



MANEJO *EX SITU* E *Belonesox belizanus*, Kner, 1960 (TELEOSTEI: POECILIIDAE) EN TECAMACHALCO, PUEBLA: AVANCES EN LA REPRODUCCIÓN Y CONSERVACIÓN DE UNA ESPECIE EURIHALINA

^{1,2,4,5*}Juan Ricardo Cruz-Aviña, ^{2,5}Abel E. Villa-Mancera, ¹Huitzimengari Campos-García,
¹Fausto Morales-Morales, ²Diego Ríos-Morales ^{3,4}María Guadalupe Tenorio-Arvide,
⁶Carlos Alfonso Álvarez-González.

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 4 Sur 304 Col. Centro, CP 75482, Tecamachalco Puebla, México.

²Posgrado FMVZ-BUAP, Maestría en Producción Animal Sostenible, Tecamachalco, CP 75480, Puebla

³Centro de Investigación en Ciencias Agrícolas (CICA-ICUAP), Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Av. San Claudio 6301, Jardines de San Manuel, CP 72570, Puebla, Puebla, México.

⁴Cuerpo académico: BUAP CA 384 "Geoquímica, Geomática y Prospectiva Ambiental"

⁵Cuerpo académico: BUAP-CA-298 "Salud Veterinaria y Producción Animal"

⁶Laboratorio de Fisiología en Recursos Acuáticos, División Académica en Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), Carr. Villa Hermosa-Cárdenas, Km 0.5 Entronque Bosques de Saloya, CP 86039 Villahermosa, Tabasco, México

*Autor de correspondencia. juan.cruzavina@correo.buap.mx

Recibido 10 de diciembre del 2025; Revisado 21 de diciembre del 2025; Aceptado 10 de febrero 2026

RESUMEN

En México, los estudios con fines comerciales sobre peces dulceacuícolas y de aguas salobres son aún escasos. *Belonesox belizanus* es un pez carnívoro, eurihalino y perteneciente a la familia Poeciliidae, que habita principalmente en lagunas costeras. Su distribución natural se extiende desde el SE de México hasta el N de Costa Rica. En mayo de 2015, se capturaron ejemplares de esta especie en el complejo lagunar Alvarado–Buen País, con el apoyo de pescadores locales. Los individuos fueron aclimatados en la ciudad de Tecamachalco, donde se adaptaron a un pH básico (9–10), T tropical (27–30°C), GH cercano a 20°d. NO₃ (≈ 0) y (salinidad ‰) [1.0–10g l⁻¹]. Los reproductores se establecieron con una proporción de dos hembras por cada macho. Después de cinco semanas se obtuvo la primera generación (F₁), con un promedio de 50 crías; actualmente se trabaja con la generación F₁₅. La dieta se ajusta proporcionalmente al tamaño y peso de los ejemplares, equivalente al (1- 4%) de su biomasa. Se alimentan diariamente con *Daphnia* spp., *Artemia* spp., *Poecilia* spp. y *Gambusia* sp, según su estado ontogénico. Aunque esta especie no está protegida por ninguna norma oficial de conservación, su hábitat natural está cada vez más amenazado por actividades antropogénicas. Este trabajo representa un esfuerzo por preservar la especie mediante su mantenimiento *ex situ*, en Puebla, México.



Palabras clave: Conservación, ictiofauna nativa, Picudito, Pike Killi lucio.

ABSTRACT

In Mexico, commercial studies on freshwater and brackishwater fish are still scarce. *Belonesox belizanus* is a carnivorous, euryhaline fish belonging to the Poeciliidae family, which primarily inhabits coastal lagoons. Its natural distribution extends from southeastern Mexico to northern Costa Rica. In May 2015, specimens of this species were captured in the Alvarado–Buen País lagoon complex with the support of local fishermen. Individuals were acclimatized in the city of Tecamachalco, where they adapted to a basic pH (9–10), tropical T (27–30 °C), GH close to 20°d, NO₃ (≈ 0), and (salinity ‰) [1.0–10gl-1]. The breeders were established with a ratio of two females to one male. After five weeks, the first generation (F1) was obtained, with an average of 50 offspring. Currently, we are working with the F₁₅ generation. The diet is adjusted proportionally to the size and weight of the specimens, equivalent to (1-4%) of their biomass. They are fed daily with *Daphnia* spp., *Artemia* sp., *Poecilia* spp., and *Gambusia* sp. Although no official conservation regulations protect this species, its natural habitat is increasingly threatened by anthropogenic activities. This work represents an effort to preserve the species through its *ex-situ* maintenance in Puebla, Mexico.

Keywords: Conservation, native ichthyofauna, Picudito, Pike Killifish

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas limnológicos de México albergan una notable diversidad de peces dulceacuícolas y de aguas salobres, muchos de los cuales permanecen escasamente estudiados, especialmente en lo que respecta a su reproducción y manejo en cautiverio. A pesar de esta riqueza ictiológica, los esfuerzos orientados a la reproducción con fines de conservación o aprovechamiento sustentable han sido limitados y, en general, se concentran en unas pocas especies de interés comercial. Una de las especies nativas menos exploradas en este ámbito es *Belonesox belizanus*, un pez carnívoro eurihalino del sureste de México y América Central, que desempeña un papel ecológico relevante como depredador tope en sistemas lagunares y cuerpos de agua de baja velocidad. Su hábitat natural incluye estuarios, pantanos, manglares y arroyos costeros donde actualmente enfrenta crecientes amenazas por actividades antropogénicas, como el crecimiento urbano, la contaminación hídrica y la alteración de los regímenes hidrológicos. Dentro del contexto taxonómico, *Belonesox belizanus* pertenece a la familia vivípara Poeciliidae [Rosen y Bailey, 1963 = *Poeciliinae* (Parenti, 1981)], incluida en el orden *Cyprinodontiformes*, que agrupa más de 20 géneros y más de 200 especies (Lucinda, 2003; Lucinda y Reis, 2005). Entre los poecílidos figuran especies ampliamente conocidas por la acuariofilia, como *Xiphophorus* spp. (peces espada), *Poecilia sphenops*. (mollys) y *Poecilia reticulata* (guppy), así como otras menos populares, como una variedad subterránea de *Poecilia sulphuraria* adaptada a manantiales sulfurosos



(Plath, Riech y Tobler, 2010; Tobler et al., 2008), o *Tomeurus gracilis*, que deposita huevos fertilizados internamente (Parenti y Rauchenberger, 1989; Ghedotti, 2000). Los poecílidos habitan tanto en ambientes dulces como salobres de América del Norte, Centroamérica, las Antillas, África y Madagascar (Rosen y Bailey, 1963; Froese y Pauly, 2024), ocupando una gran variedad de ecosistemas como lagos, ríos, estuarios y hábitats subterráneos. Entre ellos, *B. belizanus*, conocido como picudito [México], killi lucio [en inglés] y pepesca gaspar [Costa Rica], destaca por ser el único miembro del género monotípico *Belonesox*, caracterizado morfológicamente por su cuerpo alargado y una mandíbula modificada en forma de pico, provista de dientes cardiformes, adaptados a una dieta piscívora especializada (Rosen y Bailey, 1963). Por estas razones, se le considera una especie con potencial como regulador biológico natural. En cuanto a su distribución, *B. belizanus* se encuentra desde el sistema del río La Antigua, en Veracruz, atravesando la península de Yucatán, Belice, Guatemala y los drenajes atlánticos de Honduras y Nicaragua, hasta el norte de Costa Rica (Belshe, 1961; Rosen y Bailey, 1963; Miller, Minckley y Norris, 2005), y ha sido introducido en el estado de Florida, EE. UU. Comúnmente habita aguas someras, estancadas o de corriente lenta, con vegetación emergente. Biológicamente, presenta una reproducción vivípara. Las hembras maduras alcanzan una longitud total (LT) de hasta 200 mm, y la mayoría de aquellas mayores a 75 mm contienen óvulos vitelados, huevos fertilizados o embriones en desarrollo. Los machos maduros miden en promedio LT=72 mm, y alcanzan la madurez a partir de los LT=55 mm. En poblaciones silvestres, se ha observado una proporción sexual inclinada significativamente hacia las hembras, lo que puede influir en la dinámica reproductiva de la especie. A pesar de no estar enlistada como especie en riesgo por la NOM 059 2010 y en el proyecto de norma NOM 059 2025 y de preocupación menor (LC) por la IUCN, su distribución puede verse restringida por estos factores. El presente trabajo documenta una experiencia de manejo y reproducción *ex situ* de *B. belizanus* en Tecamachalco, Puebla. Su objetivo principal es establecer una colonia viable en condiciones controladas que permita tanto su estudio como su preservación, abriendo nuevas posibilidades para su aprovechamiento como producción sustentable y responsable.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de ejemplares

En mayo de 2015, se colectaron 30 ejemplares adultos de *Belonexus belizanus* (20 hembras y 10 machos) y 50 organismos juveniles de 7 a 13 mm de LT (indeterminados) de esta especie en el complejo lagunar Alvarado-Buen País, al SE del estado de Veracruz, en la llanura costera Sur del Golfo de México, conocida localmente como llanura de Sotavento, entre las coordenadas geográficas 18° 44' 00"-18° 52' 15" N y 95°44'00"- 95°57'00" W, a nivel del mar, con el apoyo de pescadores locales. **Ver Figura 1.**

Sistema Lagunar Alvarado-Buen País

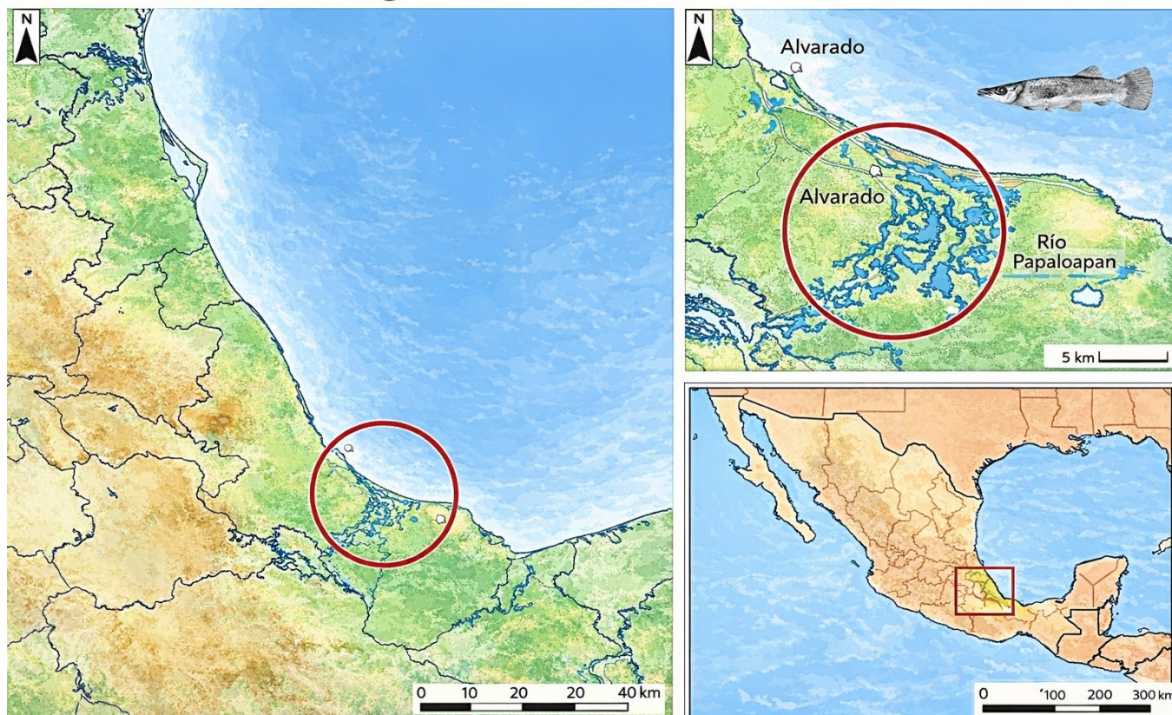


Figura 1.- Mapa del sitio de colecta de los ejemplares de *Belonexus belizanus* (complejo lagunar Alvarado–Buen País), al SE del estado de Veracruz, en la llanura costera Sur del golfo de México, conocida localmente como llanura de Sotavento, 18°44'00"-18°52'15" N y 95°44'00"- 95°57'00" W.

Traslado de los organismos

Los ejemplares fueron trasladados al Laboratorio de Conservación de Especies Nativas “Dr. Gustavo Casas Andreu” de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (LMCEN-FMVZ-BUAP), en Tecamachalco, Puebla, bajo condiciones de transporte controladas. El procedimiento se basó en los lineamientos para el manejo y transporte de peces eurihalinos descritos por Luz y Favero (2024), con modificaciones orientadas a la mitigación del estrés fisiológico agudo y a la preservación de la homeostasis osmótica, durante el traslado se adicionó un acondicionador comercial (Sera Aquatan®) con acción protectora sobre el epitelio branquial y la capa mucosa, a una concentración de 10 mL por cada 20 L de agua. Los organismos se distribuyeron en recipientes plásticos herméticos de 4 L de capacidad, con una densidad de carga de cinco individuos por unidad, manteniéndose oxigenación continua mediante bombas de aire portátiles de baterías (Elite®). La temperatura del agua se mantuvo en un rango controlado de 15 a 18 °C, con el fin de reducir la tasa metabólica y el consumo de oxígeno durante el transporte. El control térmico se logró mediante el uso de un contenedor isotérmico (Coleman®, modelo 2179159), bolsa con hielo y gel refrigerante (Thermo Ice®), garantizando la estabilidad térmica y minimizando la mortalidad asociada al desplazamiento, se determinó la especie utilizando las claves de Fisher (1978).



Aclimatación y parámetros del agua

Una vez concluido el traslado, los organismos fueron sometidos a un proceso de cuarentena y aclimatación gradual en condiciones controladas de laboratorio, mediante el ajuste progresivo de los parámetros fisicoquímicos del agua, con el fin de evitar alteraciones bruscas que comprometieran su estabilidad fisiológica. Los acuarios se mantuvieron con pH básico entre 9.0 y 10.0, temperatura controlada en un rango de 27 a 30 °C, dureza general (GH) cercana a 20 °d, concentraciones de nitratos no detectables ($\text{NO}_3^- \approx 0$) y salinidad variable entre 1.0 y 10 ‰, de acuerdo con la fase del cultivo. Estos rangos fueron seleccionados por su similitud con las condiciones ambientales reportadas para la especie en su distribución natural y se mantuvieron estables, en caso de alguna alteración significativa se realizaron recambios de agua parciales hasta lograr la estabilidad de los parámetros fisicoquímicos. El monitoreo de la calidad del agua se realizó de forma sistemática. La temperatura fue registrada diariamente mediante termómetro digital adherible externo (Lomas Acuario®) y el pH con un potenciómetro portátil (Hanna® HI98107) previamente calibrado, mientras que la dureza general, la salinidad y las concentraciones de nitratos se evaluaron semanalmente utilizando una minisonda multiparamétrica (Hach® H40d) y un hidrómetro manual transparente (Instan Ocean®). Los valores obtenidos permitieron la implementación de ajustes preventivos cuando se aproximaban a los límites establecidos, mediante recambios graduales de agua. El sistema de mantenimiento estuvo conformado por diez acuarios rectangulares de vidrio con una capacidad nominal de 60 L cada uno, equipados con sistemas de filtración biológica de plataforma debajo de la grava (Pennplax® 15 gal) y aireación continua con un compresor-aireador (Boyu® ACQ 005, 80w/110v), lo que garantizó condiciones ambientales estables y una adecuada oxigenación. Cada acuario operó con un volumen aproximado de 50 L de agua previamente desclorada, facilitando el control de la calidad del agua y las labores de manejo, limpieza y observación. La densidad de cultivo se ajustó en función de la etapa ontogénica, manteniendo mayores densidades en crías y juveniles y reduciéndolas progresivamente conforme los organismos alcanzaron la etapa adulta, con el objetivo de minimizar el estrés, la competencia intraespecífica y el canibalismo. Los reproductores se mantuvieron a baja densidad (1 ♂ x 4 ♀) y fueron rotados periódicamente entre acuarios para reducir posibles efectos de consanguinidad. El fotoperiodo se mantuvo constante bajo un régimen (12: 12), adicionalmente cada acuario contó con una lámpara LED (Aquarium Fish Animal Palace®, 5W, 21 luces) con tapa, para los días nublados o los periodos invernales. Posterior a esta etapa se inició el periodo de aclimatación a las condiciones de calidad del agua de Tecamachalco, Puebla, México.

Reproducción controlada

La reproducción de *Belonesox belizanus* se desarrolló bajo un esquema de manejo *ex situ* controlado, estableciendo grupos reproductivos con una proporción sexual de dos hembras por cada macho (2 ♀: 1 ♂), estrategia orientada a maximizar la eficiencia reproductiva y reducir la competencia y la agresividad intraespecífica entre machos. Los reproductores se mantuvieron en tinas de plástico con capacidad nominal de 100 L, bajo las condiciones



fisicoquímicas del agua, aireación y fotoperiodo previamente descritas para el sistema general de mantenimiento. La selección de los reproductores se realizó con base en criterios morfológicos, biométricos y conductuales, priorizando individuos adultos con talla corporal homogénea, peso comparable entre ejemplares (con el fin de conformar grupos con biomasa equilibrada), buen estado físico general, integridad de aletas y un comportamiento activo y estable en cautiverio. De manera complementaria, se consideró el índice de condición corporal de Fulton (K) como apoyo en la estandarización del estado físico de los reproductores.

$$K=W/L^3\times 100$$

Donde:

W = peso corporal (g)

L = longitud total (cm)

Por su parte la identificación de hembras grávidas se efectuó mediante observación directa de la distensión abdominal característica, y coloración negruzca, asociada al desarrollo embrionario, así como por cambios conductuales evidentes, entre ellos la disminución de la actividad natatoria y una mayor permanencia en zonas protegidas del acuario, indicador consistente con la proximidad al evento de parto. Con el objetivo de incrementar la supervivencia de las crías y prevenir la depredación parental, las hembras próximas al parto fueron transferidas de manera individual a acuarios independientes de 40 L, equipados con maternidades alambre y tela de red con una luz de malla de 1 mm. Este sistema permitió la separación inmediata de los alevines tras el evento reproductivo, minimizando el canibalismo y facilitando su recuperación y manejo. Una vez concluido el parto, las hembras fueron retiradas de los acuarios de maternidad y reincorporadas al sistema reproductivo principal. El monitoreo de los acuarios reproductivos se realizó diariamente, registrando los eventos de parto, el número de crías por evento y la condición general de los reproductores. La primera generación filial (F1) se obtuvo aproximadamente cinco semanas después del establecimiento de los grupos reproductivos, con fresas de aproximadamente 100 huevos, con un promedio de 50 ± 20 alevines por parto. El seguimiento continuo del cultivo ha permitido mantener la población hasta la generación F15, lo que evidencia la estabilidad del protocolo reproductivo, la eficiencia del manejo *ex situ* y la viabilidad de la reproducción controlada de *B. belizanus* a largo plazo.

Alimentación y manejo nutricional

El régimen de alimentación de *B. belizanus* se diseñó considerando las necesidades nutricionales específicas de la especie en función de la etapa de desarrollo y el estado reproductivo de los organismos. La ración diaria se ajustó entre el 1 y 4 % de la biomasa corporal total, de acuerdo con el tamaño, la actividad metabólica y la condición fisiológica de los ejemplares. La estimación de la biomasa se realizó mediante muestreos periódicos del peso corporal promedio por acuario, lo que permitió un ajuste dinámico de la ración y evitó el



suministro excesivo de alimento. Durante la etapa de cría temprana (alevines), la alimentación se basó principalmente en *Artemia* spp. recién eclosionada y *Daphnia* spp. de talla reducida, suministradas en raciones fraccionadas, con el objetivo de garantizar una alta disponibilidad de presas adecuadas al tamaño bucal y favorecer la supervivencia temprana y el crecimiento inicial. Conforme los organismos avanzaron a la etapa juvenil, la dieta se diversificó gradualmente incorporando *Daphnia* spp. de mayor tamaño y presas vivas pequeñas de peces, facilitando la transición hacia una dieta carnívora activa. En la etapa adulta, la alimentación se enfocó en el suministro de presas vivas de mayor tamaño y contenido proteico, principalmente *Poecilia* spp. y *Gambusia* sp., ajustando la frecuencia y cantidad en función de la actividad reproductiva y la condición corporal. En reproductores activos, particularmente en hembras grávidas, se incrementó la proporción de alimento dentro del rango establecido, con el fin de cubrir los mayores requerimientos energéticos asociados a la gestación y al desarrollo embrionario. De manera complementaria, y de forma ocasional, se incorporaron probióticos comerciales hidrosolubles al sistema de cultivo (Proaqua® Epicin, *S. cerevisiae* y *S. boulardii*) y espirulina, (Lomas Acuario® 70 g) principalmente durante fases reproductivas y periodos de mayor carga orgánica, con el objetivo de favorecer la salud intestinal, mejorar la eficiencia alimenticia y contribuir al mantenimiento de la calidad del agua. La aplicación de probióticos se realizó de manera preventiva y no sistemática, como parte de una estrategia de manejo integral. El suministro de alimento se efectuó una vez al día, verificando el consumo completo y retirando los remanentes cuando fue necesario, con el propósito de evitar la acumulación de materia orgánica y la alteración de los parámetros fisicoquímicos del agua. Para determinar la tasa crecimiento, se registró la longitud de cada individuo a partir de las frezas obtenidas en laboratorio por cada evento reproductivo, estos datos fueron manejados en el modelo de crecimiento de Von Bertalanffy (L_{∞}):

$$L_t = L_{\infty} \left(1 - e^{-k(t-t_0)} \right)$$

Donde:

$L(t)$ = Longitud ([o peso] a la edad a)

$L(\infty)$ = Longitud máxima asintótica que puede alcanzar el organismo

K = Constante de crecimiento

T_0 = Edad teórica en la que el organismo tendría tamaño cero

RESULTADOS

Calidad del agua y aclimatación



Los ejemplares adultos de *B. belizanus* mostraron una adecuada capacidad de aclimatación a las condiciones fisicoquímicas del agua de la ciudad de Tecamachalco, caracterizada por una mayor dureza y menor temperatura en comparación con la calidad del agua de su hábitat. Durante el periodo de adaptación no se registraron signos de estrés fisiológico, mortalidad ni alteraciones conductuales relevantes, lo que evidencia la tolerancia de la especie a ambientes alcalinos, de aguas duras y sin adición de salinidad. La estabilidad de los parámetros del agua a lo largo del experimento favoreció el mantenimiento de los organismos bajo condiciones *ex situ*, permitiendo su supervivencia y reproducción. Estos resultados confirman el carácter eurihalino y la plasticidad ecológica de *B. belizanus*, así como su capacidad para desarrollarse exitosamente en sistemas de cultivo dulceacuícolas sin salinidad añadida, siempre que se mantenga un manejo adecuado de la calidad del agua. **Ver Tabla I.**

Tabla I. Parámetros fisicoquímicos del agua en Tecamachalco durante el proceso de aclimatación de *Belonesox belizanus*

Parámetro	Valor o Rango	Observaciones
pH	10.0-11.00	Muy básico
Temperatura (°C)	20-22	Templada
Dureza general (GH)	~25 °d	Elevada
Nitratos (NO ₃)	≈ 0.005	Minimos de contaminantes nitrogenados
Salinidad (‰)	0	Dulce

Reproducción controlada.-

Los reproductores de *B. belizanus* se mantuvieron bajo una proporción sexual de dos hembras por cada macho (2 ♀: 1 ♂), con el objetivo de favorecer la eficiencia reproductiva, en concordancia con la proporción sexual observada en poblaciones adultas, la cual presenta un sesgo natural hacia las hembras. La primera generación filial (F1) se obtuvo aproximadamente cinco semanas después del inicio del experimento, con un tamaño promedio de puesta de 50 ± 20 alevines, valor consistente con lo reportado previamente para la especie bajo condiciones experimentales controladas. En contraste, las hembras maduras alcanzaron una longitud total promedio ($LT \bar{x}$) de 103 mm (± 0.05 EE), con un valor mínimo de (≥ 75 mm), mientras que los machos maduros presentaron una ($LT \bar{x} = 72$ mm ± 0.03 EE), con un mínimo de (≥ 55 mm) (Figuras 2 y 3). Se observó una correlación positiva y significativa entre la longitud de las hembras y el tamaño de la camada, lo que resalta la relevancia del monitoreo biométrico como herramienta fundamental en programas de reproducción controlada. No se detectó evidencia de superfetación, y el tipo de viviparidad fue clasificado como lecitotrófico, caracterizado por una disminución progresiva del peso embrionario a lo largo del desarrollo, lo que indica una ausencia de aporte nutricional materno posterior a la fertilización (**Figuras 2 y 3**).

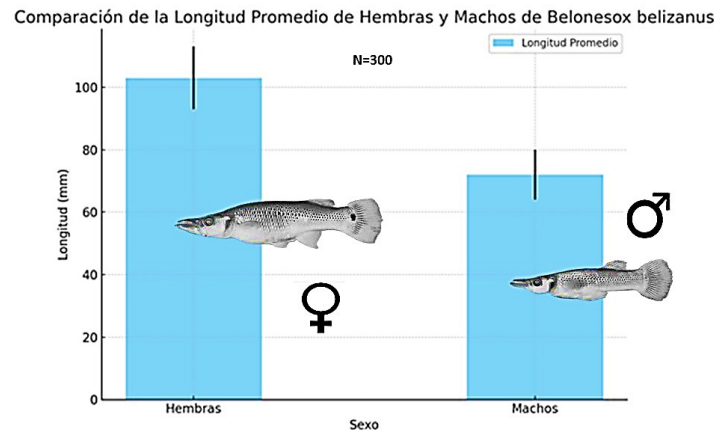


Figura 2.-Comparación entre la longitud total (LT, cm) promedio por sexo en *B. belizanus* reproducido en condiciones de laboratorio en Tecamachalco, Puebla, México.

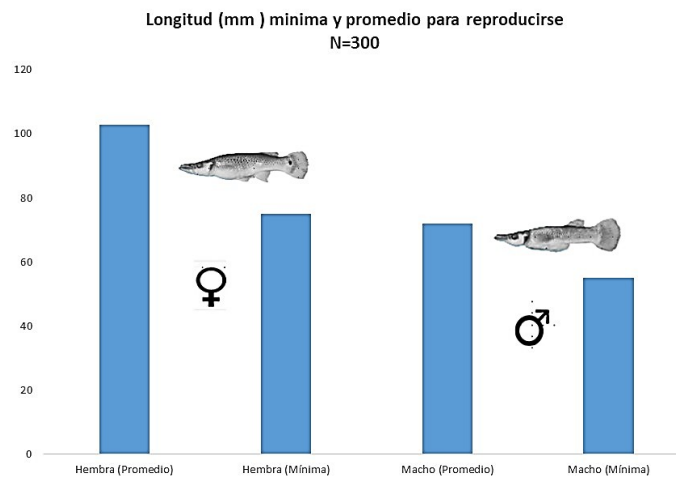


Figura 3.-Relación de la Longitud Total (LT, cm) mínima y promedio por sexo en *B. belizanus* reproducido en condiciones de laboratorio en Tecamachalco, Puebla, México.

En contraste, los embriones y neonatos registraron los valores más altos de peso dentro de la familia *Poeciliidae*, lo que podría estar asociado con un comportamiento piscívoro inmediato, así como con una alta capacidad para el llenado de la vejiga natatoria y la evasión temprana de depredadores. El intervalo promedio entre partos fue de 42 días, y se documentó la viabilidad del esperma almacenado por un periodo mínimo de 47 días, lo que favorece la continuidad reproductiva. La especie mostró reproducción continua a lo largo del año, tanto en condiciones de campo como de laboratorio. A la fecha de redacción de este artículo, se ha alcanzado exitosamente la generación F15, lo que demuestra la estabilidad reproductiva de la especie bajo condiciones controladas y su potencial para programas de conservación y aprovechamiento *ex situ*, ver **Tabla II**.



Tabla II. Parámetros biológicos y reproductivos de *Belonesox belizanus*

Parámetro	Valor / Descripción	DS	Observaciones
Longitud estándar promedio de hembras maduras	103 mm	±0.003	
Longitud estándar mínima de hembras maduras	75 mm	±0.0121	(con óvulos vitelados, huevos fertilizados o embriones)
Longitud estándar promedio de machos maduros	72 mm	±0.0065	
Longitud estándar mínima de machos maduros	55 mm	±0.054	
Proporción sexual en adultos	Inclinada a favor de hembras	2 a 1	
Proporción sexual en ejemplares inmaduros	No significativamente diferente de 1:1	1a1	♂ mueren mayormente en las etapas críticas
Tamaño promedio de camada	99 crías	±23	
Correlación entre tamaño de hembra y camada	Positiva y significativa		
Evidencia de superfecundación	No observada		
Tipo de viviparidad	Lecitotrófica (disminución del peso embrionario durante el desarrollo)		
Peso de embriones y neonatos	Los más altos registrados en la familia Poeciliidae		
Intervalo promedio entre camadas (laboratorio)	42 días		
Almacenamiento de esperma viable	Al menos 47 días		
Estacionalidad reproductiva (campo)	Reproducción continua todo el año		
Comportamiento de neonatos	Piscívoro inmediato; llenado de vejiga natatoria y evasión de depredadores		

Características de las crías (alevines).-

Desde su nacimiento hasta alcanzar un mes de edad (1.0 a 1.5cm de LT), las crías presentan una pigmentación característica que las diferencia de los adultos. El cuerpo muestra en su región dorsal y en el pedúnculo caudal un color verde olivo muy ligero, con moteado de pequeños puntos (cromatóforos) de color negro y dorado. Esto se debe a que la coloración en esta parte del cuerpo es tenue y presenta cierta transparencia, al grado que se puede observar la columna vertebral a simple vista. La región abdominal presenta un color ligeramente blanquecino. En la región cefálica se observa una gran cantidad de cromatóforos de color dorado brillante, distribuidos principalmente en el hocico, los bordes superiores e inferiores de los ojos, y la región superior del opérculo. En la mitad dorsal de los flancos se presenta una línea de color negro que se extiende desde el borde posterior del opérculo hasta la base de la aleta caudal. Además, se observa una mancha redondeada de color negro en la base de la aleta caudal, distintiva y presente tanto en hembras como en machos. Una vez transcurridos los 30 días, desaparece la línea negra en la mitad dorsal de los flancos, quedando en su lugar pequeños puntos negros. También desaparecen los pigmentos dorados distribuidos en la región cefálica. Se acentúa el color verde olivo en la región dorsal y en el pedúnculo caudal, invadiendo también la región cefálica. La transparencia del cuerpo disminuye debido al aumento en la intensidad de la pigmentación, y se acentúa el tono blanquecino en la región ventral, **ver Figura 5.**

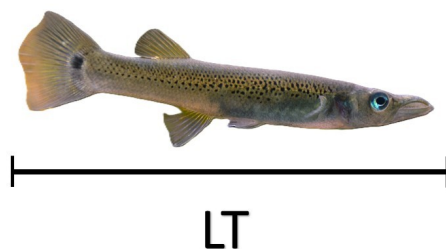


Figura 5.- Cría de *B. belizanus* nacida en condiciones de laboratorio, como puede apreciarse no presenta fase larvaria libre, presenta un estado juvenil avanzado parecido a los adultos, sin diferenciación sexual, tamaño 1.0-1.52 cm.

En términos reproductivos, el tamaño promedio de la camada fue de aproximadamente 50 ($\pm$ 20) crías obteniéndose en una ocasión hasta 99 crías, existiendo una correlación positiva significativa entre el tamaño de la hembra y el número de crías. No se encontró evidencia de superfetación. Los embriones y neonatos presentaron los tamaños y pesos más grandes reportados para la familia Poeciliidae. Durante el desarrollo embrionario, se observó una disminución significativa en el peso promedio de los embriones, lo cual indica que reciben escasos o nulos aportes nutritivos del sistema materno tras la fertilización.

Guía de Tallas y crecimiento ontogénico.- *Belonesox belizanus* presenta un marcado dimorfismo sexual, con hembras significativamente más grandes que los machos, patrón típico de peces vivíparos. En condiciones *ex situ* se observó una amplia variabilidad en las tallas, influenciada por el estadio de desarrollo, el sexo, la densidad poblacional y las condiciones de manejo. Las crías recién nacidas presentaron una longitud aproximada de 1 cm, alcanzando en promedio 1.5 cm al mes de edad. Los juveniles mostraron longitudes variables desde 15 mm, mientras que los adultos superaron los 100 mm de LT. Bajo condiciones óptimas de cultivo, las hembras adultas alcanzaron hasta 150 mm (15 cm) tras aproximadamente cinco años de crecimiento. El seguimiento ontogénico de individuos nacidos en cautiverio permitió establecer una secuencia continua de crecimiento desde estadios larvales hasta la madurez sexual, información fundamental para la definición de protocolos de alimentación, densidad de cultivo y manejo reproductivo. La caracterización morfométrica y el monitoreo sistemático de tallas constituyen herramientas clave para evaluar la salud poblacional, optimizar el manejo *ex situ* y apoyar estrategias de conservación genética (**Figuras 6 y 7; Tabla III**).

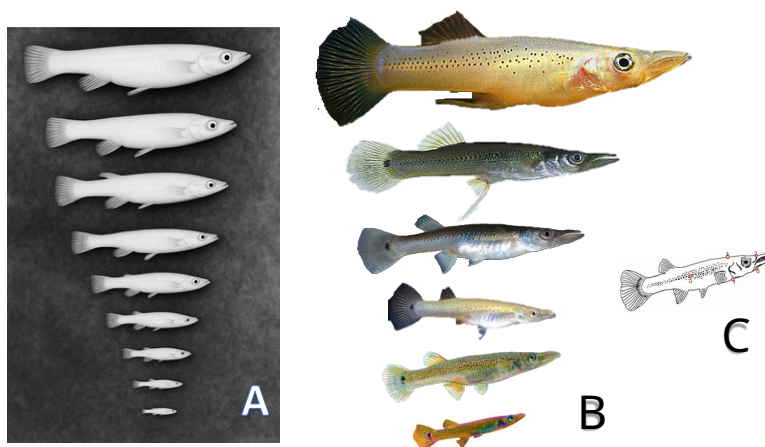


Figura 6.- Guía de tallas de *B. belizanus* en condiciones de laboratorio, A) 1.0 a 15 cm de LT, B) crecimientos y clasificación de crías y adultos conforme la guía, C) principales puntos de medición como criterio para esta guía. Basado en, Gil y Aguilar, 1989; Harms, 2011, *Modificado por el autor, 2025.*

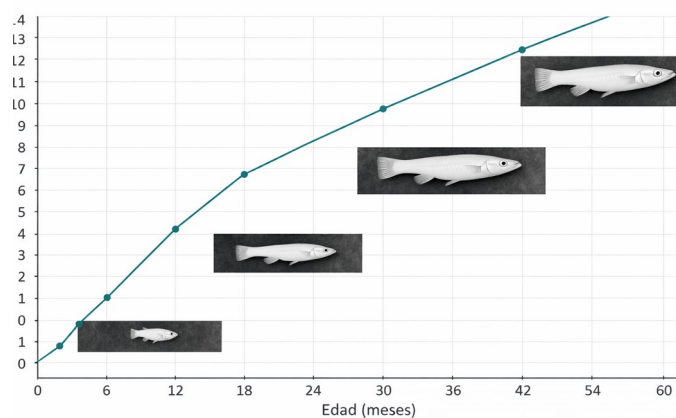


Figura 7.- Gráfica de crecimiento de *Belonexos belizanus*, en condiciones de laboratorio desde la edad 0 (días de nacido [1 cm]) hasta la edad 10 (5 años aprox [15 cm]) aproximadamente.

Tabla III.- Crecimiento ontogenético de *Belonesox belizanus* en condiciones ex situ.



Edad (días)	Longitud total media (mm) $\pm$ DS	Peso medio (g) $\pm$ DS	N	Observaciones
1	6.2 $\pm$ 0.3	0.012 $\pm$ 0.002	30	Individuos recién nacidos
15	12.5 $\pm$ 1.1	0.080 $\pm$ 0.010	30	Inicio de alimentación activa
30	24.3 $\pm$ 2.0	0.45 $\pm$ 0.05	30	Rápido crecimiento lineal
60	46.7 $\pm$ 4.2	1.25 $\pm$ 0.12	30	Diferenciación sexual incipiente
90	68.5 $\pm$ 6.0	3.10 $\pm$ 0.28	30	Machos presentan gonopodio
120	91.4 $\pm$ 8.3	5.60 $\pm$ 0.48	30	Hembras más grandes que los machos
150	108.2 $\pm$ 9.6	8.40 $\pm$ 0.65	30	Madurez sexual evidente

DS = desviación estándar, N = número de ejemplares medidos por punto temporal.

La comparación de la longitud total entre machos y hembras, mediante una prueba *t* de Student para muestras independientes, mostró diferencias estadísticamente significativas ($t = 9.21$; $gl = 48$; $p < 0.001$), confirmando un marcado dimorfismo sexual, con hembras significativamente más grandes que los machos (**Tabla IV**).

Tabla IV. Diferencias en la longitud total (LT, mm) entre machos y hembras de *Belonesox belizanus* mantenidos en condiciones *ex situ*.

Sexo	N	LT media (mm) $\pm$ DS	<i>t</i>	gl	<i>p</i>
Hembras	25	103 $\pm$ 12			
Machos	25	72 $\pm$ 10	9.21	48	< 0.001

Nota: Prueba *t* de Student para muestras independientes. Las hembras presentaron una longitud total significativamente mayor que los machos ($p < 0.05$). DS = desviación estándar; N = número de ejemplares analizados; gl = grados de libertad.

El análisis de correlación de Pearson mostró una relación positiva fuerte y significativa entre la longitud total de las hembras y la fecundidad ($r = 0.78$; $p < 0.001$), indicando que las hembras de mayor talla presentan un mayor número de crías por evento reproductivo (**Tabla V**).

Tabla V. Relación entre la longitud total (LT, mm) de las hembras y la fecundidad en *Belonesox belizanus* mantenidos *ex situ*.



Variable independiente	Variable dependiente	N (hembras)	r de Pearson	p
Longitud total (mm)	Fecundidad (n° crías/parto)	200	0.78	<0.001

La fecundidad difirió significativamente entre las clases de talla de las hembras ($F_{2,197} = 42.6$; $p < 0.001$), observándose un incremento progresivo del número de crías conforme aumentó la longitud total (**Tabla VI**).

Tabla VI. Comparación de la fecundidad entre clases de talla en hembras de *Belonesox belizanus*.

Clase de talla (LT, mm)	N	Fecundidad media $\pm$ DS	F (ANOVA)	gl	p
70-89	60	32 $\pm$ 10	42.6	2,197	<0.001
90-109	90	48 $\pm$ 15			
≥ 110	50	68 $\pm$ 18			

El factor de condición difirió significativamente entre sexos ($t = 18.3$; $gl = 298$; $p < 0.001$), con valores más altos en las hembras, lo que sugiere una mayor inversión energética asociada a la reproducción, al igual que con otros miembros de la familia (**Tabla VII**).

Tabla VII. Diferencias en el factor de condición (K) entre machos y hembras de *Belonesox belizanus*

Sexo	N	Factor de condición (K) (media $\pm$ DS)
Machos	80	0.91 $\pm$ 0.05
Hembras	220	1.08 $\pm$ 0.06
Total	300	_____
Prueba t de Student: $t = 18.3$; $gl = 298$; $p < 0.001$		

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio confirman que *Belonesox belizanus* puede reproducirse exitosamente bajo condiciones controladas de laboratorio, replicando características clave de su hábitat natural. La proporción reproductiva establecida (dos hembras por macho) favoreció la eficiencia reproductiva, en concordancia con la proporción sexual inclinada hacia hembras observada en ejemplares adultos. La obtención de la primera generación (F1) a las cinco semanas, con un tamaño promedio de camada de 50 crías (± 20), demuestra una rápida respuesta reproductiva de la especie bajo condiciones estables de cultivo. Los parámetros biométricos de los reproductores (hembras de hasta 103 mm y machos de hasta 72 mm) se alinean con lo reportado para poblaciones silvestres (Morris et al., 2000), y la correlación positiva y significativa entre el tamaño de la hembra y el número de



crías sugiere un patrón de inversión energética proporcional a la masa corporal, similar al observado en otros poecílidos vivíparos (López-Rodríguez y Mendoza-Palmero, 2016). Este patrón resulta relevante para la selección de reproductores y la optimización de programas de cría (Tapia-Muñoz y Vázquez, 2022). La ausencia de superfetación, junto con la viviparidad lecitotrófica observada, indica una estrategia reproductiva menos dependiente de recursos maternos continuos, lo cual podría representar una ventaja adaptativa en ambientes con condiciones fluctuantes. Además, el elevado peso registrado en embriones y neonatos [los más altos documentados dentro de la familia Poeciliidae] (Rosen y Bailey, 1963) podría estar vinculado a su comportamiento piscívoro inmediato y a su capacidad para evadir depredadores desde etapas tempranas, aspectos que merecen ser profundizados en futuros estudios etológicos. El intervalo promedio de 42 días entre camadas, así como la viabilidad del esperma almacenado durante al menos 47 días, constituyen ventajas adicionales para el manejo reproductivo, permitiendo una reproducción sostenida sin la necesidad de apareamientos frecuentes. Estos factores, junto con la reproducción continua observada a lo largo del año en condiciones de laboratorio, han permitido alcanzar la generación F15 al momento de este análisis. Esto demuestra la estabilidad del protocolo de cría implementado y su potencial aplicabilidad en programas de conservación *ex situ* o en esquemas de aprovechamiento controlado de la especie, conforme lo refiere también (Sánchez et al., 2018). En conjunto, estos hallazgos confirman que *B. belizanus* posee una alta plasticidad reproductiva y puede mantenerse en cautiverio a largo plazo, siempre que se mantengan condiciones ambientales óptimas y una proporción sexual adecuada. La integración de estos parámetros en futuros planes de manejo contribuirá tanto a la conservación de poblaciones en riesgo como a la generación de conocimiento relevante sobre la biología reproductiva de peces vivíparos (Rodríguez-Romero et al., 2019). El presente estudio documenta, por primera vez en Puebla, México, un esfuerzo sistemático de mantenimiento, aclimatación y reproducción *ex situ* de *Belonesox belizanus* bajo condiciones controladas, utilizando como población fundadora individuos capturados en el complejo lagunar Alvarado–Buen País, Veracruz. Este esfuerzo ha derivado en 15 generaciones consecutivas nacidas en cautiverio, lo que evidencia el potencial de esta especie eurihalina para establecer poblaciones viables fuera de su hábitat natural. Uno de los hallazgos más relevantes fue la capacidad de la especie para reproducirse de manera sostenida bajo condiciones fisicoquímicas del agua significativamente distintas a las de su ambiente original, en particular un pH alcalino (9–10) y una temperatura promedio de 28 °C. Aunque *B. belizanus* ha sido reportada como tolerante a un amplio rango de condiciones ambientales y salinidades (incluyendo hábitats dulceacuícolas, salobres y marinos) estos resultados refuerzan su notable plasticidad ecológica y fisiológica como lo sugieren para otros peces vivíparos (Morris, Schreck y Bagley, 2000). La estabilidad en la producción de crías (~50 por parto) y la reducción del intervalo interparto (cinco semanas) en generaciones mantenidas por más de diez años sugieren un alto potencial reproductivo, comparable al de otros poecílidos, aunque con mayores exigencias en cuanto a alimentación y espacio.² Este tipo de información resulta valiosa para el diseño de programas de conservación *ex situ* y para investigaciones en fisiología reproductiva de peces vivíparos. A diferencia de la mayoría de los poecílidos, *B. belizanus* presenta un comportamiento estrictamente piscívoro, que ha sido exitosamente



mantenido en laboratorio con presas vivas de los géneros *Poecilia* y *Gambusia* (Courtenay, Walter y Meffe, 1989). Este comportamiento representa tanto una ventaja como un desafío: por un lado, garantiza un crecimiento acelerado y un estado corporal óptimo; por otro, dificulta la implementación de sistemas de cultivo masivo basados en dietas artificiales (Sánchez et al., 2018). Por ello, futuros estudios deberán enfocarse en el desarrollo de dietas formuladas que respeten sus necesidades nutricionales y etológicas, con el fin de asegurar su bienestar y su reproducción en contextos de conservación o producción sustentable. Los registros de reproducción continua por más de 15 generaciones permiten considerar a *B. belizanus* como una especie modelo para estudios de genética reproductiva, desarrollo embrionario y fisiología en peces vivíparos (Lucinda, 2003; Nico, Leo y Fuller, 2019). Aunque no se han observado signos evidentes de consanguinidad ni pérdida de aptitud biológica, será indispensable llevar a cabo análisis genéticos moleculares que confirmen la estabilidad genética de las poblaciones *ex situ*, como ya se ha realizado con otros poecílidos en laboratorios de conservación (Tapia-Muñoz y Vázquez, 2022). Desde una perspectiva de conservación, *B. belizanus* representa un caso complejo: es vulnerable a la pérdida de hábitat en su área de distribución nativa (particularmente en sistemas lagunares costeros afectados por actividades humanas (Morris, Schreck, y Bagley, 2000), pero también ha sido documentada como especie invasora en cuerpos de agua del SE de Estados Unidos (Nico, Leo y Fuller, 2019), donde ha provocado alteraciones significativas en las cadenas tróficas locales (Courtenay, Walter y Meffe, 1989). Su estudio en condiciones controladas puede ofrecer claves para comprender mejor su capacidad invasora y diseñar estrategias eficaces de manejo preventivo y contención. Finalmente, la experiencia de más de una década en el manejo *ex situ* de esta especie en Tecamachalco representa una oportunidad única para vincular la reproducción controlada de peces silvestres con actividades de educación ambiental, divulgación científica y formación académica. Estas acciones deben estar respaldadas por lineamientos éticos y técnicos que aseguren el bienestar animal y prevengan el riesgo de liberaciones no reguladas.

CONCLUSIÓN

El presente trabajo confirma que *Belonesox belizanus* es una especie altamente viable para programas de reproducción *ex situ* con fines de conservación. La adaptación exitosa a condiciones controladas y la reproducción sostenida durante múltiples generaciones, desde 2015 hasta la generación F15, evidencian una notable plasticidad ecológica y reproductiva que permite el establecimiento de colonias estables fuera de su hábitat natural.

La implementación de un sistema de manejo *ex situ* funcional ha permitido no solo asegurar la supervivencia y continuidad poblacional de la especie, sino también generar un reservorio biológico que puede contribuir a la conservación preventiva frente a la pérdida y degradación progresiva de sus hábitats naturales. Este enfoque reduce la dependencia de la colecta de ejemplares silvestres y fortalece las estrategias de conservación complementarias a la protección *in situ*.



Asimismo, la experiencia documentada demuestra que la reproducción *ex situ* de *B. belizanus* puede llevarse a cabo bajo un amplio rango de condiciones fisicoquímicas, lo que amplía su potencial de aplicación en programas de conservación en distintos contextos ambientales. No obstante, para garantizar la viabilidad genética y adaptativa a largo plazo, resulta indispensable integrar estudios genéticos poblacionales, monitoreo intergeneracional y el perfeccionamiento continuo de los protocolos de reproducción y manejo.

En conjunto, este estudio aporta evidencia científica y técnica que respalda el valor de *Belonesox belizanus* como una especie prioritaria para programas de conservación *ex situ*, y establece un referente metodológico para el manejo responsable de peces nativos eurihalinos en México, contribuyendo a la preservación de la biodiversidad acuática ante escenarios de creciente presión antropogénica.

CONFLICTO DE INTERESES Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de intereses potencial con respecto a la autoría y/o publicación de este artículo

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES JRCA concibió el estudio y escribió el manuscrito, dirigió los experimentos y trabajo de campo. Los estudiantes DRM, FMM contribuyeron con el desempeño práctico del estudio en laboratorio y supervisaron cada una de las etapas del estudio. CAAG, AEVM, HCG y MGTA contribuyeron a la versión final del manuscrito.

RECONOCIMIENTOS Esta investigación fue apoyada por el Laboratorio de Medicina de la Conservación de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la BUAP y forma parte del proyecto VIEP 2025, un agradecimiento en particular del primer autor de este trabajo a la comunidad de pescadores artesanales de Alvarado, Veracruz, México.

BIBLIOGRAFÍA

- Belshe, J. F. (1961). *A study of the life history and ecology of Belonesox belizanus* (Master's thesis, University of Florida).
- Courtenay, W. R., y Meffe, G. K. (1989). Small fishes in strange places: A review of introduced poeciliids. En G. K. Meffe y F. F. Snelson (Eds.), *Ecology and evolution of livebearing fishes (Poeciliidae)* (pp. 319–331). Prentice Hall.
- Fischer, W. (1978). *FAO species identification sheets for fishery purposes: Western Central Atlantic* (Vol. III). Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Froese, R., y Pauly, D. (Eds.). (2024). Poeciliidae. En *FishBase*. <https://www.fishbase.se/summary/FamilySummary.php?ID=216fishbase.mnhn.fr+3fishbase.se+3fishbase.se+3>
- Ghedotti, M. J. (2000). Phylogenetic analysis and taxonomy of the poecilioid fishes (Teleostei: Cyprinodontiformes). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 130(1), 1–53. <https://doi.org/10.1006/zjls.1999.0213>



- Gil Avelar, Javier. (1989). "Algunos aspectos biológicos de *Belonesox belizanus* (poeciliidae), especie nativa de México y Centroamérica en condiciones de laboratorio". (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México, México. Recuperado de <https://repositorio.unam.mx/contenidos/320655>
- Harms, C. A. (2011). *Feeding versatility of the invasive pike killifish, Belonesox belizanus* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae) (Doctoral dissertation, Florida Institute of Technology).
- López-Rodríguez, A., y Mendoza-Palmero, E. (2016). Reproducción en cautiverio de peces vivíparos del sureste de México. *Acta Zoológica Mexicana*, 32(3), 451–462.
- Lucinda, P. H. F. (2003). Family Poeciliidae. En R. E. Reis, S. O. Kullander, y C. J. Ferraris Jr. (Eds.), *Checklist of the freshwater fishes of South and Central America* (pp. 555–581). EDIPUCRS.
- Lucinda, P. H. F., y Reis, R. E. (2005). Systematics of the family Poeciliidae. En M. L. J. Stiassny, G. G. Teugels, y C. D. Hopkins (Eds.), *Poissons d'eaux douces et saumâtres de basse Guinée, ouest de l'Afrique centrale* (Vol. 2, pp. 555–581). IRD Editions.
- Luz, R. K., y Favero, G. C. (2024). Use of salt, anesthetics, and stocking density in transport of live fish: A review. *Fishes*, 9(7), 286. <https://doi.org/10.3390/fishes9070286OUCI>
- Miller, R. R., Minckley, W. L., y Norris, S. M. (2005). *Freshwater fishes of Mexico*. University of Chicago Press.
- Morris, M. A., Schreck, C. B., y Bagley, B. L. (2000). Physiological plasticity in the livebearing fish *Belonesox belizanus*: Adaptation to fluctuating salinity. *Environmental Biology of Fishes*, 58(1), 69–77.
- Nico, L. G., y Fuller, P. L. (2019). *Belonesox belizanus* (Pike Killifish). *USGS Nonindigenous Aquatic Species Database*. U.S. Geological Survey. <https://nas.er.usgs.gov/queries/factsheet.aspx?SpeciesID=843nas.er.usgs.gov>
- Parenti, L. R., y Rauchenberger, M. (1989). Systematic overview of Poeciliidae. *American Museum Novitates*, (2950), 1–25.
- Plath, M., y Tobler, M. (2010). Subterranean fishes of the genus *Poecilia* (Livebearers): Insights into ecological and evolutionary patterns. En D. F. G. Pen y B. G. Kapoor (Eds.), *Biology of Subterranean Fishes* (pp. 47–64). Science Publishers.
- Rodríguez-Romero, A., Olivares, I., Gutiérrez, A., y Sánchez, M. J. (2019). Aportes al estudio del desarrollo embrionario en peces vivíparos. *Revista de Biología Tropical*, 67(4), 1075–1087.
- Rosen, D. E., y Bailey, R. M. (1963). The poeciliid fishes (Cyprinodontiformes), their structure, zoogeography, and systematics. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 126(1), 1–176.
- Sánchez, L., Pérez, P., Silva, M. J., y Ortega, F. (2018). Diversidad genética en poblaciones ex situ de peces poecílidos mediante marcadores microsatélites. *Hidrobiológica*, 28(3), 325–332.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental – Especies nativas de México de flora y fauna silvestres – Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio– Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación 30 diciembre de 2010.



- Tapia-Muñoz, J. L., y Vázquez, D. (2022). La ética en la cría de peces ornamentales: Bienestar animal y conservación. *Revista Bioética y Ciencia*, 5(2), 55–66.
- Tobler, M., Riesch, R., y Plath, M. (2014). Extremophile fishes: an integrative synthesis. *Extremophile fishes: Ecology, evolution, and physiology of teleosts in extreme environments*, 279-296.
- Tobler, M., Palacios, M., Chapman, L. J., Mitrofanov, I., Bierbach, D., y Plath, M. (2008). Ecological divergence in a subterranean fish: Selection or plasticity? *Evolutionary Ecology Research*, 10(4), 435–448.

Copyright: © 2026 Arnulfo Villanueva-Castillo. This is an open-access article published under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited. Competing Interests: The authors have declared that no competing interests exist. Available Online First: 14 Feb 2026. Please cite this article as: ^{1,2,4,5*}Juan Ricardo Cruz-Aviña, ^{2,5}Abel E. Villa-Mancera, ¹Huitzimengari Campos García, ¹Fausto Morales Morales, ²Diego Ríos Morales ^{3,4}María Guadalupe Tenorio Arvide, ⁶Carlos Alfonso Álvarez-González. MANEJO EX SITU E *Belonesox belizanus*, Kner, 1960 (TELEOSTEI: POECILIIDAE) EN TECAMACHALCO, PUEBLA: AVANCES EN LA REPRODUCCIÓN Y CONSERVACIÓN DE UNA ESPECIE EURIHALINA. *Revista Ciencia Veterinaria y Biotecnología. Rev Cien Vet Bio* 2026; 3 (1): 19-37.