



Biotempo (Lima)

<https://revistas.urp.edu.pe/index.php/Biotempo>



ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL

DETERMINATION OF THE TYPE OF INHERITANCE OF THE “LYRA”, “VELIFEROUS” AND “SIMPLE” FORMS OF THE CAUDAL AND DORSAL FINS IN SWORDFISH (*XIPHOPHORUS HELLERI*, HENCKLE, 1848)

DETERMINACIÓN DEL TIPO DE HERENCIA DE LAS FORMAS “LIRA”, VELÍFERA” Y “SIMPLE” DE LAS ALETAS CAUDAL Y DORSAL EN EL PEZ ESPADA (*XIPHOPHORUS HELLERI*, HENCKLE, 1848)

Carlos Scotto^{1,*}

¹ Laboratorio de Mejora Genética & Reproducción Animal. Facultad de Ciencias Naturales y Matemática. Universidad Nacional Federico Villarreal. Jirón Río Chepén s/n. El Agustino.
E-mail: carlosscottoespinoza@gmail.com

* Corresponding author: carlosscottoespinoza@gmail.com

ABSTRACT

The importance of Swordfish (*Xiphophorus helleri* Henckle, 1848) for current ornamental aquaculture is known. However, despite the diversity of known traits, classical genetic studies to determine the hereditary shape of the caudal and dorsal fins are few. The present investigation employing directed crosses was able to identify the dominant form of the caudal fin of “Lira form” and the dorsal fin of “Veliferous form”. Both traits were dominant over the recessive trait “Simple form” in both the caudal and dorsal fins (F1). Likewise, through directed crosses of the two traits, it was statistically determined by the Chi-Square test that the forms of inheritance of both traits were segregated in the F2 in the Mendelian ratio 9: 3: 3: 1. This would allow the genetic improvement of the shape of the fins in the Swordfish and obtain improved lines with greater commercial value for the ornamental aquaculture.

Keywords: lyrefin – simplefin – mendelian heritage – veilfin – *Xiphophorus*

RESUMEN

Es conocida la importancia del pez Espada (*Xiphophorus helleri* Henckle, 1848) para la acuicultura ornamental actual. Sin embargo, a pesar de la diversidad de rasgos conocidos los estudios de genética clásica para determinar la forma hereditaria de las aletas caudales y dorsales son pocos. La presente investigación mediante cruzamientos dirigidos logró identificar la forma de dominancia de la aleta caudal de “forma Lira” y de la aleta dorsal de “forma Velífera”. Siendo ambos rasgos dominantes sobre el rasgo recesivo “forma Simple” tanto en la aleta caudal como en la aleta dorsal (F1). Asimismo, mediante cruces dirigidos de los dos rasgos se determinó estadísticamente por la prueba de Chi Cuadrado que las formas

de herencia de ambos rasgos se segregaron en la F2 en la proporción mendeliana 9:3:3:1. Esto permitiría realizar la mejora genética de la forma de las aletas en el pez Espada y obtenerse líneas mejoradas con mayor valor comercial para el acuicultor ornamental.

Palabras clave: aleta lira – aleta velífera – aleta simple – herencia mendeliana – *Xiphophorus*

INTRODUCCIÓN

El naturalista Karl Heller fue enviado en 1840 a recolectar plantas para el jardín botánico de Viena a la zona tropical de México. En un río cerca de la ciudad de Orizaba (a 1200 metros de altitud), encontró unos peces que le parecieron curiosos de los que conservó en formol un ejemplar para entregarlo a la vuelta de la expedición. A la vuelta se lo entregó a Jacob Henckle (un famoso ictiólogo) para que lo identificara. Henckle quedó fascinado con el ejemplar y cuando lo inscribió en el registro de nuevas especies en el año 1848 le dio el nombre de su descubridor, *Helleri* (es la forma latina de Heller). A principios de este siglo, y coincidiendo con el descubrimiento de gran cantidad de ejemplares en Honduras y Guatemala por parte, se empieza a mostrar el interés por esta especie. En 1909 llegan los primeros ejemplares vivos a Europa, y al poco tiempo despierta un interés masivo a los Estados Unidos de América. En 1922 un aficionado llamado Silver consigue los primeros *Xiphophorus* rojos. Después han ido apareciendo más variedades, actualmente posee 18 variedades que van del rojo al negro pasando por el verde, amarillo, blanco, etc. y distintas distribuciones de manchas y formas de aleta características (Axelrod & Burgess, 2002; Kallman & Kazianos, 2006).

El pez Espada (*Xiphophorus helleri* Henckle, 1848), junto al resto de especies de la familia Poeciliidae, tiene una característica reproductiva que le diferencia del resto de especies de agua dulce. No ponen huevos como la mayoría de los peces, sino que traen al mundo alevines vivos. Una vez el esperma es introducido en la hembra, ésta utiliza el necesario para fertilizar los óvulos y conserva el restante en las paredes del oviducto para ser recuperado posteriormente si es necesario. Una vez preñada la hembra parirá, entre 20 y 100 alevines vivos. Las crías maduran dentro del claustro materno y luego nacen vivos (Trainor & Basolo, 2000).

Xiphophorus helleri, se ha utilizado durante mucho tiempo como animal de laboratorio (Kallman & Atz, 1966).

Existen algunos estudios a nivel genético y embriológico de la formación de las aletas en peces (Van Eeden *et al.*, 1996; Freitas *et al.*, 2006; Gautier *et al.*, 2008; Carney *et al.*, 2010; Scarpino *et al.*, 2013; Lu *et al.*, 2018; Muneerah & Ali, 2019). Varios investigadores han propuesto aspectos evolutivos de los peces poecílicos asociados a las diferentes formas de las aletas masculinas sexualmente dimórficas, incluidas las aletas dorsales parecidas a “aletas en forma de vela” y la aleta caudal alargada en sus radios semejante a “aletas en forma de espada” de varias especies de *Xiphophorus* (MacLaren & Daniska, 2008; MacLaren *et al.*, 2011; MacLaren & Fontaine, 2013; Scotto & Arriola, 2017). Uno de las aletas más populares es el Hi-fin, una mutación que se manifiesta fenotípicamente como una “aleta dorsal anormalmente larga”. Hi-fin es un gen dominante con efectos letales recesivos (Norton, 1967; Thompson, 1970).

Actualmente el acuarismo o la acuariofilia nacional están teniendo un gran impulso comercial principalmente en especies ornamentales de fácil manejo y reproducción rápida como el pez Espada. Los criadores de este espécimen urgen en la necesidad de obtener nuevas variedades más vistosas que por su “belleza” o “rareza” fenotípica le den valor agregado. A pesar de la variabilidad de rasgos fenotípicos no existen estudios de mejora genética de los tipos de aletas. Ni se conoce sus formas de herencia mediante la selección o el cruzamiento en el pez Espada para obtener nuevas líneas que satisfagan el actual mercado local y nacional (Zafra *et al.*, 2018).

La presente investigación determinó el patrón de herencia mendeliana de la aleta caudal (Lira vs. Simple) y de la aleta dorsal (Velífera vs. Simple) “dominante” en el pez ornamental Espada (*X. helleri*). Es decir, que tanto la aleta caudal de “forma Lira” como la aleta dorsal de “forma Velífera” fueron rasgos dominantes sobre la aleta “forma Simple” que fue recesivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo fue realizado en el Laboratorio de Mejora Genética y reproducción Animal de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV) en la ciudad de Lima.

Material biológico

Para dicho estudio se utilizaron animales reproductores adultos. Siendo un total de dos peces Espada (*X. helleri*) machos de la línea pura con la aleta caudal y dorsal de “forma Simple”. Dos peces Espada hembras de línea pura con la aleta caudal y dorsal de “forma Simple”. Dos peces Espada machos de línea pura con la aleta caudal de “forma Lira” y la aleta dorsal de “forma Simple”. Y dos peces Espada hembras de la línea pura con la aleta caudal de “forma Lira” y la aleta dorsal de “forma Simple”.

Método de cruzamiento y obtención de la F1 y F2

Se colocaron en peceras independientes a condiciones óptimas (25°C y aireadas constantemente) dos hembras “vírgenes” de una variedad pura de la aleta caudal y

aleta dorsal simples con dos machos reproductores de la variedad aleta caudal lira y dorsal velífera puros para su cruzamiento. Se evaluó cada pecera por un periodo de seis meses hasta que se produjo la parición. Las crías fueron inmediatamente separadas de los padres en otra pecera también acondicionada bajo las mismas condiciones y alimentados con nauplios de artemia y alimento seco *ad libitum* hasta cumplir los seis meses de edad (adultez) y evaluar su fenotipo (Forma de la aleta caudal y dorsal en el pez ornamental Espada). Se evaluó los rasgos morfológicos cualitativos nuevos tanto de hembras como de machos. Se evaluó y comparó con los rasgos heredados de los progenitores en la F1 y posteriormente en la F2. Todos los peces de la progenie (F1 y F2) y de los padres fueron fotografiados para confrontar sus rasgos fenotípicos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cruzamiento para obtener F1 del cruce entre un macho con aleta caudal de “forma Lira” y aleta dorsal de “forma Velífera” con una hembra aleta caudal y dorsal de “forma Simple” (Parentales).

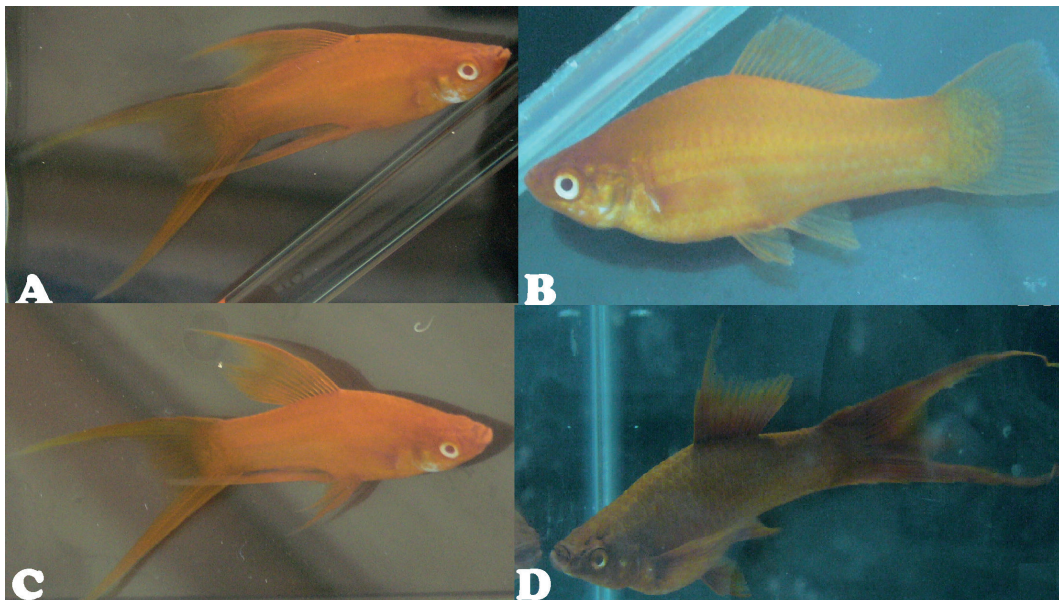


Figura 1. Pez Espada. (A) Parental macho con aleta caudal lira y aleta dorsal “forma Velífera”. (B) Parental hembra con aleta caudal y dorsal “forma Simple”. (C) F1 macho con aleta caudal “forma Lira” y aleta dorsal “forma Velífera”. (D) F1 hembra con aleta caudal “forma Lira” y aleta dorsal “forma Velífera”.

Tabla 1. Resultados repetidos de la F1 del cruce entre un macho y una hembra parental caudal lira y aleta dorsal velífera.

Cruce Parental	Parental macho aleta caudal “forma Lira” y aleta dorsal “forma Velífera”	Parental hembra aleta caudal “forma Simple” y aleta dorsal “forma Simple”
Crías F1 (Repetición 1)	98	0
Crías F1 (Repetición 2)	93	0
Porcentaje	100 % aleta caudal “forma Lira” y aleta dorsal “forma Velífera” 0 % aleta caudal “forma Simple” y aleta dorsal “forma Simple”	
Proporción esperada	1	0

Se concluye de los resultados obtenidos del cruce de la F1 que existe dominancia completa de la aleta caudal “forma Lira” y aleta dorsal “forma Velífera” sobre el tipo de aleta caudal “forma Simple” y la aleta dorsal “forma Simple” (Fig. 1 y Tabla 1).

Cruzamiento para obtener la F2 del cruce F1 entre un macho y una hembra ambos con aleta caudal “forma Lira” y aleta dorsal “forma Velífera”

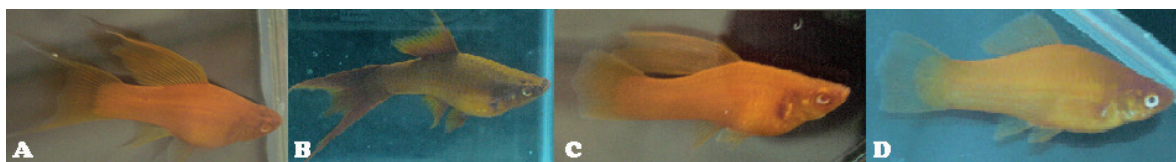


Figura 2. Crías F2: Hembra aleta caudal “forma Lira” y aleta dorsal “forma Velífera”. (B) Hembra aleta caudal “forma Lira” y aleta dorsal “forma Simple”. (C) Hembra aleta caudal “forma Simple” y aleta dorsal “forma Velífera”. (D) Hembra aleta caudal “forma Simple” y aleta dorsal “forma simple”.

Tabla 2. Resultados repetidos de la F2 del cruce F1x F1 entre un macho parental de aleta caudal “forma Lira” y aleta dorsal “forma Velífera” con una hembra parental de aleta caudal “forma Lira” y aleta dorsal “forma Velífera”.

Cruce F1 x F1	Peces con aleta caudal “forma Lira” y aleta dorsal “forma Velífera”	Peces con aleta caudal “forma Lira” y aleta dorsal “forma Simple”	Peces con aleta caudal “forma Simple” y aleta dorsal “forma Velífera”	Peces con aleta caudal “forma Simple” y aleta dorsal “forma Simple”
Crías F2 (Repetición 1)	99	35	30	12
Crías F2 (Repetición 2)	103	32	31	9
Proporción esperada	9	3	3	1

Tabla 3. Prueba de Chi Cuadrado (χ^2) para probar proporciones estadísticas esperadas

	Peces con aleta caudal “forma Lira” y aleta dorsal “forma Velífera”	Peces con aleta caudal “forma Lira” y aleta dorsal “forma Simple”	Peces con aleta caudal “forma Simple” y aleta dorsal “forma Velífera”	Peces con aleta caudal “forma Simple” y dorsal “forma Simple”	Total
Observado	99	35	30	12	176
Esperado	99	33	33	11	176

$$\chi^2 = E[(O-E)^2/E], \text{ gl} = (4-1)(2-1) = 3 \Rightarrow \chi_c^2 = 3,83 < \chi_t^2 = 7,81 \text{ (Grados de Libertad = Número de fenotipos distintos - 1)}$$

Tabla 4. Prueba de Chi Cuadrado (χ^2) para probar proporciones estadísticas esperadas

	Peces con aleta caudal “forma Lira” y aleta dorsal “forma Velífera”	Peces con aleta caudal “forma Lira” y aleta dorsal “forma Simple”	Peces con aleta caudal “forma Simple” y aleta dorsal “forma Velífera”	Peces con aleta caudal “forma Simple” y dorsal “forma Simple”	Total
Observado	103	32	31	9	175
Esperado	98.45	32.81	32.81	10.93	175

$$\chi^2 = E[(O-E)^2/E], \text{ gl} = (4-1)(2-1) = 3 \Rightarrow \chi_c^2 = 3,83 < \chi_t^2 = 7,81 \text{ (Grados de Libertad = Número de fenotipos distintos - 1)}$$

En la Tabla 2, se obtiene los resultados de la segregación de la F2, donde la forma de la aleta caudal y la forma de la aleta dorsal se segregan en la proporción mendeliana: 9 con aleta caudal “forma Lira” y aleta dorsal “forma Velífera”; 3 con aleta caudal “forma Lira” y aleta dorsal “forma Simple”; 3 con aleta caudal “forma Simple” y aleta dorsal “forma Velífera” y 1 con aleta caudal de “forma Simple” y aleta dorsal de “forma Simple”.

Asimismo, se realiza prueba estadística del Chi cuadrado para ambos cruces evidenciándose la segregación mendeliana 9:3:3:1 (Tablas 3 y 4). Esto permitiría realizar mejora genética de los rasgos “forma Velífera” y/o “Forma Lira” en las aletas del pez Espada y obtenerse líneas mejoradas con mayor valor comercial que las versiones de aletas de “forma Simple”. El pez cola de espada es de gran importancia económica en el mercado acuarista siendo los machos los más atractivos (Clyde *et al.*, 2001).

Como se evidencia en todos los resultados obtenidos sobretodo en la aleta dorsal de “forma Velífera” o Hi-Fin ésta es una “aleta dorsal anormalmente larga” más larga

en los machos que en las hembras. Y mucho menor en los que no lo poseen esta versión alélica recesiva siendo una aleta de “forma Simple” reportado por Norton (1967) y Thompson (1970). En cuanto a la aleta caudal de “forma Lira” los estudios son muy escasos o no son publicados en revistas indexadas. En este estudio se evidencia que la aleta caudal “Forma Lira” es un rasgo dominante sobre el rasgo recesivo de la aleta caudal de “forma Simple”.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Axelrod, H. & Burgess, V. 2002. *Enciclopedia de peces de acuario de agua dulce. Colección Investigación*. Editorial Hispano Europea, S.A. Barcelona. España.
- Carney, T.; Feitosa, N.; Sonntag, C.; Slanchev, K.; Kluger, J.; Kiyozumi, D.; Gebauer, J.M.; Talbot, J.C.; Kimmel, C.B.; Sekiguchi, K.; Wagener, R.; Schwarz, H.; Ingham, P.W. & Hammerschmidt, M. 2010. Genetic analysis of fin development

- in zebrafish identifies furin and hemicentin1 as potential novel Fraser syndrome disease genes. *PLoS Genetic*, 6: e1000907.
- Clyde, S.; Tamaru, C.; Cole, B.; Bailey, R.; Brown, C. & Ako, H. 2001. *A Manual for Commercial Production of the Swordtail, Xiphophorus helleri*. University of Hawaii Sea Grant Extension Service School of Ocean Earth Science and Technology. Hawaii. USA. pp. 11.
- Freitas, R.; Zhang, G. & Cohn, M. 2006. Evidence that mechanisms of fin development evolved in the midline of early vertebrates. *Nature*, 442: 1033–1037.
- Gautier, P.; Naranjo-Golborne, M.; Taylor, M.; Jackson, I. & Smyth, I. 2008. Expression of the *fras1/frem* gene family during zebrafish development and fin morphogenesis. *Developmental dynamics*, 237: 3295–3304.
- Kallman, K. & Atz, J.W. 1966. Gene and chromosomes homology in fishes of the genus *Xiphophorus*. *Zoologica*, 51: 107-135.
- Kallman, K. & Kazianos, S. 2006. The Genus *Xiphophorus* in Mexico and Central America. *Zebrafish*, 3: 271-285.
- Lu, Y.; Boswell, M.; Boswell, W.; Kneitz, S.; Klotz, B.; Savage, M.; Salinas, R.; Marks, R.; Regneri, J.; Postlethwait, J.; Warren, W.C.; Schartl, M. & Walter, R. 2018. Gene expression variation and parental allele inheritance in a *Xiphophorus* interspecies hybridization model. *PLoS Genetic*, 14: e1007875.
- MacLaren, R. & Daniska, D. 2008. Female preferences for dorsal fin and body size in *Xiphophorus helleri*: further investigation of the LPA bias in Poeciliid fishes. *Behaviour*, 145: 897–913.
- MacLaren, R.; Gagnon, J. & Hec, R. 2011. Female bias for enlarged male body and dorsal fins in *Xiphophorus variatus*. *Behavioural Processes*, 87: 197–202.
- MacLaren, R. & Fontaine, A. 2013. Incongruence between the sexes in preferences for body and dorsal fin size in *Xiphophorus variatus*. *Behavioural Processes*, 92: 99-106.
- Muneerah, I. & Ali, A.A. 2019. A study of the morphological and histological structure of the caudal fin of the female swordtail fish *Xiphophorus helleri* and the effect of hydrocortisone on it. *Journal of Natural Sciences Research*, 9: 44-55.
- Norton, J. 1967. Inheritance of the hi-fin dorsal in swordtails and platies. *Tropical Fish Hobbyist*, 15: 45-49.
- Scarpino, S.; Hunt, P.; Garcia-De-Leon, F.; Juenger, T.; Schartl, M. & Kirkpatrick, M. 2013. Evolution of a genetic incompatibility in the Genus *Xiphophorus*. *Molecular Biology and Evolution*, 30: 2302–2310.
- Scotto, C. & Arriola, C. 2017. Hibridación y determinación del patrón de herencia de los colores y otros rasgos por cruzamiento recíproco entre cuatro variedades consanguíneas domésticas con la variedad silvestre del pez ornamental guppy, *Poecilia reticulata* Peters (Pisces, Osteichthyes). *Cátedra Villarreal*, 5: 63-86.
- Thompson, K. 1970. Variable expression of hi-fin, a mutation in *Xiphophorus helleri* (Pisces: Poeciliidae). *The Transactions and the Illinois State Academy of Science*. 63: 397-400.
- Trainor, B. & Basolo, A. 2000. An evaluation of video playback using *Xiphophorus helleri*. *Animal Behaviour*, 59: 83-89.
- Van Eeden, F.; Granato, M.; Schach, U.; Brand, M.; Furutani-Seiki, M.; Haffter, M.; Hammerschmidt, M.; Heisenberg, C.; Jiang, Y.; Kane, D.; Kelsh, R.; Mullins, M.; Odenthal, J.; Warga, J. & Nusslein-Volhard, C. 1996. Genetic analysis of fin formation in the zebrafish, *Danio rerio*. *Development*, 123: 255-262.
- Zafra, A., Díaz, M., Barboza, Dávila, F., Vela, K. & Colchado, J. 2018. Catálogo de peces ornamentales en Trujillo, La Libertad, Perú. *Arnaldo*, 25: 757-786.

Received August 31, 2020.

Accepted October 13, 2020.