 parejas producidas en la Granja. Una semana posterior a la eclosión se trasladaron a un estanque con paredes y piso de cemento, con

una columna de agua de 65 cm, sin aireación mecánica ni recambio de agua, donde fueron alimentados con *Artemia* sp y *Daphnia* sp. A partir de la segunda semana post-eclosión la alimentación se modificó a 50% alimento vivo y 50% alimento balanceado “El Pedregal Silver Cup®” (52% de proteína, 14% de grasa); a las tres semanas post-eclosión se trasladaron 150 peces al Laboratorio que fueron distribuidos en 10 acuarios; en la quinta semana post-eclosión se movilizaron 440 organismos a 8 jaulas de 0.5 m³ en 4 estanques dentro de un invernadero en la Granja.

En Laboratorio, los organismos fueron sembrados en peceras de 40 cm x 19 cm x 25 cm con 17 l a una densidad de 0.59 organismos por litro, con filtros de caja, temperatura y fotoperiodo controlados entre 25 y 26° C y 14 horas luz y 10 horas oscuridad. Se les proporcionó alimento balanceado “El Pedregal Silver Cup®” con 52% de proteína y 14% de grasa y nauplio de *Artemia* sp; y a partir de la octava semana post-eclosión solo recibieron alimento balanceado que fue administrado 2 veces al día, cubriendo aproximadamente 7% de su peso vivo. Se hicieron recambios de 30% de agua semanales y recuperación del volumen de agua por evaporación cada dos días. En la Granja, los organismos se sembraron a una densidad de 0.11 organismos por litro, la temperatura fluctuó entre 23-23.5 °C y recibieron únicamente alimento balanceado “Nutripec de Purina®” con 45% de proteína y 10% de grasa, que fue administrado 2 veces al día cubriendo aproximadamente 7% de su peso vivo. A las 17 semanas de edad los peces alcanzaron la talla mínima comercial (2-2.5 cm) en ambos cultivos y se realizaron las mediciones correspondientes. La supervivencia en Laboratorio fue de 98% y de 26.36% en Granja.

Morfometría

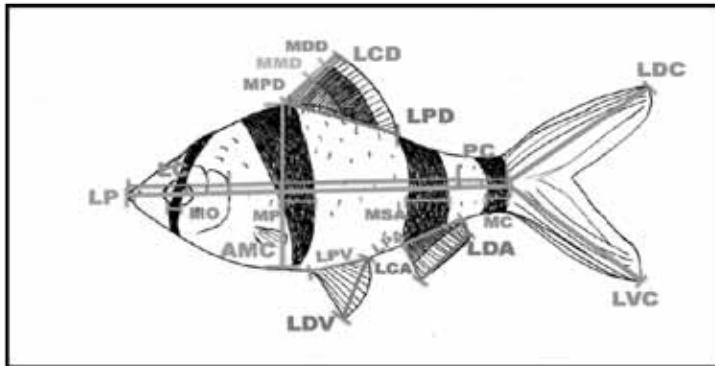
Se tomaron fotografías digitales de cada organismo, para lo cual cada uno de ellos fue anestesiado utilizando una dilución de 3 ml de anestésico (12% de esencia clavo (*Syzygium aromaticum*), 88% de etanol al 71%),

posteriormente se colocó en posición latero-lateral con las aletas extendidas y teñidas con azul de metileno para delimitar su contorno sobre una base graduada en milímetros. No se registró mortalidad asociada al proceso de anestesia. La morfometría se realizó utilizando el programa Corel Draw X5® a partir de líneas de referencia trazadas sobre la imagen del individuo.

Las mediciones fueron agrupadas en medidas corporales, de aletas y de marcas corporales. En el grupo de medidas corporales se consideraron el largo patrón (LP), las longitudes del segmento craneal (LC) y del pedúnculo caudal (PC), además de la altura máxima del cuerpo (AMC) (Brown, 2000). Mientras que en el grupo de las mediciones de aletas se midió el largo craneal (LCD) y proximal (LPD) de la aleta dorsal y el largo ventral y dorsal de la aleta caudal (LVC y LDC), en la aleta anal se midieron el largo proximal (LPA), distal (LDA) y craneal (LCA); en tanto que de la aleta ventral se midieron el largo distal (LDV) y proximal (LPV). En cuanto al grupo de las marcas se consideraron el ancho de las marcas corporales orbital (MO), pectoral (MP), supra-anal (MSA) y caudal (MC), además del alto de las marcas proximal (MPD), media (MMD) y distal (MDD) de la aleta dorsal. Las líneas de referencia para obtener las mediciones se presentan en la Figura 1.

El criterio empleado para asignar el sexo fue la forma del abdomen (Breitenstein, 2004; Mariani, 2003), considerando que el pez era hembra cuando el abdomen presentaba una curvatura prominente y macho cuando el abdomen se percibía aplanado.

Figura 1. Mediciones corporales, de marcas y de las aletas en *P. tetrazona*



LP= Largo Patrón; LC= Lonigitud cefálica; PC= Longitud del pedúnculo caudal; LCD= Largo craneal de la aleta dorsal; LPD= Largo proximal de la aleta dorsal; LVC= Largo ventral de la aleta caudal; LDC= Largo dorsal de la aleta caudal; LDA= Largo distal de la aleta anal; LPA= Largo proximal de la aleta anal; LCA= Largo craneal de la aleta anal; LDV= Largo distal de la aleta vetral; LPV= Largo proximal de la aleta ventral; MO= Marca Orbital; MP= Marca Pectoral; MSA= Marca Supra-anal; MC= Marca caudal; MPD= Marca proximal de la aleta dorsal; MMD= Marca media de la aleta dorsal y MDD= Marca distal de la aleta dorsal.

Fuente: Rivero-Martínez, 2016.

Análisis de la información

Considerando las 20 variables descritas anteriormente, se utilizó un análisis multivariado de componentes principales para seleccionar aquellas mediciones que explicaran al menos 80% de la variación dentro de cada grupo de variables. Para detectar diferencias entre sexos y entre los lugares de crecimiento con relación a las variables seleccionadas a partir del análisis previo, se utilizó el siguiente modelo:

$$y_{ijk} = \mu + S_j + U_k + SU_{jk} + T_l + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

y_{ijkl} es la variable de interés medida en el i -ésimo individuo del j -ésimo sexo, de la k -ésima unidad de producción, del l -ésimo estanque.

μ es la media general de la variable de interés.

S_j corresponde al efecto del j -ésimo sexo (Macho, Hembra).

U_k corresponde al efecto de la k -ésima unidad de producción (Granja, Laboratorio).

SU_{jk} corresponde a la interacción sexo por unidad de producción.

T_l corresponde al efecto aleatorio de tanque de crecimiento

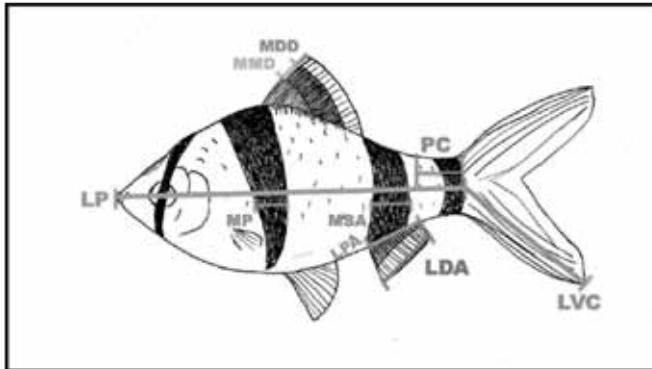
ε_{ijk} es el residuo, $\sim N(0, \sigma^2)$.

Se consideró un nivel de significancia de 0.05 y los análisis se realizaron usando el programa JMP® (versión 11.0).

RESULTADOS

Las variables que explicaron más de 80% de la varianza global dentro de cada grupo fueron: largo patrón (LP) y longitud del pedúnculo caudal (PC) para el grupo de medidas corporales; largo ventral de la aleta caudal (LVC), el largo distal (LDA) y largo proximal (LPA) de la aleta anal para el grupo de mediciones de aletas; en tanto que para el grupo de marcas fueron las marcas corporales pectoral (MP) y supra-anal (MSA), así como el alto de las marcas proximal (MPD) y medial (MMD) de la aleta dorsal (Figura 2). En los cuadros 1, 2 y 3 se presentan las matrices de varianzas y covarianzas de cada grupo de medidas, y en la figura 3 los círculos de correlaciones de los tres grupos de medidas.

Figura 2. Mediciones candidatas a criterios de selección en *P. tetrazona*



LP= Largo Patrón; PC= Longitud del pedúnculo caudal; LVC= Largo ventral de la aleta caudal; LDA= Largo distal de la aleta anal; LPA= Largo proximal de la aleta anal; MP= Marca Pectoral; MSA= Marca Supra-anal; MMD= Marca media de la aleta dorsal y MDD= Marca distal de la aleta dorsal.

Fuente: Rivero-Martínez, 2016.

Cuadro 1. Matriz de varianzas y covarianzas de componentes principales para medidas corporales en *Puntius tetrazona*

	LP*	LC	PC*	AMC
LP	4.78	1.24	0.92	2.90
LC		0.41	0.27	0.74
PC			0.52	0.44
AMC				2.20

LP= Largo patrón; LC= Longitudes del segmento craneal; LT= Longitudes del segmento torácico; PC= Longitudes del segmento del pedúnculo caudal; AMC= Altura máxima del cuerpo, cursiva= Varianzas en la diagonal, covarianzas fuera de la diagonal. * = Variables elegidas como candidatas a criterios de selección.

Cuadro 2. Matriz de varianzas y covarianzas de componentes principales para medidas en aletas de *Puntius tetrazona*

	LPD	LCD	LVC*	LDC	LDA*	LPA*	LCA	LPV	LDV
LPD	1.28	0.52	0.63	0.57	0.25	0.22	0.23	0.35	0.34
LCD		0.52	0.48	0.43	0.11	0.14	0.22	0.18	0.26
LVC			0.77	0.60	0.21	0.24	0.25	0.32	0.38
LDC				0.66	0.16	0.20	0.21	0.27	0.31
LDA					1.36	0.35	0.06	0.40	0.20
LPA						0.41	0.14	0.12	0.15
LCA							0.31	0.13	0.18
LPV								0.75	0.23
LDV									0.37

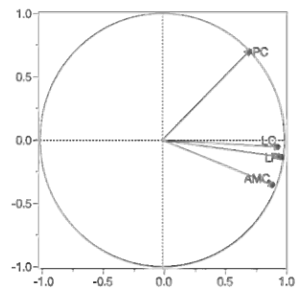
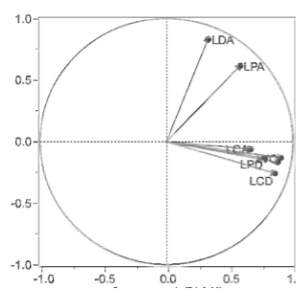
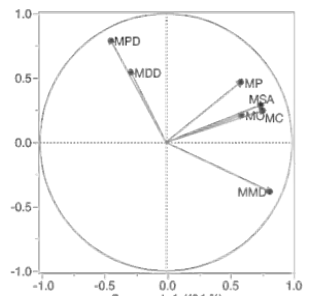
LPD= Largo proximal de la aleta dorsal; LCD= Largo de la aleta dorsal; LVC= Largo ventral de la aleta caudal; LDC= Largo dorsal de la aleta caudal; LDA= Largo distal de la aleta anal; LPA= Largo proximal de la aleta anal; LCA= Largo caudal de la aleta anal; Largo proximal de la aleta ventral y Largo distal de la aleta ventral. Varianzas en la diagonal (cursiva), covarianzas fuera de la diagonal. * = Variables elegidas como candidatas a criterios de selección.

Cuadro 3. Matriz de varianzas y covarianzas de componentes principales para medidas de marcas en de *Puntius tetrazona*

	MO	MP	MSA*	MC*	MPD	MMD*	MDD*
MO	0.13	0.05	0.05	0.05	-0.01	0.11	-0.02
MP		0.18	0.08	0.05	0.01	0.14	0.01
MSA			0.16	0.07	-0.02	0.18	-0.02
MC				0.12	-0.02	0.19	-0.01
MPD					0.30	-0.38	0.06
MMD						1.01	-0.09
MDD							0.16

MO= Ancho de la marca orbital; MP= Ancho de la marca pectoral; MSA= Ancho de la marca supra-anal; MC= Ancho de la marca caudal; MPD= Alto de la marca proximal de la aleta dorsal; MMD= Alto de la marca media de la aleta dorsal; MDD= Alto de la marca distal de la aleta dorsal; Varianzas en la diagonal (cursiva), covarianzas fuera de la diagonal. * = Variables elegidas como candidatas a criterios de selección.

Figura 3. Círculos de correlaciones y gráficos biplot para las medidas de Cuerpo, Aletas y Marcas en *Puntius tetrazona*

Grupo de medidas de cuerpos	Grupo de medidas de aletas	Grupo de medidas de marcas
		
<p>Largo patrón (LP); Longitud del segmento craneal (LC); Longitud del pedúnculo caudal (PC); Altura máxima del cuerpo (AMC).</p>	<p>Largo craneal de la aleta dorsal (LCD); Largo proximal de la aleta (LPD); Largo ventral de la aleta caudal (LVC); Largo dorsal de la aleta caudal (LDC); Largo proximal de la aleta anal (LPA); Largo distal de la aleta anal (LDA); Largo craneal de la aleta anal (LCA); Largo distal de la aleta ventral (LDV); Largo proximal de la aleta ventral (LPV).</p>	<p>Ancho de la marca orbital (MO); Ancho de la marca pectoral (MP); Ancho de la marca supra-anal (MSA); Ancho de la marca caudal (MC); Alto de la marca proximal de la aleta dorsal (MPD); Alto de la marca media de la aleta dorsal (MMD); Alto de la marca distal de la aleta dorsal (MDD).</p>

Las variables que fueron descartadas del grupo de medidas corporales fueron las longitudes del segmento craneal y la altura máxima del cuerpo. En cuanto a las medidas de aletas se descartaron el largo craneal y proximal de la aleta dorsal; el largo proximal de la aleta caudal y el largo distal y proximal de la aleta ventral. Mientras que del grupo de marcas fueron eliminadas el ancho de las marcas orbital y caudal, así como la altura de la marca distal de la aleta dorsal.

En el grupo de mediciones corporales se encontró diferencia entre sexos para en LP y PC, mientras que el lugar de crecimiento presentó efecto en PC. En tanto que en el grupo de aletas, LDA está afectado por el sexo y el lugar, mientras que en LVC no se detectaron efectos de sexo ni lugar. En cuanto al grupo de marcas en MP, MSA, MPD y MMD se detectó efecto de lugar de crecimiento, y sólo en MMD se encontró efecto de sexo. El efecto de tanque de crecimiento tuvo un rango entre 2.9% y 15.4%, pero sólo fue significativo ($P < 0.05$) para LPA. Los resultados se resumen en los cuadros 4, 5 y 6.

Cuadro 4. Medias mínimas cuadráticas (mm) de caracteres de cuerpo en *Puntius tetrazona*, por sexo y lugar de crecimiento

	n	MMC	D. E	Mín	Máx	t ² (%)
Largo patrón (LP)						
General	262	27.1	2.2	20.1	32.8	11.9
Sexo						
Machos	120	26.4 ^a	2.2	20.1	32.8	
Hembras	142	27.9 ^b	1.9	21.3	32.8	
Lugar						
Granja	113	27.4	2.5	20.1	32.8	
Laboratorio	149	26.9	1.9	20.4	32.8	
Longitud pedúnculo caudal (PC)						
General	262	4.9	0.7	3.0	6.8	5.9
Sexo						
Machos	120	4.7 ^a	0.7	3.0	6.5	
Hembras	142	5.0 ^b	0.7	3.2	6.8	
Lugar						
Granja	113	5.1 ^a	0.7	3.1	6.8	
Laboratorio	149	4.7 ^b	0.7	3.0	6.5	

n = Número de observaciones; MMC = Media mínima cuadrática; D. E. = Desviación estándar; Mín = Mínimo; Máx = Máximo; t² = Porcentaje de la varianza total explicada por el efecto de tanque de crecimiento. Literales diferentes dentro de efecto indican diferencia significativa ($P < 0.05$).

Cuadro 5. Medias mínimas cuadráticas (mm) de las aletas en *Puntius tetrazona*, por sexo y lugar de crecimiento

	n	MMC	D. E.	Mín	Máx	t ² (%)
Largo ventral de la aleta caudal (LVC)						
General	262	9.7	0.9	6.9	12.4	15.4
Sexo						
Machos	120	9.5	0.9	6.9	12.4	
Hembras	142	10.0	0.8	7.3	12.2	
Lugar						
Granja	113	9.8	1.0	6.9	12.2	
Laboratorio	149	9.7	0.8	7.3	12.3	
Largo distal de la aleta anal (LDA)						
General	262	4.4	1.2	1.7	8.0	2.9
Sexo						
Machos	120	4.3 ^a	1.1	1.7	7.4	
Hembras	142	4.6 ^b	1.2	2.0	8.0	
Lugar						
Granja	113	4.8 ^a	1.3	2.0	8.0	
Laboratorio	149	4.1 ^b	1.0	1.7	6.5	
Largo proximal de la aleta anal (LPA)						
General	262	3.8	0.6	1.3	5.5	6.1*
Sexo						
Machos	120	3.7 ^a	0.6	1.7	5.1	
Hembras	142	3.9 ^b	0.7	1.3	5.5	
Lugar						
Granja	113	3.8	0.6	2.1	5.5	
Laboratorio	149	3.8	0.7	1.3	5.2	

n = Número de observaciones; MMC = Media mínima cuadrática; D. E. = Desviación estándar; Mín = Mínimo; Máx = Máximo; t² = Porcentaje de la varianza total explicada por el efecto de tanque de crecimiento. Literales diferentes dentro de efecto indican diferencia significativa (P<0.05).

Cuadro 6. Medias mínimas cuadráticas (mm) de las marcas corporales en *Puntius tetrazona*, por sexo y lugar de crecimiento

	n	MMC	D. E.	Mín	Máx	t ² (%)
Marca pectoral (MP)						
General	252	2.17	0.4	1.2	3.4	13.3
Sexo						
Machos	120	2.2	0.4	1.4	3.4	
Hembras	142	2.2	0.4	1.2	3.2	
Lugar						
Granja	108	3.4 ^b	0.4	0.4	2.3	
Laboratorio	144	2.1 ^a	0.4	0.4	2.0	
Marca supra-anal (MSA)						
General	262	2.18	0.4	0.9	3.3	7.3
Sexo						
Machos	120	2.2	0.4	1.2	3.2	
Hembras	142	2.2	0.4	0.9	3.2	
Lugar						
Granja	113	2.4 ^a	0.4	0.7	2.9	
Laboratorio	149	2.0 ^b	0.3	0.4	2.9	
Marca proximal de la aleta dorsal (MPD)						
General	158	1.7	0.4	0.9	3.4	6.9
Sexo						
Machos	64	1.7	0.4	0.9	2.7	
Hembras	94	1.8	0.4	1.0	3.4	
Lugar						
Granja	23	1.9 ^a	0.6	1.2	3.4	
Laboratorio	135	1.6 ^b	0.4	0.9	2.8	
Marca media de la aleta dorsal (MMD)						
General	262	1.7	0.4	0.4	2.9	8.1
Sexo						
Machos	120	1.8 ^a	0.4	0.8	2.9	
Hembras	142	1.7 ^b	0.4	0.4	2.9	
Lugar						
Granja	113	1.6 ^b	0.4	0.6	2.9	
Laboratorio	149	1.8 ^a	0.3	0.4	2.9	

n = Número de observaciones; MMC = Media mínima cuadrática; D. E. = Desviación estándar; Mín = Mínimo; Máx = Máximo; t² = Porcentaje de la varianza total explicada por el efecto de tanque de crecimiento. Literales diferentes dentro de efecto indican diferencia significativa (P<0.05).

DISCUSIÓN

Una condición indispensable para poder considerar la implementación de un programa de mejoramiento genético, es la existencia de variabilidad en las características de interés dentro de la población (Falconer y Mackay, 2011). En las variables consideradas en este estudio como candidatas a criterios de selección existe variabilidad fenotípica, siendo el grupo de marcas donde se presentan los mayores coeficientes de variación. Esta variación permitiría detectar de manera mas sencilla aquellos animales con mejores atributos estéticos en la población, para considerarlos candidatos a progenitores de la siguiente generación.

Una consideración importante en el proceso del manejo de la selección es la reducción del número de caracteres candidatos a formar parte de una evaluación de belleza, esto permite reducir el esfuerzo en la obtención de información y del manejo de los organismos en condiciones de campo (Olesen *et al.*, 2000; Falconer y Mackay, 2011). El uso de la técnica de componentes principales permitió reducir la dimensionalidad del conjunto de caracteres candidatos, al detectar aquellas combinaciones de variables que definen al menos 80% de la variación total en cada grupo de datos (Aluja y Morineasu, 1999). En este estudio se detectaron variables que permiten explicar 80% de la variación total dentro de cada grupo, reduciendo de 20 a 9 el grupo de caracteres iniciales, lo que representa una reducción de 67% en los caracteres candidatos iniciales, esto representa una disminución de los costos operativos y manejo de organismos para la obtención de información dentro de un programa de mejoramiento genético, enfocado en la belleza en *Puntius tetrazona* (Harris, 1998; Olesen *et al.*, 2000; Dekkers, 2004).

Para el análisis de los criterios de selección es importante considerar aquellos factores involucrados en su expresión que no son heredables, como el sexo y las condiciones ambientales de crecimiento. En otras especies de peces ornamentales, las diferencias entre sexos o dimorfismo sexual es conocida y evidente, por ejemplo el guppy (*Poecilia reticulata*), el pez

betta (*Betta splendens*), la carpa koi (*Cyprinus carpio*) o la cebrá (*Danio rerio*) (Breitenstein, 2004; Mariani, 2003). En este sentido se detectaron diferencias entre sexo en LP, PC, LDA y MMD, por lo que es importante, durante esta etapa de la crianza, formar grupos por sexo previo a la selección de candidatos a reproductores, así como considerar el sexo en la evaluación de los caracteres en los candidatos a reproductores dentro y entre familias.

Sobre el efecto del lugar de crecimiento, autores como Cheng-hui y Si-fa (2007) detectaron diferencias en el crecimiento de *Cyprinus carpio* L. en dos sistemas de producción experimentales; por otro lado, Czerwinski *et al.* (2008) en un estudio realizado con cuatro especies de peces (*Pagellus bogaraveo*, *Brama brama*, *Helicolenus dactylopterus* y *Trachurus mediterraneus*) sugieren que las variaciones morfométricas en peces pueden estar relacionadas a condiciones ambientales y disponibilidad de alimento. Las condiciones de restricción de espacio y movimiento de agua en el Laboratorio pudieron haber influido en un menor desarrollo de PC y LDA. Considerando que no se detectaron diferencias en LP entre ambientes, pero sí en PC y LDA, cabe esperar que la apariencia estética general de los organismos provenientes de ambos ambientes sea diferente. Lo anterior tendría efecto directo al elegir a los candidatos de reproductor en programas con estrategias de selección basados en selección familiar-intrafamiliar, que son comunes en acuicultura, ya que para mantener la identificación de las genealogías es preferible mantener a grupos familiares en acuarios bajo condiciones controladas, en lugar de estanques, lo que representa las principales diferencias entre los dos sistemas de producción utilizados en este estudio.

Por otro lado, la intensidad de luz en la columna de agua está en función de la transparencia y la turbidez de la misma, y ésta a su vez influye en la coloración y/o patrones de color de la piel (Boeuf *et al.*, 1999; Dong *et al.*, 2005; Van der Salm *et al.*, 2004). En este estudio, en el Laboratorio, la calidad, cantidad y periodicidad de la luz fueron constantes (14 horas luz y 10 horas oscuridad), el agua no era turbia y su transparencia fue de 20 cm; mientras que en Granja las características de la luz dependieron de las condiciones ambientales que fueron variables,

el agua era turbia y su transparencia dentro del estanque, donde se colocaron las jaulas, osciló en el tiempo del experimento entre los 27.5 y 60.0 cm. Por lo que, los resultados obtenidos en *P. tetrazona* en relación a las marcas MP, MSA, MPD y MMD podrían estar asociados a las diferencias de iluminación en ambos lugares, ya que se ha observado que a mayor intensidad de luz, normalmente, da como resultado la concentración del pigmento y la palidez de la piel (Dong *et al.*, 2005), lo que podría explicar por qué en Granja las marcas son más anchas que en Laboratorio

El efecto del tanque de crecimiento está definido por las condiciones ambientales e interacciones sociales relacionadas con la densidad poblacional y la calidad del agua en cada tanque (Pérez-Rostro e Ibarra, 2003; Gitterle *et al.*, 2005; Kjøglum *et al.*, 2005; Castillo-Juárez *et al.*, 2007; Cobcroft y Bettaglene, 2009; Campos-Montes *et al.*, 2013). En el caso de las variables analizadas en este estudio, dicho efecto fue significativo sólo para dos variables (LP y LVC) y explicó más de 10% de la varianza fenotípica, lo anterior favorece la eficacia de la selección familiar sobre la selección intrafamiliar (Falconer y Mackey, 2011).

CONCLUSIÓN

Se detectó variabilidad en caracteres relacionados con la belleza en *P. tetrazona*, así como efectos ambientales relacionados con ellas. La mayor parte de la variación de la morfometría en esta población fue explicada por el largo patrón, longitud del pedúnculo caudal, los largos de ventral de la aleta caudal, del borde distal, proximal de la aleta anal y ancho de la marca pectoral y supra-anal, así como los altos de las marcas media y distal de la aleta dorsal. Sólo en dos variables se detectó efecto del tanque de crecimiento, lo que permite considerar la selección familiar para mejorar estas variables, pero se recomienda realizar estudios para estimar parámetros genéticos de las mismas, y así definir índices de selección y estrategias de mejoramiento genético en la población.

BIBLIOGRAFÍA

- Adorno, W., 1971, *Teoría estética*, 1a. edición, Taurus ediciones, España.
- Aluja, T. y A. Morineau, 1999, *Aprender de los datos: El análisis de los componentes principales*, Editorial EBU, Barcelona, España.
- Auró, A. y C. Gallo, 2006, *Acuariología básica de agua dulce* (CD-ROM), Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM, México.
- Beaumont, R. y K. Hoare, 2003, *Biotechnology and Genetics in Fisheries and Aquaculture. Great Britain*, Blackwell Publishing Company.
- Blanco, F., 2004, *El arte en la medicina: Las proporciones divinas*, Ciencia UANL, VII (2) abril-junio.
- Boeuf, G. y P. Le Bail, 1999, "Does light have an influence on fish growth?", en *Aquaculture*, 177(4): 129-152.
- Breitenstein, A., 2004, *Atlas ilustrado del acuario*, Susaeta, Madrid, España, .
- Brown, L., 2000, *Acuicultura para veterinarios, producción y clínica de peces*, Editorial Acribia, Zaragoza, España.
- Campos, R. et al., 2013, "Genetic parameters for growth and survival traits in Pacific white shrimp *Penaeus* (*Litopenaeus*) *vannamei* from nucleus population undergoing a two-stage selection program", en *Aquacult Int*, 21: 299-310.
- Castillo, H. et al., 2007, "Heritability for body weight at harvest size in the Pacific white shrimp, *Penaeus* (*Litopenaeus*) *vannamei*, from a multi-environment experiment using univariate and multivariate animal models", en *Aquaculture*, 273: 42-49.
- Cheng-Hui, W. y L., Si-Fa, 2007, "Genetic effects and genotype x environment interactions for growth-related in common carp, *Cyprinus carpio* L.," en *Aquaculture*, 272: 267-272.
- Cobcroft, M. y C. Bettaglione, 2009, "Jaw malformation in striped trumpeter *Latris lineata* larvae linked to walling behaviour and tank colour", en *Aquaculture*, 289: 274-282.
- Coman, J. et al., 2007, "Effect of rearing density on growth, survival and reproductive performance of domesticated *Penaeus monodon*", en *Aquaculture*, 264: 175-183.

- Czerwinski, A. *et al.*, 2008, "Morphometric relations for body size and mouth dimensions for four fish species in the Strait of Gibraltar", en *Acta Ichthyol Piscat*, 38 (2): 81-90.
- Dekkers, C. *et al.*, 2004, "Design and optimization of animal breeding programmes. Lecture notes for the 'Animal Breeding Strategies' Course, Iowa State University", en http://www.dphu.org/uploads/attachements/books/books_2338_0.pdf
- Dong, H. *et al.*, 2005, "Effect of light intensity on growth, survival and skin colour of juvenile Chinese longsnout catfish (*Leiocassis longirostris* Günher)", en *Aquaculture*, 248: 299-306.
- Falconer, S. y F. Mackay, 2011, *Quantitative Introduction to quantitative genetics*, 4th ed. 2nd Impression, Pearson Education, India.
- Ghyk, C., 1977, *Estética de las proporciones en la naturaleza y las artes*, Editorial Poseidón, Barcelona, España.
- Gitterle, T. *et al.*, 2005, "Genetic (co)variation in resistance to White Spot Syndrome Virus (WSSV) and harvest weight in *Penaeus* (*Litopenaeus*) *vannamei*", en *Aquaculture*, 246: 139-149.
- Harris, L., 1998, "Livestock improvement: Art, Science, or industry?," en *J Anim Sci*, 76: 2294-2302.
- Janhunnen, M. *et al.*, 2013, "Accounting for early rearing density effects on growth in the genetic evaluation rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*", en *J Anim Sci*, 91: 5144-5152.
- Kjøglum, S. *et al.*, 2005, "Non-MHC genetic and tank effects influence disease challenge tests in Atlantic salmon (*Salmo salar*)", en *Aquaculture*, 250: 102-109.
- Kongkeo, H., 1997, "Comparison of intensive shrimp farming systems in Indonesia, Philippines, Taiwan and Thailand", en *Aquaculture Research*, 28: 789-796.
- Lin, Q. *et al.*, 2009, "Effects of substrate color, light intensity and temperature on survival and skin color change of juvenile seahorses, *Hippocampus erectus* Perry, 1810", en *Aquaculture*, 298: 157-161.

- Mariani, M., 2003, *El gran libro de los peces de acuario*, Editorial Planeta, Barcelona, España.
- Milutinovic, J. *et al.*, 2014, "Evaluation of facial beauty using anthropometric proportions, en *The Scientific World Journal*", article ID 428250, en <http://dx.doi.org/10.1155/2014/428250>
- Naini, B. *et al.*, 2006, "The enigma of facial beauty: Esthetics, proportions, deformity, and controversy", en *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 130 (3): 277-282.
- Olesen, I. *et al.*, 2000, "Definition of animal breeding goals for sustainable production systems", en *J Anim Sci*, 78: 570-582.
- Pacioli, L., 1987, *La divina proporción*, Editorial Akal, España.
- Pérez, C. y M. Ibarra, 2003, "Quantitative genetic parameter estimates for size and growth rate traits in Pacific white shrimp, *Penaeus vannamei* (Boone 1931) when reared indoors", en *Aquaculture Research*, 34: 543-553.
- Tamaru, C. *et al.*, 1997, A manual for commercial production of the tiger barb, *Capoeta tetrazona*. A temporary paired tank spawner, Manual 129, Center for Tropical and Subtropical Aquaculture.
- Van der Salm, L. *et al.*, 2004, "Effects of husbandry conditions on the skin colour and stress response of red porgy, *Pagrus pagrus*", en *Aquaculture*, 241: 371-386.
- Zion, B. *et al.*, 2008, "Classification of guppies (*Poecilia reticulata*) gender by computer vision", en *Aquaculture engineering*, 38, 97-104.