Caracterización del morfoespacio y señal filogenética de la sardinita mexicana *Astyanax mexicanus* (Actinopterygii; Characidae) en ambientes contrastantes.

Jorge Hernandez Lozano[1,2] y Claudia Patricia Ornelas García[1]

1.- Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México.

2.-Departamento de Zoología, Instituto de Biología, Universidad Autónoma de México Tercer Circuito Exterior S/N. CP 04510, Ciudad de México, México.

Introducción

La sardinita mexicana, *Astyanax mexicanus*, es un organismo modelo en biología evolutiva, debido a que dentro de la especie encontramos dos morfotipos divergentes: la forma de superficie y la forma troglobia. La forma troglobia ha sido reportada en al menos 32 cuevas distintas entre San Luis Potosí y Tamaulipas, sin embargo, estudios genéticos recientes sugieren que podrían haberse originado en al menos dos episodios distintos, correspondientes con el linaje viejo y linaje nuevo. A fin de entender los patrones de evolución morfológica en la especie, es necesario caracterizar aquellos rasgos que han surgido de forma independiente entre linajes cercanamente relacionados, cuando son expuestos a presiones selectivas similares (e.g. cuevas), así como aquellos que podrían ser el resultado de la historia evolutiva del grupo (e.g. inercia filogenética).

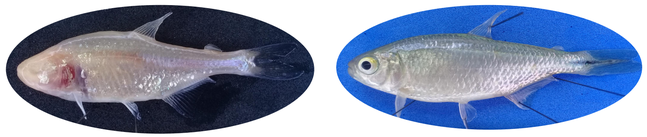

Fig. 1 Los dos morfotipos de *Astyanax*. A la izquierda en morfotipo “Troglobio”, a la derecha el morfotipo “Superficie”.

Métodos

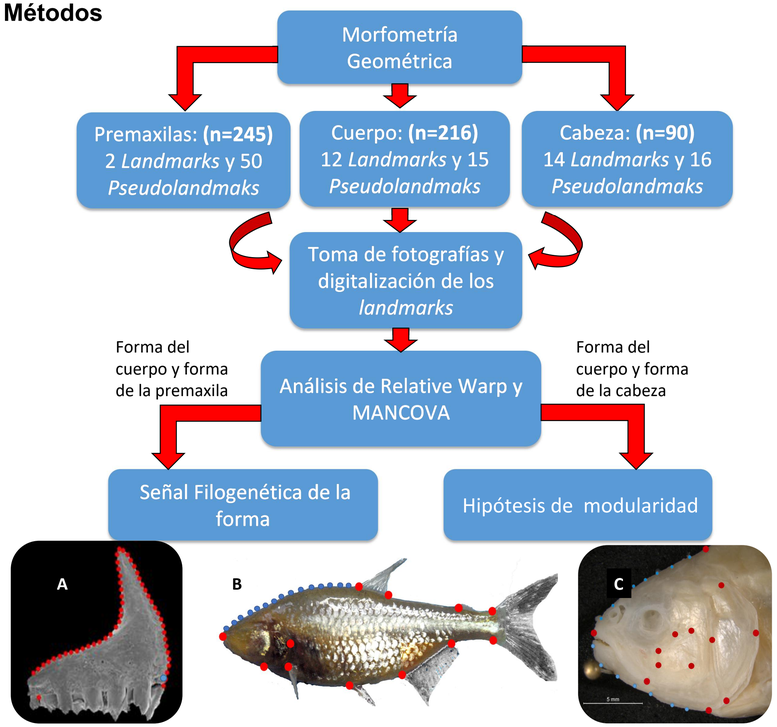

Fig. 2 Colocación de los *landmarks* para los análisis de: A)*Landmarks* homólogos (2) y *pseudolandmarks*(50) utilizados para la MG de la premaxila . B) *Landmarks* homólogos (12) y *pseudolandmarks*(15) utilizados para la MG del cuerpo y C) .*Landmarks* homólogos (14) y *pseudolandmarks*(16) utilizados para la MG de la cabeza.

Resultados: *Diversidad Morfológica*

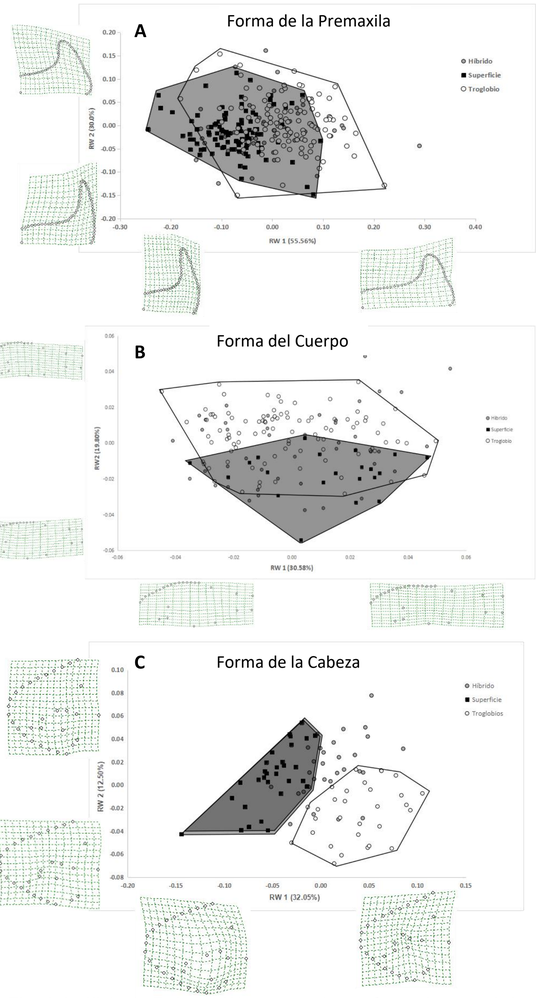

Fig. 3 Análisis de Relative Warps para la morfometría geométrica de la forma de: A) La premaxila, B) La forma del cuerpo y C) la forma de la cabeza.

Tabla 1 Resumen del MANCOVA de la forma de la premaxila

Premaxila	GL	Valor de p
Morfotipo	2	**< 0.001**
Linaje	1	**< 0.001**
Log del C.	1	**< 0.001**
Morf*Lin	2	**< 0.001**
Morf*LogC	2	0.141
Lin*LogC	1	0.555

Tabla 2 Resumen del MANCOVA de la forma del cuerpo

Cuerpo	GL	Valor de p
Morfotipo	2	**< 0.001**
Linaje	1	**< 0.001**
Log del C.	1	**< 0.05**
Morf*Lin	2	**< 0.001**
Morf*LogC	2	0.162
Lin*LogC	1	0.255

Tabla 3 Resumen del MANCOVA de la forma de la cabeza

Cabeza	GL	Valor de p
Morfotipo	2	**<0.001**
Linaje	1	0.724
Log del C.	1	0.516
Morf*Lin	2	0.098
Morf*LogC	2	0.357
Lin*LogC	1	0.757

Resultados: *Modularidad*

Tabla 4 Resumen de los análisis de modularidad. Valor de p > 0.05

Complejo *Astyanax*	CR	Intervalo menor	Intervalo mayor	*P*
HM1	0.901	0.873	0.938	0.024
HM2	0.936	0.862	0.963	0.033
HM3	1	0.867	1.039	0.109
HM4	0.822	0.784	0.915	0.001

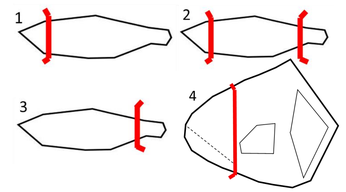

Fig 4 Las 4 hipótesis distintas utilizadas para los análisis.

Resultados: *Señal filogenética.*

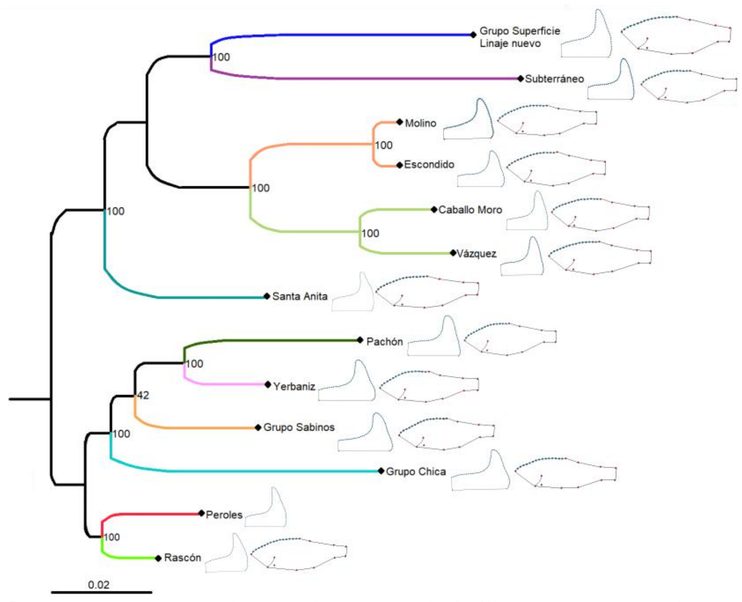

Fig 5 Filogenía del complejo *Astyanax*, obtenida medianta RADSeq y genomas completos. Modificada de Garduño-Sanchez

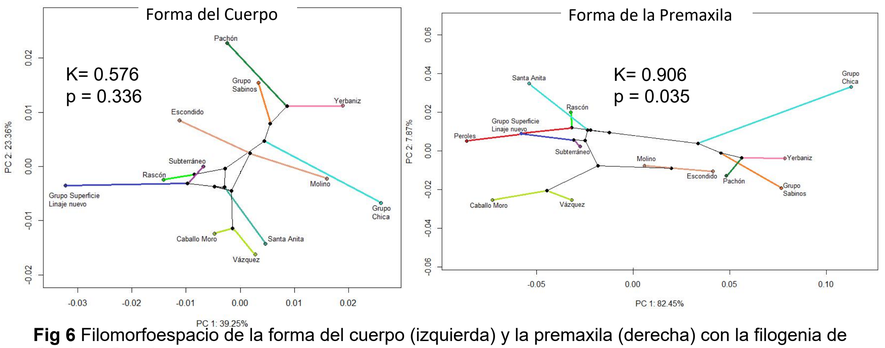

Fig 6 Filomorfoespacio de la forma del cuerpo (izquierda) y la premaxila (derecha) con la filogenia de Garduño-Sanchez.

Conclusiones

- Encontramos un patrón de evolución en paralelo en la forma de la premaxila, la forma del cuerpo y la forma de la cabeza para las diferentes poblaciones y linajes de cueva vs. su ancestro de superficie.
- Encontramos patrones de evolución modular en 3 de las 4 hipótesis propuestas.
- Finalmente, no encontramos señal filogenética en la forma del cuerpo, pero, si para la forma de la premaxila.
- La variación morfológica se da como una respuesta a su medio, ya que las poblaciones troglobias generan una forma de cueva que los distingue de su ancestro de superficie. Pero, los resultados también indican que a mayor tiempo pase una población en la cueva, esta puede presentar un mayor grado de divergencia morfológica.

Bibliografía Destacada

-Elliott, W. R. (2016). Cave exploration and mapping in the Sierra de El Abra Region. *Biology and evolution of the Mexican cavefish*, 9-40. -Jeffery, W. R. (2009). Regressive evolution in Astyanax cavefish. *Annual review of genetics*, *43*, 25-47 . -Garita-Alvarado, C. A., Barluenga, M. & Ornelas-García, C. P. (2018) Parallel evolution of morphs of Astyanax species Teleostei: Characidae) in México and Central America. Biological Journal of the Linnean Society Vol 20:1–12. -Ornelas-García, C. P., Domínguez-Domínguez, O., & Doadrio, I. (2008). Evolutionary history of the fish genus Astyanax Baird & Girard (1854)(Actinopterygii, Characidae) in Mesoamerica reveals multiple morphological homoplasies. BMC evolutionary biology, 8(1), 340.I Review of Genetics. Strecker, U., Faundez, V. H., & Wilkens, H. (2004) Phylogeography of Surface and cave Astyanax (Teleostei) from Central and North America based on cytochrome b sequence data. Molecular Phylogenetic and Evolution, 33(2):469-481