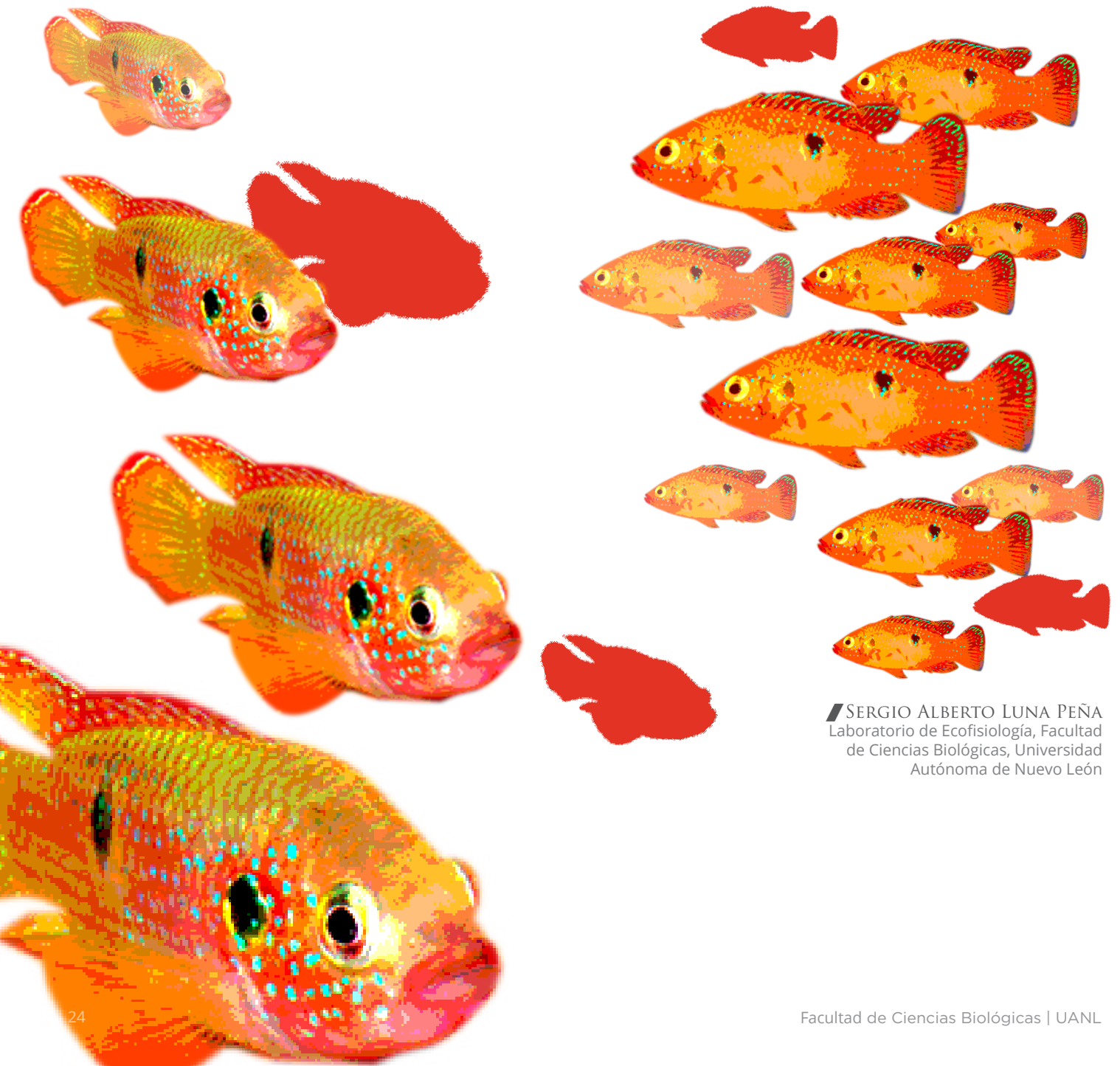




EL PEZ CÍCLIDO JOYA (*HEMICHROMIS GUTTATUS*) EN CUATROCIÉNEGAS, COAHUILA: **UNA ESPECIE EXÓTICA INVASORA**



/// SERGIO ALBERTO LUNA PEÑA
Laboratorio de Ecofisiología, Facultad
de Ciencias Biológicas, Universidad
Autónoma de Nuevo León

RESUMEN

La introducción de especies exóticas invasoras es una de las principales causas de pérdida de la biodiversidad a nivel mundial, siendo los ambientes acuáticos especialmente susceptibles a su impacto. El pez cíclido joya (*Hemichromis guttatus*) es una especie nativa de África que fue reportada por primera vez en Cuatrociénegas, Coahuila, en 1996, donde se ha expandido rápidamente. Esta especie invasora ha provocado impactos por competencia sobre algunas de las especies de peces nativos de la región, algunas de las cuales se reportan bajo alguna categoría de riesgo. En especial han sido afectadas las poblaciones de la mojarra endémica *Herichthys minckleyi*. Considerando lo anterior, resulta imperativo establecer un método de control para mitigar de manera eficaz la invasión del cíclido joya. En el presente artículo se describe el proceso de invasión de esta especie en Cuatrociénegas, y se describe una alternativa para su control mediante la introducción de cromosomas sexuales troyanos a la población.

INTRODUCCIÓN

La introducción de especies exóticas invasoras es actualmente uno de los principales factores causales de pérdida de la biodiversidad a nivel mundial (Pyšek *et al.*, 2020). Los ambientes acuáticos dulceacuícolas se han destacado por ser más susceptibles al impacto generado por las especies invasoras, los cuales además presentan una mayor tasa de extinción de especies con respecto a los ecosistemas terrestres (Rahel, 2002; Leprieur *et al.*, 2008). En México, se tiene registro de 506 especies de peces dulceacuícolas, de los cuales 169 se encuentran en alguna categoría de riesgo y 25 se consideran ya extintos, siendo la introducción de especies exóticas uno de los principales factores causales (Contreras-Balderas *et al.*, 2003; Mendoza y Koleff, 2014).

El pez cíclido joya (*Hemichromis guttatus*) es una especie nativa de África que fue reportado por primera vez en la Poza Churince de Cuatrociénegas, Coahuila, México, en 1996. Se desconoce el motivo por el cual fue introducida esta especie, aunque se ha sugerido que fue debido a su liberación por algún acuarista ya que esta poza fue empleada anteriormente con fines turísticos y las especies de cíclido joya son comercializadas en el acuarismo (Contreras-Balderas y Ludlow, 2003; APFFC, 2008).

Desde su introducción el cíclido joya se ha expandido rápidamente a otros sistemas acuáticos de la región como Laguna Intermedia, Poza San José del Anteojo, Mojarral Este, Río Churince y Poza Bonita (Cohen *et al.*, 2005; Lozano-Vilano *et al.*, 2006; Aguilar-Aguilar *et al.*, 2014; Hernández *et al.*, 2017). Algunas de las características que contribuyen a su éxito como especie invasora son su alta agresividad hacia otros peces y una dieta omnívora oportunista (Froese y Pauly, 2020). Además, posee una gran capacidad de reproducción ya que se ha reportado actividad reproductiva durante todo el año, los individuos alcanzan la edad reproductiva en el primer año y la especie

muestra cuidado biparental; es decir, ambos progenitores participan en el cuidado de la descendencia durante las primeras etapas de vida (Espinoza-Hernández *et al.*, 2006; Hernández *et al.*, 2017). En individuos silvestres se reporta una fecundidad máxima de 498 huevos por hembra (Espinoza-Hernández *et al.*, 2006), aunque en cautiverio hemos observado desoves de hasta 991 huevos (observación personal).

CUATROCIÉNEGAS UN ÁREA NATURAL PROTEGIDA

El valle de Cuatrociénegas se encuentra ubicada en el estado de Coahuila (Figs. 1 y 2). Es una región con un clima árido tipo BWh, aunque está rodeado por sistemas de montañas que funcionan como fuentes de captación de agua y brindan condiciones de aislamiento entre los cuerpos de agua formados. Lo anterior ha ocasionado una alta presencia de especies endémicas, razón por lo que fue decretada como Área de Protección de Flora y Fauna en 1994. Además, se encuentra clasificada como un sitio RAMSAR, por lo cual es un humedal de conservación prioritario a nivel mundial (Carabias *et al.*, 1999; Ruiz, 2010).

Dentro de la biota nativa destaca la presencia de comunidades formadoras de estromatolitos en diferentes puntos del valle, una condición poco común en cuerpos de agua dulce (Carabias *et al.*, 1999). Las comunidades microbianas formadoras de estromatolitos, constituidas principalmente por bacterias, se consideran entre las formas de vida más antiguas de la Tierra. En Cuatrociénegas, a diferencia de otros sitios, estas poblaciones coexisten con animales superiores que se alimentan de ellas (principalmente caracoles), formando la base productiva de las pozas que da sustento a la existencia de otras especies endémicas. Por lo cual su estudio es de una gran importancia para comprender los cambios en la historia evolutiva del planeta (Elser *et al.*, 2005).



Figura 1. Localización del Área de Protección de Flora y Fauna de Cuatrociénegas, Coahuila.

IMPACTO DEL CÍCLIDO JOYA

En la región de Cuatrociénegas actualmente se reportan 13 especies de peces bajo alguna categoría de riesgo (Cohen *et al.*, 2005; Jelks *et al.*, 2008). El cíclido joya (Fig. 3) ha provocado impactos por competencia sobre algunas de estas especies como *Ictalurus* sp., *Gambusia marshi*, *Herichthys minckleyi* y *Astyanax mexicanus* (Lozano-Vilano *et al.*, 2006; Marks *et al.*, 2011). En especial han sido afectadas las poblaciones del cíclido *H. minckleyi*, ya que se ha reportado que el cíclido joya es muy agresivo hacia esta especie, inhibiendo potencialmente su reproducción (Dugan, 2014) y compitiendo por alimento con los individuos juveniles de acuerdo con estudios de isotopos estables en la dieta (Marks *et al.*, 2011). Además de lo anterior, los cambios en la composición de la comunidad de macroinvertebrados y alteraciones de las redes tróficas debido a la presencia de la especie invasora, pueden conducir eventualmente a un impacto en las comunidades formadoras de estromatolitos presentes en Cuatrociénegas (Elser *et al.*, 2005; Hulseley *et al.*, 2005; Dugan, 2014), lo cual tendría graves repercusiones para la biodiversidad del lugar.

CONTROL DEL CÍCLIDO JOYA

Considerando lo anterior, resulta imperativo establecer un método de control para mitigar de manera eficaz la invasión del cíclido joya en Cuatrociénegas. Históricamente se han empleado diversas estrategias para el control y erradicación de poblaciones de peces invasores, como el uso de químicos (Hill y Cichra, 2005)



Figura 2. Detalles de dos cuerpos de agua de Cuatrociénegas: Poza Churince (a) y Poza de La Becerra (b).

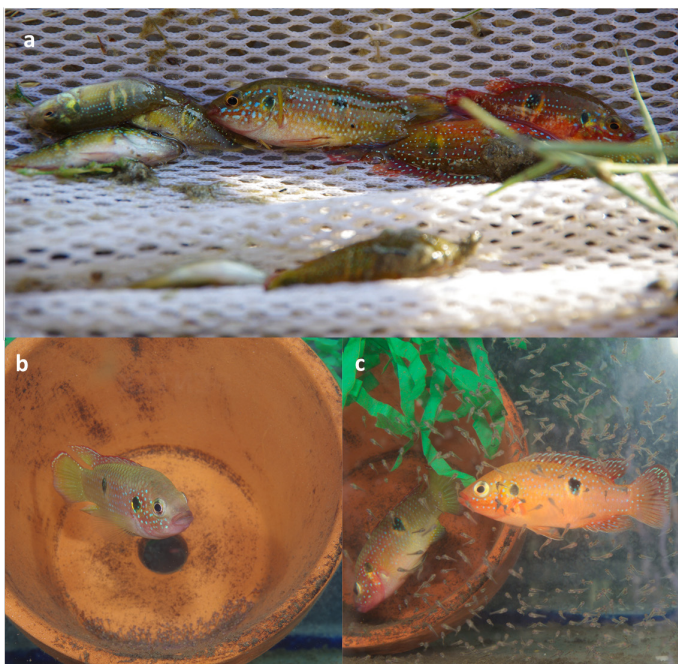


Figura 3. Cíclidos joya capturados en Cuatrocíenegas (a), macho adulto protegiendo su nido en cautiverio (b), y una pareja cuidando sus larvas (c).

o el control biológico (Hoddle, 2004). Sin embargo, estos métodos suelen ser inespecíficos, controversiales o de difícil implementación.

En el caso de la invasión del cíclido joya, se ha reportado un esfuerzo de erradicación aparentemente exitoso mediante su captura, así como la restauración de la fauna nativa en la poza San José del Anteojo (Lozano-Vilano *et al.*, 2006). No obstante, aunque esto demuestra la factibilidad de remoción manual de especies exóticas en espacios reducidos, el procedimiento puede ser costoso y prolongado, ya que fueron requeridas un total de 20 visitas durante un período de 4 años para el trampeo.

Recientemente se ha sugerido una forma de control de poblaciones exóticas mediante la introducción de individuos portadores de cromosomas sexuales “troyanos” (TYC, por sus siglas en inglés). Esta estrategia implica la liberación de individuos portadores de dos cromosomas sexuales Y, de ahí el nombre de cromosoma troyano, ya sean machos YY, también conocidos como supermachos, o (preferiblemente en teoría) hembras (Gutierrez y Teem, 2006). Esto funcionaría de la siguiente manera; la introducción de estos individuos en una población exótica durante varias generaciones conduciría a un cambio en la proporción de sexos a través del tiempo. Lo anterior debido a que un supermacho solo produce gametos sexuales con el cromosoma Y, por lo cual al reproducirse con una hembra XX su descendencia consiste exclusivamente de machos XY. El impacto en la proporción de sexos sería aún mayor si fueran introducidas hembras YY, ya que éstas al reproducirse con un macho XY silvestre, producirían una descendencia que consistiría en 50% de machos XY y 50% de machos YY, y estos últimos continuarían reduciendo la proporción de hembras durante la siguiente generación. Además, en generaciones sucesivas existe la posibilidad de cruce entre estos machos YY silvestres con hembras YY introducidas, generando una descendencia de 100% de machos YY (Fig. 4). Con el tiempo eventualmente el número de hembras llegaría a cero, por lo que al alcanzar este momento se lograría la extirpación local de la población al dejar de introducir más individuos (Gutierrez y Teem, 2006; Gutierrez *et al.*, 2012).

De esta forma, en el caso del cíclido joya, la introducción de organismos YY durante varias generaciones, conduciría a un aumento paulatino en la proporción de machos debido a un mayor flujo del cromosoma Y, reduciendo el número de hembras hasta lograr la extinción de la población (Cotton y Wedekind, 2007).

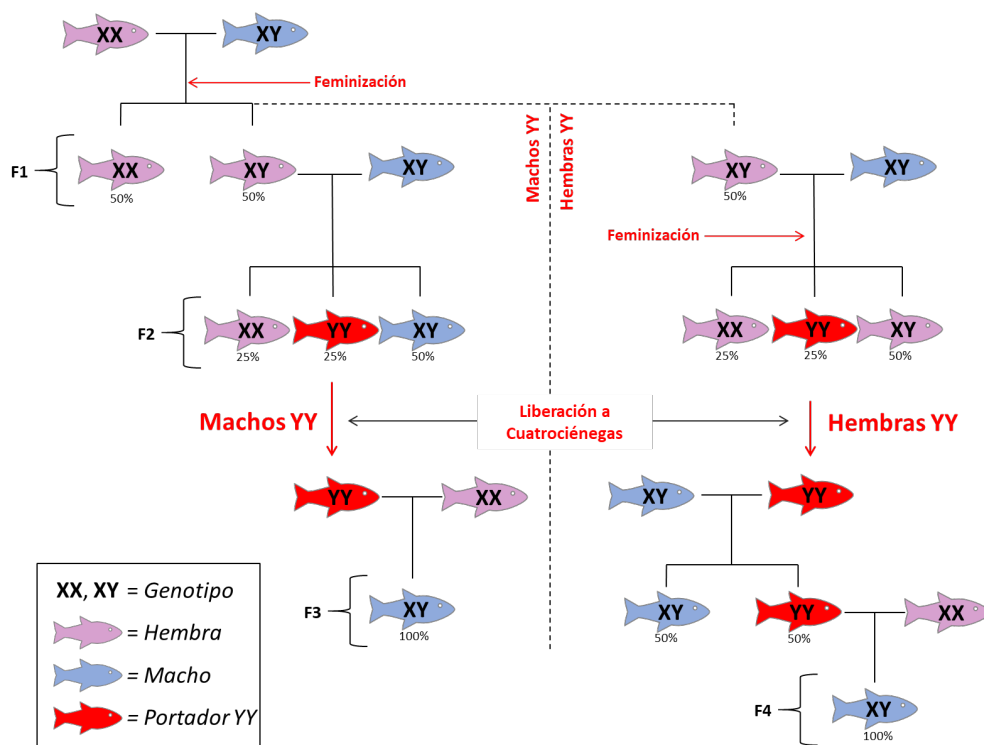


Figura 4. Esquema de los eventos reproductivos, reversión sexual e introducción de organismos YY para el control del cíclido joya en Cuatrocíenegas. Se muestra el efecto de la introducción de machos YY producidos en cautiverio (F2), cuya descendencia (F3) consiste sólo de machos XY; o de la introducción de hembras YY para lo cual sería necesario un segundo paso de feminización de la F2. El fenotipo y genotipo sexual esperada de los individuos se muestra en el recuadro. Los porcentajes indican la proporción de los individuos en la descendencia.

Un aspecto fundamental para la implementación de esta estrategia es la obtención de los individuos YY. Para lo cual el mecanismo que se ha empleado más frecuentemente es la reversión sexual, donde son administradas hormonas a los peces en etapas tempranas de desarrollo de forma que los individuos se desarrollan como machos (masculinización) o hembras (feminización), independientemente del sexo genético. En el caso de la estrategia TYC se realiza la feminización mediante la administración de estradiol, por ejemplo. De esta forma se obtienen hembras revertidas, es decir, individuos con un fenotipo de hembra, pero cuyo sexo genético es XY. Posteriormente estas hembras son cruzadas con machos normales XY y una parte de su descendencia consiste en machos YY. Con un segundo paso de feminización estos últimos pueden feminizarse a hembras YY. Durante este proceso es necesario contar con un método de identificación de los genotipos sexuales de los individuos mediante el uso de marcadores moleculares, ya que normalmente no es posible machos o hembras YY de los individuos normales de forma física (Piferrer, 2009; Schill *et al.*, 2016).

El análisis de un modelo matemático aplicado a la tilapia, otra especie de pez cíclido, que también es exótico en América, ha mostrado que la introducción continua de al menos 3.2% de hembras YY durante varias generaciones puede conducir efectivamente a la extinción de la población (Figura 5; Gutierrez y Teem, 2006; Cotton y Wedekind, 2007). En el caso de aquellas especies en las que las hembras YY no son viables, la introducción de machos YY también podría conducir a la extirpación de la población, aunque sería necesario un mayor tiempo o frecuencia de introducción de estos individuos (Parshad *et al.*, 2013). El tiempo necesario para lograr la extirpación de la población se encontrará

definido por el número total de individuos silvestres presentes y la cantidad y frecuencia de introducción de los individuos YY, así como su éxito reproductivo y competitivo (Cotton y Wedekind, 2007; Day *et al.*, 2020).

Desde su postulación como estrategia para el control de especies invasoras (Gutierrez y Teem, 2006), el uso de cromosomas Y troyanos ha generado mucho interés. Por ejemplo, se ha extrapolado el modelo a especies con sistemas de determinación sexual distintos al XY (Cotton y Wedekind, 2007; Senior *et al.*, 2013), se ha modelado la dinámica poblacional de acuerdo con la distribución espacial de las poblaciones (Gutierrez *et al.*, 2012; Day *et al.*, 2020), se ha evaluado su potencial uso en combinación con otras estrategias de control de especies invasoras (Teem y Gutierrez, 2014) y se ha analizado la influencia de distintos parámetros poblacionales (Parshad, 2011; Parshad *et al.*, 2013; Wang *et al.*, 2014, 2015).

Considerando lo anterior el empleo de esta estrategia para el control de las poblaciones de cíclido joya podría resultar factible ya que esta especie además de cumplir con los requisitos básicos del modelo: susceptibilidad de reversión sexual y un sistema de determinación sexual XY; también se apega a la factibilidad teórica del modelo aplicado a la tilapia *Oreochromis niloticus* (Gutierrez y Teem, 2006), una especie filogenéticamente cercana (Schwarzer *et al.*, 2015). Además, se encuentra introducida en algunas pozas con espacios reducidos, lo cual facilitaría el monitoreo de las poblaciones durante la implementación de la estrategia. Por último, debido a su comportamiento de cuidado biparental, es posible la disminución del éxito reproductivo conforme aumente el sesgo en la proporción de sesgos, lo cual ha sido reportado en otras especies de cíclidos (Rogers, 1987), y facilitaría aún más el control de esta especie.

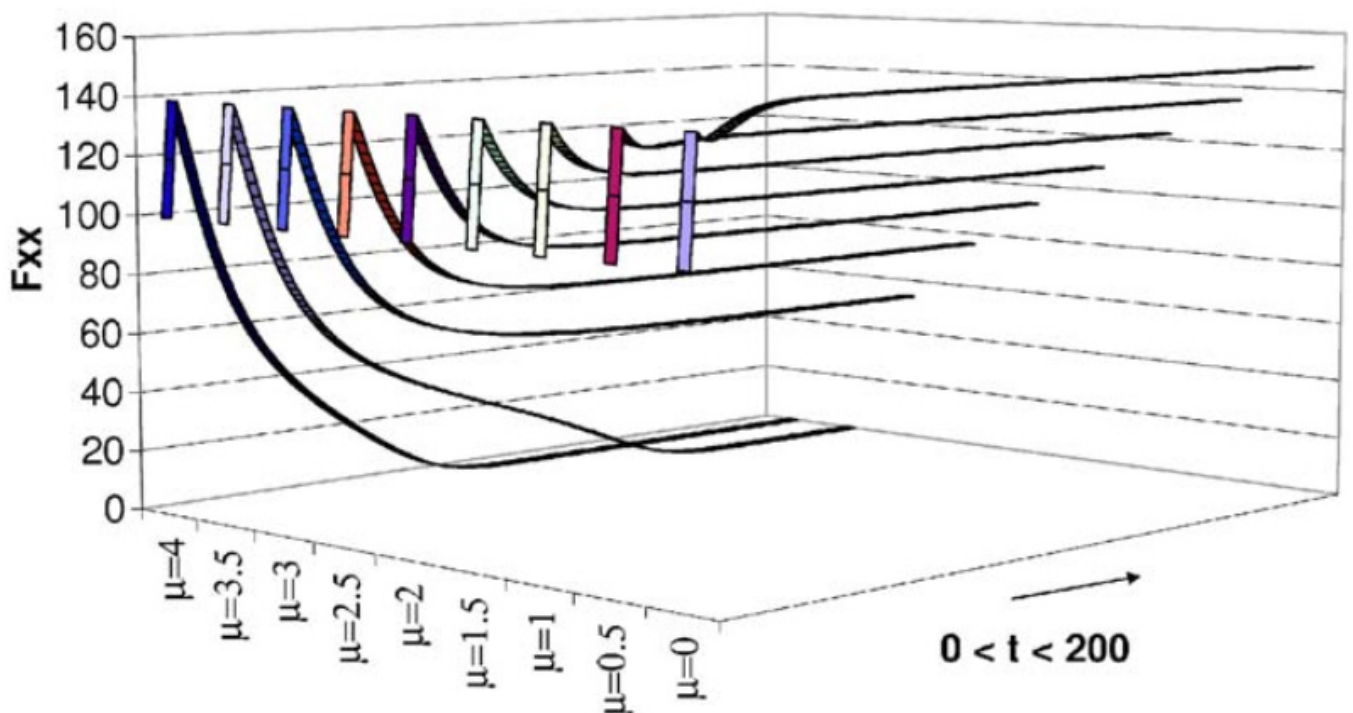


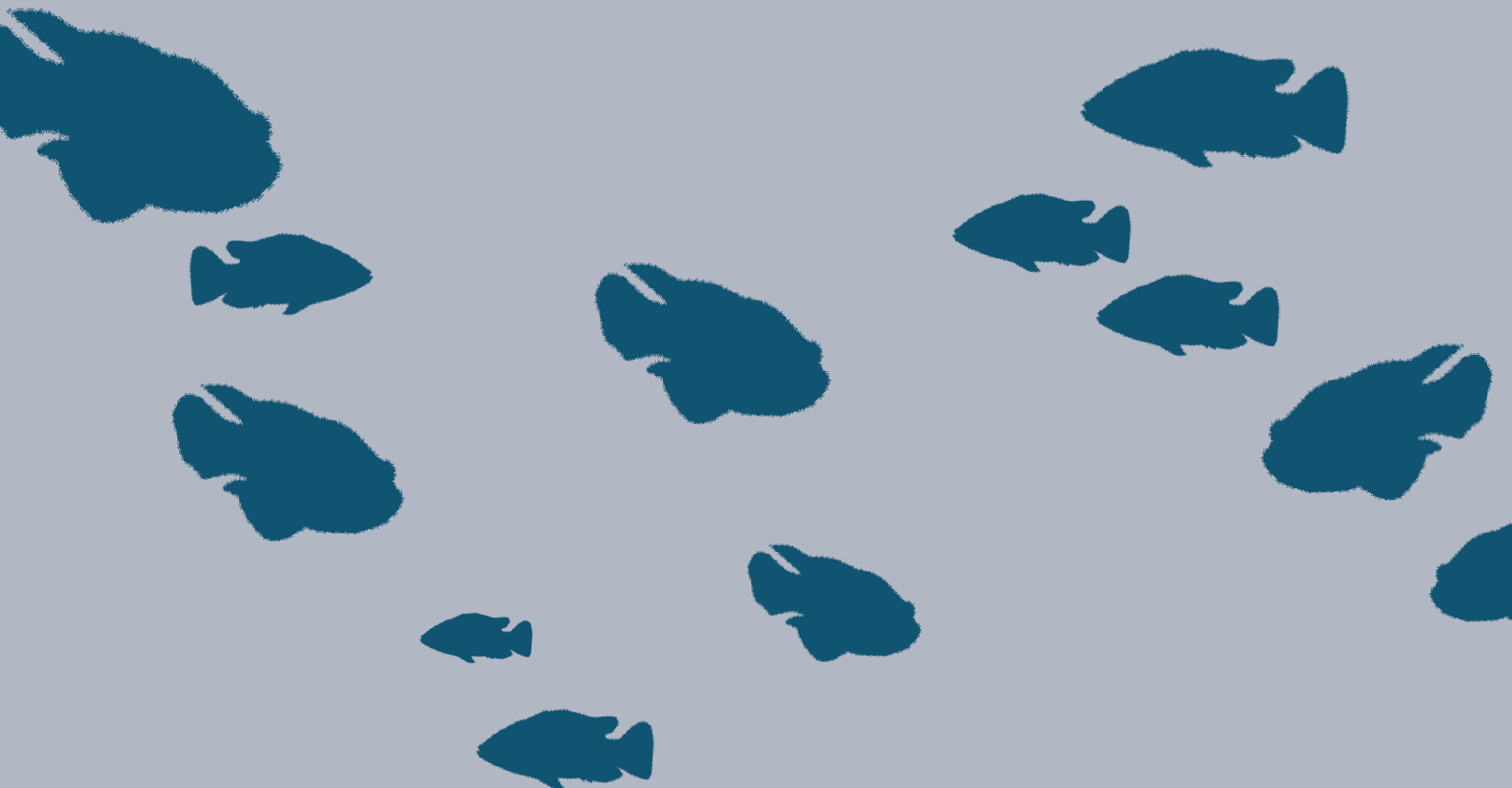
Figura 5. Cambio en la proporción de hembras (F_{xx}) a través del tiempo para diferentes porcentajes de individuos YY introducidos (tomado de Gutierrez y Teem, 2006).



LITERATURA CITADA

- Aguilar-Aguilar, R., A. Martínez-Aquino, H. Espinosa-Pérez, G. Pérez-Ponce De León. 2014. Helminth parasites of freshwater fishes from Cuatro Ciénegas, Coahuila, in the Chihuahuan Desert of Mexico: inventory and biogeographical implications. *Integrative Zoology*. 9 (3): 328-339.
- Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas (APFFC). 2008. Monitoreo del Pez Joya (*Hemichromis guttatus*) en el Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas. Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, (200), pp 1-3.
- Carabias, L. J., E. Provencio, J. De la Maza, Y. S. Moncada. 1999. Programa de manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas. Instituto Nacional de Ecología SEMARNAP. D. F, México, 167pp.
- Cohen, A. E., D. A. Hendrickson, C. Parmesan, J. C. Marks. 2005. Habitat segregation among trophic morphs of the Cuatro Ciénegas Cichlid (*Herichthys minckleyi*). *Hidrobiológica*. 15 (2): 169-181.
- Contreras-Balderas, S., A. Ludlow. 2003. *Hemichromis guttatus* Günther, 1862 (Pisces: Cichlidae), nueva introducción en México, en Cuatro Ciénegas, Coahuila. *Vertebrata Mexicana*. 12: 1-5.
- Contreras-Balderas, S., P. Almada-Villela, M. L. Lozano-Vilano, M. E. García-Ramírez. 2003. Freshwater fish at risk or extinct in Mexico. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. 12: 241-251
- Cotton, S., C. Wedekind. 2007. Control of introduced species using Trojan sex chromosomes. *Trends in Ecology and Evolution*. 22 (9): 441-443.
- Day, C. C., E. L. Landguth, R. K. Simmons, W. P. Baker, A. R. Whiteley, P. M. Lukacs, A. Bearlin. 2020. Simulating effects of fitness and dispersal on the use of Trojan sex chromosomes for the management of invasive species. *Journal of Applied Ecology*. 57 (7): 1413-1425.
- Dugan, L. E. 2014. Invasion risk and impacts of a popular aquarium trade fish and the implications for policy and conservation management. PhD dissertation. The University of Texas at Austin, 166pp.
- Elsner, J. J., J. H. Schampel, F. Garcia-Pichel, B. D. Wade, V. Souza, L. Eguiarte, A. Escalante, J. D. Farmer, 2005. Effects of phosphorus enrichment and grazing snails on modern stromatolitic microbial communities. *Freshwater Biology*. 50 (11): 1808-1825.
- Espinosa-Hernández, S., M. E. García-Ramírez, M. L. Lozano-Vilano. 2006. Aspects of growth and reproduction of spotted jewelfish, *Hemichromis guttatus* (Cichlidae), an exotic species in Poza Churince, Cuatro Ciénegas, Coahuila, Mexico. *Proceedings Of The Desert Fishes Council – VOL. XXXVIII (2006 SYMPOSIUM)*.
- Froese, R., D. Pauly. 2020. *Hemichromis guttatus* Günther, 1862. Fishbase. World Wide Electronic publication. <https://www.fishbase.in/summary/Hemichromis-guttatus>
- Gutierrez, J. B., M. K. Hurdal, R. D. Parshad, J. L. Teem. 2012. Analysis of the Trojan Y chromosome model for eradication of invasive species in a dendritic riverine system. *Journal of Mathematical Biology*. 64 (1-2): 319-340.
- Gutierrez, J. B., J. L. Teem. 2006. A model describing the effect of sex-reversed YY fish in an established wild population: the use of a Trojan Y chromosome to cause extinction of an introduced exotic species. *Journal of Theoretical Biology*. 241 (2): 333-341.
- Hernández, A., H. S. Espinosa-Pérez, V. Souza. 2017. Trophic analysis of the fish community in the Ciénega Churince, Cuatro Ciénegas, Coahuila. *PeerJ*. 5,:e3637.
- Hill, J. E., C. E. Cichra. 2005. Eradication of a reproducing population of convict cichlids, *Cichlasoma nigrofasciatum* (Cichlidae), in North-Central Florida. *Florida Scientist*. 68 (2): 65-74.
- Hoddle, M. S. 2004. Restoring balance: using exotic species to control invasive exotic species. *Conservation Biology*. 18 (1): 38-49.
- Hulsey, C. D., D. A. Hendrickson, F. J. García De León. 2005. Trophic morphology, feeding performance and prey use in the polymorphic fish *Herichthys minckleyi*. *Evolutionary Ecology Research*. 7 (2): 1-22.
- Jelks, H. L., S. J. Walsh, N. M. Burkhead, S. Contreras-Balderas, E. Diaz-Pardo, D. A. Hendrickson, J. Lyons, N. E. Mandrak, F. McCormick, J. S. Nelson, S. P. Platania, B. A. Porter, C. B. Renaud, J. J. Schmitter-Soto, E. B. Taylor, M. L. Warren. 2008. Conservation status of imperiled North American freshwater and diadromous fishes. *Fisheries*. 33 (8): 372-407.
- Leprieux, F., O. Beauchard, S. Blanchet, T. Oberdorff, S. Brosse. 2008. Fish invasions in the world's river systems: when natural processes are blurred by human activities. *PLoS Biology*. 6 (2): 0404-0410.
- Lozano-Vilano, M., A. J. Contreras-Balderas, M. García-Ramírez. 2006. Eradication of Spotted Jewelfish, *Hemichromis guttatus*, from Poza San José del Anteojo, Cuatro Ciénegas Bolsón, Coahuila, Mexico. *The Southwestern Naturalist*. 51 (4): 553-555.

- Marks, J. C., C. Williamson, D. A. Hendrickson. 2011. Coupling stable isotope studies with food web manipulations to predict the effects of exotic fish: lessons from Cuatro Ciénegas, Mexico. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. 21 (4): 317-323.
- Mendoza, R., P. Koleff. 2014. Introducción de especies exóticas acuáticas en México y en el mundo. Pp. 17-41. En: Mendoza, R., P. Koleff (Eds.). *Especies acuáticas invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 555pp.
- Parshad, R. D. 2011. Long time behavior of a PDE model for invasive species control. *International Journal of Mathematical Analysis*. 5 (37-40): 1991-2015.
- Parshad, R., S. Kouachi, J. Gutierrez. 2013. Global existence and asymptotic behavior of a model for biological control of invasive species via supermale introduction. *Communications in Mathematical Sciences*. 11 (4): 951-972.
- Piferrer, F. 2009. Determinación y diferenciación sexual en los peces. Pp. 249-278. En: Carrilli-Estévez, M. A. (coord). *La reproducción de los peces: aspectos básicos y sus aplicaciones en acuicultura*. Fundación Observatorio Español de Acuicultura. Madrid, España.
- Pyšek, P., P. E. Hulme, D. Simberloff, S. Bacher, T. M. Blackburn, J. T. Carlton, W. Dawson, F. Essl, L. C. Foxcroft, P. Genovesi, J. M. Jeschke, I. Kühn, A. M. Liebhold, N. E. Mandrak, L. A. Meyerson, A. Pauchard, J. Pergl, H. E. Roy, H. Seebens, M. Kleunen, M. Vila, M. J. Wingfield, D. M. Richardson. 2020. Scientists' warning on invasive alien species. *Biological Reviews*. 95 (6): 1511-1534.
- Rahel, F. J. 2002. Homogenization of freshwater faunas. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 33: 291-315.
- Rogers, W. 1987. Sex ratio, monogamy and breeding success in the Midas cichlid (*Cichlasoma citrinellum*). *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 21 (1): 47-51.
- Ruiz, R. 2010. Estimación y actualización al 2009 de la Tasa de Transformación del hábitat de las áreas naturales protegidas SINAP I y SINAP II del FANP: Área de Protección de Flora y Fauna Cañón de Santa Elena. México. México: Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A. C. y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 49 pp. https://simec.conanp.gob.mx/TTH/SantaElena/SantaElena_TTH_2000_2008.pdf
- Schill, D. J., J. A. Heindel, M. R. Campbell, K. A. Meyer, E. R. J. M. Mamer. 2016. Production of a YY male brook trout broodstock for potential eradication of undesired brook trout populations. *North American Journal of Aquaculture*. 78 (1): 72-83.
- Schwarzer, J., A. Lamboj, K. Langen, B. Misof, U. K. Schliewen. 2015. Phylogeny and age of chromidotilapiine cichlids (Teleostei: Cichlidae). *Hydrobiologia*. 748: 185-199.
- Senior, A. M., M. Krkosek, S. Nakagawa. 2013. The practicality of Trojan sex chromosomes as a biological control: an agent based model of two highly invasive *Gambusia* species. *Biological Invasions*. 15 (8): 1765-1782.
- Teem, J. L., J. B. Gutierrez. 2014. Combining the Trojan Y chromosome and daughterless carp eradication strategies. *Biological Invasions*. 16 (6): 1231-1240.
- Wang, X., J. R. Walton, R. D. Parshad. 2015. Stochastic models for the Trojan Y-Chromosome eradication strategy of an invasive species. *Journal of Biological Dynamics*. 10 (1): 179-199.
- Wang, X., J. R. Walton, R. D. Parshad, K. Storey, M. Boggess. 2014. Analysis of the Trojan Y-Chromosome eradication strategy for an invasive species. *Journal of Mathematical Biology*. 68 (7): 1731-1756.



SOBRE LOS AUTORES



ADRIAN LEYTE MANRIQUE. Biólogo por la Universidad Autónoma Metropolitana. Maestro en Recursos Bióticos y Doctor en Ciencias en Biodiversidad y Conservación por el Centro de Investigaciones Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Su interés se centra en aspectos de diversidad, ecología y conservación de los anfibios y reptiles en ambientes antropizados y conservados del estado de Guanajuato. Autor y co-autor de tres obras literarias que versan del conocimiento de los herpetozoos en los estados de Guanajuato e Hidalgo. Cuenta con seis capítulos en libro en temas relacionados con la herpetofauna. Su producción científica contempla alrededor de 30 trabajos publicados en revistas de divulgación, arbitradas e indexadas, nacionales e internacionales. Ha dirigido 12 tesis a nivel licenciatura y ha participado como sinodal, y jurado de examen en ocho trabajos. Actualmente se desempeña como profesor-investigador de tiempo completo "Titular A" en el Tecnológico Nacional de México, Campus Salvatierra (ITESS). Imparte las cátedras de Ecología, Desarrollo Sustentable, Taller de Investigación, Agroclimatología y Entomología.

aleyteman@gmail.com

ANA PAOLA MARTÍNEZ FALCÓN. Licenciada en biología en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo México. Realizó la Maestría en Recursos Bióticos en la UAEH, México. Obtuvo el grado de Doctor en Biodiversidad: conservación y gestión de las especies y sus hábitats por parte de la Universidad de Alicante, España, con la tesis titulada "Diversidad y ecología de las especies de *Copestylum* Macquart 1846 (Diptera: Syrphidae) asociadas a cactáceas en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, México". Cuenta con 6 años de experiencia docente en diferentes instituciones públicas mexicanas, ha dictado numerosos cursos, entre los que destacan materias como análisis de la biodiversidad, entomología, redes ecológicas y análisis estadísticos empleando R software. Es especialista en medición de la biodiversidad, ecología de comunidades, procesos de descomposición de tejidos vegetales e interacciones planta-animal empleando el enfoque de redes complejas. Ha realizado estancias de Investigación en la Universidad de Edimburgo, Escocia y en el Instituto Cavanilles de Biología Evolutiva, Valencia, España. Realizó tres estancias posdoctorales, una en el Centro de Investigaciones en Ecosistemas, UNAM, México en, una segunda estancia posdoctoral en el Instituto de Ecología A.C. México y una tercera estancia en el Centro de Investigaciones Biológicas, UAEH, México. Ha realizado trabajo de campo en selvas tropicales mexicanas, bosques templados, zonas semidesérticas y ambientes mediterráneos españoles. Cuenta con publicaciones en revistas ISI y dos capítulos de libro. Ha sido revisora de las revistas PLoS ONE, PeerJ, Insect Conservation and Diversity, Biodiversity

and Conservation, entre otras. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel I.

apmartinez@cieco.unam.mx

AURELIO RAMÍREZ-BAUTISTA. Inició su carrera herpetológica realizando investigaciones como estudiante de licenciatura en la Estación Biológica de Campo Los Tuxtlas, Veracruz, México. Recibió su licenciatura en Biología de la Universidad Veracruzana en Veracruz, México. Obtuvo su Maestría en Ciencias y su Doctorado en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), y recibió un nombramiento postdoctoral en la Universidad de Oklahoma, Norman, Oklahoma, Estados Unidos. Su principal investigación incluye estudios sobre ecología, demografía, reproducción, conservación y evolución de la historia de vida, utilizando como modelos a los anfibios y reptiles de México. Se desempeñó como presidente de la Sociedad Herpetológica Mexicana, como editor de sección de la revista *Mesoamerican Herpetology* y como profesor en la UNAM. Actualmente es profesor de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH), donde imparte cursos de Ecología de poblaciones, Herpetología, y Biología y ecología de la reproducción en anfibios y reptiles. Ha sido autor y coautor de 336 artículos y libros revisados por pares sobre herpetología, ecología, evolución de la historia de vida, dimorfismo del tamaño sexual, reproducción, cambio climático global, distribución potencial, demografía, conservación, comportamiento y ecología térmica. Como profesor, ha graduado a 74 estudiantes, incluidos 47 de licenciatura, 19 de maestría y ocho de doctorado. También ha participado como asesor externo de Ph.D. estudiantes de la Universidad Brigham Young, the University of Miami, and Eastern Carolina University, en Estados Unidos. Aurelio ha recibido varios premios nacionales (Premio Helia Bravo Hollis del Consejo Técnico de Investigaciones Científicas de la UNAM, e internacionales (Premio Donald Tinkle de la Southwestern Association of Naturalists), y tiene un perfil PRODEP (Programa para el Desarrollo Profesional Docente) en la UAEH. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel II.

[Correo electrónico: ramibautistaa@gmail.com](mailto:ramibautistaa@gmail.com)

DAVID LAZCANO is a herpetologist who earned a bachelor's degree in chemical science in 1980, and a bachelor's degree in biology in 1982. In 1999 he earned a master's degree in wildlife management, and later a doctoral degree in biological sciences with a specialty in wildlife management (2005), all gained from the Facultad de Ciencias Biológicas of the Universidad Autónoma de Nuevo León. Currently, he is a full-time professor at the same institution, where he teaches courses in animal behavior, biogeography, biology of chordates, and wildlife management. He is also the head of Laboratorio de Herpetología and Coordinación de Intercambio

Académico de la Facultad de Ciencias Biológicas at UANL. Since 1979, he has been teaching and providing assistance in both undergraduate and graduate programs. His research interests include the study of the herpetofaunal diversity of northeastern Mexico, as well as the ecology, herpetology, biology of the chordates, biogeography, animal behavior, and population maintenance techniques of montane herpetofauna. In addition, the species *Gerrhonotus lazcanoi* has been named in his honor.

DAVID RAMIRO AGUILLÓN-GUTIÉRREZ. David Ramiro Aguillón Gutiérrez es Médico Veterinario Zootecnista egresado de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México, Maestro en Ciencias Biológicas con especialidad en Embriología y Doctor en Ciencias Biológicas con especialidad en Embriología y Zoología por la Universidad Estatal de Moscú M. V. Lomonosov, Rusia. Realizó el postdoctorado en Biodiversidad y Conservación por la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. Ha publicado como autor y coautor 22 artículos científicos, cuatro capítulos de libro y tres libros. Ha presentado trabajos de investigación en México, Estados Unidos, Rusia, Brasil y Panamá. Sus líneas de investigación se centran en el uso de organismos como bioindicadores de salud ambiental, biología y medicina de la conservación, ecotoxicología y ecofisiología. Ha impartido clases a nivel licenciatura y postgrado en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, la Universidad La Salle, la Universidad Iberoamericana, la Universidad Juárez del Estado de Durango y la Universidad Autónoma de Coahuila. Actualmente es Profesor-Investigador de Tiempo Completo en el Centro de Investigación y Jardín Etnobiológico de la Universidad Autónoma de Coahuila, México, en donde es encargado del Laboratorio de Bioindicadores. Es Miembro del Sistema Nacional de Investigadores.

david_aguillon@uadec.edu.mx

IRERI SUAZO-ORTUÑO. Ireri Suazo-Ortuño es ecóloga y herpetóloga del Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales (INIRENA), Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), Michoacán, México. Su investigación se centra principalmente en la ecología y conservación de anfibios y reptiles en el Bosque Tropical Seco del occidente de México. Fue Directora del INIRENA, Coordinadora General de Estudios de Posgrado y Coordinadora de Investigación Científica de la UMSNH. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel I.

ireri.suazo@umich.mx

ITZAHÍ SILVA MORALES. Bióloga Marina por la Universidad del Mar (UMAR), campus Puerto Ángel, Pochutla, Oaxaca (2018). Maestra en Ciencias por el El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Unidad Chetumal (2020). Estudiante de primer año del Doctorado en Ecología y Desarrollo Sustentable (2021-Presente). Producción académica de tres artículos científicos y un capítulo de libro. Colaboradora en dos proyectos de investigación concluidos: "Evaluación del potencial de las técnicas de Secuencia masiva, ADN ambiental y Código de barras genético para la descripción de la biodiversidad bentónica de los ecosistemas marinos

y costeros de Oaxaca" y "Especies exóticas de México: Riesgos y Propuestas de Manejo". Participación en seis congresos nacionales e internacionales. Cuatro cursos de actualización en herramientas moleculares y sistemática de invertebrados marinos. Dos estancias profesionales, en El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Chetumal y en la Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. Miembro de la Red Temática Código de Barras de la Vida (MEXBOL). Interés en la sistemática y taxonomía de invertebrados marinos, específicamente sipúnculos. Análisis morfológicos y moleculares aplicados a la resolución de problemas taxonómicos. Divulgadora científica en la página de Facebook Cacahuete Marino.

JORGE LUIS BECERRA-LÓPEZ. Egresado de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez del Estado de Durango (2003–2008). Cuento con una maestría en Recursos Naturales y Medio Ambiente en Zonas Áridas por la Universidad Autónoma Chapingo (2010–2012), un doctorado en Ciencias en Biodiversidad y Conservación por la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (2013–2016) y un pos doctorado en Conservación de Ecosistemas en el Centro de Investigación en Sustentabilidad Energética y Ambiental del Noreste (CISEAN) (2017–2018). He realizado diversas estancias de investigación científica en universidades del extranjero, dentro de las que destacan las realizadas en la Universidad Miguel Hernández, España, y la Universidad de la Ciudad de Nueva York (CUNY), Estados Unidos de Norte América. Actualmente dirijo el Laboratorio de Cambio Climático y Conservación de Recursos naturales de la Facultad de Ciencias Biológicas, perteneciente a la Universidad Juárez del Estado de Durango. Mi programa de investigación integra conocimientos y metodologías de diversos campos científicos para comprender los procesos evolutivos que dieron lugar a los patrones de biodiversidad actual, como la biodiversidad responde a los cambios globales y como esta puede ser conservada. Así mismo, el cambio climático, la alteración del hábitat y las invasiones biológicas son temas particularmente importantes en mi línea de investigación. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel I.

biologo.jlbl@gmail.com

LARRY DAVID WILSON is a herpetologist with lengthy experience in Mesoamerica. He was born in Taylorville, Illinois, United States, and received his university education at Millikin University in Decatur, Illinois, the University of Illinois at Champaign-Urbana (B.S. degree), and at Louisiana State University in Baton Rouge (M.S. and Ph.D. degrees). He has authored or co-authored more than 430 peer-reviewed papers and books on herpetology. Larry is the senior editor of Conservation of Mesoamerican Amphibians and Reptiles and the co-author of eight of its chapters. His other books include The Snakes of Honduras, Middle American Herpetology, The Amphibians of Honduras, Amphibians & Reptiles of the Bay Islands and Cayos Cochinos, Honduras, The Amphibians and Reptiles of the Honduran Mosquitia, and Guide to the Amphibians & Reptiles of Cusuco National Park, Honduras. To date, he has authored or co-authored the descriptions of 74 currently recognized herpetofaunal species, and seven

species have been named in his honor, including the anuran *Craugastor lauraster*, the lizard *Norops wilsoni*, and the snakes *Oxybelis wilsoni*, *Myriopholis wilsoni*, and *Cerrophidion wilsoni*. Currently, Larry is Co-chair of the Taxonomic Board for the journal *Mesoamerican Herpetology*

LYDIA ALLISON FUCSKO is an amphibian conservationist and environmental activist.. She is also a gifted photographer who has taken countless pictures of amphibians, including photo galleries of mostly southeastern Australian frogs. Dr. Fucsko has postgraduate degrees in computer education and in vocational education and training from The University of Melbourne, Parkville, Melbourne, Australia. Additionally, Lydia holds a Master's Degree in Counseling from Monash University, Clayton, Melbourne, Australia. She received her Ph.D. in environmental education, which promoted habitat conservation, species perpetuation, and global sustainable management from Swinburne University of Technology, Hawthorn, Melbourne, Australia. Dr. Fucsko, in addition, is an educational consultant. The species *Tantilla lydia* has been named recently in her honor.

LIZZETH A. TORRES-HERNÁNDEZ. Es pasante de Licenciatura en Biología en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Está interesada en el campo de la ecología, diversidad y conservación de anfibios y reptiles de México, así como en el estudio de los efectos del cambio climático en la distribución de estos grupos biológicos. Ha realizado aportes sobre la diversidad y conservación de anfibios y reptiles de México.
lizzeth.torres97@gmail.com

MARÍA ANA TOVAR-HERNÁNDEZ, es bióloga egresada de la UNAM (2000), Maestra en Ciencias en Manejo de Recursos Naturales y Desarrollo Regional y Doctora en Ecología y Desarrollo Sustentable por ECOSUR (2003 y 2006). Realizó dos posdoctorados (ECOSUR 2007, DGAPA-UNAM 2008-2010). Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 2009 (nivel II) e Investigadora Honorífica de Sinaloa desde 2012. Se ha especializado en biología, ecología y sistemática (morfológica y molecular) de poliquetos y otros invertebrados marinos exóticos invasores en marinas y puertos de México; así como en la elaboración de análisis de riesgo y planes de detección temprana y programas de monitoreo. Su producción académica versa en la publicación de 52 artículos en revistas indizadas (como primera autora en 30 de ellos), 3 artículos de divulgación, 2 artículos en revistas no indizadas, 1 libro y 15 capítulos de libros. Ha presentado trabajos en 27 congresos nacionales y 21 internacionales. Ha establecido 49 especies nuevas para la ciencia y dos nuevos géneros. En los últimos cuatro últimos años se ha desempeñado en la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

RACIEL CRUZ-ELIZALDE. Es un herpetólogo mexicano que recibió su grado de Licenciatura en Biología, y los posgrados de Maestría y Doctorado en Ciencias en Biodiversidad y Conservación de la Universidad

Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH). Realizó una estancia posdoctoral en la Universidad Nacional Autónoma de México, y actualmente es Profesor de Tiempo Completo de la Universidad Autónoma de Querétaro. Raciél está interesado en la ecología, evolución de la historia de vida, diversidad y conservación de anfibios y reptiles de México. Es autor o coautor de cerca de 65 publicaciones, que incluyen artículos, notas, capítulos de libros y libros sobre ecología, evolución de la historia de la vida, dimorfismo del tamaño sexual, reproducción y conservación de anfibios y reptiles. Ha dirigido tesis de licenciatura, y miembro de comités de alumnos de posgrado. Su investigación incluye la evolución de la historia de vida de diversas especies de lagartijas del género *Sceloporus*, temas de conservación en áreas naturales protegidas y el análisis de rasgos ecológicos y morfológicos en la composición de comunidades de anfibios y reptiles, principalmente en el bosque mesófilo de montaña. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel I. Correo electrónico: cruzelizalde@gmail.com

SERGIO LUNA es biólogo por parte de la Facultad de Ciencias Biológicas, U.A.N.L. y M. en C. en Acuicultura por parte del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. Actualmente es estudiante del Doctorado en Conservación, Fauna Silvestre y Sustentabilidad, en la Facultad de Ciencias Biológicas, U.A.N.L. Es coautor de dos artículos de investigación, dos capítulos de libro, una nota científica, ocho reportes técnicos y seis presentaciones en congresos y cuenta con 58 citas a sus trabajos. Su área de investigación incluye análisis de riesgo y control de especies acuáticas invasoras y fisiología y reproducción de peces.

SERGIO I. SALAZAR-VALLEJO investigador Titular C de ECOSUR. Biólogo (1981), Maestro en Ciencias en Ecología Marina (1985), Doctor en Biología (1998). Miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 1985 (Investigador Nacional desde 1988, SNI 3901, nivel actual III). Noventa y seis artículos en revistas JCR y 3 en revistas non-JCR, 27 capítulos de libro. Tres libros publicados (1989. Poliquetos de México; 1991. Contaminación Marina; 2005. Poliquetos pelágicos del Caribe) y tres co-editados (1991. Estudios Ecológicos Preliminares de la Zona Sur de Quintana Roo; 1993. Biodiversidad Marina y Costera de México, 2009. Poliquetos de América Tropical); 47 publicaciones de divulgación. Veinticuatro tesis dirigidas: 8 de doctorado (todos SNI), 8 de maestría y 8 de licenciatura. Profesor de Licenciatura en ocho instituciones (Cursos: Zoología de Invertebrados, Ecología Marina, Biogeografía, Comunicación Científica, Taxonomía de Poliquetos), Profesor de Posgrado en seis instituciones (Cursos: Ecología del Bentos, Comunicación Científica, Ecología Costera, Sistemática Avanzada) y del Diplomado Reserva. Veintiocho ponencias en congresos nacionales y 33 ponencias en congresos internacionales. Treinta y seis distinciones académicas. Arbitro de 31 revistas o series y miembro del comité editorial de cuatro de ellas. Veintinueve estancias de investigación en Museos e Instituciones de Estados Unidos, Europa y Sudamérica. Areas de investigación: biodiversidad costera, taxonomía de invertebrados marinos, política ambiental y científica (evaluación académica).

Biología y Sociedad

Revista de Divulgación Científica
de la Facultad de Ciencias Biológicas, UANL



#SOMOSUNI

TRABAJAR · TRANSFORMAR · TRASCENDER