



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

**Agresividad en el cuidado parental y dimorfismo sexual en el
tamaño corporal del pez nativo mojarra criolla y el pez
invasor falso boca de fuego**

**TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

BIÓLOGO

PRESENTA:

Dylan Andrei Zepeda Morales

DIRECTOR DE TESIS:

M. en M. R. N. Marco Polo Franco Archundia

CUERNAVACA, MORELOS

Noviembre, 2021

Índice

Introducción.....	3
Hipótesis	6
Objetivo general	7
Objetivos específicos.....	7
Materiales y métodos	8
Área de estudio	8
Registros conductuales	8
Análisis estadístico.....	9
Resultados	10
Discusión	13
Conclusiones	16
Referencias	17

Introducción

Generalmente los animales presentan diferencias en el tamaño corporal entre machos y hembras (Fairbairn, 1997; Stillwell *et al.*, 2010). A estas diferencias se les conoce como dimorfismo sexual en el tamaño corporal o SSD por sus iniciales en inglés (sexual size dimorphism; Shine, 1989; Lovich y Gibbons, 1992; Serrano-Meneses *et al.*, 2007). Dentro del dimorfismo sexual en el tamaño corporal puede presentarse que las hembras sean más grandes que los machos (Dosen y Montgomerie, 2004). Hembras más grandes pueden aportar una mayor fecundidad, ya que pueden presentar una mayor cantidad de ovocitos por gónada (Beldade *et al.*, 2012; Alfaro-Martínez *et al.*, 2016). Por el contrario, el dimorfismo sexual en el tamaño corporal puede presentarse como machos más grandes que las hembras (Cacho *et al.*, 2006). En este caso, los machos pueden favorecer a la competencia entre sexos, particularmente en la defensa de un territorio (Chellappa *et al.*, 1999). Los machos más grandes suelen ser más experimentados, exitosos y tener un mayor éxito reproductivo (Keenleyside *et al.*, 1985; Cacho *et al.*, 2006). En animales territoriales y con cuidado parental, la diferencia del tamaño corporal entre machos y hembras es determinante para el éxito en la defensa de la descendencia (Chellappa *et al.*, 1999).

El dimorfismo sexual en el tamaño corporal es una de las características que favorece a los animales por la selección natural (Nagel y Schluter, 1998). En organismos territoriales, como aves (Forsgren *et al.*, 1996), reptiles (Simon, 1975), mamíferos (Lehmann *et al.*, 2008) y peces (Jaroensutasinee y Jaroensutasinee, 2001), generalmente los machos más grandes obtienen una mayor posición jerárquica y acceden a mayores y mejores recursos (Basset, 1995; Ferrari y Chi, 1998; McElligott *et al.*, 2001). Estos recursos pueden ser territorio (López-Sepulcre y Kokko, 2005; Holekamp y Strauss, 2016) y/o alimento (Barroso *et al.*, 2000).

El tamaño corporal de los machos es una característica determinante en la selección sexual y las hembras seleccionan con mayor frecuencia a machos más grandes (Reynolds y Gross, 1992; Owens *et al.*, 1999; Amundsen y Forsgren, 2003). Por ejemplo, los machos más grandes del pez cíclido convicto, *Amatitlania nigrofasciata* (Günther, 1867) son elegidos por las hembras (Noonan, 1983), mientras que, en el pez espinoso, *Gasterosteus aculeatus* (Linnaeus, 1758) las hembras más grandes son

seleccionadas por los machos (Nagel y Schluter, 1998). En peces cíclidos el dimorfismo sexual en el tamaño corporal tiene relación con la agresividad y el éxito reproductivo (Neat y Beveridge, 1998; Rakitin *et al.*, 2001). En esta familia (Cichlidae), los machos generalmente tienen un mayor tamaño corporal que las hembras (Gonzalez-Voyer *et al.*, 2008). Esta diferencia corporal incide en la defensa de territorio y en la agresividad cuando los parentales cuidan su nido (Pyron, 1996). En parentales del cíclido *Julidochromis ornatus* (Boulenger, 1898), la pareja que presenta un menor dimorfismo sexual en el tamaño corporal son los que realizan una mayor cantidad de conductas agresivas en el cuidado de su descendencia (Kohda y Awata, 2004) y en el cíclido convicto las hembras que presentan un menor dimorfismo sexual en el tamaño corporal son más agresivas en el cuidado parental (Lavery y Keenleyside, 1990).

El cuidado parental es una estrategia conductual realizada por los parentales con la finalidad de aumentar su éxito reproductivo (Gross y Sargent, 1985). En los cíclidos, la mayoría de los machos defienden el territorio mientras que las hembras protegen a los descendientes (Goodwin y Reynolds, 1998). Las hembras de la Mojarra de cuatro Ciénegas *Herichthys minckleyi* (Kornfield y Taylor, 1983) realizan un mayor número de agresiones y compensan la defensa de su descendencia cuando el macho no agrede a los peces intrusos (Oldfield *et al.*, 2015). Estas conductas agresivas en el cuidado parental pueden aumentar o disminuir por distintos factores como las características físicas y químicas de la calidad del agua o la presencia de otras especies (Lorenz y Taylor, 1992; Ratnasabapathi *et al.*, 1992). Las interacciones en el cuidado parental se pueden intensificar si existen competidores en el entorno (Gotanda *et al.*, 2011). Adicionalmente, si los competidores son especies invasoras y depredan a las crías de los peces nativos, las especies nativas tienen que aumentar su agresividad en la defensa de su descendencia (Clavero y García-Berthou, 2006; Irons *et al.*, 2007; Carey y Wahl, 2010). Las especies invasoras que comparten patrones reproductivos con las especies nativas, como la construcción de nidos, defensa de la descendencia y territorio, logran desplazar o disminuir las poblaciones de las especies nativas (Gois *et al.*, 2015).

La mojarra criolla, *Amphilophus istlanus* (Jordan y Snyder, 1899), es una especie de cíclido nativo de la cuenca del río Balsas (Castillo y Arce, 2021; Franco y Arce, 2021) y

compite constantemente con cíclidos invasores por territorio y sitios de anidación, particularmente con el pez falso boca de fuego, *Thorichthys maculipinnis* (Steindachner, 1864), que es uno de los peces más abundantes dentro de la cuenca del Balsas (Archundia *et al.*, 2018).

La mojarra criolla y el falso boca de fuego comparten la característica de cuidado parental y son agresivos en la defensa de su sitio de anidación (observaciones personales). En este trabajo se evaluó la relación entre el dimorfismo sexual en el tamaño corporal y la agresividad en el cuidado parental del cíclido nativo mojarra criolla y el cíclido invasor, falso boca de fuego.

Hipótesis

Si el dimorfismo sexual en el tamaño corporal tiene relación con el número de conductas agresivas realizadas en el cíclido nativo mojarra criolla y el cíclido invasor falso boca de fuego, entonces aquella especie con mayor dimorfismo sexual en el tamaño corporal será la que realice mayor número de conductas agresivas en la defensa de su territorio.

Objetivo general

Evaluar la relación entre el dimorfismo sexual en el tamaño corporal y el número de conductas agresivas realizadas en el cuidado parental del cíclido nativo mojarra criolla y el cíclido invasor falso boca de fuego.

Objetivos específicos

- Cuantificar los parámetros de la calidad del agua en los sitios de anidación.
- Cuantificar las conductas agresivas del macho y la hembra de la mojarra criolla y el falso boca de fuego.
- Cuantificar el dimorfismo sexual en el tamaño corporal del macho y la hembra de la mojarra criolla y el falso boca de fuego.
- Relacionar la proporción del dimorfismo sexual en el tamaño corporal y las conductas agresivas del macho y la hembra de cada especie de cíclido.

Materiales y métodos

Área de estudio

Las observaciones conductuales se realizaron en la localidad de Coaxitlán en el río “Arroyo Agua Salada” (18° 28' 01.5" N; 99° 09' 11.0" W) ubicado a 808 msnm, en el estado de Morelos, México. Este río es una corriente de sexto orden de acuerdo con la clasificación de Horton (1945), es decir, es un río que recibe tributarios de otros cuerpos de agua y desemboca en un río más grande, el río Amacuzac, el cual forma parte de la cuenca del río Balsas. El río “Arroyo Agua Salada” se encuentra dentro de la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla y es irrigado por más de 14 manantiales (López-Medellín, 2015).

Registros conductuales

Los registros se realizaron en tres muestreos de enero a diciembre del 2019 ya que son los meses de reproducción de estas especies (Luna-Figueroa y Torres, 2016). Las observaciones conductuales se realizaron de 10:00 a 14:00 h dado que es el horario de mayor actividad de ambas especies (Luna-Figueroa y Figueroa, 2012). Una sección del río de 100 m de largo fue elegida al azar. Las corrientes y la visibilidad de esta sección permitieron la grabación de los 30 nidos, 15 de mojarra criolla y 15 del falso boca de fuego.

Las características que se consideraron para grabar a los parentales fue que ambos se encontraran presentes y defenderían su descendencia. Una vez identificadas las parejas de peces, se grabó su comportamiento durante la defensa de su territorio (Wilson y Smith, 1984; Gregory y Griffith, 1996) utilizando una cámara acuática GoPro HERO5. La diferencia entre sexos de ambas especies se identificó por el tamaño, siendo los machos más grandes que las hembras y la coloración roja en el vientre de las hembras. Quince videos de cada especie fueron grabados durante cinco minutos a una distancia de dos metros de los parentales para no interferir en su comportamiento (Valdimarsson y Metcalfe, 2001). La temperatura, pH, total de sólidos y oxígeno

disueltos de cada sitio de anidación fueron medidos con una sonda multiparamétrica (HANNA, HI 9829).

Posteriormente, los videos fueron analizados y el número de agresiones fue cuantificado. Las conductas agresivas cuantificadas fueron embestidas y golpes, las cuales se consideraron como agresiones totales. Una imagen fue tomada durante la reproducción de cada video obtenido de los registros conductuales. En esta imagen se mostró el área lateral de ambos parentales con la finalidad de identificar su tamaño corporal. Las imágenes tomadas durante la reproducción del video fueron analizadas con el programa Image J para determinar el área lateral de los parentales y se cuantificó su diferencia en porcentaje (McEvoy *et al.*, 2009). El dimorfismo sexual en el tamaño corporal y el número de agresiones se analizaron para verificar si existía una relación.

Análisis estadístico

Un nivel de significancia de 0.05 fue utilizado en las pruebas, el valor promedio y el error estándar son mostrados en los datos (Marchesan *et al.*, 2005). La normalidad de los datos se verificó con una prueba de Shapiro-Wilk's. Una prueba de *t* se utilizó para analizar cada uno de los parámetros físicos y químicos del agua (variable dependiente= temperatura, pH, total de sólidos y oxígeno disueltos, factor categórico= especie, $df=1$, $n=15$). Otra prueba de *t* se utilizó para analizar por separado el número de agresiones entre especies, entre parentales de cada especie y la diferencia en el dimorfismo sexual en el tamaño corporal entre parentales (variable dependiente= número de agresiones entre especies, entre parentales de cada especie y la diferencia en el dimorfismo sexual en el tamaño corporal entre parentales, factor categórico= especie, $df=1$, $n=15$; Matuschka *et al.*, 1992; Heuts y Nijman, 1998). La relación entre el dimorfismo sexual en el tamaño corporal y el número de agresiones de cada especie se analizó con una prueba de correlación de Pearson (Seehausen *et al.*, 1997). Todos los análisis se realizaron utilizando el programa Statistica®.

Resultados

Los parámetros físicos y químicos del agua de cada uno de los sitios de anidación de la mojarra criolla y el falso boca de fuego fueron similares ($P > 0.05$, Tabla 1).

Tabla 1. Parámetros físicos y químicos de los 30 sitios de anidación, 15 de la mojarra criolla y 15 del falso boca de fuego.

Parámetro	Promedio \pm error estándar	Valor de t	P
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	30.1 ± 0.08	0.10	0.92
pH	9.3 ± 0.04	0.90	0.37
Tota de solidos disueltos (TDS; mg/L)	1006.4 ± 0.60	0.40	0.68
Oxígeno disuelto (OD; mg/L)	7.43 ± 0.03	0.93	0.36
Profundidad (Z; cm)	52.93 ± 19	2.06	0.57

No hay diferencias entre el número de conductas agresivas de la especie nativa y de la especie invasora con 7.4 ± 0.82 y 9.06 ± 1.07 agresiones respectivamente ($t_{(2, 14)} = -1.68$, $P = 0.11$). Las hembras de la especie nativa agredieron más que los machos de esta misma especie con 5.06 ± 0.46 y 2 ± 0.65 conductas agresivas, respectivamente ($t_{(2, 14)} = 3.51$, $P = 0.003$). Las hembras de la especie invasora agredieron igual que los machos de esta misma especie con 5.73 ± 1.03 y 3.86 ± 0.80 agresiones respectivamente ($t_{(2, 14)} = 1.23$, $P = 0.23$, fig.1).

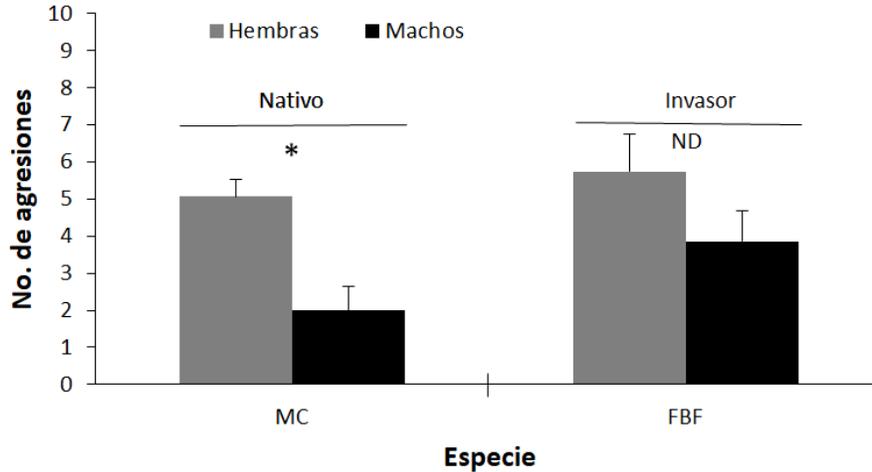


Figura 1. Número de agresiones de la mojarra criolla (MC) y el falso boca de fuego (FBF). El asterisco denota diferencias significativas $P < 0.05$ entre sexos y ND indica que no hubo diferencias significativas entre sexos. Se muestra el promedio y el error estándar.

Los machos son $50 \pm 4.34\%$ más grandes que las hembras en la mojarra criolla, mientras que en el falso boca de fuego los machos son $31.57 \pm 3.78\%$ más grandes que las hembras ($t_{(2, 14)} = 3.17$, $P = 0.006$; fig. 2).

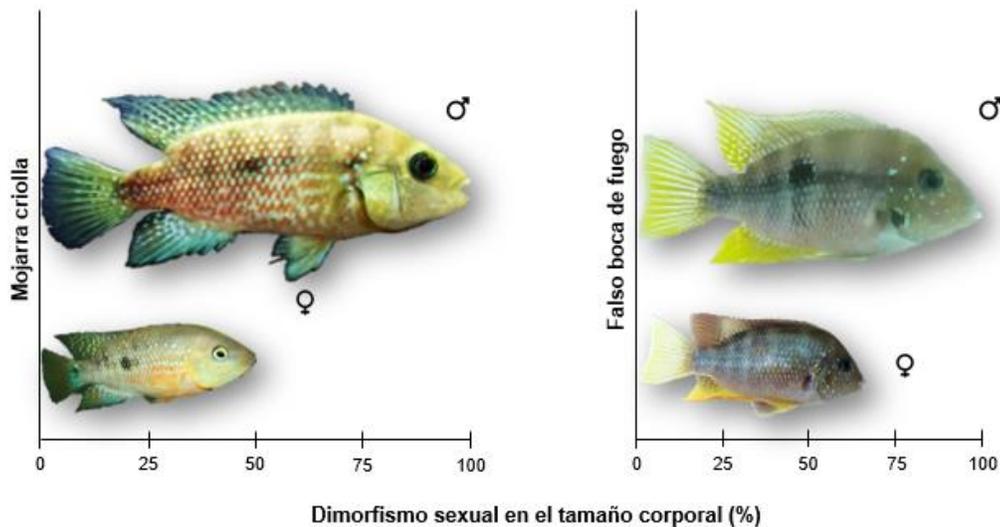


Figura 2. Porcentaje del dimorfismo sexual en el tamaño corporal de los parentales de la mojarra criolla y el falso boca de fuego.

El dimorfismo sexual en el tamaño corporal tiene correlación con el número de agresiones de la mojarra criolla ($r_{13}=0.31$, $P=0.02$), mientras que en el falso boca de fuego no hubo correlación ($r_{13}=0.007$, $P=0.76$; fig. 3).

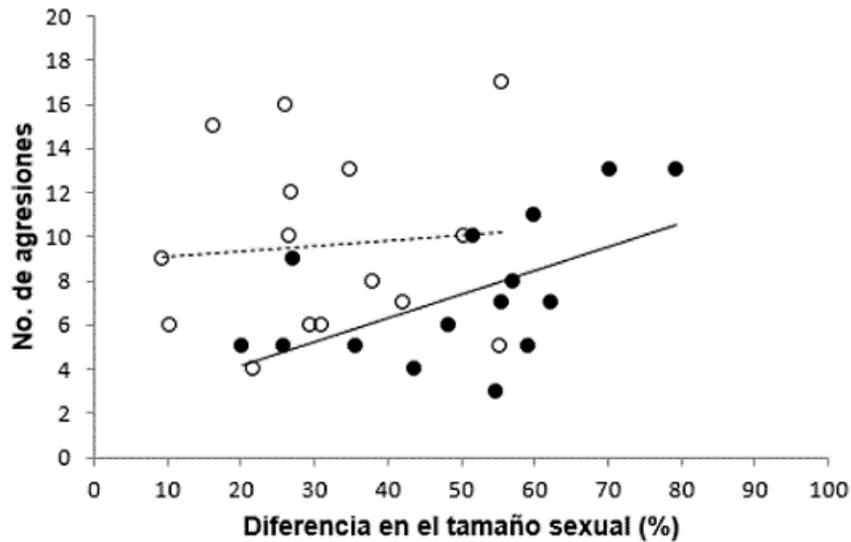


Figura 3. Correlación del dimorfismo sexual en el tamaño corporal y el número de agresiones de la mojarra criolla y el falso boca de fuego. Los puntos de fondo negro marcan cada uno de los parentales de la mojarra criolla y los puntos de fondo blanco a los parentales del falso boca de fuego. La línea negra sólida representa la recta modelo de las variables bajo análisis de la mojarra criolla, mientras que la punteada, a las variables bajo análisis del falso boca de fuego.

Discusión

Esta investigación evaluó el dimorfismo sexual en el tamaño corporal en relación con el número de agresiones realizadas cuando los parentales de la mojarra criolla, *Amphilophus istlanus* y el falso boca de fuego, *Thorichthys maculipinnis*, defienden su descendencia. Las agresiones en el cuidado parental de la mojarra criolla y el falso boca de fuego no están determinadas por las características físicas y químicas de la calidad del agua en este estudio. El aumento o la disminución de la temperatura y del pH pueden influir en las agresiones de los peces cíclidos. Por ejemplo, la agresividad del pez cíclido convicto aumenta cuando la temperatura incrementa y en concentraciones de pH 5 su agresividad disminuye (Lorenz y Taylor, 1992; Ratnasabapathi *et al.*, 1992). En el cíclido *Pseudocrenilabrus multicolor victoriae* (Shöller, 1903), la agresividad de este pez disminuyó cuando el oxígeno del agua desciende (Gotanda *et al.*, 2011). Al igual que en otros estudios (Carvalho y Fernandez, 2006), los parámetros de la calidad del agua no interfirieron en las conductas agresivas realizadas por la mojarra criolla y el falso boca de fuego.

Las conductas agresivas son costosas en términos de gasto energético (Noltie y Keenleyside, 1986; Castro *et al.*, 2006; Sopinka *et al.*, 2009). El mayor número de conductas agresivas realizadas por las hembras de la mojarra criolla puede disminuir su tiempo de forrajeo y su crecimiento. Por ejemplo, las hembras del cíclido *Herichthys minckleyi* realizaron mayor número de agresiones en comparación con el macho de su especie al momento de defender a su descendencia y en consecuencia se alimentan menos (Oldfield *et al.*, 2015). En este estudio, la hembra del falso boca de fuego realizó el mismo número de conductas agresivas que el macho, esto podría incidir en que ambos parentales comparten el gasto energético que conlleva defender sus crías (Rangeley y Godin, 1992). En el cíclido africano *Tilapia mariae* (Boulenger, 1899), ambos parentales se turnan la defensa de su descendencia y pueden aumentar su tiempo de alimentación (Annett *et al.*, 1999). El cuidado parental cooperativo presente en la *T. mariae* es una de las características fundamentales para el éxito en la invasión de nichos, debido a que proporciona una mayor protección ante la depredación de las crías, aumentando así su éxito reproductivo (Annett *et al.*, 1999). El falso boca de fuego podría estar usando estas estrategias como especie invasora y así aumentar sus

poblaciones en la cuenca del río Balsas, por lo que la cantidad de nidos podrían estar aumentando sus poblaciones en el ambiente. En este contexto, se ha reportado que en el río Amacuzac por cada individuo de mojarra criolla existen cuatro individuos de falso boca de fuego (Archundia *et al.*, 2018).

El dimorfismo sexual en el tamaño corporal entre los parentales de la mojarra criolla fue mayor en comparación de los parentales del pez falso boca de fuego. Los machos de ambas especies son más grandes que las hembras, por lo que podría existir una preferencia sexual de las hembras de estas especies hacia machos más grandes (Noonan, 1983). Las hembras del pez ángel, *Pterophyllum scalare*, (Schultze, 1823) prefieren machos más grandes, territoriales y experimentados, ya que esto les asegura un mayor éxito reproductivo (Cacho *et al.*, 2006). Las hembras del Rey Midas, *Amphilophus citrinellus* (Günther, 1864) seleccionan machos más grandes, debido a que pueden mantener un territorio de reproducción por más tiempo (Rogers, 1995).

La mojarra criolla es dominante y más agresiva en combates simultáneos frente a los cíclidos invasores terror verde, *Andinoacara rivulatus* (Günther, 1860), falso boca de fuego, cíclido convicto y tilapia, *Oreochromis* sp., (Franco y Arce, 2021). La mojarra criolla gana enfrentamientos directos aun cuando es superada en número (Molina *et al.*, 2021). En el presente estudio se encontró que los machos de la mojarra criolla son menos agresivos que las hembras en el cuidado parental. Por lo que, los machos de esta especie nativa podrían estar invirtiendo tiempo y energía en otras actividades, como reproducirse con otras hembras inmediatamente después de que se reproducen por primera vez.

El número de agresiones de la mojarra criolla realizadas durante la defensa de su descendencia incrementa conforme el dimorfismo sexual en el tamaño corporal de los parentales aumenta, mientras que en el pez falso boca de fuego no existe esta relación. En el cíclido *J. ornatus* los encuentros agresivos son más frecuentes en parentales con tallas similares que en los parentales que tienen tallas distintas (Schumer y Renn, 2011). El número de conductas agresivas en las hembras de la mojarra criolla podría aumentar debido a la selección de machos más grandes, sin embargo, en el pez falso boca de fuego esta condición no está relacionada. Los machos del pez falso boca de fuego son igual de agresivos que las hembras independientemente de la diferencia en

el tamaño, por lo que este pez invasor tiene una cooperación al realizar conductas agresivas en el cuidado parental. Mientras que en la mojarra criolla esta cooperación no existe, ya que la hembra es más agresiva en el cuidado parental y podría estar pagando los costos que conlleva este comportamiento.

Conclusiones

Las hembras de la especie nativa *A. istlanus* presentan un menor tamaño corporal en comparación al macho y realizan un mayor número de agresiones al momento de defender su descendencia

Los parentales de la especie invasora *T. maculipinnis* realizan el mismo número de agresiones al defender su descendencia, sin importar la diferencia en el tamaño corporal presente entre parentales.

El dimorfismo sexual en el tamaño corporal entre los parentales de la mojarra criolla es mayor en comparación a los parentales del pez falso boca de fuego.

Existe una correlación entre la agresividad en el cuidado parental y el dimorfismo sexual en el tamaño corporal de la mojarra criolla, mientras que en el pez falso boca de fuego no existe esta correlación.

Estas diferencias en el cuidado parental entre ambas especies es una de las características que ayudo al cíclido invasor *T. maculipinnis* a establecerse con éxito en la cuenca del Balsas.

Referencias

- Alfaro-Martínez, S., Bustos-Montes, D., Salas-Castro, S., Gómez-León, J. y Rueda, M. (2016). Fecundity of yellow fin mackerel, *Caranx hippos* (Linnaeus) in the Colombian Caribbean. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR*, 45(1), 123-134.
- Amundsen, T. y Forsgren, E. (2003). Male preference for colourful females affected by male size in a marine fish. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 54(1), 55-64.
- Annett, C. A., Pierotti, R. y Baylis, J. R. (1999). Male and female parental roles in the monogamous cichlid, *Tilapia mariae*, introduced in Florida. *Environmental Biology of Fishes*, 54(3), 283-293.
- Archundia, M. P. F., Arce, E. y Luna-Figueroa, J. (2018). Current knowledge of the cichlid fishes of the Amacuzac River, Mexico. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 22(2), 55-66.
- Basset, A. (1995). Body size-related coexistence: an approach through allometric constraints on home-range use. *Ecology*, 76(4), 1027-1035.
- Barroso, F. G., Alados, C. L., y Boza, J. (2000). Social hierarchy in the domestic goat: effect on food habits and production. *Applied Animal Behaviour Science*, 69(1), 35-53.
- Beldade, R., Holbrook, S. J., Schmitt, R. J., Planes, S., Malone, D. y Bernardi, G. (2012). Larger female fish contribute disproportionately more to self-replenishment. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 279(1736), 2116-2121.
- Cacho, M. D. S. R., Chellappa, S. y Yamamoto, M. E. (2006). Reproductive success and female preference in the amazonian cichlid angel fish, *Pterophyllum scalare* (Lichtenstein, 1823). *Neotropical Ichthyology*, 4(1), 87-91.
- Carey, M. P. y Wahl, D. H. (2010). Native fish diversity alters the effects of an invasive species on food webs. *Ecology*, 91(10), 2965-2974.
- Carvalho, C. S. y Fernandes, M. N. (2006). Effect of temperature on copper toxicity and hematological responses in the neotropical fish *Prochilodus scrofa* at low and high pH. *Aquaculture*, 251(1), 109-117.

- Castillo, Y., y Arce, E. (2021). Female preference for dominant males in the Mexican mojarra cichlid fish, *Cichlasoma istlanum*. *Journal of Fish Biology*, 98(1), 189-195.
- Castro, N., Ros, A. F., Becker, K., y Oliveira, R. F. (2006). Metabolic costs of aggressive behaviour in the Siamese fighting fish, *Betta splendens*. *Aggressive Behavior: Official Journal of the International Society for Research on Aggression*, 32(5), 474-480.
- Chellappa, S., Yamanoto, M. E., Cacho, M. S. R. F. y Huntingford, F. A. (1999). Prior residence, body size and the dynamics of territorial disputes between male freshwater angelfish. *Journal of Fish Biology*, 55(6), 1163-1170.
- Clavero, M. y García-Berthou, E. (2006). Homogenization dynamics and introduction routes of invasive freshwater fish in the Iberian Peninsula. *Ecological Applications*, 16(6), 2313-2324.
- Dosen, L. D. y Montgomerie, R. (2004). Female size influences mate preferences of male guppies. *Ethology*, 110(3), 245-255.
- Fairbairn, D. J. (1997). Allometry for sexual size dimorphism: pattern and process in the coevolution of body size in males and females. *Annual review of ecology and systematics*, 28(1), 659-687.
- Ferrari, M. y Chi, M. T. (1998). The nature of naive explanations of natural selection. *International Journal of Science Education*, 20(10), 1231-1256.
- Forsgren, E., Kvarnemo, C. y Lindström, K. (1996). Mode of sexual selection determined by resource abundance in two sand goby populations. *Evolution*, 50(2), 646-654.
- Franco, M., y Arce, E. (2021). Aggressive interactions and consistency of dominance hierarchies of the native and nonnative cichlid fishes of the Balsas basin. *Aggressive Behavior*.
- Gois, K. S., Pelicice, F. M., Gomes, L. C., y Agostinho, A. A. (2015). Invasion of an Amazonian cichlid in the Upper Paraná River: facilitation by dams and decline of a phylogenetically related species. *Hydrobiologia*, 746(1), 401-413.
- Gonzalez-Voyer, A., Fitzpatrick, J. L. y Kolm, N. (2008). Sexual selection determines parental care patterns in cichlid fishes. *Evolution: International Journal of Organic Evolution*, 62(8), 2015-2026.

- Goodwin, N. B., Balshine-Earn, S. y Reynolds, J. D. (1998). Evolutionary transitions in parental care in cichlid fish. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 265(1412), 2265-2272.
- Gotanda, K. M., Reardon, E. E. y Chapman, L. J. (2011). Hypoxia and male behaviour in an African cichlid *Pseudocrenilabrus multicolor victoriae*. *Journal of Fish Biology*, 78(7), 2085-2092.
- Gregory, J. S. y Griffith, J. S. (1996). Aggressive behaviour of underyearling rainbow trout in simulated winter concealment habitat. *Journal of Fish Biology*, 49(2), 237-245.
- Gross, M. R. y Sargent, R. C. (1985). The evolution of male and female parental care in fishes. *American Zoologist*, 25(3), 807-822.
- Heuts, B. A y Nijman, V. (1998). Aggressive behaviour of two swordtail colour breeds (*Xiphophorus*, Poeciliidae) in a prior residence situation. *Behavioural processes*, 43(3), 251-255.
- Holekamp, K. E. y Strauss, E. D. (2016). Aggression and dominance: an interdisciplinary overview. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 12, 44-51.
- Irons, K. S., Sass, G. G., McClelland, M. A. y Stafford, J. D. (2007). Reduced condition factor of two native fish species coincident with invasion of non-native Asian carps in the Illinois River, USA Is this evidence for competition and reduced fitness?. *Journal of Fish Biology*, 71, 258-273.
- Jaroensutasinee, M. y Jaroensutasinee, K. (2001). Sexual size dimorphism and male contest in wild Siamese fighting fish. *Journal of fish biology*, 59(6), 1614-1621.
- Keenleyside, M. H., Rangeley, R. W. y Koppers, B. U. (1985). Female mate choice and male parental defense behaviour in the cichlid fish *Cichlasoma nigrofasciatum*. *Canadian Journal of Zoology*, 63(11), 2489-2493.
- Kohda, M. y Awata, S. (2004). Parental roles and the amount of care in a bi-parental substrate brooding cichlid: the effect of size differences within pairs. *Behaviour*, 141(9), 1135-1149.
- Lavery, R. J. y Keenleyside, M. H. (1990). Parental investment of a biparental cichlid fish, *Cichlasoma nigrofasciatum*, in relation to brood size and past investment. *Animal behaviour*, 40(6), 1128-1137.

- Lehmann, M. B., Funston, P. J., Owen, C. R. y Slotow, R. (2008). Home range utilization and territorial behaviour of lions (*Panthera leo*) on Karongwe Game Reserve, South Africa. *PLoS One*, 3(12), e3998.
- López-Medellín, X. (2015). Natural resource management to improve rural livelihoods in a natural protected area in Central Mexico: Exploring communities attitudes on conservation. *Journal of Soil and Water Conservation*, 14(2), 89-99.
- López-Sepulcre, A. y Kokko, H. (2005). Territorial defense, territory size, and population regulation. *The American Naturalist*, 166(3), 317-329.
- Lorenz, J. J. y Taylor, D. H. (1992). The effects of low pH as a chemical stressor on the ability of convict cichlids (*Cichlasoma nigrofasciatum*) to successfully brood their young. *Copeia*, 832-839.
- Lovich, J. E., y Gibbons, J. W. (1992). A review of techniques for quantifying sexual size dimorphism. *Growth Development and Aging*, 56, 269-269.
- Luna-Figueroa, J. y Figueroa, T. J. (2012). Consumption of pre-adult mosquitoes by juveniles of *Cichlasoma istlanum* (Pisces: Cichlidae) under laboratory conditions. *Mesoamericana*, 16 (1), 27-33.
- Luna-Figueroa, J. y Torres, J. F. (2016). Reproducción y crecimiento en cautiverio de la mojarra criolla *Cichlasoma istlanum* (Pisces: Cichlidae). *Revista AquaTIC*, (10), 4-5.
- Marchesan, M., Spoto, M., Verginella, L. y Ferrero, E. A. (2005). Behavioural effects of artificial light on fish species of commercial interest. *Fisheries research*, 73(1-2), 171-185.
- Matuschka, F. R., Fischer, P., Heiler, M., Richter, D. y Spielman, A. (1992). Capacity of European animals as reservoir hosts for the Lyme disease spirochete. *Journal of Infectious Diseases*, 165(3), 479-483.
- McElligott, A. G., Gammell, M. P., Harty, H. C., Paini, D. R., Murphy, D. T., Walsh, J. T. y Hayden, T. J. (2001). Sexual size dimorphism in fallow deer (*Dama dama*): do larger, heavier males gain greater mating success?. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 49(4), 266-272.

- McEvoy, F. J., Tomkiewicz, J., Støttrup, J. G., Overton, J. L., McEvoy, C. y Svalastoga, E. (2009). Determination of fish gender using fractal analysis of ultrasound images. *Veterinary Radiology and Ultrasound*, 50(5), 519-524.
- Molina, D., Arce, E., y Mercado-Silva, N. (2021). Mexican mojarra can dominate non-native convict cichlids even when outnumbered. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 75(1), 1-9.
- Nagel, L. y Schluter, D. (1998). Body size, natural selection, and speciation in sticklebacks. *Evolution*, 52(1), 209-218.
- Neat, F. C., Huntingford, F. A. y Beveridge, M. M. (1998). Fighting and assessment in male cichlid fish: the effects of asymmetries in gonadal state and body size. *Animal Behaviour*, 55(4), 883-891.
- Noltie, D. B., y Keenleyside, M. H. (1986). Correlates of reproductive success in stream-dwelling male rock bass, *Ambloplites rupestris* (Centrarchidae). *Environmental Biology of Fishes*, 17(1), 61-70.
- Noonan, K. C. (1983). Female mate choice in the cichlid fish *Cichlasoma nigrofasciatum*. *Animal Behaviour*, 31(4), 1005-1010.
- Oldfield, R. G., Mandrekar, K., Nieves, M. X., Hendrickson, D. A., Chakrabarty, P., Swanson, B. O. y Hofmann, H. A. (2015). Parental care in the Cuatro Ciénegas cichlid, *Herichthys minckleyi* (Teleostei: Cichlidae). *Hydrobiologia*, 748(1), 233-257.
- Owens, I. P., Bennett, P. M. y Harvey, P. H. (1999). Species richness among birds: body size, life history, sexual selection or ecology?. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 266(1422), 933-939.
- Pyron, M. (1996). Sexual size dimorphism and phylogeny in North American minnows. *Biological Journal of the Linnean Society*, 57(4), 327-341.
- Rakitin, A., Ferguson, M. M. y Trippel, E. A. (2001). Male reproductive success and body size in Atlantic cod *Gadus morhua* L. *Marine Biology*, 138(6), 1077.
- Rangeley, R. W. y Godin, J. G. J. (1992). The effects of a trade-off between foraging and brood defense on parental behaviour in the convict cichlid fish, *Cichlasoma nigrofasciatum*. *Behaviour*, 120(1-2), 123-138.

- Ratnasabapathi, D., Burns, J. y Soucek, R. (1992). Effects of temperature and prior residence on territorial aggression in the convict cichlid *Cichlasoma nigrofasciatum*. *Aggressive Behavior*, 18(5), 365-372.
- Reynolds, J. D. y Gross, M. R. (1992). Female mate preference enhances offspring growth and reproduction in a fish, *Poecilia reticulata*. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 250(1327), 57-62.
- Rogers, W. (1995). Female choice predicts the best father in a biparental fish, the Midas cichlid (*Cichlasoma citrinellum*). *Ethology*, 100(3), 230-241.
- Schumer, M., Krishnakant, K. y Renn, S. C. (2011). Comparative gene expression profiles for highly similar aggressive phenotypes in male and female cichlid fishes (*Julidochromis*). *Journal of Experimental Biology*, 214(19), 3269-3278.
- Seehausen, O., Van Alphen, J. J. y Witte, F. (1997). Cichlid fish diversity threatened by eutrophication that curbs sexual selection. *Science*, 277(5333), 1808-1811.
- Serrano-Meneses, M. A., Córdoba-Aguilar, A., Méndez, V., Layen, S. J. y Székely, T. (2007). Sexual size dimorphism in the American rubyspot: male body size predicts male competition and mating success. *Animal Behaviour*, 73(6), 987-997.
- Shine, R. (1989). Ecological causes for the evolution of sexual dimorphism: a review of the evidence. *The Quarterly Review of Biology*, 64(4), 419-461.
- Simon, C. A. (1975). The influence of food abundance on territory size in the iguanid lizard *Sceloporus jarrovi*. *Ecology*, 56(4), 993-998.
- Sopinka, N. M., Fitzpatrick, J. L., Desjardins, J. K., Stiver, K. A., Marsh-Rollo, S. E., y Balshine, S. (2009). Liver size reveals social status in the African cichlid *Neolamprologus pulcher*. *Journal of Fish Biology*, 75(1), 1-16.
- Stillwell, R. C., Blanckenhorn, W. U., Teder, T., Davidowitz, G. y Fox, C. W. (2010). Sex differences in phenotypic plasticity affect variation in sexual size dimorphism in insects: from physiology to evolution. *Annual Review of Entomology*, 55, 227-245.
- Valdimarsson, S. K. y Metcalfe, N. B. (2001). Is the level of aggression and dispersion in territorial fish dependent on light intensity?. *Animal Behaviour*, 61(6), 1143-1149.

Wilson, R. R. y Smith, K. L. (1984). Effect of near-bottom currents on detection of bait by the abyssal grenadier fishes *Coryphaenoides* spp., recorded *in situ* with a video camera on a free vehicle. *Marine Biology*, 84(1), 83-91.

Cuernavaca, Morelos a 18 de noviembre de 2021.

DRA. DULCE MARÍA ARIAS ATAIDE
DIRECTORA GENERAL DE SERVICIOS ESCOLARES
P R E S E N T E.

Por este conducto, los catedráticos suscritos comunicamos a Usted, que hemos revisado el documento que presenta el Pasante de Biólogo: **DYLAN ANDREI ZEPEDA MORALES**, con el título del trabajo: **Agresividad en el cuidado parental y dimorfismo sexual en el tamaño corporal del pez nativo mojarra criolla y el pez invasor falso boca de fuego.**

En calidad de miembros de la comisión revisora, consideramos que el trabajo reúne los requisitos para contar con el **voto aprobatorio** para que pueda optar por la Modalidad de **Titulación por Tesis** como lo marca el artículo 4° del Reglamento de Titulación Profesional vigente de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

A T E N T A M E N T E
Por una humanidad culta

JURADO REVISOR

FIRMA

PRESIDENTE: M. EN C. JUDITH GARCÍA RODRÍGUEZ

SECRETARIO: DRA. ELSAH ARCE URIBE

VOCAL: M. EN M.R.N. MARCO POLO FRANCO ARCHUNDIA

SUPLENTE: M. EN C. MIGDALIA DÍAZ VARGAS

SUPLENTE: DR. HUGO FERNANDO OLIVARES RUBIO



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

MIGDALIA DIAZ VARGAS | Fecha:2021-11-18 14:58:35 | Firmante

G0zrcXbX/d+yuouU6BDIbUdx77km96zDkFKfEchqo3w1VL3eLnf33CVJaixwPD4jKNVWuPantHOGyYHjgWGW+2b1EhqhZRRmhwJB3e7T3o3HlpXFmVa/SbTo1fxHL0mztVr6XSPZTv6Xa5HzpHAYq8wz3xut1aMUBU/q9yPiuRXezDaHqfxMy/fz/LLxjGKmpqfPQRXG9njS8iM948a1VHRjTazQnd3XMaibYLLvCRxDXctajZKTrtLOkrdYIUMxZccFvZzZFWZgEoDvoK5nYhWsoQ0S8leez8FLe4njKsffE2zYXQ/X58ycO1jRkGBmlGDhlgjZca5XXcil+pQ==

ELSAH ARCE URIBE | Fecha:2021-11-19 16:13:05 | Firmante

jFeSt1tNt7Qx7HmMmKBqhZIBn58vpKkeMg1USWYgVqKwz70JPFVzDaeGnTH54oyD3utnPZ4qvfBzpp6xVwkkCz7JUUnQS0z8hsmnoHABIRURIJ+ixlN9Tsv6/V7hc8+3BAOrdAssigowhNj2qNV5NmfahgYwkaEGuU9xT9+QpZh/x2od+itNmqraXNPKYzck3FCK+EdnxbjksVfo/SD1rKOhwnhr/lrR28TOo2N22S8GrhdoLFo3LkWXITm4ugaY/0r1XcVxmeaUPjJ4N1f66auDiev3H2foFp36iGrN+p8FM511poz50cVg3iYnbQyZvEYpqxL6lzzlhZ1pMw==

JUDITH GARCIA RODRIGUEZ | Fecha:2021-11-20 00:56:42 | Firmante

rkezuka18NBCWJ/kiP/xhvT/DC9PiVpST33PBI7LnRlib5H1LuDYTZByfNC2Z4HHvI7OtuIGB5BD6+sUOLcehMGlikwGLQZ+O2cVlzTf5hoFA8Pzq1caYz1sL1Nipo2+uM7rhXW3gjzwwPAI2ULmT7fcbnhjTy6VY1RnR3ekX5iyWvtl0qzdX/u5MKIHVaoK4/KsK7AgaRjw3tuM9AZl96fKv1SltSyHoCXVeNSqB1Rb5fXSI1wue44KxPrX6A85BGrEG/SaZ4tkj6Dekl2V9uUbrYp2RXTBS2OrGJWdFvxD9OicOJO+GuUr+e4mD1AbfYSlIPU6iZwQmZgpH7w==

MARCO POLO FRANCO ARCHUNDIA | Fecha:2021-11-20 15:29:44 | Firmante

xNiuR/sj+WKCS9ZEJXHkes/85ZAbUr31FiQinJfIAMgEVT+ecBah3yP7bxYYISaGNI/M5mQ+ZlcmoG0zidJsvMAkWE9RA3HE8g8t8darFU0rS72numo4+qdXNdfQhxQx2iHyMIXH3rQebnFEKK8sByK4nOfGHGErgR46z4qa/dUh1oeb32OOZ26q+lqqHwpr2tODPNWOBsnOb+dKcmKFODKGd30XaTfTfSULAbd2E2Nm7vw1cE+cW6rbL2TZW1r2+TQxULjc4Eya8qzqjb9NQfd9qtc8+otXjNeJQbsnFnhSGN4i1sB/EKU5mKesIKig3eTkeE3KwqFOXBFstWTTkQ==

HUGO FERNANDO OLIVARES RUBIO | Fecha:2021-11-23 16:13:38 | Firmante

xgUreYJfm1R8Fm0oqBZlwsCP9vpW/fiu8J0lvnzqs9ao8EfeEJNaN3S+AvvF87fSAibEq3Qq10tn9bfUpCvQfaxj4rkzY08MfD9vEA7YQpg7DsdYcoKmYbVekpCuB1R7uhz6KXNKcuhuF8YU14EFmEmDM1iOUcZd0BreWB0MrMx2J8AOIAI4j+g/TG/svjMHxGmWJlzyuyHS/mA8bHDvE+hFfN3e/px5TjzqsiKdzuqH9oJruGSNtLi8tT59WGFGeN+vowrrugwoCEtEbQwjNA7/ffVxX7jRswBM7E8BdmyFRXYGnzKQbO4FxAgiY7THLgnfEJ+SSVNI3ilabHw==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



MUWAzp6KB

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/EYZhY6W40154NIFhVvOZepJqwilaevK>

