

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



**EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD DE LA ICTIOFAUNA EN LA ZONA
METROPOLITANA DE MONTERREY, MEDIANTE EL ANÁLISIS DE
PRODUCTIVIDAD Y SUSCEPTIBILIDAD**

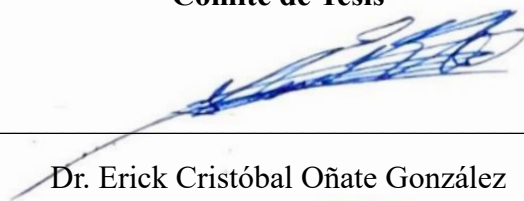
BIOL. PAOLA ALEJANDRA PÉREZ VALTIERRA

**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CONSERVACIÓN, FAUNA SILVESTRE Y SUSTENTABILIDAD**

2025

**EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD DE LA ICTIOFAUNA EN LA ZONA
METROPOLITANA DE MONTERREY, MEDIANTE EL ANÁLISIS DE
PRODUCTIVIDAD Y SUSCEPTIBILIDAD**

Comité de Tesis



Dr. Erick Cristóbal Oñate González

Presidente



Dr. Roberto Eduardo Mendoza Alfaro

Secretario



Dr. Antonio Guzmán Velasco

Vocal



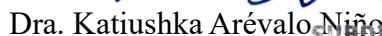
Dr. Juan Pablo Ceyca Contreras

Vocal



Dr. Edgar Cruz Acevedo

Vocal



Dra. Katiushka Arévalo Niño

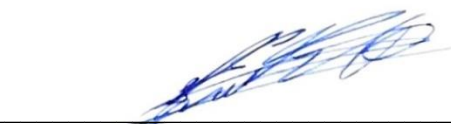
Subdirectora de Posgrado



SUBDIRECCIÓN
DE POSGRADO

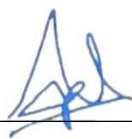
**EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD DE LA ICTIOFAUNA EN LA ZONA
METROPOLITANA DE MONTERREY, MEDIANTE EL ANÁLISIS DE
PRODUCTIVIDAD Y SUSCEPTIBILIDAD**

Dirección de tesis



Dr. Erick Cristóbal Oñate González

Director



Dra. Luz Erandi Saldaña Ruiz

Asesor externo

DERECHOS RESERVADOS©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta Tesis está protegido, el uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material contenido que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde se obtuvo mencionando al autor o autores.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente al Dr. Erick Cristóbal Oñate González por su guía y asesoramiento durante el desarrollo de este proyecto. Así como a mi asesora externa, la Dra. Luz Erandi Saldaña Ruíz del CICESE, gracias a ambos por no dejar de creer en mí y siempre alentarme a continuar.

Quisiera agradecer especialmente al Dr. Roberto Mendoza, la Dra. Ma. Teresa Carreón Zapiain y a la Dra. Ma. Elena Ángeles Villeda por su participación en el taller a expertos y por contribuir con el conocimiento y experiencia que han adquirido a través de sus importantes aportaciones a la ictiología.

A la Dra. Susana Favela por siempre alentarme a continuar con su apoyo constante e inigualable y más que nada, por no permitirme renunciar.

Gracias al CICESE, en particular al Dr. Óscar Sosa Nishizaki, por recibirme durante mi estancia de investigación de maestría. Al Dr. Marco Loredó, al Dr. Antonio Leija Tristán y al Biól. Francisco Puente por su acompañamiento durante algunas de las salidas a campo de este estudio, así como sus consejos y aportaciones al proyecto.

Así mismo, quisiera agradecer a los integrantes del Laboratorio de Ictiología por su incansable apoyo hacia mi persona y ser un refugio en los días de estrés, especialmente a los doctores, Edilia y Néstor.

Quiero agradecer a mi familia por acompañarme durante esta travesía, por su amor y comprensión. Gracias por siempre creer en mí incluso en los días que yo no lo hago.

Finalmente, a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron a la culminación de este proyecto y, sobre todo, a los interesados en la ictiología dulceacuícola. A todos, mi más sincero agradecimiento.

DEDICATORIAS

Dedico este logro a mis papás, ya que gracias a ellos he podido llegar hasta aquí. Gracias por siempre apoyarme incondicionalmente, aunque insista en ir contra corriente. Espero me alcance la vida para retribuirles todo lo que me han dado, los amo profundamente y no puedo estar más orgullosa de ser su hija.

Así mismo, a Juan José, Danae y Livi, por estar presentes en este proceso y estar al pendiente de mí, aunque yo me desaparezca. En especialmente a Livi, que con tus cortos dos años has podido darle un nuevo sentido a mi vida.

Al Dr. Erick Cristóbal Oñate González, que durante en este tiempo, más allá de ser mi asesor de tesis, fue un amigo el cual siempre estuvo en la disposición de escuchar y aconsejar. Por brindarme su amistad sincera y apoyo incondicional. Gracias por ser un fuerte en este proceso de tanta incertidumbre.

A mis compañeros de maestría, especialmente a Lisa, por enseñarme que siempre se puede mejorar en cualquier aspecto, a recibirme en su casa y corazón como familia y por acompañarme con mucho amor y cariño. Agradezco en demasía tu amistad.

Asimismo, a Francisco Puente por ser un pilar fundamental en este proceso, gracias por compartir conmigo este tramo de vida, por tu cariño, por ser un hogar y por siempre velar por mi bienestar.

A Jorge, Tita y Armando, por ser mis mejores amigos. A pesar de que la vida de adultos nos consume, atesoro cada momento con ustedes.

Al Dr. Arnulfo Vega y a la Dra. Gisela Guerrero por ayudarme a continuar, sin ustedes el día de hoy no podría estar escribiendo esto.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	V
DEDICATORIAS	VI
ÍNDICE	VII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
RESUMEN.....	XII
INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES.....	3
1. Ictiofauna en el Noreste de México	3
2. Amenazas de carácter antropogénico para peces dulceacuícolas	4
2.1 Desecación	4
2.2 Contaminación	4
2.3 Perturbación del hábitat.....	5
2.4 Especies exóticas.....	6
3. Análisis de Productividad y Susceptibilidad (APS)	7
3.1 Modificación del Análisis de Productividad y Susceptibilidad	9
JUSTIFICACIÓN	11
HIPÓTESIS.....	12
OBJETIVO DEL TRABAJO.....	13
Objetivo general	13
Objetivos específicos.....	13
MATERIAL Y MÉTODOS	14
1. Sitios de muestreo	14
2. Obtención de especies	15

3. Obtención de información de productividad de las especies	19
4. Modificación del APS	19
RESULTADOS.....	29
1. Listado taxonómico	29
2. Resultados del APS	30
DISCUSIÓN	32
1. Listado taxonómico	32
2. Vulnerabilidad de peces dulceacuícolas.....	32
CONCLUSIÓN.....	37
PERSPECTIVAS	39
BIBLIOGRAFÍA	40
ANEXOS	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Atributos productividad modificados de Patrick et al. 2010.	21
Tabla 2. Atributos de susceptibilidad modificados de Patrick et al. 2010.....	24
Tabla 3. Modificación del índice de la calidad de la información.	27
Tabla 4. Especies del mismo género de las que se usó la información, al haber un vacío en las especies de estudio.....	27
Tabla 5. Listado de especies obtenidas durante los muestreos.....	29
Tabla 6. Valores de productividad (P), susceptibilidad (S) y vulnerabilidad relativa (v) por especie.....	30
Tabla 7.- Atributos de productividad de <i>A. argentatus</i>	64
Tabla 8. Atributos de susceptibilidad de <i>A. argentatus</i>	64
Tabla 9. Atributos de productividad de <i>C. rutila</i>	65
Tabla 10 Atributos de susceptibilidad de <i>C. rutila</i>	65
Tabla 11. Atributos de productividad de <i>C. pullum</i>	66
Tabla 12. Atributos de susceptibilidad de <i>C. pullum</i>	66
Tabla 13. Atributos de productividad de <i>D. melanops</i>	68
Tabla 14. Atributos de susceptibilidad de <i>D. melanops</i>	68
Tabla 15. Atributos de productividad de <i>H. cyanoguttatus</i>	69
Tabla 16. Atributos de susceptibilidad de <i>H. cyanoguttatus</i>	69
Tabla 17. Atributos de productividad de <i>Hypostomus</i> sp.	70
Tabla 18. Atributos de susceptibilidad de <i>Hypostomus</i> sp.	70
Tabla 19. Atributos de productividad de <i>A. braytoni</i>	71
Tabla 20. Atributos de susceptibilidad de <i>A. braytoni</i>	71
Tabla 21. Atributos de productividad de <i>O. niloticus</i>	72
Tabla 22. Atributos de susceptibilidad de <i>O. niloticus</i>	72
Tabla 23. Atributos de productividad de <i>P. mexicana</i>	73
Tabla 24. Atributos de susceptibilidad de <i>P. mexicana</i>	73
Tabla 25. Atributos de productividad de <i>P. gracilis</i>	74
Tabla 26. Atributos de susceptibilidad de <i>P. gracilis</i>	74
Tabla 27. Atributos de productividad de <i>P. bimaculatus</i>	75
Tabla 28. Atributos de susceptibilidad de <i>P. bimaculatus</i>	75

Tabla 29. Atributos de productividad de <i>Pterygoplichthys</i> sp.....	76
Tabla 30. Atributos de susceptibilidad de <i>Pterygoplichthys</i> sp.....	76
Tabla 31. Atributos de productividad de <i>X. hellerii</i>	77
Tabla 32. Atributos de susceptibilidad de <i>X. hellerii</i>	77
Tabla 33. Atributos de productividad de <i>X. variatus</i>	78
Tabla 34. Atributos de susceptibilidad de <i>X. variatus</i>	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa con los sitios de muestreo.....	16
Figura 2. Relación entre el número de especies nativas y exóticas respecto a los sitios de muestreo. Debajo de cada sitio se incluye el grado de perturbación en <i>itálicas</i>	30
Figura 3. Grado de vulnerabilidad relativa de las especies.	31

RESUMEN

Los sistemas dulceacuícolas son altamente vulnerables a las actividades humanas como la sobreexplotación, contaminación y fragmentación del hábitat, siendo especialmente afectada la ictiofauna por el crecimiento poblacional y el desarrollo acelerado. Los peces son clave ecológica y socialmente, pero en el noreste de México falta información actual sobre sus requerimientos ecológicos, distribución y estado poblacional. Esta escasez dificulta priorizar acciones de conservación e investigación. Una alternativa ante esta falta de datos son las Evaluaciones de Riesgo Ecológico (ERE), como el Análisis de Productividad y Susceptibilidad (APS). Este estudio adaptó el APS a la Zona Metropolitana de Monterrey y se evaluaron 14 especies de peces, tanto nativas como exóticas, dando como resultado que las especies más vulnerables fueron *Cyprinella rutila*, *Campostoma pullum* y *Dionda melanops*. Así mismo, se resalta que las Especies Exóticas Invasoras (EEI) son las que presentan menor grado de vulnerabilidad respecto a las especies nativas.

Freshwater systems are highly vulnerable to human activities such as overexploitation, pollution, and habitat fragmentation, with ichthyofauna being especially affected by population growth and rapid development. Fish are ecologically and socially important; however, in northeastern Mexico, there is a lack of up-to-date information on their ecological requirements, distribution, and population status. This data deficiency hinders the prioritization of conservation and research actions. One alternative in the face of limited data is the use of Ecological Risk Assessments (ERA), such as Productivity and Susceptibility Analysis (PSA). This study adapted the PSA to the Monterrey Metropolitan Area. A total of 14 fish species, both native and exotic, were evaluated, with *Cyprinella rutila*, *Campostoma pullum*, and *Dionda melanops* identified as the most vulnerable. Additionally, it was noted that Invasive Exotic Species (IES) showed a lower degree of vulnerability compared to native species.

INTRODUCCIÓN

El entendimiento de las dinámicas biológicas y ecológicas de los sistemas dulceacuícolas es limitado y estos suelen ser más vulnerables a los efectos de las actividades antropogénicas en comparación con los sistemas terrestres. Los sistemas dulceacuícolas son modificados por la sobreexplotación del recurso hídrico, la contaminación, el incremento de la población humana, la fragmentación del hábitat y la introducción de especies exóticas, entre otros factores (Díaz-Pardo et al. 2016; Lyons et al. 2020).

La ictiofauna dulceacuícola se ha visto afectada alrededor del mundo por diversos factores como consecuencia del crecimiento y rápido desarrollo de la sociedad moderna (De Santis et al. 2023). Los peces son un grupo de vertebrados que durante su historia evolutiva han colonizado distintos de hábitats y ecosistemas. Así mismo, son de importancia ecológica, social y económica por los distintos servicios ecosistémicos que brindan (Ceballos et al. 2016).

Además de estas afectaciones, la falta de información reciente sobre muchos de los aspectos biológicos de varias especies de peces nativos del noreste de México, su distribución y requerimientos de hábitat, dificultan evaluar el grado de vulnerabilidad relativa de sus poblaciones ante diversos estresores, lo que complica discernir especies prioritarias, no solamente en materia de manejo y conservación, sino también en investigación (Miller, 2009). Además, los peces funcionan como indicadores de la salud de los ecosistemas acuáticos, lo cual resalta la importancia de su monitoreo para determinar la degradación ambiental y la salud ecosistémica en los cuerpos de agua (Soto-Galera et al. 1998). A pesar de esta importancia, el último listado de peces en Nuevo León tiene 30 años de antigüedad (Contreras-Balderas et al. 1995), además que se carece de información biológica, poblacional y ecológica que nos indique el estado de la ictiofauna, a pesar de las distintas presiones que sufren los cuerpos de agua de la región.

Una alternativa para estimar el grado de vulnerabilidad relativa de los peces de Nuevo León bajo este contexto de poca información disponible es a través de Evaluaciones de Riesgo Ecológico (ERE). Las ERE son procesos por los cuales se evalúa la probabilidad de que eventos adversos en las poblaciones ocurran como resultado de la exposición a uno

o diferentes tipos de estresores. Existen diferentes ERE de acuerdo con el tipo de factor estresor a evaluar y la información disponible. Algunos arrojan resultados estimados probabilísticos concretos sobre los efectos adversos y elementos de exposición, mientras que otros presentan resultados de carácter semicuantitativo o cualitativo, tal es el caso del Análisis de Productividad y Susceptibilidad (APS) (Patrick et al. 2009).

Una de las ventajas del APS es que permite la obtención de la vulnerabilidad relativa de manera rápida de diferentes taxa en los que la información biológica sea escasa o que la información disponible no sea la suficiente para llevar a cabo evaluaciones robustas tradicionales. Otra ventaja es la bondad para adaptarse a diferentes problemáticas en las que se presentan factores que ejerzan una presión externa para las especies que están siendo evaluadas, lo que nos permite conocer el estado actual de las especies de una región en particular y cómo estas responden (Patrick et al. 2009).

En este estudio se realizó la adaptación del APS a un sistema dulceacuícola afectado por diversos factores ambientales externos, como lo es la Zona Metropolitana de Monterrey (ZMM), para con ello estimar la vulnerabilidad relativa de las especies nativas e introducidas con el fin de identificar especies prioritarias en investigación.

ANTECEDENTES

1. Ictiofauna en el Noreste de México

El noreste de México es una región que se caracteriza por ser árida debido a las sequías recurrentes y la poca captación de agua. Esta región tiene una alta riqueza de especies de peces a lo largo del río Bravo y río Conchos, sobre todo en el delta río Bravo y la Laguna Madre, donde los ecosistemas costeros proveen un hábitat adecuado para distintas especies de peces, siendo las familias más diversas Cichlidae y Poecillidae (Contreras-MacBeath et al. 2014). Sin embargo, esta zona fue catalogada como la tercera en número de especies de ictiofauna amenazadas a nivel nacional, utilizando la metodología y criterios del análisis “IUCN: Red List Categories and Criteria: Version 3.1” (Lyons et al. 2020). A pesar de esto, el incremento de la presencia de los factores antropogénicos que afectan a los ambientes acuáticos ha ocasionado que la ictiofauna se vea fuertemente afectada en los cuerpos de agua endorreicos de la región (Lozano-Vilano y García-Ramírez 2014).

Por su parte, el estado de Nuevo León alberga diferentes cuerpos de agua, siendo hogar de diferentes especies de peces, donde también se incluyen especies endémicas. Y aunque sus cuerpos acuáticos se modifican de manera natural por temporalidad y eventos meteorológicos extremos, estos actualmente sufren la presión constante de diferentes factores antropogénicos como la pérdida de disponibilidad de agua, contaminación, alteración de hábitats acuáticos y de cuencas de captación e introducción de especies exóticas, los cuales contribuyen como amenaza a la biodiversidad y extinción de peces (Contreras-Balderas et al. 1995)

En el listado más reciente están reportadas 83 especies, de las cuales 64 son nativas y 28 son introducidas. De las especies nativas, 33 son endémicas del estado y 24 se encuentran amenazadas de extinción (Contreras-Balderas et al. 1995). Sin embargo, casi 30 años después, no existe una actualización del listado íctico del estado, y más importante aún, se carece de información biológica, poblacional y ecológica de las especies que nos indique el estado de la ictiofauna de Nuevo León.

2. Amenazas de carácter antropogénico para peces dulceacuícolas

2.1 Desección

En el Noreste de México las sequías suelen ser constantes y prolongadas durante las cuales existe una disminución de precipitaciones anuales, trayendo como consecuencia la escasez de agua para diferentes usos (Sánchez de Llanos et al. 2015). Actualmente, debido al cambio climático y a la extracción indiscriminada del recurso hídrico, estas sequías han aumentado en intensidad, severidad, extensión, duración y ocurrencia (IMTA 2013), tal cual es el caso de Nuevo León, que durante el año 2022 se enfrentó a una de las peores crisis hídricas en los últimos 30 años en donde incluso los niveles de las presas Cerro Prieto y La Boca descendieron por debajo del 5% de su capacidad (González-Garza 2023).

Debido a que los peces son organismos ectotermos, están expuestos a situaciones de estrés por cambios de temperatura en los que varía la precipitación y se modifican los procesos y patrones de los sistemas de agua dulce (Castello y Macedo 2016), trayendo consigo un incremento de la demanda metabólica lo que repercute directamente en el crecimiento, sobrevivencia, reproducción y productividad de los organismos (Trumbo et al. 2014). Además, las variaciones espaciales y temporales en las precipitaciones anuales alteran el flujo de los cuerpos de agua, lo que genera efectos negativos en la fenología, la dinámica poblacional y el éxito reproductivo de las especies (Olusanya y van Zyll de Jong 2018).

2.2 Contaminación

La fauna íctica también se ve afectada por la exposición a contaminantes en su medio lo que puede ocasionar consecuencias en la salud de los organismos acuáticos a largo plazo. Los tipos de contaminantes pueden ser muy variados y en su mayoría producto de la creación del humano, por ejemplo: fertilizantes, plaguicidas, fármacos, productos de limpieza y metales pesados (Austin, 1999; Díaz-Pardo et al. 2016).

La contaminación por metales pesados de distinto origen puede afectar el balance ecológico y la biodiversidad en los ecosistemas acuáticos (Farombi et al. 2007). En tejidos de especies dulceacuícolas como la carpa común (*Cyprinus carpio*), se ha reportado la presencia de metales pesados como el cromo, cadmio, níquel y plomo, y estos

contaminantes tienen la capacidad de bioacumularse alterando las funciones metabólicas del organismo (Vinodhini y Narayanan 2008).

En algunos ríos de la ZMM se ha reportado la presencia de peces muertos, presuntamente como consecuencia del agua contaminada (Gallegos 2023; JCP 2021; Marroquín 2023) así como distintos reportes de descargas ilegales de aguas residuales e industriales por parte del sector público y privado (Carrera 2023; Martínez 2022; Pérez 2023; Vélez 2024).

2.3 Perturbación del hábitat

Debido a la naturaleza desértica del Norte de México, existe una amplia infraestructura relacionada a la construcción de obras hidráulicas para la extracción y preservación de agua para fines agrícolas o domésticos. Estas acciones fragmentan el hábitat de los peces, ya que afectan el volumen y el flujo del agua, modificando los patrones de movimiento de las especies acuáticas pues interrumpen la continuidad de las rutas de desplazamiento (Miller 2009; Díaz-Pardo et al. 2016).

El cachorrito de Villa-López (*Cyprinodon ceciliae*) y el cachorrito de Charco Azul (*C. inmemoriam*), especies descritas recientemente (Lozano-Vilano y Contreras-Balderas 1993), son especies que actualmente se consideran extintas en vida libre debido la desecación de su hábitat por la extracción de agua del subsuelo para fines agrícolas y ganaderos (Miller 2009; Díaz-Pardo et al. 2016; Lyons et al. 2020).

En el caso del río La Silla, que cruza gran parte de la ZMM, actualmente presenta una problemática compleja, ya que se considera como un ecosistema dinámico que experimenta cambios continuos a lo largo del cauce. Así mismo, las corrientes superficiales que alimentan al río La Silla han sido modificadas en su estructura fluvial debido a la construcción de presas para el abastecimiento de agua de la ciudad (SEMARNAT y CONANP 2014)

Recientemente, el río La Silla fue denominado Área Natural Protegida de Monterrey bajo la categoría de Corredor Biológico Ripario, con miras a brindar protección al río contra actividades comerciales, que se utilice como basurero o sitio de descargas residuales e industriales (Gobierno de Monterrey 2023; Pronatura Noreste 2023), por lo que se espera

que las condiciones de hábitat para los peces mejoren, permitiendo así el crecimiento poblacional y de distribución de las especies.

2.4 Especies exóticas

La introducción de especies exóticas, generada de manera directa o indirecta por el hombre, es una de las mayores causas de pérdida de biodiversidad en el mundo (Díaz-Pardo et al. 2016). Las Especies Exóticas Invasoras (EEI) son especies que se caracterizan por tener hábitos generalistas, así como un amplio espectro de tolerancia a diferentes tipos de ecosistemas, en los cuales quizás no puedan contar con los recursos de la región donadora pero debido a su capacidad de adaptación, dispersión y reproducción pueden llegar a ser dominantes en nuevos ambientes (Mendoza et al. 2007).

En el río Bravo y sus afluentes, en la región noreste del país, se han observado cambios temporales en las comunidades de peces, dado que las especies nativas han sufrido el desplazamiento debido a la presencia de especies exóticas invasoras como *Oreochromis niloticus* (tilapia del Nilo). En particular esta especie, ocasiona turbidez en el agua, modificando el ecosistema para las especies nativas, así como otros efectos que puedan ocasionar en el medio (Díaz-Pardo et al. 2016; Lozano-Vilano y García-Ramírez 2014).

Además del desplazamiento que pueden provocar las especies exóticas, también pueden aumentar la depredación dentro del sistema, como el caso de la lobina (*Micropterus salmoides*), que se puede alimentar de ejemplares juveniles y adultos de especies pequeñas con ciclo reproductivo corto, característica usual de la ictiofauna nativa de la región. Del mismo modo, es usual encontrar a la lobina conviviendo en el mismo cuerpo de agua con tilapias (*Oreochromis* spp.), alimentándose de los huevos de otras especies, creando una sinergia en la que ambas afectan en diferentes estadios del ciclo de vida a las especies nativas (Díaz-Pardo et al. 2016).

Unas de las invasiones biológicas más perjudiciales en el país es la de pez diablo o pleco (familia Loricariidae) originario de Sudamérica. La popularización de esta especie se debe a su uso en el acuarismo por su llamativo aspecto, alta resistencia y que se alimenta de algas actuando como organismo filtrador. Sin embargo, estos empezaron a ser liberados al medio natural por los propietarios debido a que varias especies pueden llegar a ser de gran tamaño dejando de caber en sus espacios de confinamiento (Herrera-Solano y

Molina-Arias 2011). En la actualidad, gracias a su capacidad de dispersión y de sobrevivencia en ambientes degradados, es común encontrar plecos en diferentes cuerpos de agua del país. Su presencia en los ecosistemas dulceacuícolas propicia la sedimentación y turbidez del agua, aumenta la depredación de huevos de las especies nativas, a pesar de ser una especie que se alimenta de plantas y detritus, provocan pérdidas económicas al afectar artes de pesca de pescadores y reducen la producción de las especies de consumo local. Incluso, pueden perjudicar el paisaje gracias a su manera de realizar madrigueras en las paredes de los cuerpos de agua (Mendoza et al. 2007; Contreras-Balderas et al. 2008).

En la Colección Ictiológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León se han registrado diferentes especies exóticas invasoras como la tilapia y el pleco en diferentes cuerpos de agua del estado, las cuales pueden estar afectando a la comunidad íctica nativa (Colección Ictiológica, FCB-UANL).

3. Análisis de Productividad y Susceptibilidad (APS)

Las ERE son importantes para analizar cuáles son las especies más afectadas por diversas amenazas en un contexto de pocos datos. Además, proporcionan una base científica para el diseño de estrategias de conservación y manejo sostenible más eficientes (Chen et al. 2013)

El APS es un tipo de ERE que se desarrolló en Australia, específicamente tomando en cuenta las especies comerciales de importancia pesquera, en particular para aquellas de las que se desconoce información básica sobre su biología y estatus población (Milton, 2001). Es un análisis que toma en cuenta tanto la parte biológica (productividad - p) de las especies, como la susceptibilidad (s) que pueden presentar ante los estresores de origen antropogénico, con el fin de calcular la vulnerabilidad relativa que cada población o especie tiene en los diferentes escenarios ecológicos en que se encuentre (Patrick et al. 2009).

El APS es una evaluación de carácter semi-cuantitativo que, tomando en cuenta las características de historia de vida de las especies (productividad) y su susceptibilidad a diferentes factores externos, permite la obtención de una estimación de vulnerabilidad relativa. En un inicio, fue desarrollado para clasificar las diferencias de pesca sostenible entre diferentes pesquerías de Australia utilizando la productividad como la capacidad de

las especies para recuperarse en caso de que la población se vea afectada (Milton 2001; Stobutzki et al. 2001; Patrick et al. 2009).

Este análisis define vulnerabilidad relativa como el potencial de que la productividad de una población de determinado organismo se vea afectada por un factor estresor externo (como la pesca o cambio climático) directa o indirectamente. Por lo tanto, esta difiere entre el tipo de estresor de acuerdo con la historia de vida de las especies evaluadas y su susceptibilidad (Patrick et al. 2009). Esta última suele diferir de lo utilizado comúnmente en otros análisis de riesgo de especies en peligro de extinción, donde se enfoca en la probabilidad de recuperarse ante la disminución de la abundancia solamente con base en la productividad de la especie (Musick 1999). En el caso del APS, un organismo que presente bajo nivel de productividad no se considera como vulnerable a menos de que también presente susceptibilidad alta ante algún factor externo (Patrick et al 2009).

Una de las ventajas de este análisis es que permite la obtención de la vulnerabilidad relativa de diferentes taxa de manera rápida en donde la información biológica sea escasa o que la información disponible no sea suficiente para llevar a cabo evaluaciones robustas cuantitativas. De tal manera que, a nivel bajo de productividad y alta susceptibilidad se considera que la especie es más vulnerable, mientras que especies con alta productividad y baja susceptibilidad son menos vulnerables (Patrick et al 2009). Especies con mayor riesgo de vulnerabilidad relativa posteriormente pueden ser seleccionadas para establecer estrategias de manejo adecuadas, para priorizar la investigación sobre su biología y ecología y así poder ser evaluadas utilizando un análisis de riesgo convencional (Leach et al. 2023).

A partir de la creación del APS, la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA, por sus siglas en inglés), en conjunto con Nathan Vaughan y Jason Cope, desarrollaron la aplicación “R-shiny” (<https://noaa-fisheries-integrated-toolbox.github.io/PSA>) como una extensión de la metodología creada por Patrick y colaboradores en 2009, incluyendo la posibilidad de asignar un peso relativo a cada puntaje para cada atributo en vez de un solo valor. Se utiliza el método de bootstrap (remuestreos aleatorios) de los puntajes basados en su peso relativo para determinar la

probabilidad de distribución de productividad, susceptibilidad y, por lo tanto, vulnerabilidad relativa de cada especie (Service National Marine Fisheries 2025).

En Nuevo León, a pesar de que la pesquería no es una actividad de importancia económica, si existen otro tipo de estresores de origen antropogénico que pueden tener afectaciones sobre las comunidades ícticas del estado, como pueden ser la desecación, fragmentación y perturbación del hábitat, contaminación e introducción de especies exóticas. Por lo tanto, tomando en cuenta la bondad que tiene el análisis para realizar una obtención de la vulnerabilidad relativa a pesar de que exista poca información de las especies (como es el caso de la ictiofauna nuevoleonense, en la que se carecen de estudios actualizados de distribución, status de las especies amenazadas y extintas e impactos ambientales en peces) se considera necesario implementar el APS como una herramientas rápida e integral para evaluar el estado actual de las comunidades de peces en Nuevo León (Contreras-Balderas et al. 1995).

3.1 Modificación del Análisis de Productividad y Susceptibilidad

El APS ha sido modificado para mejorar los criterios que utiliza y generar una evaluación más certera. Sin embargo, también ha sido modificado con la intención de adaptar esta herramienta a un ecosistema diferente con especies diferentes, es decir, que no solamente se pueda aplicar este análisis a especies que son afectadas por la presión pesquera en ambientes marinos (Patrick et al. 2009).

En 2024, Morgan y colaboradores evaluaron el estado actual de los invertebrados marinos afectados por pesquerías en la costa oeste de Suecia. Se incluyeron 93 especies de diferentes grupos taxonómicos (bivalvia, cephalopoda, crustácea, echinoderma, gastropoda, annelida y cnidaria) los cuales fueron evaluadas para siete pesquerías distintas.

La metodología empleada fue basada en los protocolos ya establecidos del APS con adaptaciones específicas al sitio y especies de estudio. Si una especie carecía de información de tres o más atributos de productividad de siete que se tomaron en cuenta, se clasificaba a la especie bajo la categoría “Datos Insuficientes”. Con las modificaciones realizadas al APS, de 93 especies evaluadas, 52 fueron categorizadas como “datos

insuficientes”, lo que indica que a pesar de que son especies de importancia económica se carece de información básica al respecto (Morgan et al. 2024).

Además de aplicarse a invertebrados, también se han realizado modificaciones al APS para la evaluación de vulnerabilidad relativa de la megafauna marina como mamíferos, aves, elasmobranquios y tortugas marinas afectadas por las pesquerías en el Mediterráneo y el mar Negro. La productividad de cada grupo se determinó evaluando un conjunto de atributos promediados entre especies representativas de cada grupo, mientras que la susceptibilidad a la pesquería fue evaluada a través de la revisión a literatura y la consulta a expertos en el área, obteniendo atributos semicuantitativos. A manera de resultado, se obtuvo que los grupos más vulnerables fueron las tortugas marinas y los elasmobranquios por su baja productividad, mientras que las aves fueron las menos vulnerables (Li-Veli et al. 2024).

JUSTIFICACIÓN

Los peces dulceacuícolas juegan un papel muy importante dentro de los sistemas acuáticos gracias a los servicios ambientales, económicos y sociales que proveen. Con el rápido crecimiento exponencial del desarrollo urbano, la naturaleza de los cuerpos agua del Zona Metropolitana de Monterrey han sido afectados y transformados por distintas causas antropogénicas causando que las comunidades de peces se vean afectadas de manera acelerada. Así mismo, la falta de monitoreo constante y de generación de información reciente hace complicado discernir el estatus de las comunidades ícticas dentro de estos cuerpos de agua.

Por lo tanto, es necesaria la adaptación y aplicación de análisis de riesgo rápidos, como lo es el APS para la obtención de la vulnerabilidad relativa de la ictiofauna actual de la ZMM ante distintos factores de presión antropogénicos.

HIPÓTESIS

La ictiofauna de la Zona Metropolitana de Monterrey se ve presionada ante los distintos factores antropogénicos, teniendo una mayor vulnerabilidad relativa de las especies en aquellos sitios más perturbados.

OBJETIVO DEL TRABAJO

Objetivo general

- Evaluar el grado de vulnerabilidad relativa de la ictiofauna en distintos sitios del Área Metropolitana de Monterrey con diferente grado de perturbación antropogénica utilizando una evaluación de riesgo ecológico para priorizar especies que necesitan medidas de conservación, manejo e investigación

Objetivos específicos

- Elaboración de listados ícticos actualizados del río La Silla y río Pesquería mediante monitoreos y muestreos para actualizar la información existente.
- Modificación del Análisis de Productividad y Susceptibilidad mediante la revisión de los criterios de evaluación para su aplicación en un ecosistema dulceacuícola.
- Estimación de la vulnerabilidad relativa de peces de la ZMM mediante el análisis de su productividad biológica y su susceptibilidad a estresores para la priorización en investigación.

MATERIAL Y MÉTODOS

1. Sitios de muestreo

El río La Silla pertenece a la Región Hidrológica Administrativa VI río Bravo en la Cuenca río Bravo-San Juan; el cauce atraviesa los municipios de Monterrey, Guadalupe y desemboca en el río Santa Catarina, los cuales se caracterizan por presentar áreas con asentamientos urbanos. Es un río de tipo perenne, el cual corre en paralelo con la Sierra Madre Oriental y es alimentado por diferentes arroyos tributarios tales como El Calabozo, La Virgen y Los Elizondo (SEMARNAT y CONANP 2014)

El río La Silla tiene una vegetación, que se caracteriza por presentar bosque de galería y vegetación secundaria, tales como el sauce (*Salix nigra*), sicómoro americano (*Platanus occidentalis*) y ciprés Moctezuma (*Taxodium mucronatum*) en el estrato arbóreo. En el estrato herbáceo es común encontrar gallito asiático (*Cynodon dactylon*), botón de oro (*Acmella repens*), amapolilla (*Argemone mexicana*) y zacate guineo (*Panicum máximum*). También se ha reportado la presencia de especies exóticas invasoras como el fresno americano (*Fraxinus americana*), guaje (*Leucaena leucophala*), canelo (*Melia azedarach*), tabaquillo (*Nicotiana glauca*) e higuierilla (*Ricinus communis*) (López-Castillo et al. 2018)

Así mismo, el río La Silla proporciona hábitat para diferentes especies de aves, mamíferos, reptiles e insectos, además que funge como un corredor biológico, permitiendo la conectividad entre el Monumento Natural Cerro de La Silla y el Parque Nacional Cumbres de Monterrey (Pronatura Noreste 2023).

Por otro lado, el río Pesquería se origina en el estado de Coahuila, y en Nuevo León atraviesa los municipios de García, Escobedo, Apodaca, Pesquería, Ramones y Herreras conectando con el río San Juan en los límites de China y Los Aldamas (Contreras-Delgado 2007). Es de corriente intermitente durante gran parte del año y actualmente se encuentra bajo presión por diferentes factores como la contaminación por descargas de drenaje doméstico e industrial y utilizarse como tiradero ilegal de basura. Esto modifica el ancho del cauce, siendo amenaza que afecta la conectividad del río propiciando una posible fragmentación de hábitat (Red Mexicana de Cuencas 2024).

Contrario al río La Silla, el río Pesquería se caracteriza por presentar vegetación del tipo matorral submontano, mezquital, vegetación correspondiente a desiertos arenosos y halófila. Para este río hay registradas 43 especies de peces, de las cuales, se estima que están amenazadas por la pérdida de agua, las descargas residuales urbanas e industriales, deforestación y modificación del hábitat (Contreras-Delgado 2007).

2. Obtención de especies

Se realizó una búsqueda en los datos de la Colección Ictiológica de la UANL para la obtención del listado de especies observadas en los últimos muestreos realizados por el Laboratorio de Ictiología de la Facultad de Ciencias Biológicas en el río La Silla, tomando en cuenta las colectas realizadas a partir del 2019.

A la par, se muestreó durante los meses de febrero a julio en siete sitios de la ZMM con diferente grado de perturbación antropogénica el cual fue determinado con base en observaciones personales de acuerdo con los tipos de condiciones antropogénicas cercanas tanto urbanas como industriales, con el objetivo de analizar y comparar la presencia y ausencia de especies ícticas. Los sitios seleccionados para el presente estudio se enlistan a continuación indicando el grado de perturbación (Fig. 1):

- Sitio 1: Cañón de La Virgen (Perturbación nula)

Paraje que pertenece al río La Silla, ubicado al sur de la ciudad de Monterrey, próximo al Parque Natural “La Estanzuela”. Es una zona que se encuentra rodeada por fraccionamientos, aunque no muy próximos y es un sitio muy visitado por senderistas durante los meses de marzo a octubre por ser una ruta de fácil acceso y ascenso. Se incluyó dentro de los sitios de muestreo por la presencia de agua y porque existe una perturbación directa incipiente por factores antropogénicos, principalmente tomando en cuenta que no se han observado ni se tiene registro de descargas o residuos abundantes que pudiesen indicar una afectación química o que esté altamente contaminado.

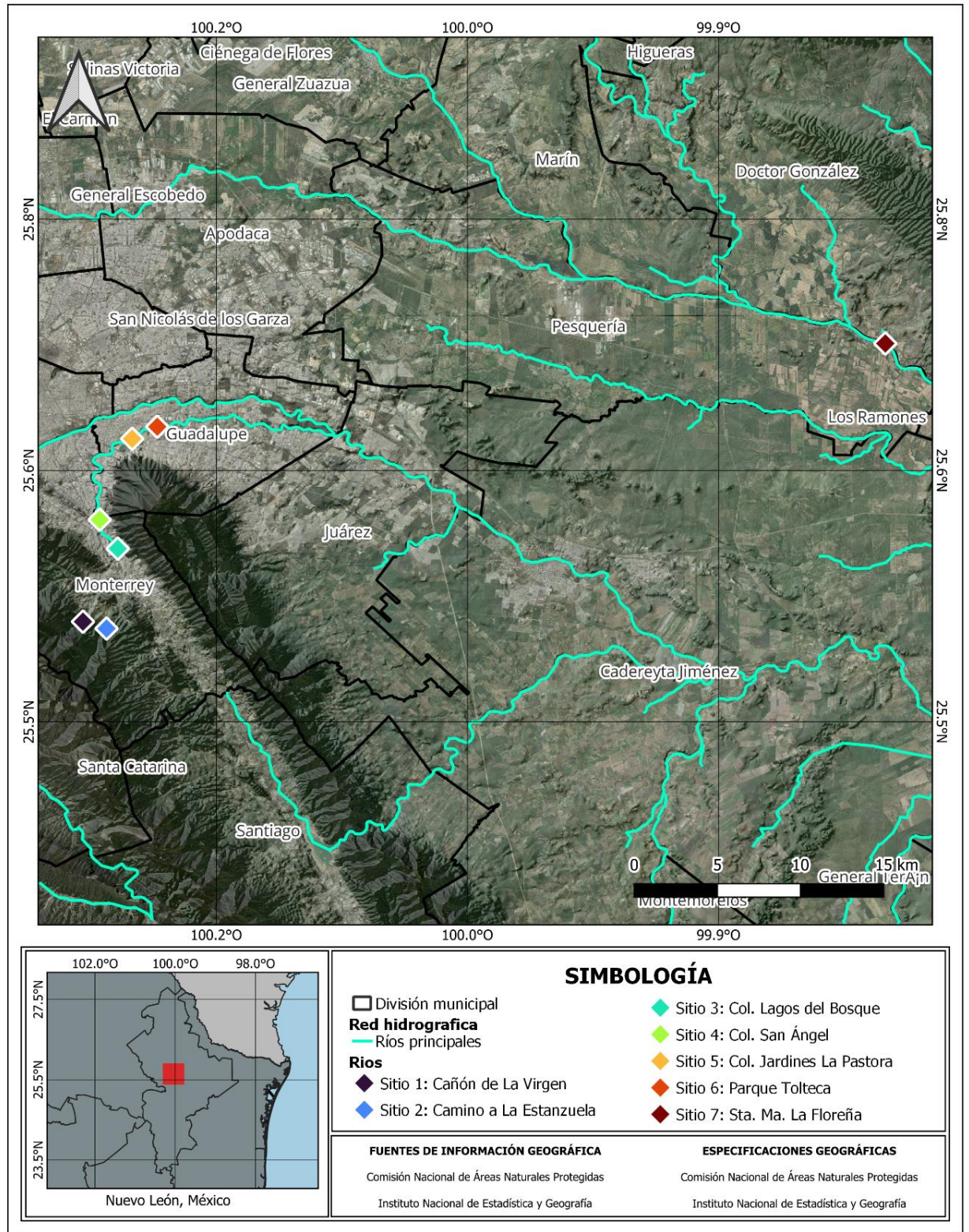


Figura 1. Mapa con los sitios de muestreo.

- Sitio 2: Camino a La Estanzuela “Antiguo camino a Valle Alto” (Perturbación muy baja)

El sitio de colecta está antes de llegar al Parque Natural “La Estanzuela”, junto un camino cercano a fraccionamientos y con flujo bajo pero constante de automóviles visitantes del parque. Al igual que el punto anterior, pertenece al río La Silla y este se trata de una pequeña poza que cruza por debajo del camino vehicular hacia la Estanzuela. Existe una acumulación de agua por escorrentía de las lluvias que persiste durante gran parte del año, por lo que tienden a concentrarse peces de diferentes especies.

- Sitio 3: Col. Lagos del Bosque (Perturbación baja)

El segundo punto de muestreo está dentro de la zona urbana del municipio de Monterrey, en la Col. Lagos del Bosque. Paralelo al río, en la zona de muestreo, se encuentra un corredor de concreto para permitir el tránsito de la gente, así como un parque público para uso recreativo. En el sitio no se observaron signos de contaminación como descargas directas, pero si es posible encontrar restos de basura entre la vegetación. Así mismo, la gente suele meterse en el agua o pasar el tiempo junto al río.

- Sitio 4: Col. San Ángel (Perturbación media)

El tercer punto se ubica en la Col. San Ángel en el municipio de Monterrey en el cual el río se encuentra bordeado por casas, así como el paso continuo de automóviles. Además, en el sitio se puede observar que es utilizado como depósito de basura y se puede percibir un olor fétido, probablemente producto de alguna fuga o descarga de agua residual.

- Sitio 5: Col. Jardines La Pastora (Perturbación media)

El cuarto punto se encuentra aledaño a la Col. Jardines La Pastora. En este punto, el río se encuentra bordeado por corredores de concreto en ambos lados, lo que hace que sea un sitio con alta frecuencia de gente que lo usa como camino en sus actividades cotidianas o también para uso recreativo. Aunado a esto, aproximadamente a 1 km, se encuentra el Parque La Pastora y el Estadio BBVA, dos sitios de mucha afluencia de gente, especialmente el Estadio BBVA donde son recurrentes los eventos masivos. A esta altura del río se han realizado distintos reportes sobre cambios en la coloración del río, así como

el derrame ilegal de diferentes industrias, por lo que se tiene un nivel de contaminación mayor en comparación de los sitios anteriores (Marroquín 2023; Pérez 2023).

– Sitio 6: Parque Tolteca (Perturbación media alta)

El Parque Tolteca se ubica en el municipio de Guadalupe, alrededor del río La Silla y se considera un área recreativa natural dentro de la conglomeración urbana. Cuenta con instalaciones para el esparcimiento familiar como áreas de juegos y asadores. Es un sitio ampliamente visitado por personas locales debido a la facilidad de llegada en transporte público, como el transmetro y diferentes rutas urbanas. Gracias a la afluencia de gente esta zona y por su ubicación, constantemente se puede percibir el río deteriorado por la alta presencia de basura, así como la incursión de fugas urbanas hacia el cuerpo de agua, proveniente de las casas-habitaciones aledañas (Pérez Valtierra, PA, *obs pers*).

- Sitio 7: Santa María La Floreña (Perturbación alta)

El séptimo punto es en el río Pesquería a la altura de la comunidad Santa María La Floreña en el municipio de Pesquería. Este sitio no se encuentra próximo a la zona urbana, sin embargo, se pueden observar distintos factores antropogénicos que pudiesen estar afectando al cuerpo de agua. Por ejemplo, la presencia de ganado, agricultura y de la industria cercana al sitio. Así mismo, el río Pesquería recibe el agua tratada de la planta de tratamiento de aguas residuales “Dulces Nombres”, la cual realiza el tratamiento al agua proveniente de la ZMM. Todas estas descargas y afectaciones por diferentes actividades antropogénicas hacen que se considere como el sitio que presenta mayor contaminación y, por lo tanto, perturbación, en comparación con los tres sitios anteriores.

Las colectas se llevaron a cabo en temporadas de lluvias y secas durante 2023-2024, se realizaron de dos a tres colectas en cada sitio utilizando diferentes artes de pesca como chinchorro (0.1” y 0.2”), red de malla (1”, 2”, 3” y 5”), atarraya (0.5”), trampas nazas y cucharas (0.1” y 0.2”).

Posteriormente, los individuos colectados fueron preservados en hielo hasta llegar al laboratorio, donde fueron congelados hasta que se realizó la identificación a nivel especie. En el caso de las especies nativas, se siguieron las claves dicotómicas incluidas en el libro “Peces dulceacuícolas de México” por Miller en el 2009. Para la identificación de *O.*

niloticus se utilizó las “Claves para la identificación de los peces de las aguas continentales e insulares de Costa Rica. Parte II: Cichliformes, Cichlidae (Mojarras, Guapotes, Tilapias y afines)” (Angulo y Gil-León, 2022). Las dos especies de plecos colectadas, se identificaron hasta el nivel taxonómico de género. De acuerdo con los listados de diversidad obtenidos durante los muestreos y los registros por parte de la Colección Ictiológica, se recabaron las especies a someter al APS.

Para evaluar si existe una relación significativa entre la presencia de especies nativas y exóticas con la perturbación de los sitios de muestreo, se realizó una prueba de Chi-cuadrada ($p>0.05$).

3. Obtención de información de productividad de las especies

Posterior a la colecta e identificación de los ejemplares, se realizó la búsqueda de la información correspondiente a los atributos de productividad (historia de vida y biología de la especie) que fueron obtenidos por medio de la consulta a distintas fuentes de información. Por ejemplo, la consulta a publicaciones arbitradas, artículos científicos y de divulgación, tesis, así como la consulta a expertos y a la revisión de la base de datos de la Colección Ictiológica de la UANL.

4. Modificación del APS

Se evaluó la vulnerabilidad relativa (v) de 14 especies dulceacuícolas de la ZMM obtenidas a través de muestreos en diferentes sitios de muestreo a través de la modificación del APS, basado en la susceptibilidad (s), es decir, como está especie puede ser afectada por un factor estresor externo y por su productividad (p), la capacidad de la especie o población para recuperarse basado en sus características de historia de vida.

El APS de Patrick et al. (2010) fue modificado para adecuarlo al análisis de un ecosistema dulceacuícola con especies sin importancia pesquera. Aunque la mayoría de los atributos de productividad no se alteraron en comparación con el análisis tradicional, se realizaron ajustes en las categorías de acuerdo con las características biológicas y de historia de vida de las especies obtenidas durante los muestreos (Tabla 1). En total, se seleccionaron cinco de los 10 atributos del análisis original: edad máxima, tamaño máximo, fecundidad, edad de madurez y nivel trófico. Asimismo, se agregaron atributos que fueran representativos de las características de productividad de los peces dulceacuícolas, como el desarrollo,

cuidado parental y ciclo reproductivo. Por otro lado, los atributos de crecimiento poblacional (r), el coeficiente de crecimiento de Von Bertalanffy (k), mortalidad natural (M), estrategia de crianza (breeding strategy) no fueron incluidos debido a la falta de estudios relacionados con las especies en cuestión.

A continuación, se describen los ajustes realizados para cada atributo:

- Desarrollo: Este atributo se consideró relevante para el análisis, ya que muchas especies dulceacuícolas presentan desarrollo directo sin estadios larvales, lo que les confiere una ventaja frente a aquellas que pasan por diferentes estadios larvales y que pueden estar expuestos a una mayor depredación (Miller 2009).
- Edad máxima: Los intervalos de edad máxima fueron ajustados para reflejar la longevidad característica de las especies ícticas evaluadas, que suelen tener ciclos de vida más cortos en comparación con otros peces (P.ej., peces cartilaginosos) (Miller 2009; Craig et al. 2017; Gómez-Márquez et al. 2024; Gómez 2025).
- Tamaño máximo: Los intervalos de tamaño fueron ajustados para adaptarse a las tallas máximas y mínimas de las especies dulceacuícolas de la ZMM. Este atributo está vinculado a la productividad y al rol ecológico de las especies dentro del ecosistema (Lennon y Parker 1960; Page y Burr 1991; Miller 2009; Simon et al. 2017; Froese y Pauly 2024).
- Nivel trófico: La categorización de este atributo no fue modificada debido a que se consideró que los intervalos representaban a las especies del área de estudio (Patrick et al. 2010). Sin embargo, se observó que las especies dulceacuícolas suelen ocupar niveles tróficos más bajos, ya que muchas de ellas funcionan como presas o se alimentan de materia vegetal, lo que es típico en estos ecosistemas (Froese y Pauly 2024).
- Reproducción: Se ajustó este atributo para representar los patrones reproductivos característicos de las especies dulceacuícolas, que suelen presentar ciclos de reproducción menores a un año (Milton y Arthington 1983; Miller 2009; Cook-Hildreth et al. 2016; Espinasa et al. 2022). Además, se consideró su relación con parámetros fisicoquímicos influenciados por la estacionalidad (Khallaf et al. 2003).

- **Edad de madurez:** Este atributo fue adaptado para reflejar que algunas de las especies dulceacuícolas evaluadas alcanzan la madurez sexual en menos de un año, lo que permite una contribución temprana al reclutamiento de la población (Wischnath, 1993; Schmitter-Soto, 1996).
- **Fecundidad:** Este atributo es clave en el análisis, ya que las especies con ciclos de vida más cortos suelen tener mayor fecundidad en comparación con especies de ciclos mas largos como por ejemplo peces cartilagosos. La fecundidad es esencial para evaluar la capacidad de mantener o incrementar su población y tener una referencia de cómo podrían responder las poblaciones a perturbaciones y estresores (Mejía-Mojica 1991; Etnier y Starnes 1993; Cook 2008).
- **Cuidado parental o superfetación:** Se consideró importante incluir este atributo, ya que el cuidado parental contribuye significativamente al éxito reproductivo, asegurando la supervivencia y eclosión de los huevos (FAO, 2009; Froese y Pauly, 2024; GISD, 2025). Así como la superfetación, en la que dos o más camadas en diferente desarrollo coexisten en una sola hembra (Miller, 2009; Frías Alvarez et al. 2014; Chávez-López et al. 2020).

Finalmente, se realizó un taller en línea donde se consultó a cuatro expertos de las áreas de taxonomía de especies dulceacuacuícolas, ecología de ecosistemas acuáticos, diversidad funcional, especies exóticas acuáticas, y alimentación y cultivos vivos, para la consulta sobre su conocimiento de las especies a evaluar y determinar en conjunto la ponderación de cada atributo en el análisis, es decir, el peso que tendría cada uno en la evaluación de las especies.

A cada atributo se le otorgó un peso o ponderación dentro del análisis de 2, que es el valor por default que toma en cuenta el software. A excepción de los atributos de fecundidad y cuidado parental que recibieron un peso de 4, dada su influencia directa en la productividad y supervivencia de las especies.

Tabla 1. Atributos productividad modificados de Patrick et al. 2010.

PRODUCTIVIDAD						
	Atributo	Descripción	Peso	ALTA (3)	MEDIA (2)	BAJA (1)
1	Desarrollo	<i>Se considera que una especie con desarrollo</i>	2	Desarrollo directo	1 fase larval	2 fases larvales

		<i>directo está relacionado a una alta productividad</i>				
2	Edad máxima	<i>Longevidad del organismo en condiciones naturales</i>	2	< 10 años	10 - 20 años	> 20 años
3	Tamaño máximo	<i>Relacionado con la productividad, peces de mayor tamaño tienden a tener baja productividad, aunque esta relación tiende a degradarse a niveles tróficos altos</i>	2	< 5 cm	5 - 20 cm	> 20 cm
4	Nivel trófico	<i>La posición trófica de una población en una comunidad grande de peces puede ser utilizada para inferir la productividad; bajo nivel trófico generalmente son más productivos que niveles tróficos altos</i>	2	< 2.5	2.5 - 3.5	> 3.5
5	Ciclo reproductivo	<i>Qué tanto se reproduce la especie en un año</i>	2	Todo el año	Estacionalmente	Solo 1
6	Edad a la madurez	<i>A qué edad el individuo se convierte en un organismo que pueda contribuir al reclutamiento de la especie</i>	2	< 1 año	1 - 5 años	> 6 años
7	Fecundidad	<i>El número de huevos o crías producidas por una hembra por desove o alumbramiento por periodo a la edad de la primera madurez sexual</i>	4	< 2000	1,000 - 2,000	> 1000
8	Cuidado parental	<i>Se asume que una especie con cuidado parental tiene mayor éxito reproductivo que respecto a una que no tiene</i>	4	Cuidado parental por parte de uno o dos progenitores aún después de la eclosión o la especie presenta superfetación	Cuidado parental por parte de uno o dos progenitores hasta el momento de la eclosión	No existe un cuidado parental por ninguno de los progenitores

Los atributos de susceptibilidad fueron modificados considerando los factores antropogénicos que ejercen presión sobre la fauna íctica en la ZMM, así como la capacidad de las especies para responder a estos factores (Tabla 2).

- **Traslapo y concentración geográfica:** Estos dos atributos se mantuvieron sin cambios respecto al trabajo de Patrick et al. 2010. Sin embargo, ambos atributos son clave para evaluar cómo la distribución de las especies influye en su interacción con los factores antropogénicos (Díaz-Pardo et al. 2016).

- **Importancia económica:** A pesar de que las especies incluidas en el análisis no tienen una importancia pesquera alta (Page y Burr 1991; CONABIO 2015), se pueden considerar relevantes debido a su rol en la pesca deportiva y/o recreativa, la investigación científica y el acuarismo (Borowsky 2008; Marengo-Cortés 2010; Protas y Jeffery 2012; Contraportada 2021). Considerar la relevancia económica de las especies es importante por que implica que estas pudieran tener afectaciones adicionales a los estresores como contaminación y cambio climático.
- **Origen:** Se decidió incorporar este atributo para evaluar los efectos negativos que las especies exóticas pueden tener sobre las nativas, incluyendo aumento de la competencia por recursos, depredación, transmisión de enfermedades o hibridación (Mendoza et al. 2007; Mendoza-Alfaro y Koleff-Osorio 2014; CONABIO 2017).
- **Migración:** Este atributo fue modificado para considerar que algunas especies realizan movimientos migratorios estacionales, lo cual puede influir en su interacción con factores antropogénicos (Miller 1962; Edwards 1977; Bonham 2022). Por ejemplo, estas migraciones pueden incrementar el riesgo de exposición a barreras físicas o contaminación en sus trayectos (Miller 2009; Díaz-Pardo et al. 2016).
- **Sensibilidad a la contaminación:** Este atributo evalúa la tolerancia de las especies a contaminantes presentes como metales pesados, aguas residuales, descargas industriales y derivados de la producción agrícola en el agua, que pueden repercutir directamente en su supervivencia (Sriuttha et al. 2017; Bonham 2022; Castro-Longoria et al. 2024; Córdova-Tapia et al. 2024). En algunos casos, la presencia o ausencia de una especie puede estar determinada por el nivel de contaminantes en el ambiente (Miller 2009; De la Lanza-Espino et al. 2000; Morales-Ortiz y Gutiérrez-Yurrita 2000).
- **Morfofisiología/resistencia ante sequía:** Se incluyó este atributo para destacar las adaptaciones de ciertas especies a la falta de agua, como estructuras que les permiten obtener oxígeno del aire atmosférico (Mendoza et al. 2007). Además, se consideró su susceptibilidad ante la disminución del nivel de agua en los cuerpos hídricos (Córdova-Tapia et al. 2024).

- **Parámetros físicoquímicos** (oxígeno disuelto, temperatura y salinidad): Se añadieron estos tres atributos (uno por cada parámetro) debido a su influencia en la presencia y distribución de las especies en los cuerpos de agua. La tolerancia de las especies a cambios en oxígeno disuelto, temperatura y salinidad es un indicador clave de su susceptibilidad a las condiciones ambientales (Schmitter-Soto 1996; Córdova-Tapia et al. 2024).
- **Estatus en el marco internacional y nacional:** Este atributo fue integrado porque las categorías de riesgo internacionales y nacionales ofrecen un panorama sobre el grado de amenaza que enfrentan las especies. Este marco permite identificar su susceptibilidad inherente y priorizar esfuerzos de conservación (Lyons et al. 2020).
- **Distribución:** La inclusión de este atributo se justifica porque las especies con una distribución limitada, como aquellas restringidas al noreste de México, tienen un mayor riesgo de extinción local en comparación con las especies distribuidas ampliamente en el país o en otros lugares (Díaz-Pardo et al. 2016)

Tomando en cuenta el conocimiento existente de las especies evaluadas y la consulta a expertos, se decidió que los atributos de susceptibilidad, afecten por igual a todas las especies de una forma moderada, dejándoles un peso de dos por default.

Tabla 2. Atributos de susceptibilidad modificados de Patrick et al. 2010.

SUSCEPTIBILIDAD						
Atributo		Descripción	Peso	BAJA (1)	MEDIA (2)	ALTA (3)
1	Traslape de área	<i>Extensión del traslape de área entre la distribución del organismo y la presencia de factores antropogénicos</i>	2	< 25% de la especie presente en el área de estudio	25 -50 % de la especie presente en el área de estudio	> 50% de la especie presente en el área de estudio
2	Concentración geográfica	<i>La extensión en la cual la población está concentrada en un área pequeña</i>	2	La especie está concentrada en un > 50% de su rango total en el país	La especie está concentrada en 25-50% de su rango total en el país	La especie está concentrada en < 25% en un rango total en el país
3	Importancia económica	<i>Si la especie es de importancia económica ya sea alimenticia o</i>	2	Especie con nula importancia económica	Especie con poca o media importancia económica	Especie de alta importancia económica

		<i>para pesca deportiva y/o recreativa</i>				
4	Origen	<i>Se considera que las especies exóticas invasoras son generalistas y poseen mayor adaptabilidad respecto a las especies nativas</i>	2	La especie está catalogada como exótica invasora en el sitio de estudio	La especie está catalogada como exótica en el sitio de estudio	La especie es nativa al sitio de estudio
3	Migración	<i>La especie realiza movimientos migratorios en el mismo cuerpo de agua por lo cual, afectaciones la interconectividad del río puede afectar estos movimientos</i>	2	La especie presenta movimientos migratorios estacionales fuera del cuerpo de agua de origen o de larga distancia	La especie realiza movimientos en el mismo cuerpo de agua o de distancia moderada	La especie no realiza movimientos migratorios
6	Sensibilidad a la contaminación	<i>Si la especie puede presentar cambios morfológicos, metabólicos, reproductivos, etológicos en condiciones de contaminación y en qué grado afecta a la especie</i>	2	La especie puede subsistir sin algún tipo de impedimento ante la presencia de contaminantes de origen antropogénico	La especie puede verse afectada ante la presencia de contaminantes, pero la población puede seguir subsistiendo	La especie es altamente sensible ante la presencia de contaminantes de origen antropogénico que incluso puede llevar a la extinción local
7	Morfofisiología/resistencia ante sequía	<i>Existen especies que presentan adaptaciones morfofisiológicas que les permiten la obtención del aire atmosférico, disminuyendo su susceptibilidad. Así mismo, los eventos de sequía pueden influir en la desaparición por completo del cuerpo de agua o a la disminución de por lo menos un 50% del nivel de agua</i>	2	La especie cuenta con características biológicas que le permita sobrevivir en condiciones de sequía u obtener oxígeno del aire atmosférico	La especie puede tolerar condiciones de sequía	La especie se ve altamente afectada ante cuestiones de sequía, no tiene ninguna adaptación para la obtención del oxígeno del aire atmosférico
8	Oxígeno disuelto	<i>El rango de tolerancia de la especie ante cambios bruscos de oxígeno disuelto</i>	2	La especie puede sobrevivir en condiciones altamente variables de oxígeno	La especie puede sobrevivir en condiciones variables medias de oxígeno	La especie no puede sobrevivir bajo condiciones variables de oxígeno disuelto

9	Status marco internacional/nacional	<i>A pesar de que es una categoría de carácter internacional o nacional, se toma en cuenta esta categoría.</i>	2	La especie no cuenta con ninguna categoría de riesgo en la IUCN o en la NOM-059 o se encuentra como Preocupación menor en la IUCN	La especie cuenta con alguna categoría de riesgo de la IUCN de las siguientes: Casi Amenazado, Vulnerable	La especie cuenta con alguna categoría de riesgo de la IUCN de las siguientes: No Evaluado, Datos Deficientes, Peligro, Peligro Crítico, Extinto en Estado Silvestre y Extinto. y/o cualquier categoría de la NOM-059
10	Distribución	<i>La distribución de la especie influye en su susceptibilidad, una especie endémica se considera en mayor riesgo</i>	2	La especie se encuentra distribuida en México y en otros países	La especie se encuentra distribuida solamente en México	La especie se encuentra distribuida en el noreste de México o es endémica (Coahuila, N.L. y Tamaulipas)
11	Tolerancia a cambios de temperatura	<i>El rango de tolerancia de la especie ante cambios bruscos de temperatura</i>	2	La especie presenta un rango amplio de tolerancia a los cambios de temperatura	La especie tiene un rango medio de tolerancia a los cambios de temperatura	La especie presenta un rango bajo de tolerancia a los cambios de temperatura
12	Salinidad	<i>El rango de tolerancia de la especie ante cambios bruscos de salinidad</i>	2	La especie presenta un rango amplio de tolerancia a los cambios de salinidad	La especie tiene un rango medio de tolerancia a los cambios de salinidad	La especie presenta un rango bajo de tolerancia a los cambios de salinidad

El índice de la calidad de la información modificado tomando como base el índice del análisis original, en el cual se categorizó la información de acuerdo con su origen. Los ajustes se realizaron para reflejar la variabilidad de los datos disponibles para cada especie y se incorporó en dos categorías la opinión de expertos en caso de la ausencia de información publicada en fuentes confiables como revistas científicas, libros o reportes técnicos (Tabla 3).

Tabla 3. Modificación del índice de la calidad de la información.

ÍNDICE DE LA CALIDAD DE LA INFORMACIÓN	
Puntaje	Descripción
1	Los mejores datos: La información se basa en los datos recopilados para la especie en la región de estudio en publicaciones de revistas arbitradas
2	Datos adecuados: Información de la especie con limitada cobertura para la especie en otras regiones del país en publicaciones de revistas arbitradas. Opinión de expertos.
3	Datos limitados: Estimaciones con alta variación y confianza limitada (Ej. revistas de divulgación, tesis etc.) del mismo taxón o región de estudio, a nivel género. Opinión de expertos.
4	Datos muy limitados: Estimaciones con alta variación y confianza limitada de amplia gama de especies diferentes, a nivel familia. Información no oficial de la especie y otro taxa u otras regiones o bajo condiciones de acuario.
5	Datos sin respaldo: No hay información.

Posterior a los cambios de atributos del análisis, la vulnerabilidad relativa se estimó calculando la distancia Euclidiana de cada especie a los valores de productividad y susceptibilidad en una gráfica de dispersión (Cortés et al. 2010), utilizando el software “Productivity and Susceptibility Analysis (PSA) - Version 1.3 Documentation” proporcionado por la NOAA Fisheries, que utiliza la siguiente fórmula

$$v = \sqrt{(p-3)^2 + (s-1)^2}$$

De acuerdo con el valor de vulnerabilidad relativa (v) obtenida, se dispone en tres categorías: Baja ($v < 1$), moderada ($v = 1$ a 2) y alta ($v > 2$), obtenidas con la productividad (p) y la susceptibilidad (s).

Ante la falta de información de algunos atributos de productividad y susceptibilidad de algunas especies, se tomó de referencia información de otras especies del mismo género, disminuyendo con ello el índice de la calidad de la información utilizada (Tabla 4).

Tabla 4. Especies del mismo género de las que se usó la información, al haber un vacío en las especies de estudio.

ORIGEN DE LA INFORMACIÓN

Especie	Especies de las que se utilizó información
<i>Cyprinella rutila</i>	<i>C. lutrensis</i>
<i>Dionda melanops</i>	<i>D. argentosa</i> <i>D. diaboli</i> , <i>D. episcopa</i> y <i>D. nigrotaeniata</i>
<i>Hypostomus</i> sp.	<i>H. plecostomus</i>
<i>Alburnops braytoni</i>	<i>N. amabilis</i> , <i>N. buccula</i> , <i>N. stramineus</i> , <i>N. scepticus</i> y <i>N. oxyrhynchus</i>
<i>Pterygoplichthys</i> sp.	<i>P. pardalis</i>
<i>Xiphophorus variatus</i>	<i>X. maculatus</i>

RESULTADOS

1. Listado taxonómico

Durante los muestreos se obtuvieron 14 especies (Tabla 5), de las cuales siete son nativas y siete exóticas. De las especies nativas solo tres se encuentran enlistados en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo alguna categoría de riesgo, como lo es: *Cyprinella rutila* (A), *Dionda melanops* (P) y *Alburnops braytoni* (A). Así mismo, la especie con más presencia entre los sitios de muestreo fue la sardinita mexicana (*Astyanax argentatus*). El análisis estadístico se obtuvo que no existe diferencia significativa ($p > 0.05$; $\chi^2 = 6.53$, gl=6, $p = 0.37$), indicando que no hay evidencia estadística que nos permita afirmar que la presencia de especies nativas y/o exóticas esté en relación con el sitio de muestreo (Fig.2).

Tabla 5. Listado de especies obtenidas durante los muestreos. Se enlista el origen, la categoría dentro de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) y dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010. A = Amenazada; P = En peligro de extinción; N/A = No aplica.

Nombre común	Especie	Origen	IUCN	NOM-059-SEMARNAT-2010
Sardinita mexicana	<i>Astyanax argentatus</i>	Nativa	Preocupación menor	N/A
Rodapiedras del centro	<i>Camptostoma pullum</i>	Nativa	Preocupación menor	N/A
Carpita regiomontana	<i>Cyprinella rutila</i>	Nativa	Datos deficientes	A
Carpa manchada	<i>Dionda melanops</i>	Nativa	Datos deficientes	P
Mojarra norteña	<i>Herichthys cyanoguttatus</i>	Nativa	Preocupación menor	N/A
Pleco sudamericano	<i>Hypostomus</i> sp.	Exótica	Preocupación menor	N/A
Carpita tamaulipeca	<i>Alburnops braytoni</i>	Nativa	Preocupación menor	A
Tilapia del Nilo	<i>Oreochromis niloticus</i>	Exótica	Preocupación menor	N/A
Topote del Atlántico	<i>Poecilia mexicana</i>	Nativa	Preocupación menor	N/A
Guatopote jarocho	<i>Poeciliopsis gracilis</i>	Exótica	Preocupación menor	N/A
Guatopote manchado	<i>Pseudoxiphophorus bimaculatus</i>	Exótica	Preocupación menor	N/A
Pleco	<i>Pterygoplichthys</i> sp.	Exótica	Preocupación menor	N/A
Cola de espada	<i>Xiphophorus hellerii</i>	Exótica	Preocupación menor	N/A
Espada de valles	<i>Xiphophorus variatus</i>	Exótica	Preocupación menor	N/A

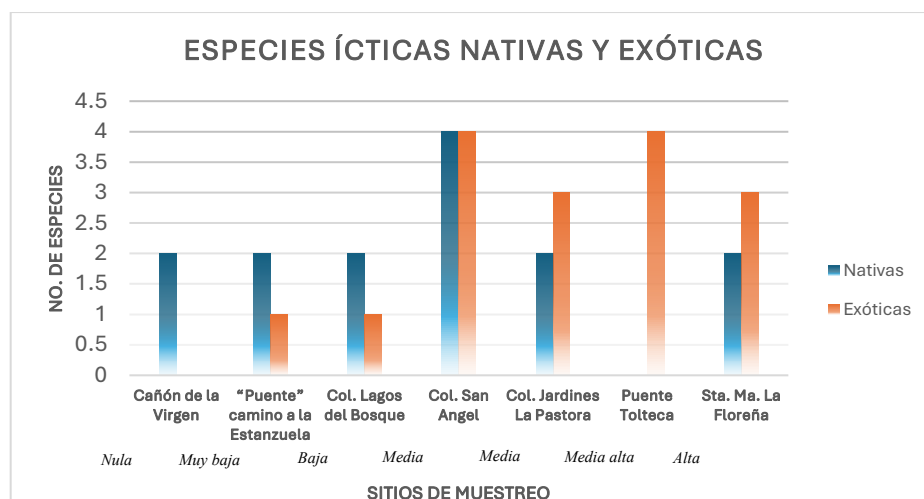


Figura 2. Relación entre el número de especies nativas y exóticas respecto a los sitios de muestreo. Debajo de cada sitio se incluye el grado de perturbación en *itálicas*.

2. Resultados del APS

Respecto a los valores de productividad, la mayoría de las especies sometidas al análisis fueron asignadas a la categoría alta ($p > 2$) siendo la más productiva *Poeciliopsis gracilis* (2.62) y la especie con menor productividad fue *Alburnops braytoni* (1.75). Los valores de susceptibilidad oscilan del 1.17 al 2.67, las cuales se consideran de medio a alto. La especie con menor susceptibilidad fue *Pterygoplychthys* sp. (1.17) y las especies consideradas con susceptibilidad alta fueron *Campostoma pullum* (2.8), *Cyprinella rutila* (2.25), *Alburnops braytoni* (2.42) y *Dionda melanops* (2.67) (Tabla 6).

Tabla 6. Valores de productividad (p), susceptibilidad (s) y vulnerabilidad relativa (v) por especie. La categoría de vulnerabilidad relativa se indica en color verde (baja) y amarilla (moderada).

No.	Código	Nombre común	Nombre científico	p	s	v	Categoría (v)
1	Am	Tetra mexicano	<i>Astyanax argentatus</i>	2.12	1.58	1.05	Baja
2	Cr	Carpita regiomontana	<i>Cyprinella rutila</i>	2	2.25	1.6	Baja
3	Ca	Rodapiedras del centro	<i>Campostoma pullum</i>	2	2.08	1.47	Baja
4	Dm	Carpa manchada	<i>Dionda melanops</i>	2	2.67	1.94	Media
5	Hc	Mojarra norteña	<i>Herichthys cyanoguttatus</i>	2.25	1.83	1.12	Media
6	Hy	Pleco sudamericano	<i>Hypostomus</i> sp.	2.12	1.33	0.94	Media
7	Ab	Carpita tamaulipeca	<i>Alburnops braytoni</i>	1.75	2.42	1.89	Baja

8	On	Tilapia del Nilo	<i>Oreochromis niloticus</i>	2	1.42	1.08	Media
9	Pm	Topote del Atlántico	<i>Poecilia mexicana</i>	2.5	1.58	0.77	Media
10	Pg	Guatapote jarocho	<i>Poeciliopsis gracilis</i>	2.62	1.33	0.5	Media
11	Pb	Guatapote manchado	<i>Pseudoxiphophorus bimaculatus</i>	2.12	1.58	1.05	Media
12	Ps	Pleco del Amazonas	<i>Pterygoplichthys</i> spp.	2.12	1.17	0.89	Media
13	Xh	Cola de espada	<i>Xiphophorus hellerii</i>	2.12	1.75	1.15	Media
14	Xv	Espada de valles	<i>Xiphophorus variatus</i>	2	1.83	1.3	Media

En conjunto, la productividad y la susceptibilidad dieron valores de vulnerabilidad relativa que oscilan entre 0.89 y 1.94, categorizándolos en baja y media. Las especies con la vulnerabilidad relativa más baja fueron *Poeciliopsis gracilis* (0.5), *Poecilia mexicana* (0.77), *Pterygoplichthys sp.* (0.89) e *Hypostomus plecostomus* (0.94), mientras que las especies con mayor vulnerabilidad relativa fueron *Campostoma pullum* (1.47), *Cyprinella rutila* (1.6), *Alburnops braytoni* (1.89) y *Dionda melanops* (1.94) (Fig. 3).

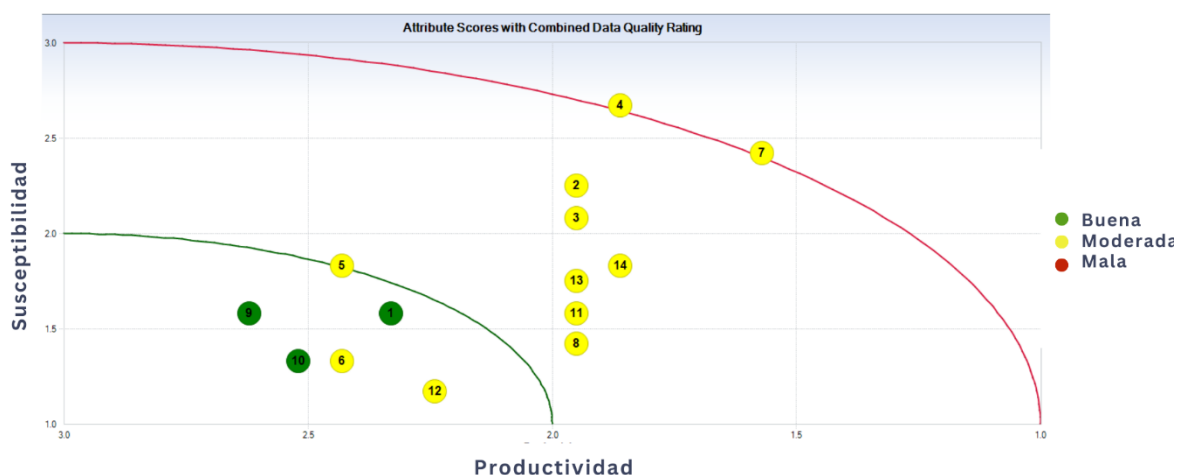


Figura 3. Grado de vulnerabilidad relativa de las especies. 1 (*Astyanax argentatus*), 2 (*Cyprinella rutila*), 3 (*Campostoma pullum*), 4 (*Dionda melanops*), 5 (*Herichthys cyanoguttatus*), 6 (*Hypostomus* sp.), 7 (*Alburnops braytoni*), 8 (*Oreochromis niloticus*), 9 (*Poecilia mexicana*), 10 (*Poeciliopsis gracilis*), 11 (*Pseudoxiphophorus bimaculatus*), 12 (*Pterygoplichthys* spp.), 13 (*Xiphophorus hellerii*) y 14 (*Xiphophorus variatus*). El color de los círculos indica la calidad del origen de los datos.

DISCUSIÓN

1. Listado taxonómico

Durante los muestreos se obtuvieron 14 especies de las cuales el 50% de las especies obtenidas son consideradas EEI, lo que es un indicador de la salud de los ecosistemas acuáticos de la ZMM, pudiendo representar un cambio en la estructura original de la comunidad íctica (Bramblett y Fausch 1991). Es posible que los hábitats se encuentren lo suficientemente perturbados por distintos factores antropogénicos que propicie la introducción y establecimiento de las EEI (Mendoza-Alfaro y Koleff-Osorio 2014). El Noreste de México es una región en la que la fauna íctica nativa se encuentra bajo presión por la contaminación antropogénica de los ambientes acuáticos, los eventos de sequía prolongados y la baja captación de agua, así como la introducción de las EEI (Lozano-Vilano y García-Ramírez 2014). Es una posibilidad de que a pesar de que las especies exóticas puedan proliferar o tengan preferencia por ambientes perturbados (Mendoza-Alfaro y Koleff-Osorio 2014), esta tendencia no se haya reflejado en nuestro resultado a causa de un tamaño de muestra reducido.

En los sitios donde se distribuyeron más EEI también están distribuidas las especies nativas que presentaron una mayor vulnerabilidad. Además de las condiciones propias de las especies nativas que las hace tener una vulnerabilidad relativa alta, la presencia de las EEI también es un factor que influye de manera importante en la susceptibilidad de estas especies. Algunos efectos que tienen las EEI sobre la fauna nativa son la competencia por los recursos, así como la depredación sobre los estadios juveniles, lo que provoca una disminución poblacional e incluso extirpación de la especie nativa (Mendoza-Alfaro y Koleff-Osorio 2014).

2. Vulnerabilidad de peces dulceacuícolas

Como resultado del APS, se obtuvo que el 38.46% de las especies presentaron una vulnerabilidad relativa baja, entre las cuales destacan *Astyanax argentatus*, *Poecilia mexicana* y *Poeciliopsis gracilis* como las únicas especies con buen índice de la calidad de la información. Esto debido a que son especies de interés científico o amplia distribución geográfica (Miller 2009). Sin embargo, las especies que fueron catalogadas con vulnerabilidad relativa media y alta (46.15% y 15.38% de las especies estudiadas,

respectivamente) tuvieron un índice de la calidad de la información moderado, ya que el origen de esta fue de otras regiones e incluso de otras especies del mismo género (ver anexos).

Astyanax argentatus fue la única especie que se colectó en todos los sitios de muestreo, lo que podría sugerir que es una especie de alta tolerancia y resistente a diferentes grados de perturbación. No obstante, se ha reportado que la especie es muy sensible al deterioro del hábitat (Morales-Ortiz y Gutiérrez-Yurrita 2000), aunque *A. argentatus* no tiene ninguna estrategia de manejo sustentable debido en parte a que no está decretada en ninguna normativa internacional o nacional. Es conveniente señalar que a pesar de que se encontró en el sitio de mayor perturbación (río Pesquería) se encontró solamente un individuo, lo que podría resultar como un evento aislado generado por las lluvias recientes en el estado, o ser indicativo de que *A. argentatus* puede proliferar en ambientes altamente degradados. En los resultados del APS, *A. argentatus* fue de las especies más productivas y presentó un valor de vulnerabilidad relativa media, lo cual indica que no es una especie que pueda verse muy afectada por los distintos factores antropogénicos que inciden en los cuerpos de agua de la ZMM.

La especie nativa *Campostoma pullum* fue únicamente encontrada en el río La Silla, a la altura de la Col. Lagos del Bosque, que es uno de los sitios con menor perturbación del muestreo. *C. pullum* puede proliferar en ambientes degradados donde la turbidez fluctúa por la agricultura y la erosión (McKee y Parker, 1982). Sin embargo, los ambientes degradados pueden afectar negativamente la estrategia de historia de vida como la reproducción, en comparación con el efecto sobre aquellas especies que se encuentran en sitios menos perturbados (Dehner et al. 2009) (ver anexos). Así mismo, *C. pullum* posee movimientos migratorios locales antes y después de la época de reproducción (Miller 1962), motivo que podría explicar que no se haya encontrado en otros sitios de muestreo. En el APS, se categorizó como una especie de vulnerabilidad relativa media a pesar de su alta susceptibilidad, por lo que los resultados sugieren que la alta productividad (nivel trófico de 2 y ciclo de vida corto) (ver anexos) tiene un mayor impacto para disminuir su vulnerabilidad relativa. Aun así, este resultado se debe de tomar con cautela debido al índice de la calidad de la información utilizada, la cual fue moderada debido a que la

mayoría de la información es de otros sitios y se recomienda analizar a la especie en la región de estudio.

Otra especie nativa obtenida durante el muestreo fue la carpita regiomontana (*Cyprinella rutila*), especie endémica del noreste de México y que actualmente se encuentra incluida como “Amenazada” dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 2010) y como “Datos Deficientes” por la IUCN (Domínguez 2019). Lo interesante de este registro es que fue colectada en el río Pesquería, cuerpo de agua sumamente degradado por distintos tipos de contaminación (SEMARNAT y CONAGUA 2023), lo que pudiera indicar que a pesar de su alta susceptibilidad (ver anexos) por ser una especie con distribución muy limitada (Fricke et al. 2024), la especie puede encontrarse en un ecosistema perturbado y en convivencia con especies exóticas como *Oreochromis niloticus* y *Poeciliopsis gracilis* gracias a su alta productividad que le confiere un ciclo de vida corto, tamaño máximo pequeño y que llegan rápidamente a la madurez sexual permitiendo aportar nuevos individuos a la población (Carlander 1997; Farringer et al. 1979; Miller 2009). Es importante destacar que no hay información de las estrategias de historia de vida de *C. rutila*, por lo que se utilizó la información disponible de *C. lutrensis*, incluyendo durante el análisis la disminución del índice de calidad de la información, por lo cual existe la posibilidad de que el valor de vulnerabilidad relativa para *C. rutila* sea diferente al obtenido en este estudio. La especie *C. lutrensis* es una especie nativa del noreste de México, pero se considera exótica invasora en otros estados del país y de E.U.A, en donde se sabe que tiene preferencia por zonas perturbadas (GISD 2016).

De entre todas las especies evaluadas, la que tuvo mayor vulnerabilidad relativa fue *Dionda melanops*, aún así, presentando un grado de riesgo moderado. A pesar de que no es un valor de vulnerabilidad relativa alto, es posible que esta especie sea más sensible a los factores ambientales adversos (De la Lanza-Espino et al. 2000). Esta especie también se encuentra en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo la categoría “En Peligro de Extinción” (DOF 2010) y en la IUCN como “Datos Deficientes”. Del mismo modo que con *C. rutila*, *D. melanops* tampoco ha sido ampliamente estudiada en el país, por lo que en el análisis se tuvo que utilizar información de otras especies del mismo género como *D. episcopa* o *D. diaboli*, aumentando la incertidumbre del resultado obtenido y la

posibilidad de subestimar la vulnerabilidad relativa de la especie. Es recomendable estudiar a esta especie en la región para la obtención del conocimiento de estrategias e historia de vida.

La segunda especie con mayor vulnerabilidad relativa fue *Alburnops braytoni*, la cual presentó alta susceptibilidad, pero es la de productividad más baja. Esta especie puede ser catalogada como un indicador de una buena salud del ecosistema ya que solamente se encontró en el sitio con menor perturbación, en una ruta de senderismo. Es considerada una especie frecuente pero poco abundante y que es utilizada como indicador de la calidad del agua por sus requerimientos ecológicos (Aceves-Monárrez et al. 2004). Los factores que más perjudican a esta especie son la contaminación y la modificación del hábitat por obras hidráulicas y la introducción de especies exóticas (Soto-Galera y Alcántara-Soria 2007). En el caso de esta especie, existe más literatura en comparación con las especies anteriores, sin embargo, los atributos edad máxima, edad a la madurez y tolerancia a la salinidad se utilizó información correspondiente a diferentes especies del género *Notropis* (Harrell y Cloutman 1978; Ostrand y Wilde 2001; Craig et al. 2017).

Durante el estudio se evaluaron dos cíclidos, la mojarrita nortea (*Herichthys cyanoguttatus*) nativa de México, la cual obtuvo una vulnerabilidad relativa media, y la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), especie altamente invasiva y ampliamente introducida en el país debido a su aplicación en la acuicultura (CONABIO 2014), que presentó también una vulnerabilidad relativa baja. Por pertenecer a la misma familia, es posible que *O. niloticus* incremente la competencia por recursos con *H. cyanoguttatus* y que esta se vea desplazada (CONABIO 2014). *O. niloticus* solo se encontró en el río Pesquería. Sin embargo, durante el primer muestreo en el sitio se observaron decenas de tilapias muertas a lo largo del cauce cuya causa no fue determinada, lo cual no fue observado durante las siguientes salidas que fueron realizadas en el mismo año. Esto puede indicar variaciones en la salud del ecosistema y cómo los distintos factores (contaminación, EEI, disminución del volumen de agua) pueden estar ejerciendo presión sobre las comunidades ícticas

En el caso de pez diablo, el primer registro oficial para el noreste de México fue en la Presa Falcón en Tamaulipas correspondiente a (*Pterygoplichthys disjunctivus*) (Lozano-

Vilano y García-Ramírez 2014). Sin embargo, en los muestreos realizados en el río La Silla se obtuvieron dos géneros diferentes *Pterygoplichthys* sp. e *Hypostomus* sp. Aunque no se logró la identificación a nivel de especie, es posible que los individuos pertenecientes al género *Pterygoplichthys* sp. sean *P. pardalis* o *P. disjunctivus* ya que son las que más se observan en el país (Ayala-Pérez et al. 2015). Respecto al género *Hypostomus*, es posible que corresponda a la especie *H. plecostomus*. Sin embargo, esto no se puede aseverar debido a que su identificación taxonómica es confusa (Mendoza et al. 2007). Los valores de vulnerabilidad relativa de los plecos fueron similares, ubicándolos en la categoría baja, los cuales son conocidos por ser altamente invasivos (Mendoza-Alfaro y Koleff-Osorio 2014).

Las dos especies del género *Xiphophorus* evaluadas también son exóticas en el estado y ambas tuvieron valores de vulnerabilidad relativa media. Estas se encontraron en sitios con distintos grados de perturbación y la problemática que se puede presentar es debido a la alta probabilidad de que exista hibridación de estas con las especies nativas, como ya se ha reportado en otras regiones (Aguilera-González y Montemayor-Leal 1996).

Las especies con vulnerabilidad relativa baja fueron *Poeciliopsis gracilis* y *Poecilia mexicana*. La especie nativa *P. mexicana* está ampliamente distribuida y habita diferentes tipos de ecosistemas, incluso en sitios severamente contaminados por diferentes factores como descargas residuales e industriales y es altamente tolerante a variaciones de temperatura, oxígeno y salinidad (Córdova-Tapia et al. 2024). Respecto a *P. gracilis*, esta es una especie exótica en la ZMM con distribución natural al sur del país, se caracteriza por tener un ciclo de vida bastante corto, superfecundación y la capacidad de reproducirse durante todo el año, lo cual le confiere un éxito reproductivo alto en comparación con las especies nativas (Bello-Rivera et al. 2007).

Además de la vulnerabilidad relativa obtenida en el APS, los resultados de este estudio permiten distinguir las especies que son prioritarias en investigación, *C. rutila* y *D. melanops*, de las cuales se tiene muy poco conocimiento sobre su biología y ecología. Estas son endémicas al noreste de México (Fricke et al. 2024) y a causa de esta distribución tan restringida respecto a las otras especies evaluadas, podemos considerarlas altamente susceptibles a las variaciones en su hábitat. Asimismo, son especies que pueden

fungir como bioindicadores, ya que su presencia puede ser un reflejo de la buena calidad del ecosistema (De la Lanza-Espino et al. 2000).

Debido a la información utilizada los resultados no representan en su totalidad el panorama actual de la diversidad y vulnerabilidad relativa íctica de la ZMM debido a la carencia de información base o de historia de vida que tenemos sobre nuestras especies. El índice de la calidad de la información sometida al APS, repercute de manera directa en la confiabilidad del resultado. Sin embargo, los resultados sí permiten dilucidar, aunque no de manera certera, las especies que pueden estar siendo más afectadas por la presión que ejercen los factores antropogénicos sobre los cuerpos de agua.

CONCLUSIÓN

El análisis de las especies ícticas muestreadas en la Zona Metropolitana de Monterrey resalta la interacción entre factores antropogénicos y la ictiofauna. De las 14 especies registradas, la presencia del 50% como EEI puede indicar la degradación de nuestros cuerpos de agua, y cómo su presencia puede representar una amenaza para la sobrevivencia de especies nativas con rangos de distribución limitados.

Especies como *Campostoma pullum* y *Cyprinella rutila*, aunque pudiesen estar adaptadas a ambientes degradados, muestran una mayor susceptibilidad debido a su limitada tolerancia a perturbaciones y la competencia con EEI. Su inclusión la NOM-059-SEMARNAT-2010 resalta su importancia como especies indicadoras de la salud ambiental y la necesidad de implementar medidas específicas para su preservación.

Por otro lado, especies como *Dionda melanops* y *Alburnops braytoni*, categorizadas con una vulnerabilidad relativa media-alta, pueden necesitar atención prioritaria. La falta de información específica sobre sus estrategias de historia de vida dificulta su evaluación; sin embargo, su presencia en sitios de menor perturbación refuerza su utilidad como bioindicadores. Las EEI *Oreochromis niloticus*, *Pterygoplichthys* spp. e *Hypostomus* spp. son altamente invasivas y debido a que sus vulnerabilidades relativas son bajas, el impacto negativo que puedan causar sobre la fauna nativa enfatiza la necesidad de monitorear estas poblaciones y establecer programas de erradicación y control.

El APS permitió identificar patrones de productividad y susceptibilidad que reflejan la resiliencia entre especies nativas y exóticas. Aunque no pudo ser comprobado en este estudio, es posible que las EEI sean favorecidas por los factores antropogénicos que ejercen presión sobre la ZMM. Asimismo, las especies nativas continúan mostrando una resistencia que podría ser insostenible a largo plazo debido a la intensidad con la que estos factores están incidiendo directamente sobre los cuerpos de agua.

Cabe resaltar la importancia de la adaptación de herramientas rápidas como el APS, el cual permitió obtener una visión general de la situación actual de la ictiofauna de la ZMM. El APS proporcionó información sobre la interacción de la diversidad íctica con los diferentes factores de presión y cómo estas especies podrían responder ante ellos. Además, este estudio muestra que el APS modificado puede ser utilizado para la evaluación de otros grupos taxonómicos que sean afectados por uno o diversos factores externos, tomando en cuenta las modificaciones correctas y evitando la posible subjetividad y redundancia que logre disminuir el grado de incertidumbre.

Los resultados de este estudio destacan la importancia de la necesidad de implementación de estrategias de restauración de cuerpos acuáticos, control de EEI y políticas de gestión del recurso hídrico adecuadas, con el fin de garantizar la conservación de la biodiversidad íctica de la región.

Además, es de suma importancia que estas medidas sean con base en la generación de conocimiento base sobre estas especies para la correcta implementación de estrategias de manejo, ya sea desde un enfoque precautorio hasta de restauración, resaltada esta importancia con el amplio vacío de información biológica y ecológica de las especies de peces dulceacuícolas, encontrado durante el desarrollo de este estudio.

PERSPECTIVAS

Con base en los resultados de este trabajo, es necesario que los estudios biológicos y ecológicos se centren en las especies *C. rutila*, *D. melanops* y *C. pullum*, ya que gran parte de la información sometida al análisis fue obtenida de otras especies.

El estudio de vulnerabilidad relativa arrojó que se necesitan tomar acciones para el control de especies exóticas (*Hypostomus* sp., *O. niloticus*, *P. gracilis* y *Pterygoplichthys* spp.) así como establecer estrategias de manejo para la conservación de las especies (*C. rutila*, *D. melanops* y *C. pullum*).

Es importante impulsar los estudios ecosistémicos y ecológicos de los cuerpos de agua de la ZMM con base en los grandes vacíos de información biológica y ecológica encontrados en este trabajo independientemente de la especie.

La plausibilidad del uso de este tipo de herramientas rápidas, como el APS, adaptadas a condiciones distintas permite recomendar la exploración del uso de este análisis para otro tipo de estresores externos, así como de otros ecosistemas.

Finalmente, la comparación entre especies nativas y exóticas en cada uno de los sitios de muestreo resalta la necesidad de tomar acciones para la evaluación y restauración del hábitat en el río La Silla y río Pesquería, así como tomar medidas urgentes que limiten e impidan la introducción a los ecosistemas de las EEI.

BIBLIOGRAFÍA

- Aceves-Monárrez J, Lujan-Godinez R, Pérez-Orona C, Ramírez-López A, Rascón-Mendoza, LA, Flores O, Garay-Peña F, Gónzales-Salazar M, Guerra-Alvarez D, Martínez-Serratos G, Ramírez-Almaraz S, Bryant G, Davis J, Drogolewicz D, Harrison B, Kolbe C, Miranda R, Ottmers D, Petrick D, Rogers A, Forsythe J, Purchase C, John F, Vaughan M, Vasquez L, Borunda D, Lee J, Little D, McKenna Y, Waggoner S, Ybarra B. 2004. Third Phase of the Binational Study Regarding the Presence of Toxic Substances in the Upper Portion of the Rio Grande/Rio Bravo Between the United States and Mexico. Final report. pp 142.
- Aguilera-González MC, Montemayor-Leal J. 1996. Conservación en cautiverio de peces amenazados del noreste de México. Informe global del Proyecto G005. CONABIO. México. pp 157.
- Amador del Ángel LE, Guevara-Carrió EdelC, Brito-Pérez R, Endañú-Huerta E. 2014. Aspectos biológicos e impacto socio-económico de los plecos del género *Pterygoplichthys* y dos cíclidos no nativos en el sistema fluvio lagunar deltaico Río Palizada, en el Área Natural Protegida Laguna de Términos, Campeche. Universidad Autónoma del Carmen. Centro de Investigación de Ciencias Ambientales. Facultad de Ciencias Naturales. Informe final SNIB-CONABIO Ficha técnica pez diablo *Pterygopllchthys pardalis*, proyecto No. GN004 México D. F. pp 21.
- Angulo A, Gil-León JS. 2022. Claves para la identificación de los peces de las aguas continentales e insulares de Costa Rica. Parte II: Cichliiformes, Cichlidae (Mojarras, Guapotes, Tilapias y afines). UNED Research Journal, 14(2): 25.
- Arevalo-Rivera EY, Gómez-Pérez IM, Gómez-Ramírez E, Rodríguez-Caicedo D, Hurtado-Giraldo H. 2010. Estudio Preliminar de la Relación del Tamaño Corporal y la Maduración Testicular de *Xiphophorus hellerii* (Heckel, 1948). Revista Facultad de Ciencias Básicas, 6(2): 226–239.
- Armbruster JW. 2023. *Hypostomus plecostomus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2023, [Online]. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.20231.RLTS.T176017246A176017284.en>.

- Austin B. 1999. The effects of pollution on fish health. *Journal of Applied Microbiology Symposium Supplement*, 85(28): 234-242.
- Ayala-Pérez LA, Martínez-Romero GE, González-Terán GJ, Rodríguez-Vega BI. 2015. El pex diablo en México: Guía para administradores y usuarios de recursos pesqueros. Universidad Autónoma Metropolitana. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). Programa de Conservación de Especies en Riesgo (PROCER). México D. F. pp. 63.
- Barletta M, Saint-Paul U, Barletta-Bergan A, Ekau W, y Schories D. 2000. Spatial and temporal distribution of *Myrophis punctatus* (Ophichthidae) and associated fish fauna in a northern Brazilian intertidal mangrove forest. *Hydrobiologia*, 426(3), 65–74. DOI: 10.1023/A:1003939000270.
- Baumann DP, Ingalls A. 2022. Mexican tetra (*Astyanax mexicanus*): Biology, husbandry, and experimental protocols. In: *Laboratory Fish in Biomedical Research: Biology, Husbandry and Research Applications for Zebrafish, Medaka, Killifish, Cavefish, Stickleback, Goldfish and Danionella translucida* D'Angelo L and De Girolamo P (eds). Academic Press, Elsevier: Reino Unido. pp. 311–347.
- Bello-Rivera JM, Castañeda-Ortega JC, y Hernández-Castellanos B. 2007. Aspectos biológicos y ecológicos del Guatopote jarocho *Poecilopsis gracilis* (Heckel, 1848), pez dulceacuícola de México. *Bioagrociencias*, 17(2), 74–80.
- Birkhead WS. 1980. *Cichlasoma cyanoguttatum* (Baird and Girard) Rio Grand Perch. En Lee, D.S., Gilbert, C. R., Hocutt, C. H., Jenkins, R. E., McAllister, D. E. y Stauffer Jr., J. R. (Eds) *Atlas of North American Freshwater fishes*. North Carolina Museum of Natural History. North Carolina, pp. 867.
- Bonham V. 2022. *Oreochromis niloticus* (Nile tilapia). CABI Compendium. Disponible en: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.1079/cabicompendium.72086>. Consultado el: 03 de marzo de 2025.
- Borowsky R. 2008. *Astyanax mexicanus*, the Blind Mexican Cave Fish: A Model for Studies in Development and Morphology. *Cold Spring Harbor Protocols*, 3(11), 1001-1005.

- Bramblett RG y Fausch KD. 1991. Variable Fish Communities and the Index of Biotic Integrity in a Western Great Plains River. *Transactions of the American Fisheries Society*, 120(6), 752–756.
- Buchanan TM. 1971. The reproductive ecology of the Rio Grande cichlid, *Cichlasoma cyanoguttatum* (Baird and Girard). Tesis de doctorado. The University of Texas. Texas. pp 70.
- Cagatin-Jumawan J, Aliga-Herrera A, y Vallejo-Jr B. 2014. Embryonic and larval development of the suckermouth sailfin catfish *Pterygoplichthys pardalis* from Marikina river, Philippines. *EurAsian Journal of BioSciences*, 8, 38–50.
- Capps KA, Nico LG, Mendoza-Carranza M, Arévalo-Frías W, Ropicki AJ, Heilpern SA, y Rodiles-Hernández R. 2011. Salinity tolerance of non-native suckermouth armoured catfish (Loricariidae: *Pterygoplichthys*) in south-eastern Mexico: Implications for invasion and dispersal. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 21(6), 528–540.
- Carbajal-Becerra O, Olvera-Rodríguez KJ, de Souza GM, Durán-Rodríguez OY, Ramírez-García A y Ramírez-Herrejón JP. 2020. Trophic strategies of the invasive twospot livebearer (*Pseudoxiphophorus bimaculatus*, teleostei: Poeciliidae) in a gradient of environmental quality in central Mexico. *Neotropical Ichthyology*, 18(2), 1–18.
- Carlander KD. 1997. Handbook of Freshwater Fishery Biology, Volume One, Life History Data on Freshwater Fishes of the United States and Canada, Exclusive of the Perciformes. pp 764.
- Carrera V. 2023. Denuncian contaminación en río La Silla por líquido azul. ABC. 18 de septiembre de 2023. pp 2.
- Castro-Longoria R, Martínez-Durazo Á, Minjarez-Osorio C, De la Re-Vega E y Grijalva-Chon JM. 2024. First report of *Oreochromis niloticus* in the Sonora River, Mexico. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 52(4), 631–636.
- Ceballos G, Díaz-Pardo E, Martínez-Estévez L y Espinosa-Pérez H. 2016. Los peces

- dulceacuícolas de México en peligro de extinción. Ediciones Científicas Universitarias. Fondo de Cultura Económica (FCE). DF, México. pp 800.
- Chávez-López R, Rocha-Ramírez A y Morán-Silva, Á. 2020. Presencia de *Poecilia mexicana* Steindachner en un estuario hiperhalino temporal del golfo de México. 49(1), 27–38.
- Chen S, Chen B y Fath BD. 2013. Ecological risk assessment on the system scale: A review of state-of-the-art models and future perspectives. *Ecological Modelling*, 250(19), 25–33.
- Cohen AE, Dugan LE, Hendrickson DA, Martin FD, Huynh J, Labay BJ y Casarez MJ. 2014. Population of variable platyfish (*Xiphophorus variatus*) established in Waller Creek, Travis County, Texas. *Southwestern Naturalist*, 59(3), 413–419.
- Comercial Veterinaria. s.f. *Xiphophorus helleri*. [Online]. Disponible en: <https://www.comercialveterinaria.com/acuariofilia/peces-plantas-y-corales/peces-agua-dulce/peces-tropicales/xiphophorus-helleri.html>. Consultado el: 03 de marzo de 2025
- Comité Estatal de Sanidad e Inocuidad de Baja California A.C. (CESAIBC). s.f. Ficha Técnica Sanitaria de Especies de Cultivo en el Estado: Tilapia. Disponible en: [https://www.cesaibc.org/sitio/archivos/FICHA TEC. SANITARIA DE TILAPIA_070616204315.pdf](https://www.cesaibc.org/sitio/archivos/FICHA%20TEC.%20SANITARIA%20DE%20TILAPIA_070616204315.pdf). Consultado el: 03 de marzo de 2025.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2014. Ponderación de invasividad de *Oreochromis niloticus*. Ponderación de Invasividad de Especies Exóticas en México (SIEI). Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/LI007_Anexo_10_Ficha_Oreochromis_niloticus.pdf. Consultado el: 03 de marzo de 2025.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2015. *Cyprinella lutrensis* Baird y Girard, 1853. Método de Evaluación Rápida de Invasividad (MERI) para especies exóticas en México. México, D.F. pp 8.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2017.

- Hypostomus plecostomus* (Linnaeus, 1758). Método de Evaluación Rápida de Invasividad (MERI) para especies exóticas en México. México, D.F. pp 9.
- Contraportada. 2021. Siembran 5 mil crías de Mojarra en la presa La Boca. Contraportada. Disponible en: <https://revistacontraportada.com/archivos/36798>. Consultado el: 03 de marzo de 2025.
- Contreras-Balderas S, Lozano-Vilano ML y García-Ramírez ME. 1995. Tercera Lista anotada y revisada de los peces de Nuevo León, México. Fauna Silvestre de Nuevo León. Subcomisión de Fauna, CCFFNL.
- Contreras-Balderas S, Lozano-Vilano ML y García-Ramírez ME. 2002. Peces: Historia, inventario y estado de conservación. En Galán-Wong, L. J., Luna-Olvera, H. A., García-Salas, J. A., Arévalo-Niño, K., Cavazos-Leal, A. y Pereyra-Alfárez, B. (Eds.), Alba y Horizonte. pp 69–74. Universidad Autónoma de Nuevo León. R. Ayuntamiento de Monterrey.
- Contreras-Balderas S, Ruiz-Campos G, Schmitter-Soto JJ, Díaz-Pardo E, Contreras-McBeath T, Medina-Soto M, Zambrano-González L, Varela-Romero A, Mendoza-Alfaro R, Ramírez-Martínez C, Leija-Tristán MA, Almada-Villela P, Hendrickson DA y Lyons J. 2008. Freshwater fishes and water status in México: A country-wide appraisal. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 11(3), 246–256.
- Contreras-Delgado C. 2007. Geografía de Nuevo León. En Contreras-Delgado (Ed) La Historia en la Ciudad del Conocimiento. Fondo Editorial de Nuevo León. Nuevo León, México. pp 229.
- Contreras-MacBeath T, Gaspar-Dillanes MT, Huidobro-Campos L y Mejía-Mojica H. 2014. Peces invasores en el centro de México. En Mendoza, R. y Koleff, P. (Eds). Especies acuáticas invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México, D.F. pp. 413–424.
- Contreras-MacBeath T y Ramírez-Espinoza H. 1996. Some aspects of the reproductive strategy of *Poeciliopsis gracilis* (Osteichthyes: Poeciliidae) in the Cuautla river, Morelos, Mexico. *Journal of Freshwater Ecology*, 11(3), 327–338.

- Contreras-MacBeath T, Rodríguez MB, Sorani V, Goldspink C y Reid GM. 2014. Richness and endemism of the freshwater fishes of Mexico. *Journal of Threatened Taxa*, 6(2), 5421–5433.
- Cook-Hildreth SL, Bonner TH y Huffman DG. 2016. Female reproductive biology of an exotic suckermouth armored catfish (Loricariidae) in the San Marcos River, Hays Co., Texas, with observations on environmental triggers. *BioInvasions Records*, 5(3), 173–183.
- Cook-Hildreth SL. 2008. Exotic armored catfishes in Texas: Reproductive biology, and effects of foraging on egg survival of native fishes (*Etheostoma fonticola*, endangered and *Dionda diaboli*, threatened). Tesis de Maestría. Texas State University. San Marcos, Texas. pp 50.
- Córdova-Tapia F, Palomera-Hernández V y Camacho-Cervantes M. 2024. Invasive poeciliids dominate fish community in a highly altered river: insights from a diversity study of riverbank fishes in Mexico. *Neotropical Ichthyology*, 22(1), 1–17.
- Cortés E, Arocha F, Beerkircher L, Carvalho F, Domingo A, Heupel M, Holtzhausen H, Santos MN, Ribera M y Simpfendorfer, C. 2010. Ecological risk assessment of pelagic sharks caught in Atlantic pelagic longline fisheries. *Aquatic Living Resources*, 23(1), 25–34.
- Craig CA, Littrell BM y Bonner TH. 2017. Population Status and Life History Attributes of the Texas Shiner *Notropis amabilis*. *American Midland Naturalist*, 177(2), 277–288.
- Daniels A. 2019. *Notropis braytoni*, Tamaulipas Shiner. The IUCN Red List of Threatened Species. [Online] Disponible en: <https://www.iucnredlist.org/species/191272/1974793>. Consultado el: 03 de marzo de 2025.
- Daniels, A., y Maiz-Tome, L. 2019a. *Poecilia mexicana*, shortfin Molly. [Online] Disponible en: <https://www.iucnredlist.org/species/191750/2002413>. Consultado el: 03 de marzo de 2025.

- Daniels, A., y Maiz-Tome, L. 2019b. *Poeciliopsis gracilis* [Online]. Disponible en: <https://www.iucnredlist.org/species/191759/126834362>. Consultado el: 03 de marzo de 2025.
- Daniels, A., y Maiz-Tome, L. 2019c. *Xiphophorus hellerii*, green swordtail [Online]. Disponible en: <https://www.iucnredlist.org/species/191780/2002911>. Consultado el: 03 de marzo de 2025.
- De la Lanza-Espino G, Hernández-Pulido S y Carbajal-Pérez JL. 2000. Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores). Plaza y Valdés Editores. pp 573.
- De Santis V, Jeppesen E, Volta P y Korkmaz M. 2023. Impacts of Human Activities and Climate Change on Freshwater Fish—Volume II. Water 2023. 15(23), 8.
- Dehner DN. 2009. The Effects of Agricultural Disturbance on the Life History of the Central Stoneroller (*Campostoma anomalum*). Tesis de maestría. Birmingham, Alabama. University of Alabama at Birmingham. pp 46.
- DeVivo JC. 1995. Impact of Introduced Red Shiners , *Cyprinella lutrensis* , on stream fishes near Atlanta, Georgia. Proceedings of the 1995 Georgia Water Resources Conference. pp 95-98.
- Diallo I, Snoeks J, Freyhof J, Geelhand D y Hughes A. 2023. *Oreochromis niloticus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2023. Disponible en: <https://www.iucnredlist.org/species/166975/244856058>. Consultado el: 03 de marzo de 2025.
- Díaz-Pardo E, Campos-Mendoza A, Contreras-MacBeath T, Mejía-Guerrero O, Soto-Galera E y Ceballos G. y 2016. Situación actual y conservación. En Ceballos, G., Díaz-Pardo, E. D., Martínez-Estévez, L. y Espinosa-Pérez, H. (Eds). Los peces dulceacuícolas de México en peligro de extinción. Ediciones Científicas Universitarias. Fondo de Cultura Económica (FCE). pp 31–46.
- Domínguez O. 2019. *Cyprinella rutila*, Mexican Red Shiner [Online]The IUCN Red List of Threatened Species in 2018. Disponible en:

<https://www.iucnredlist.org/species/191261/1974583>. Consultado el: 03 de marzo de 2025.

Eccles DH. 1992. FAO species identification sheets for fishery purposes. Field guide to the freshwater fishes of Tanzania. Prepared and published with the support of the United Nations Development Programme, Project URT/87/016 Rome. pp 145-146.

Edwards RJ. 1977. Seasonal migrations of *Astyanax mexicanus* as an adaptation to novel environments. *Copeia* 1977(4), 770–771.

Edwards RJ. 1997. Ecological profiles for selected stream-dwelling Texas freshwater Fishes III. Edinburg, Texas. University of Texas-Pan American. pp 59.

Edwards RJ., Garrett GP y Allan NL. 2004. Aquifer-Dependent Fishes of the Edwards Plateau Region. *Aquifers of the Edwards Plateau*, pp 253–268.

Elfidasari D, Wijayanti F y Sholihah A. 2020. Trophic level and position of *Pterygoplichthys pardalis* in ciliwung river (Jakarta, Indonesia) ecosystem based on the gut content analysis. *Biodiversitas*, 21(6), 2862–2870.

Esmacili HR y Eslami-Barzoki Z. 2023. Climate change may impact Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) distribution in the southeastern arabian Peninsula through range contraction under various climate scenarios. *Fishes*, 8(10).

Espinasa L, Rohner N y Rétaux S. (2022). Reproductive seasonality of *Astyanax mexicanus* cavefish. *Zoological Research*, 44(4), 698–700.

Etnier DA y Starnes WC. 1993. *Fishes of Tennessee*. University of Tennessee Press. Knoxville. pp 689.

Food and Agriculture Organization (FAO). 2009. *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) [Cichlidae]. Cultured Aquatic Species Fact Sheets. Disponible en: https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/aquaculture/I1129m/file/es/es_niletilapia.htm. Consultado el: 03 de marzo de 2025.

Farombi EO, Adelowo OA y Ajimoko YR. 2007. Biomarkers of oxidative stress and

heavy metal levels as indicators of environmental pollution in African cat fish (*Clarias gariepinus*) from Nigeria Ogun River. International Journal of Environmental Research and Public Health, 4(2), 158–165.

Farringer RT, Echelle AA y Lehtinen SF. 1979. Reproductive Cycle of the Red Shiner, *Notropis lutrensis*, in Central Texas and South Central Oklahoma. Transactions of the American Fisheries Society, 108(3), 271–276.

Farrington MA. 2015. A life history study of the Roundnose Minnow, *Dionda episcopa*, in the middle Pecos River Valley, New Mexico. Tesis de maestría. Albuquerque, New Mexico. University of New Mexico. pp 29.

Froese R y Pauly D. 2024. *Campostoma anomalum* (Rafinesque, 1820). [Online] Disponible en: <https://www.fishbase.se/Summary/SpeciesSummary.php?id=2743&lang=spanish>. Consultado el: 03 de marzo de 2025.

Froese R. y Pauly, D. 2024. *Cyprinella rutila* (Girard, 1856). [Online] Disponible en: <https://fishbase.se/summary/SpeciesSummary.php?id=56225&lang=spanish>. Consultado el: 05 de marzo de 2025.

Froese R y Pauly D. 2024. *Dionda melanops* Girard, 1856. [Online] Disponible en: <https://fishbase.se/summary/Dionda-melanops.html>. Consultado el: 03 de marzo de 2025.

Froese R y Pauly D. 2024. *Herichthys cyanoguttatus* Baird y Girard, 1854. [Online] Disponible en: <https://www.fishbase.se/summary/Herichthys-cyanoguttatus>. Consultado el: 03 de marzo de 2025.

Froese R y Pauly D. 2024. *Miniellus stramineus*. [Online] Disponible en: <https://www.fishbase.se/photos/PicturesSummary.php?yID=2905&what=larveggyshowAll=yes>. Consultado el: 03 de marzo de 2025.

Froese R y Pauly D. 2024. *Notropis braytoni* Jordan y Evermann, 1896. [Online] Disponible en: <https://fishbase.mnhn.fr/summary/Notropis-braytoni>. Consultado el: 03 de marzo de 2025.

- Froese R y Pauly D. 2024. *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). [Online] Disponible en: <https://www.fishbase.se/summary/oreochromis-niloticus.html>. Consultado el: 03 de marzo de 2025.
- Froese R y Pauly D. 2024. *Poecilia mexicana* Steindachner, 1863. [Online] Disponible en: <https://www.fishbase.se/summary/SpeciesSummary.php?id=3227ylang=spanish>. Consultado e: 03 de marzo de 2024.
- Froese R. y Pauly, D. 2024. *Poeciliopsis gracilis* (Heckel, 1848). Disponible en: <https://fishbase.mnhn.fr/summary/speciessummary.php?id=3229ylang=spanish>. Consultado el: 03 de marzo de 2025.
- Froese R y Pauly D. 2024. *Pseudoxiphophorus bimaculatus* (Heckel, 1848). [Online] Disponible en: <https://www.fishbase.se/summary/Pseudoxiphophorus-bimaculatus>. Consultado el: 03 de marzo de 2025.
- Froese R y Pauly D. 2024. *Pterygoplichthys pardalis* (Castelnau, 1855). [Online] Disponible en: <https://www.fishbase.se/summary/pterygoplichthys-pardalis.html>. Consultado el: 03 de marzo de 2025.
- Froese R y Pauly D. 2024. *Xiphophorus hellerii* Heckel, 1848. [Online] Disponible en: <https://www.fishbase.se/summary/3231>. Consultado el: 03 de marzo de 2025.
- Froese R y Pauly D. 2024. *Xiphophorus variatus* (Meek, 1904). [Online] Disponible en: <https://www.fishbase.se/summary/3233>. Consultado el: 03 de marzo de 2025.
- Fishipedia. s.f. *Platy variado*. [Online] Disponible en: <https://www.fishipedia.es/pez/xiphophorus-variatus>. Consultado el: 03 de marzo de 2025.
- Frías-Alvarez P, Macías García C, Vázquez-Vega LF y Zúñiga-Vega JJ. 2014. Spatial and temporal variation in superfoetation and related life history traits of two viviparous fishes: *Poeciliopsis gracilis* and *P. infans*. *Naturwissenschaften*, 101(12), 1085–1098.
- Fricke R, Reséndiz-López MA y Oseguera-Rodríguez AS. 2024. Fishes and Lampreys of Mexico An annotated checklist. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de

- la Biodiversidad (CONABIO). Ciudad de México. pp 865.
- Gallegos F. 2023. Aparecen peces muertos tras fuga de aguas negras en lago de Zuazua, Nuevo León. Telediario. [Online] Disponible en: <https://www.telediario.mx/comunidad/aparecen-peces-muertos-fuga-aguas-negras-lago-zuazua-nl>. Consultado el: 03 de marzo de 2025.
- Gibbs MA, Kurth BN y Bridges CD. 2013. Age and growth of the loricariid catfish *Pterygoplichthys disjunctivus* in Volusia Blue Spring, Florida. Aquatic Invasions, 8(2), 207–218.
- Gido KB y Franssen NR. 2007. Invasion of stream fishes into low trophic positions. Ecology of Freshwater Fish, 16(3), 457–464.
- Global Invasive Species Database (GISD). 2016. *Cyprinella lutrensis*. [Online] Disponible en: <https://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=1148>. Consultado el: 01 de febrero de 2024.
- Global Invasive Species Database (GISD). 2025. *Pterygoplichthys* spp. [Online] Disponible en: <https://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=1561>. Consultado el: 08 de marzo de 2025.
- Gobierno de Monterrey. 2023. Dictamen referente a la declaratoria de Área Natural Protegida Municipal (ANPM) al denominado río La Silla del municipio de Monterrey en su categoría de Corredor Biológico Ripario. [Online] Disponible en: [https://www.monterrey.gob.mx/pdf/dictamenes_cabildo/2023/Dictamen_referente_a_la_declaratoria_de_Área_Natural_Protegida_Municipal_\(ANPM\)_al_denominado_Río_la_Silla.pdf](https://www.monterrey.gob.mx/pdf/dictamenes_cabildo/2023/Dictamen_referente_a_la_declaratoria_de_Área_Natural_Protegida_Municipal_(ANPM)_al_denominado_Río_la_Silla.pdf). Consultado el: 10 de enero de 2025.
- Gómez-Márquez JL, Guzmán-Santiago JL y Olvera-Soto A. 1999. Reproducción y crecimiento de *Heterandria bimaculata* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae) en la Laguna “El Rodeo”, Morelos, México. Revista de Biología Tropical, 47, 581–592.
- Gómez-Márquez JL, Muñoz-Ruiz AV, Guzmán-Santiago JL, Trejo-Albarrán R y Alejo-Plata M. del C. 2024. Age and growth of *Poeciliopsis gracilis* in the Amate Amarillo Microreservoir, Morelos. International Journal of Health Science, 4(46), 221–223.

- Gómez-Márquez JL, Peña-Mendoza B, Salgado-Ugarte IH y Guzmán-Arroyo M. 2003. Reproductive aspects of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) at Coatetelco lake, Morelos, Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 51(1), 221–228.
- Gómez-Márquez JL, Peña-Mendoza B, Salgado-Ugarte IH, Sánchez-Herrera AK y Sastré-Baez L. 2008. Reproduction of the fish *Poeciliopsis gracilis* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae) in Coatetelco, a tropical shallow lake in Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 56(4), 1801–1812.
- Gómez S. 2025. *Molly*. FishiPedia. [Online] Disponible en: <https://www.fishipedia.es/pez/poecilia-sphenops>. Consultado el: 20 de febrero de 2025.
- Gonzales M. (2004). An Inventory of Fish Species Within the San Antonio National Historic Park. Environmental Services Division. San Antonio, Texas. pp 12.
- González-Garza D. 2023. Análisis de la crisis de agua. Grupo Legislativo Partido Acción Nacional. [Online] Disponible en: <https://www.hcnl.gob.mx/glpan/2023/03/analisis-de-la-crisis-de-agua.php>. Consultado el: 02 de octubre de 2023.
- Hammerson G. 2004. *Dionda nigrotaeniata*. NatureServe Explorer. [Online] Disponible en: https://explorer.natureserve.org/Taxon/ELEMENT_GLOBAL.2.1194154/Dionda_nigrotaeniata. Consultado el: 29 de enero de 2024.
- Harrell RD y Cloutman DG. 1978. Distribution and Life History of the Sandbar Shiner , *Notropis scepticus* (Pisces : Cyprinidae). American Society of Ichthyologists and Herpetologists (ASIH), 1978(3), 443–447.
- Hernández-Rubio PL, Bermúdez-González MP, Muñoz-Manzano JA y Ramírez-Herrejón JP. 2018. El invasor no es como lo pintan. CIENCIA UANL. [Online] Disponible en: <https://cienciauanl.uanl.mx/?p=8253>. Consultado el: 20 de julio de 2024.
- Herrera-Solano D y Molina-Arias A. 2011. Peces diablo (Teleósteo: Siluriformes: Loricariidae) en la cuenca del río Revetazón, Costa Rica. *Biosenosis*, 25(1–2), 79–

- Hoover JJ, Killgore KJ y Cofrancesco AF. 2004. Suckermouth catfishes: threats to aquatic ecosystems of the United States?. *Aquatic Nuisance Species Research Bulletin*, 4(3), 1–9.
- Hoover JJe, Murphy CE y Killgore J. 2014. Ecological Impacts of Suckermouth Catfishes (Loricariidae) in North America: A Conceptual Model. *Aquatic Nuisance Species Research Program*, 14–1. pp 20.
- Hopper GW, Gido KB, Pennock CA, Hedden SC, Frenette BD, Barts N, Hedden CK y Bruckerhoff LA. 2020. Nowhere to swim: interspecific responses of prairie stream fishes in isolated pools during severe drought. *Aquatic Sciences*, 82(2), 1–15.
- Hugg DO. 1996. MAPFISH georeferenced mapping database. Freshwater and estuarine fishes of North America. Life Science Software. Dennis O. and Steven Hugg, 1278 Turkey Point Road, Edgewater, Maryland, USA.
- Huidobro-Campos L. 2006. Filogenia y biogeografía del género *Poeciliopsis* (Pisces: Poeciliidae). Tesis de doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad México, México. pp 192.
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). 2013. Agua, sequía y cambio climático: Entrevista al Dr. Israel Velasco Velasco. [Online] Gobierno de México. Disponible en: <https://www.gob.mx/imta/prensa/agua-sequia-y-cambio-climatico>. Consultado el: 09 de octubre de 2024.
- Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales. 2023. Especie: *Poecilia mexicana*, topote del Atlántico. [Online] Disponible en: <https://biogeodb.stri.si.edu/caribbean/es/thefishes/species/3290>. Consultado el: 11 de marzo de 2025.
- JCP. 2021. Decenas de peces aparecen muertos en el río La Silla de NL. *Excelsior*. [Online] Disponible en: <https://www.excelsior.com.mx/nacional/decenas-de-peces-aparecen-muertos-en-el-rio-la-silla-de-nl/1435396>. Consultado el: 10 de abril de 2023.

- Khallaf EA, Galal M y Authman M. 2003. The Biology of *Oreochromis niloticus* in a Polluted Canal. *Ecotoxicology*, 12(5), 405–416.
- Laboratories Aerospace Medical Research. 1963. AMRL-TR. Disponible en: [https://www.google.com.mx/books/edition/_/Eyp6zzp_CT4C?hl=esygbpv=0ybsq=herichthys lifespan](https://www.google.com.mx/books/edition/_/Eyp6zzp_CT4C?hl=esygbpv=0ybsq=herichthys%20lifespan). Consultado el: 10 de enero de 2025.
- Lambarri-Martínez C, Espinosa-Pérez H, Maiz-Tome L y Lyon TJ. 2019. *Dionda melanops*, Spotted Minnow. The IUCN Red List of Threatened Species 2019. [Online] Disponible en: <https://www.iucnredlist.org/species/191263/1974590>. Consultado el: 15 de marzo de 2024.
- Leach A, Kell LT y Mumford J. 2023. Productivity-Susceptibility Analysis Tool. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 80(7), 98–116.
- Lennon RE y Parker PS. 1960. The stoneroller, *Campostoma anomalum* (Rafinesque), in Great Smoky Mountains National Park. *Transactions of the American Fisheries Society*, 89(3), 263–270.
- Li-Veli D, Barrionuevo JC, Bargione G, Barone G, Bdioui M, Carbonara P, Fahim RM, Follesa MC, Gökçe G, Mahmoud HH, Ligas A, Idrissi MM, Moramarco G, Panayotova M, Petetta A, Sacchi J, Tsagarakis K, Virgili M y Lucchetti A. 2024. Assessing the vulnerability of sensitive species in Mediterranean fisheries: insights from productivity-susceptibility analysis. *Frontiers in Marine Science*, 11, 1–13.
- López-Castillo GI, Alanís-Flores GJ, Favela-Lara S., y Torres-Morales, M. 2018. Diversidad de la vegetación riparia del río La Silla Monterrey-Guadalupe, Nuevo León. *Ciencia UANL*, 6(89), 23–29.
- Lorenz OT y O’Connell MT. 2008. Growth of non-native rio grande cichlids (*Herichthys cyanoguttatus*) at different salinities and in the presence of native bluegill (*Lepomis macrochirus*). *Journal of Freshwater Ecology*, 23(4), 537–544.
- Lozano-Vilano L y Contreras-Balderas S. 1993. Four new species of *Cyprinodon* from southern Nuevo Leon, Mexico, with a key to the *C.eximius* complex (Teleostei: Cyprinodontidae). *Ichthyol.Explore.Frehwaters*, 4(4), 295–308.

- Lozano-Vilano L y García-Ramírez E. 2014. Peces invasores en el noreste de México. En Mendoza, R. y Koleff, P. (Eds). Especies acuáticas invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México, D.F. pp 401–412.
- Luján M. 2024. Peces cola de espada: Crianza, alimentación, reproducción y cuidados. AquaHoy. Disponible en: <https://aquahoy.com/peces-cola-de-espada-crianza-alimentacion-reproduccion/>. Consultado el: 11 de febrero de 2025.
- Lyons TJ. 2019. *Pseudoxiphophorus bimaculatus*, Twospot Livebearer. The IUCN Red List of Threatened Species 2019. [Online] Disponible en: <https://www.iucnredlist.org/species/191736/2001438>. Consultado el: 10 de febrero de 2025.
- Lyons TJ, Máiz-Tomé L, Tognell M, Daniels A, Meredith C, Bullock R. y Harrison I. (eds.), Contreras-MacBeath T, Hendrickson DA, Arroyave J, Mercado Silva N, Köck M, Domínguez-Domínguez O, Valdés-González A, Espinosa-Pérez H, Gómez-Balandra MA, Matamoros W, Schmitter-Soto JJ, Soto-Galera E, Rivas-González J, Vega-Cendejas ME, Ornelas-García CP, Norris S y Mejía-Guerrero HO. 2020. The status and distribution of freshwater fishes in Mexico. IUCN y ABQ BioPark. Cambridge, Renido Unido y Albuquerque, Nuevo Mexico, EUA. pp 80.
- Maddern, M. 2009. *Xiphophorus maculatus* (southern platyfish). CABI Compendium. [Online] Disponible en: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.1079/cabicompendium.59752>. Consultado el: 20 de julio de 2024.
- Mar-Silva V, Medina-Nava M, Herrerías-Diego Y, Ramírez-Herrejón JP y Domínguez-Domínguez O. 2021. Trophic biology of the twospot livebearer, *Pseudoxiphophorus bimaculatus*, an invasive fish in Teuchitlán River, central Mexico. Revista Mexicana de Biodiversidad, 92, 15.
- Marañón-Herrera S. 2007. Manejo del cultivo comercial de *Xiphophorus helleri* Heckel, 1848 (Pisces: Poeciliidae) a través de la producción de poblaciones monosexo por el uso de esteroides. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México.

Ciudad de México, México. Pp 117.

Marenco-Cortés Y. 2010. El Pez Diablo: Una Especie Exótica Invasora. *Biocenosis*, 23(2), 16–19.

Marroquin JL. 2023. Mueren peces en el río La Silla por presunta contaminación. *Milenio*. [Online] Disponible en: <https://www.milenio.com/politica/comunidad/hallan-peces-muertos-rio-silla-leon>. Consultado el: 15 de junio de 2024.

Martínez A. 2022. Impacta descarga en el Río La Silla. *El Norte*. [Online] Disponible en: https://www.elnorte.com/aplicacioneslibre/preacceso/articulo/default.aspx?__rval=1yurlredirect=https://www.elnorte.com/impacta-descarga-en-el-rio-la-silla/ar2475847?referer=--7d616165662f3a3a6262623b727a7a7279703b767a783a--. Consultado el: 15 de febrero de 2024.

Mata-Salcedo G. 2007. Estudio biológico de *Heterandria bimaculata* (Pisces: Poeciliidae) con fines forrajeros en estanques con aguas tratadas. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Estado de México, México. pp 65.

Matthews WJ y Hill LG. 1977. Tolerance of the Red Shiner , *Notropis lutrensis* (Cyprinidae) to Environmental Parameters. *The Southwestern Naturalist*, 22(1), 89–98.

McGree MM. 2008. Exposure To 17B -Estradiol Alters Reproduction of the Adult Red Shiner (*Cyprinella Lutrensis*). Tesis de maestría. Colorado State University. Fort Collins, Colorado. pp 81.

McKee PM y Parker BJ. 1982. The distribution, biology, and status of the fishes *Camptostoma anomalum*, *Clinostomus elongatus*, *Notropis photogenis* (Cyprinidae), and *Fundulus notatus* (Cyprinodontidae) in Canada. *Canadian Journal of Zoology*, 60(6), 1347-1358.

Meffe G y Snelson F. 1989. *Ecology and Evolution of Livebearing Fishes*. Prentice Hall. Englewood Cliffs, New Jersey. pp 453.

Mejía-Mojica H. 1991. Biología reproductiva de *Astyanax fasciatus* (Pisces:Characidae) del río Amacuzac, Morelos. *Universidad: Ciencia y Tecnología*, 1(4), 45-51.

- Mendoza-Alfaro R y Koleff-Osorio P. 2014. Especies acuáticas invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México, D.F.
- Mendoza R, Contreras S, Ramírez C, Koleff P, Álvarez P y Aguilar, V. 2007. Los peces diablo: Especies invasoras de alto impacto. *Biodiversitas*, 70, 1–5, 1-5.
- Mercado-Silva N, Lyons J, Díaz-Pardo E, Gutiérrez-Hernández A, Ornelas-García CP, Pedraza-Lara C y Vander-Zanden MJ. 2006. Long-term changes in the fish assemblage of the Laja River, Guanajuato, central Mexico. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 16(5), 533–546.
- Messaad IA, Peters EJ y Young L. 2000. Thermal tolerance of red shiner (*Cyprinella lutrensis*) after exposure to atrazine, terbufos, and their mixtures. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 64(5), 748-754.
- Miller RJ. 1962. Reproductive Behavior of the Stoneroller Minnow, *Campostoma anomalum pullum*. *Copeia*, 1962(2), 407–417.
- Miller RR. 2009. Peces dulceacuícolas de México. Comisión Nacional para el Conocimiento Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Sociedad Ictiológica Mexicana A. C., El colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). Consejo de los Peces del Desierto México-Estados Unidos. México, DF. pp 550.
- Milton DA. 2001. Assessing the susceptibility to fishing of populations of rare trawl bycatch: Sea snakes caught by australia's northern prawn fishery. *Biological Conservation*, 101(3), 281–290.
- Milton DA y Arthington AH. 1983. Reproductive biology of *Gambusia affinis holbrooki* (Baird and Girard), *Xiphophorus helleri* (Gunther) and *X. maculatus* (Heckel) (Pisces; Poeciliidae) in Queensland, Australia. *Journal of Fish Biology*, 23(1), pp 23–41.
- Minckley WL. 1973. Fishes of Arizona. Arizona State University. Arizona Game and Fish Department. Phoenix, Arizona. pp 293.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. 2021. Análisis de riesgo

- Plecostomus* (*Hypostomus plecostomus*). Disponible en: https://portal-miteco-prod.adobecqms.net/content/dam/miteco/images/es/analisis_riesgo_hypostomus_pl_ecostomus_tcm30-525751.pdf. Consultado el: 30 de abril de 2024.
- Miranda R, Galicia D, Monks S y Pulido-Flores, G. 2009. Weight-length relationships of some native freshwater fishes of Hidalgo State, Mexico. *Journal of Applied Ichthyology*, 25(5), 620–621.
- Montana Field Guide. 2025. Red Shiner - *Cyprinella lutrensis*. Montana Natural Heritage Program and Montana Fish, Wildlife and Parks. Disponible en: <https://fieldguide.mt.gov/speciesDetail.aspx?elcode=AFCJB49140#:~:text=>. Consultado el: 20 de marzo de 2024.
- Morales-Ortiz A y Gutiérrez-Yurrita PJ. 2000. Observaciones sobre la distribución de *Astyanax mexicanus* (Filippi) 1854 (CHARACIDAE) En las cuencas de los ríos Moctezuma y Tampaón. *Memorias Del VII Congreso Nacional de Ictiología*, VII, 72–73.
- Morgan L, Valentinsson D, Dahlgren TG y Hornborg S. 2024. Ecological risk assessment of invertebrates caught in Swedish west-coast fisheries. *Fisheries Research* 274, pp 10.
- Musick JA. 1999. Criteria to Define Extinction Risk in Marine Fishes: The American Fisheries Society Initiative. *Fisheries*, 24(12), 6–14.
- NatureServe, Lyons TJ, Lambarri-Martínez C y Espinosa-Pérez H. 2019. *Campostoma anomalum*, Central Stoneroller. The IUCN Red List of Threatened Species 2019. [Online] Disponible en: <https://www.iucnredlist.org/species/191256/130204306>. Consultado el: 30 de enero de 2025.
- Nico L. 2025. *Xiphophorus variatus* (Meek, 1904). U.S. Geological Survey, Nonindigenous Aquatic Species (NAS). Obtenido de: <https://nas.er.usgs.gov/queries/FactSheet.aspx?SpeciesID=874>. Consultado el: 01 de marzo de 2025.
- Nico LG y Martin RT. 2001. The South American suckermouth armored catfish,

- Pterygoplichthys anisitsi* (Pisces: Loricariidae), in Texas, with comments on foreign fish introductions in the American Southwest. *Southwestern Naturalist*, 46(1), 98–104.
- Olinger CT, Peoples BK y Frimpong E. A. 2016. Reproductive life history of *Heterandria bimaculata* (Heckel, 1848) (Poeciliinae: Poeciliidae) in the Honduran interior highlands: Trait variation along an elevational gradient. *Neotropical Ichthyology*, 14(1), 10.
- Olusanya HO y van Zyll de Jong M. 2018. Assessing the vulnerability of freshwater fishes to climate change in Newfoundland and Labrador. *PLoS ONE*, 13(12), 1–13.
- Ostrand KG y Wilde GR. 2001. Temperature, Dissolved Oxygen, and Salinity Tolerances of Five Prairie Stream Fishes and Their Role in Explaining Fish Assemblage Patterns. *Transactions of the American Fisheries Society*, 130(5), 742–749.
- Page LM y Burr BM. 1991. A field guide to freshwater fishes of North America, North of Mexico. Houghton Mifflin Company. Boston, New York. pp 448.
- Page LM y Robins RH. 2006. Identification of sailfin catfishes (Teleostei: Loricariidae) in Southeastern Asia. *Raffles Bulletin of Zoology*, 54(2), 455–457.
- Palmer-Newton A. 2019. *Xiphophorus variatus*, Variable Platyfish The IUCN Red List of Threatened Species in 2018. [Online] Disponible en: <https://www.iucnredlist.org/species/191792/2003290>. Consultado el: 09 de enero de 2025.
- Patrick WS, Spencer P, Ormseth O, Cope J, Fiel J., Kobayashi D, Gedamke T, Cortes E, Bigelow K, Overholtz W, Link J y Lawson P. 2009. Use of productivity and susceptibility indices to determine stock vulnerability, with example applications to six U.S. fisheries. Vulnerability Evaluation Working Group Report. National Marine Fisheries Service. pp 117.
- Perea-Ganchou F, Perdomo-Carrillo DA, Corredor-Zambrano Z, Moreno-Torre R, Pereira-Morales M, y González-Estopiñán M. (2017). Factores que afectan el desempeño reproductivo de tilapias del genero *Oreochromis* en la zona baja del

- estado trujillo, venezuela. Revista Científica, XXVII(2), 78–86.
- Pérez AE. 2023. Descargas de Gonher al río no paran. ABC noticias. [Online] Disponible en: <https://abcnoticias.mx/local/2023/4/21/descargas-de-gonher-al-rio-no-paran-vecinos-187033.html>. Consultado el: 10 de diciembre de 2023.
- Plath M, Parzefall J y Schlupp I. 2003. The role of sexual harassment in cave and surface dwelling populations of the Atlantic molly, *Poecilia mexicana* (Poeciliidae, Teleostei). Behavioral Ecology and Sociobiology, 54(3), 303–309.
- Pound KL, Nowlin WH, Huffman DG y Bonner TH. 2011. Trophic ecology of a nonnative population of suckermouth catfish (*Hypostomus plecostomus*) in a central Texas spring-fed stream. Environmental Biology of Fishes, 90 (3), 277–285.
- Pronatura Noreste. 2023. Declaran el río La Silla como Área Natural Protegida en Monterrey. Pronatura Noreste. [Online] Disponible en: [https://www.pronaturanoreste.org/post/rio-la-silla-area-natural-protegida-monterrey#:~:text=El municipio de Monterrey%2C en,territorio municipal%2C incluyendo sus cuatro](https://www.pronaturanoreste.org/post/rio-la-silla-area-natural-protegida-monterrey#:~:text=El municipio de Monterrey%2C en,territorio municipal%2C incluyendo sus cuatro.). Consultado el: 18 de julio de 2024.
- Protas M y Jeffery WR. 2012. Evolution and development in cave animals: from fish to crustaceans. Wiley Interdiscip Rev Dev Biol., 1(6), 823–845.
- Ramírez-Albores EO, Méndez-Lau N, Castañon-González JH, Lagunas-Ribera S, Farrera-Alcázar R, Rosales-Quintero A y Villalobos-Maldonado JJ. 2018. ¿Es comestible el pez diablo (*Hypostomus plecostomus*), que habita en el ecosistema de Plan de Ayala, Ostuacán, Chiapas. ? Agro Productividad, 11(12), 85–90.
- Red Mexicana de Cuencas. 2024. Cuenca del Río Pesquería. Red Mexicana de Cuencas. [Online] Disponible en: <https://remexcu.org/index.php/grupos/conectividad-de-rios/cuencas/cuenca-del-rio-pesqueria>. Consultado el: 12 de enero de 2025.
- Rueda-Jasso RA, Campos-Mendoza A, Arreguín-Sánchez F, Díaz-Pardo E y Martínez-Palacios CA. 2013. The biological and reproductive parameters of the invasive armored catfish *Pterygoplichthys disjunctivus* from Adolfo López Mateos El Infiernillo Reservoir, Michoacán-Guerrero, Mexico. Revista Mexicana de

Biodiversidad, 84(1), 318–326.

Saavedra M. 2016. Manejo del cultivo de tilapia. Managua, Nicaragua. Disponible en: <https://www.crc.uri.edu/download/MANEJO-DEL-CULTIVO-DE-TILAPIA-CIDEA.pdf>

Salvador GN. 2023. *Pterygoplichthys pardalis*, Amazon Sailfin Catfish. The IUCN Red List of Threatened Species 2023. [Online] Disponible en: <https://www.iucnredlist.org/species/13151334/13151341>. Consultado el: 10 de marzo de 2024.

Sánchez-Herrera AK y Sastré-Báez L. 2004. Reproducción y crecimiento de *Poeciliopsis gracilis* (Heckel, 1848) en lago Coatetelco, Mor. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México, DF. pp 45.

Sánchez de Llanos Á, Carbajar-Tradecete F, González-Burdiel JL, Del Río-Benito O, Gonzalvo-Navarro J, García-Moral F y Gutiérrez-Iglesias D. 2015. Uso del agua en Nuevo León. Oferta y Demanda: Perspectiva Del Proyecto Monterrey VI. The Nature Conservancy. pp 90.

Schlecte JW y Felming BP. 2015. Response of Devils River minnow and other fish in Pinto Creek, Kinney County, Texas during a severe drought. The Southwestern Naturalist, 60(1), 45–55.

Schmitter-Soto J. 2019. *Astyanax argentatus*, Texan Tetra. The IUCN Red List of Threatened Species 2019. [Online] Disponible en: <https://www.iucnredlist.org/species/132562408/132564213>. Consultado el: 12 de marzo de 2024.

Schmitter-Soto J. 1998. Catalogo de los peces continentales de Quintana Roo. ECOSUR. Chetumal, Quintana Roo. pp 239.

Diario Oficial de la Federación (DOF). 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. SEMARNAT. México. pp 78.

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2023. Diagnóstico de Calidad del Agua del Río Pesquería. Nuevo León. pp 47.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). 2014. Programa de Manejo: Monumento Natural el Cerro de la Silla. Monumento Natural El Cerro de La Silla. México, DF. pp 129.
- Service National Marine Fisheries. 2024. Tool: Productivity and Susceptibility Analysis (Shiny Version) (PSA). [Online] Disponible en: <https://noaa-fisheries-integrated-toolbox.github.io/PSA>. Consultado el: 25 de febrero de 2025.
- Simon TP. 1998. Assessment of Balon's Reproductive Guilds with Application to Midwestern North American Freshwater Fishes. En Simon, T.P. (ed) Assessing the Sustainability and Biological Integrity of Water Resources Using Fish Communities. CRC Press. pp 25.
- Simon V, Elleboode R, Mahé K, Legendre L, Ornelas-García P, Espinasa L y Rétaux S. 2017. Comparing growth in surface and cave morphs of the species *Astyanax mexicanus*: Insights from scales. *EvoDevo*, 8(1), 1–13.
- Soto-Galera E. 2019. *Herichthys cyanoguttatus*, Rio Grande Cichlid. The IUCN Red List of Threatened Species 2019. [Online] Disponible en: <https://www.iucnredlist.org/species/192895/129991686>. Consultado el: 30 de mayo de 2024.
- Soto-Galera E y Alcántara-Soria L. 2007. Ficha técnica de *Notropis braytoni*. En Soto-Galera, E. (compilador) Conocimiento biológico de 32 especies de peces dulceacuícolas mexicanos incluidos en la Norma Oficial Mexicana 059-SEMARNAT-2001. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, I.P.N. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto No. CK011. México. D.F. pp 5.
- Soto-Galera E, Díaz-Pardo E, López-López E y Lyons J. 1998. Fish as indicators of environmental quality in the Río Lerma Basin, Mexico. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 1(3–4), 267–276.

- Sriuttha M, Khammanichanh A, Patawang I, Tanomtong A, Tengjaroenkul B y Neeratanaphan L. 2017. Cytotoxic assessment of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) from a domestic wastewater canal with heavy metal contamination. *Cytologia*, 82(1), 41–50.
- Stobutzki I, Miller M y Brewer D. 2001. Sustainability of fishery bycatch: a process for assessing highly diverse and numerous bycatch. *Environmental Conservation*, 28(2), 167–181.
- Trujillo-Jiménez P y Toledo-Beto H. 2007. Alimentación de los peces dulceacuícolas tropicales *Heterandria bimaculata* y *Poecilia sphenops* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae). *Revista de Biología Tropical*, 55(June), 603–615.
- Trumbo BA, Nislow KH, Stallings J, Hudy M, Smith EP, Kim DY, Wiggins B y Dolloff, CA. 2014. Ranking Site Vulnerability to Increasing Temperatures in Southern Appalachian Brook Trout Streams in Virginia: An Exposure-Sensitivity Approach. *Transactions of the American Fisheries Society*, 143(1), 173–187.
- U.S. Fish & Wildlife Service. 2019. Rio Grande Cichlid (*Herichthys cyanoguttatus*): Ecological Risk Screening Summary. U.S. Fish & Wildlife Service. pp 18.
- Valdes-Can NE y Winemiller KO. 1997. Structure and habitat associations of Devils River fish assemblages. *Southwestern Naturalist*, 42(3), 265–278.
- Vélez U. 2024. Evidencian desorden descargas a La Silla. El Norte. [Online] Disponible en: <https://www.elnorte.com/evidencian-desorden-descargas-a-la-silla/ar2810548>. Consultado el: 10 de febrero de 2025.
- Vinodhini R y Narayanan M. 2008. Bioaccumulation of heavy metals in organs of fresh water fish *Cyprinus carpio* (Common carp). *International Journal of Environmental Science and Technology*, 5(2), 179–182.
- Wakida-Kusunoki AT y Amador-del Ángel L. E. 2011. Aspectos biológicos del pleco invasor *Pterygoplichthys pardalis* (Teleostei: Loricariidae) en el río Palizada, Campeche, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82(3), 870–878.
- Wayne LM. 1979. Ecology of the roundnose minnow, *Dionda episcopa* (Osteichthyes:

Cyprinidae) from three central Texas springs. Tesis de maestría. Southwest Texas State University. San Marcos, Texas. pp 50.

Winfield IJ, y Nelson JS. 1991. Cyprinid Fishes: Systematics, biology and exploitation. Fish and Fisheries Series 3. Springer-Science+Business Media B.V. pp 668.

Wischnath L. 1993. Atlas of Livebearers of the World (1st ed.). TFH Publications. pp 336.

ANEXOS

Información utilizada para la modificación de productividad y susceptibilidad para cada una de las especies.

a) *Astyanax argentatus*

Tabla 7.- Atributos de productividad de *A. argentatus*. N/A= No se encontró información relacionada al atributo.

Desarrollo	Edad Máxima	Tamaño Máximo	Nivel trófico	Reproducción	Edad a la madurez	Fecundidad	Cuidado parental o superfetación
Dos estadios larvales en condiciones de laboratorio (Baumann y Ingalls, 2022)	Se reportaron individuos de superficie de máximo 6 años (Simon et al. 2017).	10 cm (Simon et al. 2017).	2.9 (Gido y Franssen, 2007).	Presencia de post-larvas durante todo el año, habiendo un pico durante enero y marzo, lo cual relacionan con la alta disponibilidad de alimento (micro crustáceos) (Espinasa et al. 2022)	En condiciones artificiales, <i>A. mexicanus</i> puede reproducirse a partir del año (Baumann y Ingalls, 2022)	Fecundidad relativa de 3,984 huevos de <i>A. fasciatus</i> (Mejía-Mojica, 1991)	N/A

Tabla 8. Atributos de susceptibilidad de *A. argentatus*. *= Por principio precautorio, se le otorga el mayor grado de susceptibilidad. N/A= No se encontró información relacionada al atributo.

Traslape	Concentración geográfica	Importancia comercial	Origen	Migración	Sensibilidad a la contaminación
< 25% de la especie presente en el área de estudio.	La especie está concentrada en un > 50% de su rango total en el país.	Acuariofilia (Borowsky, 2008). Diferentes fenotipos de <i>A. mexicanus</i> se han utilizado como un sistema modelo para estudios de desarrollo y evolución (Protas y Jeffery, 2012).	Nativa de México (Fricke et al. 2024).	Desplazamiento de aguas bastante frías a aguas con temperatura más alta para efectos reproductivos (Edwards, 1977).	Muy sensible al constante y acelerado deterioro en la calidad de su hábitat (Morales-Ortiz y Gutiérrez-Yurrita, 2000).
Morfofisiología/resistencia ante la sequía	Eutrofización	Estatus IUCN / NOM-059-SEMARNAT-2010	Distribución general	Temperatura	Salinidad
N/A *	Tolera amplias variaciones de oxígeno (4.2 a 19.2 mg/l) (Morales-Ortiz y Gutiérrez-Yurrita, 2000)	IUCN: Preocupación menor (LC) (Schmitter-Soto, 2019).	La especie se encuentra distribuida en México y en otros países (Miller, 2009)	Amplio rango de temperatura desde los 14.5 a los 30°C (Morales-Ortiz y Gutiérrez-Yurrita, 2000).	Tolera amplias variaciones de salinidad (0 - 7.5%) (Morales-Ortiz y Gutiérrez-Yurrita, 2000).

b) *Cyprinella rutila*

Tabla 9. Atributos de productividad de *C. rutila*; basados en *C. lutrensis*, cuando se indique. N/A= No se encontró información relacionada al atributo.

Desarrollo	Edad Máxima	Tamaño Máximo	Nivel trófico	Reproducción	Edad a la madurez	Fecundidad	Cuidado parental o superfetación
No se encontró información sobre los estadios larvales o el desarrollo	Sobre <i>C. lutrensis</i> Longevidad de 3 años para (Carlander, 1997)	Talla máxima 56 mm de longitud patrón (LP) (Miller, 2009).	3.1 (Froese y Pauly, 2024).	Desove inicia en noviembre y es probable que se extienda hasta abril (Miller, 2009).	Sobre <i>C. lutrensis</i> : Al año ya pueden estar sexualmente maduros pero la mayoría de los reproductores fueron individuos de 2 años (Farringer et al. 1979)	Sobre <i>C. lutrensis</i> : Las hembras producen desde 500 a 1000 huevos por años (Farringer et al. 1979)	N/A

Tabla 10 Atributos de susceptibilidad de *C. rutila*. *= Por principio precautorio, se le otorga el mayor grado de susceptibilidad. N/A= No se encontró información relacionada al atributo.

Traslape	Concentración geográfica	Importancia comercial	Origen	Migración	Sensibilidad a la contaminación
> 50% de la especie presente en el área de estudio	La especie está concentrada en < 25% en un rango total en el país	Sobre <i>C. lutrensis</i> : No tiene importancia comercial significativa (CONABIO, 2015).	Nativa de México (Fricke et al. 2024).	Sobre <i>C. lutrensis</i> : La especie no presenta movimientos migratorios (Montana Field Guide, 2025).	Sobre <i>C. lutrensis</i> : La exposición a contaminantes disruptores endocrinos resultaron en alteraciones en la concentración en el plasma de la vitelogenina alterando el comportamiento reproductivo, los machos fertilizaron menos huevos y producían progenie no viable (McGree, 2008). La presencia de cadmio perjudica la tolerancia a la temperatura (Messaad et al. 2000).
Morfofisiología/resistencia ante la sequía	Eutrofización	Estatus IUCN / NOM-059-SEMARNAT-2010	Distribución general	Temperatura	Salinidad
N/A *	Sobre <i>C. lutrensis</i> : Elige áreas de baja corriente y aguas turbidas, puede tolerar variaciones de oxígeno disuelto (Devivo, 1995).	IUCN: Datos Deficientes (DD) (Domínguez, 2019). Amenazada (A) (SEMARNAT, 2010).	Endémica del noreste de México (Fricke et al. 2024).	Tolerancia a cambios rápidos en la temperatura (Matthews y Hill, 1977).	Tolerancia a cambios rápidos en la salinidad (Matthews y Hill, 1977).

c) *Campostoma pullum*

Tabla 11. Atributos de productividad de *C. pullum*. N/A= No se encontró información relacionada al atributo.

Desarrollo	Edad Máxima	Tamaño Máximo	Nivel trófico	Reproducción	Edad a la madurez	Fecundidad	Cuidado parental o superfetación
N/A	Se registró un individuo de hasta 6 años (Lennon y Parker, 1960)	Los machos adultos pueden llegar hasta 30 cm (Lennon y Parker, 1960)	2.0 ±0.0 (Froese y Pauly, 2024).	Dependiendo de la región, <i>C. pullum</i> desova a mediados de abril a principios de junio en zonas hacia el norte. Las poblaciones en Texas a mediados de febrero a mediados de julio (Edwards, 1997).	La madurez sexual es a menudo alcanzada al final del primer año (Lennon y Parker, 1960).	Las hembras producen de 200 a 2,500 huevos por año (Etnier y Starnes, 1993).	Después de la reproducción no presentan cuidado parental (Simon, 1998).

Tabla 12. Atributos de susceptibilidad de *C. pullum*. *= Por principio precautorio, se le otorga el mayor grado de susceptibilidad. N/A= No se encontró información relacionada al atributo.

Traslape	Concentración geográfica	Importancia comercial	Origen	Migración	Sensibilidad a la contaminación
> 50% de la especie presente en el área de estudio	La especie está concentrada en < 25% en un rango total en el país	De muy poca importancia comercial (Page y Burr, 1991)	Nativa de México (Miller, 2009).	A pesar de que no existe una migración anual muy notoria, es posible que <i>C. anomalum</i> se mueva río arriba en la primavera para el desove (Miller, 1962).	Los individuos de los sitios más perturbados producen más huevos pero más pequeños, disponen más energía en generar gónadas más pesadas respecto al peso corporal en comparación de los individuos de los lugares no contaminados (Dehner, 2009).
Morfofisiología/resistencia ante la sequía	Eutrofización	Estatus IUCN / NOM-059-SEMARNAT-2010	Distribución general	Temperatura	Salinidad
No presenta Morfofisiología/resistencia ante la sequía pero puede persistir ante la sequía (Hopper et al. 2020).	En condiciones de laboratorio, <i>C. anomalum</i> es el más susceptible a la hipoxia. Sin embargo, demuestra cierta resistencia a la hipoxia y altas temperaturas, lo que le permite resistir en charcos aislados durante periodos de sequía severa (Hopper et al. 2020)	ICUN: De Menor Preocupación (LC) (NatureServe et al. 2019).	La especie se encuentra distribuida en México y otros países (Miller, 2009).	Demuestra cierta resistencia a altas temperaturas, lo que le permite resistir en charcos aislados (Hopper et al. 2020).	N/A*

d) *Dionda melanops*

Tabla 13. Atributos de productividad de *D. melanops*. N/A= No se encontró información relacionada al atributo.

Desarrollo	Edad Máxima	Tamaño Máximo	Nivel trófico	Reproducción	Edad a la madurez	Fecundidad	Cuidado parental o superfecundación
Sobre <i>D. episcopa</i> : La especie presenta más de un estadio larval (Farrington, 2015).	Sobre <i>D. episcopa</i> : La edad máxima fue de 3 años (Farrington, 2015).	Talla máxima 69 mm de longitud patrón (LP) (Miller, 2009).	2.9 ±0.4 (Froese y Pauly, 2024).	Sobre <i>D. argentosa</i> : Desde otoño a primavera teniendo mayor incidencia en el invierno (Valdes Cantu y Winemiller, 1997).	Sobre <i>D. nigrotaeniata</i> : Las Hembras desde ≥ 30 mm se consideraban maduras sexualmente (Wayne, 1979). No se encontró información respecto a la edad de madurez.	Basado en <i>D. nigrotaeniata</i> , tienen fecundidad media de 164, 192 y 352 (Wayne, 1979). No se encontró la referencia original.	N/A

Tabla 14. Atributos de susceptibilidad de *D. melanops*. *= Por principio precautorio, se le otorga el mayor grado de susceptibilidad. N/A= No se encontró información relacionada al atributo.

Traslape	Concentración geográfica	Importancia comercial	Origen	Migración	Sensibilidad a la contaminación
> 50% de la especie presente en el área de estudio	La especie está concentrada en < 25% en un rango total en el país	La especie no es de importancia comercial	Nativa de México (Miller, 2009).	Sobre <i>D. nigrotaeniata</i> : No presenta patrones migratorios (Hammerson, 2004)	Especie muy sensible a cualquier alteración en el hábitat y es utilizado como bioindicador de la calidad del agua (De la Lanza-Espino et al. 2000).
Morfofisiología/resistencia ante la sequía	Eutrofización	Estatus IUCN / NOM-059-SEMARNAT-2010	Distribución general	Temperatura	Salinidad
Sobre <i>D. diaboli</i> : Posible reducción de población después de eventos de un evento de sequía (Schlecte y Felming, 2015)	N/A*	IUCN: Datos Deficientes (DD) (Lambarri-Martínez et al. 2019). Peligro de Extinción (P) (SEMARNAT, 2010).	Endémica del noreste de México (Fricke et al. 2024)	Los valores extremos para los cyprinidos es de 0 – 40 °C, aunque el periodo para ajustarse al cambio varía considerablemente de la especie (Winfield y Nelson, 1991).	N/A*

e) *Herichthys cyanoguttatus*

Tabla 15. Atributos de productividad de *H. cyanoguttatus*. N/A= No se encontró información relacionada al atributo.

Desarrollo	Edad Máxima	Tamaño Máximo	Nivel trófico	Reproducción	Edad a la madurez	Fecundidad	Cuidado parental o superfetación
N/A	Estimación de 5 años de vida (Laboratories Aerospace Medical Research, 1963)	30.0 cm TL (Froese y Pauly, 2024). Máxima LP conocida 21.7 cm (Miller, 2009).	2.9 ±0.32 (Froese y Pauly, 2024).	La reproducción ocurre durante marzo a agosto con un pico de actividad en abril (Buchanan, 1971). Al noreste de México aparenta desovar hasta el final de la primavera (Birkhead, 1980).	Un año (Buchanan, 1971).	2500-3000 huevos (Buchanan, 1971).	Ambos padres protegen el nido (Froese y Pauly, 2024).

Tabla 16. Atributos de susceptibilidad de *H. cyanoguttatus*. *= Por principio precautorio, se le otorga el mayor grado de susceptibilidad. N/A= No se encontró información relacionada al atributo.

Traslape	Concentración geográfica	Importancia comercial	Origen	Migración	Sensibilidad a la contaminación
< 25% de la especie presente en el área de estudio.	La especie está concentrada en un > 50% de su rango total en el país.	Importancia para la pesca-recreativa (Contraportada, 2021)	Nativa de México (Miller, 2009)	Especie no migratoria (U.S. Fish y Wildlife Service, 2019)	Es una especie tolerante a los contaminantes que se ha observado que domina en hábitats degradados. Es utilizado como indicador de un sistema desbalanceado o de ecosistemas estresados (Gonzales, 2004).
Morfofisiología/resistencia ante la sequía	Eutrofización	Estatus IUCN / NOM-059-SEMARNAT-2010	Distribución general	Temperatura	Salinidad
N/A *	N/A *	IUCN: De Menor Preocupación (Soto-Galera, 2019).	La especie se encuentra distribuida en México y otros países (Miller, 2009).	Es uno de los cíclidos que más toleran temperaturas frías, entre 14° C y 19°C, se encuentra activo a 10°C (Lorenz, unpublished data) citado en (U.S. Fish y Wildlife Service, 2019).	Se ha registrado que tolera aguas estuarinas (Lorenz y O'Connell, 2008).

f) *Hypostomus* sp.

Tabla 17. Atributos de productividad de *Hypostomus* sp. N/A= No se encontró información relacionada al atributo.

Desarrollo	Edad Máxima	Tamaño Máximo	Nivel trófico	Reproducción	Edad a la madurez	Fecundidad	Cuidado parental o superfetación
Un estadio larval (Ayala-Pérez et al. 2015).	De 7 a 8 años en naturaleza (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2021).	Talla media: 28 cm (Hugg, 1996).	2.8 (Pound et al. 2011).	A pesar de que, en condiciones naturales, se ha reportado que la especie desova múltiples veces por año en este estudio no se puede confirmar. Sin embargo, es posible que <i>Hypostomus</i> sp. desove por los menos dos veces durante la temporada reproductiva (Cook-Hildreth et al. 2016).	N/A.	Media de 2,109 (Cook, 2008).	Los machos construyen madrigueras horizontales de aproximadamente 1.20 o 1.50 m de largo. Son utilizados como túneles de anidamiento en los cuales los huevos son resguardados por ambos padres hasta que las larvas pueden nadar libremente (GISD, 2025).

Tabla 18. Atributos de susceptibilidad de *Hypostomus* sp.

Traslape	Concentración geográfica	Importancia comercial	Origen	Migración	Sensibilidad a la contaminación
< 25% de la especie presente en el área de estudio.	La especie está concentrada en un > 50% de su rango total en el país.	Comercializado como un pez limpia cristales en el comercio para acuarios (Marenco-Cortés, 2010).	Exótica invasora en México (CONABIO, 2017).	No se encontró información respecto a si la especie presenta movimientos migratorios*	El pez diablo puede soportar condiciones altas de contaminación (Ramírez-Albores et al. 2018).
Morfofisiología/resistencia ante la sequía	Eutrofización	Estatus IUCN / NOM-059-SEMARNAT-2010	Distribución general	Temperatura	Salinidad
Su gran estómago vascularizado funciona como pulmón, permitiéndole respirar aire atmosférico en condiciones de hipoxia (Mendoza et al. 2007).	Pueden vivir en aguas con muy bajo contenido de oxígeno debido a varias modificaciones de sus tractos digestivos que funcionan como órganos respiratorios accesorios u órganos hidrostáticos. Estas modificaciones incluyen un estómago agrandado donde las venas en las paredes del estómago absorben oxígeno y lo introducen en el torrente sanguíneo (Ministerio para la	IUCN: De Menor Preocupación (Armbruster, 2023).	La especie se encuentra en México y en otros países (Ayala-Pérez et al. 2015).	Se ha encontrado en aguas con temperaturas de hasta 32°C (Barletta et al. 2000) y en general, son resistentes a temperatura frías, aunque a los 13°C presentan enrojecimiento en las aletas como señal de estrés (Hoover et al. 2014).	Sobre <i>H. plecostomus</i> : Tolera agua salobre de 6-12 de salinidad, aunque no se encuentran en salinidades adyacentes más altas (Hoover et al. 2014). Es altamente adaptable a la salinidad (Mendoza et al. 2007).

	Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2021).				
--	--	--	--	--	--

g) *Alburnops braytoni*

Tabla 19. Atributos de productividad de *A. braytoni*. N/A= No se encontró información relacionada al atributo.

Desarrollo	Edad Máxima	Tamaño Máximo	Nivel trófico	Reproducción	Edad a la madurez	Fecundidad	Cuidado parental o superfetación
Sobre <i>N. stramineus</i> : Por lo menos un estadio larval (Froese y Pauly, 2024).	Sobre <i>N. amabilis</i> : 2 años (Craig et al. 2017).	Máxima LP conocida 59 mm (Miller, 2009).	2.9 ±0.3 (Froese y Pauly, 2024).	Tiene probablemente un periodo largo de desove de diciembre a julio (Miller, 2009)	Sobre <i>N. scepticus</i> : La mayoría de las hembras y machos alcanzaban la madurez sexual a los 2 años (Harrell y Cloutman, 1978).	Mínima registrada 188 óvulos en una hembra de 31.7 mm, máxima de 362 óvulos en una hembra de 51.30 mm (Soto-Galera y Alcántara-Soria, 2007)	N/A

Tabla 20. Atributos de susceptibilidad de *A. braytoni*. *= Por principio precautorio, se le otorga el mayor grado de susceptibilidad. N/A= No se encontró información relacionada al atributo.

Traslape	Concentración geográfica	Importancia comercial	Origen	Migración	Sensibilidad a la contaminación
> 50% de la especie presente en el área de estudio	La especie está concentrada en < 25% en un rango total en el país	No se encontró información respecto a si la especie presenta importancia comercial.	Nativa de México (Miller, 2009).	No se encontró información respecto a la migración.	Durante un estudio realizado en la porción superior del Rio Grande/Rio Bravo, se reporta que <i>N. braytoni</i> una especie no tolerante a aguas de poca calidad (Aceves-Monárrez et al. 2004). Decrecimiento en la población de <i>N. braytoni</i> por la disminución de la calidad del agua (Edwards et al. 2004).
Morfofisiología/resistencia ante la sequía	Eutrofización	Estatus IUCN / NOM-059-SEMARNAT-2010	Distribución general	Temperatura	Salinidad
N/A *	<i>N. braytoni</i> no parece tolerar niveles bajos de oxígeno disuelto en el agua (Edwards et al. 2004).	IUCN: De Menor Preocupación (Daniels, 2019). Amenazada (A) (SEMARNAT, 2010).	Se encuentra en México y E.U.A. (Miller, 2009).	N/A*	Sobre <i>N. buccula</i> y <i>N. oxyrhynchus</i> : Tolerantes a salinidades de hasta 14‰ (Ostrand y Wilde, 2001).

h) *Oreochromis niloticus*

Tabla 21. Atributos de productividad de *O. niloticus*.

Desarrollo	Edad Máxima	Tamaño Máximo	Nivel trófico	Reproducción	Edad a la madurez	Fecundidad	Cuidado parental o superfecundación
La especie presenta más de un estadio larval (Saavedra, 2016).	Nueve años (Eccles, 1992).	Tamaño máximo: 60 cm (Eccles, 1992).	2.0 (Eccles, 1992).	En condiciones naturales, se cree que tiene un periodo largo de reproducción (septiembre a mayo) y puede desovar varias veces dependiendo de la temperatura (Khallaf et al. 2003).	Bajo condiciones artificiales, alcanza la madurez a los 5 o 6 meses (FAO, 2009)	Fecundidad de 104 a 709 huevos (Gómez-Márquez et al. 2003).	La hembra recoge los huevos en su boca después de la fertilización y los mantiene ahí hasta que se absorba el saco vitelino. Cuando son liberados, pueden volver a entrar en caso de verse amenazados (FAO, 2009).

Tabla 22. Atributos de susceptibilidad de *O. niloticus*. *= Por principio precautorio, se le otorga el mayor grado de susceptibilidad.

Traslape	Concentración geográfica	Importancia comercial	Origen	Migración	Sensibilidad a la contaminación
< 25% de la especie presente en el área de estudio	La especie está concentrada en un > 50% de su rango total en el país	Alta importancia comercial en la acuicultura para consumo humano (FishBase, n.d.-g)	Exótica invasora en México (CONABIO, 2014)	Se considera que migra ante la oportunidad (Bonham, 2022)	Se considera una especie que puede proliferar en ambientes perturbados, con alta cantidad de metales pesados y en cuerpos de agua contaminados por la minería a cielo abierto (Bonham, 2022; Castro-Longoria et al. 2024; Sriuttha et al. 2017). Asimismo, madura antes y es más fecundo, sin embargo, tiene una tasa de mortalidad más alta (Khallaf et al. 2003).
Morfofisiología/resistencia ante la sequía	Eutrofización	Estatus IUCN / NOM-059-SEMARNAT-2010	Distribución general	Temperatura	Salinidad
Puede reproducirse con mayor intensidad durante periodos de sequía (Perea-Ganchou et al. 2017). Sin embargo, se considera que <i>O. niloticus</i> en un futuro pueda ser vulnerable ante condiciones de cambio climático (Esmacili y Eslami-Barzoki, 2023).	Pueden sobrevivir en ambientes como bajo oxígeno disuelto (Bonham, 2022).	IUCN: De Preocupación Menor (LC) (Diallo et al. 2023).	La especie se encuentra en México y en otros países (CONABIO, 2014).	En condiciones de cultivo, las temperaturas letales inferiores son entre los 11-12 °C y superior alrededor de los 42° C (FAO, 2009).	En condiciones de cultivo, puede tolerar un rango de salinidad de los 0 a los 35 ppm (CESAIBC, s.f.).

i) *Poecilia mexicana*

Tabla 23. Atributos de productividad de *P. mexicana*.

Desarrollo	Edad Máxima	Tamaño Máximo	Nivel trófico	Reproducción	Edad a la madurez	Fecundidad	Cuidado parental o superfetación
Ovovíparos (Miller, 2009)	Sobre <i>P. sphenops</i> : En condiciones de acuario tiene una longevidad de 3 años (Gómez, 2025)	Máxima LP reportada 95 mm (Miller, 2009)	2.0 ±0.00 (Froese y Pauly, 2024).	En condiciones naturales, se ha reportado la captura de juveniles de diciembre a agosto, que indica una temporada reproductiva prolongada, que probablemente genera progenie todos los meses del año (Miller, 2009)	Madurez sexual de 7 a 12 meses (Froese y Pauly, 2024).	Fecundidad de <i>P. mexicana</i> promedio 51,2 embriones/hembra (Chávez-López et al. 2020)	Se encontraron hembras maduras con ovocitos, huevos y embriones, algunas de ellas con superfetación (Chávez-López et al. 2020).

Tabla 24. Atributos de susceptibilidad de *P. mexicana*. *= Por principio precautorio, se le otorga el mayor grado de susceptibilidad.

Traslape	Concentración geográfica	Importancia comercial	Origen	Migración	Sensibilidad a la contaminación
< 25% de la especie presente en el área de estudio	La especie está concentrada en un > 50% de su rango total en el país	De importancia en el acuarismo y utilizado ocasionalmente como cebo para pesca (Froese y Pauly, 2024).	Nativa de México (Miller, 2009).	No migratoria (Froese y Pauly, 2024).	Fue la segunda especie más abundante en el río Tula, el cual se encuentra severamente contaminado por diferentes factores como aguas residuales, descargas industriales, cercanía con una refinera y una termoeléctrica, así como posiblemente contaminación por campos agrícolas (Córdova-Tapia et al. 2024).
Morfofisiología/resistencia ante la sequía	Eutrofización	Estatus IUCN / NOM-059-SEMARNAT-2010	Distribución general	Temperatura	Salinidad
Es dominante durante la temporada de secas (Córdova-Tapia et al. 2024)	Está ampliamente distribuido en la vertiente del Atlántico, incluso en ecosistemas donde el nivel de oxígeno disuelto es extremadamente bajo (Peters et al, 1973 citado en Plath et al. 2003).	IUCN: De Preocupación Menor (LC) (Daniels y Maiz-Tome, 2019a).	La especie se encuentra en México y en otros países (Miller, 2009).	Es una especie asociada con altas temperaturas (Córdova-Tapia et al. 2024).	Se encuentra en aguas dulces a salobres casi completamente marinas, en lagunas y estuarios (Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, 2023).

j) *Poeciliopsis gracilis*

Tabla 25. Atributos de productividad de *P. gracilis*.

Desarrollo	Edad Máxima	Tamaño Máximo	Nivel trófico	Reproducción	Edad a la madurez	Fecundidad	Cuidado parental o superfetación
Ovovivíparos (Miller, 2009)	La longevidad o edad máxima para <i>P. gracilis</i> fue de 2 años bajo condiciones naturales (Gómez-Márquez et al. 2024)	Máximo 9 cm (Miranda et al. 2009).	<i>P. gracilis</i> tiene una posición baja en el nivel trófico, siendo capaz de forrajear recursos de baja calidad (Contreras-MacBeath et al. 2014).	Se mantienen activas reproductivamente toda su vida y no existe temporalidad en la reproducción, son receptivas en cualquier temporada del año (Contreras-MacBeath y Ramírez-Espinoza, 1996).	Maduran sexualmente a partir de los 3 meses (Froese y Pauly, 2024).	La fecundidad media estimada de 455 hembras fue de 44 (Gómez-Márquez et al. 2008).	La especie presenta superfetación en un rango de 1 - 4 (Frias-Alvarez et al. 2014).

Tabla 26. Atributos de susceptibilidad de *P. gracilis*. *= Por principio precautorio, se le otorga el mayor grado de susceptibilidad.

Traslape	Concentración geográfica	Importancia comercial	Origen	Migración	Sensibilidad a la contaminación
< 25% de la especie presente en el área de estudio	La especie está concentrada en un > 50% de su rango total en el país.	Acuariofilia (Froese y Pauly, 2024).	Exótica en Nuevo León pero no ha sido reportada como invasora (Contreras-Balderas et al. 1995; Fricke et al. 2024; Miller, 2009).	No migratoria (Froese y Pauly, 2024).	Tolerante a la contaminación, incluso en aguas residuales y con descargas industriales (De la Lanza-Espino et al. 2000; Hernández-Rubio et al. 2018; Huidobro-Campos, 2006).
Morfofisiología/resistencia ante la sequía	Eutrofización	Estatus IUCN / NOM-059-SEMARNAT-2010	Distribución general	Temperatura	Salinidad
No se encontró información respecto a morfofisiología o resistencia ante la sequía, pero es una especie que prefiere aguas poco profundas (Minckley, 1973).	<i>P. gracilis</i> se puede encontrar en cuerpos de agua con concentraciones de oxígeno disuelto de 2 a 7 mg/l (Sánchez-Herrera y Sastré-Báez, 2004)	IUCN: De Preocupación Menor (LC) (Daniels y Maiz-Tome, 2019b).	Se encuentra en México y en otros países (Froese y Pauly, 2024).	<i>P. gracilis</i> tolera una amplia gama de temperaturas (Minckley, 1973).	<i>P. gracilis</i> tolera una amplia gama de salinidades (Minckley, 1973).

k) *Pseudoxiphophorus bimaculatus*

Tabla 27. Atributos de productividad de *P. bimaculatus*. N/A= No se encontró información relacionada al atributo.

Desarrollo	Edad Máxima	Tamaño Máximo	Nivel trófico	Reproducción	Edad a la madurez	Fecundidad	Cuidado parental o superfecundación
Vivíparo (Schmitter-Soto, 1996)	Se reportaron hembras de máximo 2 años de edad (Olinger et al. 2016).	Max 7 cm (Wischnat h, 1993).	3.2 (Carbajal -Becerra et al. 2020)	Periodo reproductivo largo, de diciembre a mayo, quizá más (Miller, 2009). Múltiples alumbramientos fueron reportados durante el ciclo reproductivo (desde Marzo a Mayo y de Julio a Octubre) (Gómez-Márquez et al. 1999).	Alcanzan la madurez sexual antes del primer año de vida, hacia los 3 o 4 cm LP (J. J. Schmitter-Soto, 1996).	Fertilidad media de 23 (Gómez-Márquez et al. 1999).	N/A

Tabla 28. Atributos de susceptibilidad de *P. bimaculatus*. *= Por principio precautorio, se le otorga el mayor grado de susceptibilidad. N/A= No se encontró información relacionada al atributo.

Traslape	Concentración geográfica	Importancia comercial	Origen	Migración	Sensibilidad a la contaminación
< 25% de la especie presente en el área de estudio	La especie está concentrada en un > 50% de su rango total en el país	Acuariofilia (Trujillo-jiménez y Toledo-Beto, 2007).	Exótica invasora en Nuevo León (Contreras-Balderas et al. 1995; 2002; Fricke et al. 2024; Miller, 2009)	N/A*.	Puede sobrevivir en ambientes degradados por factores antropogénicos o en aguas turbias (Mar-Silva et al. 2021; Miller, 2009).
Morfofisiología/resistencia ante la sequía	Eutrofización	Estatus IUCN / NOM-059-SEMARNAT-2010	Distribución general	Temperatura	Salinidad
N/A*	Los poecílidos están adaptados a condiciones hipóxicas es posible que puedan soportar concentraciones de oxígeno disuelto 1mg/L. Sin embargo, se ha registrado en concentraciones de 7.6 mg/L (Mata-Salcedo, 2007).	IUCN: De Preocupación menor (LC) (Lyons, 2019).	Se encuentra en México y en otros países (Fricke et al. 2024; Miller, 2009)	La temperatura ideal de <i>P. bimaculatus</i> es de 20-28°C (Froese y Pauly, 2024). Sin embargo, no se encontró información respecto a tolerancia ante cambios bruscos de temperatura.	Tolera hasta 7% de salinidad pero prefiere el agua dulce (Schmitter-Soto, 1996).

l) *Pterygoplichthys* sp.

Tabla 29. Atributos de productividad de *Pterygoplichthys* sp.

Desarrollo	Edad Máxima	Tamaño Máximo	Nivel trófico	Reproducción	Edad a la madurez	Fecundidad	Cuidado parental o superfetación
<i>P. pardalis</i> más de un estadio larval (Cagatin-Jumawan et al. 2014)	Los plecos en condiciones de acuario pueden vivir más de 10 años (Hoover et al. 2004). Edad máxima estimada fue de 5.25 años (Gibbs et al. 2013)	Se reportaron individuos de 22 a 42 cm (Wakida-Kusunoki y Amador-Del Ángel, 2011).	Nivel trófico de 2.0 (Elfidasari et al. 2020)	La especie presenta un periodo largo de reproducción de Mayo a Noviembre con el mayor pico de Julio a Octubre (Rueda-Jasso et al. 2013).	Alcanzan la madurez sexual a partir de 25 cm (GISD, 2025).	La fecundidad puede ser desde los 500 a los 3000 huevos por hembra dependiendo de talla y edad (GISD, 2025).	Los machos construyen madrigueras horizontales de aproximadamente 1.20 o 1.50 m de largo. Son utilizados como túneles de anidamiento en los cuales los huevos son resguardados por ambos padres hasta que las larvas pueden nadar libremente (GISD, 2025).

Tabla 30. Atributos de susceptibilidad de *Pterygoplichthys* sp. *= Por principio precautorio, se le otorga el mayor grado de susceptibilidad. N/A= No se encontró información relacionada al atributo.

Traslape	Concentración geográfica	Importancia comercial	Origen	Migración	Sensibilidad a la contaminación
< 25% de la especie presente en el área de estudio	La especie está concentrada en un > 50% de su rango total en el país	Acuariofilia (Page y Robins, 2006).	Exótica invasora en México (Amador del Ángel et al. 2014)	N/A	Puede tolerar agua de baja calidad (L. G. Nico y Martin, 2001).
Morfofisiología/resistencia ante la sequía	Eutrofización	Estatus IUCN / NOM-059-SEMARNAT-2010	Distribución general	Temperatura	Salinidad
Resisten la desecación de cuerpos de agua superficiales durante varios días (Mendoza et al. 2007).	Respiran aire atmosférico en condiciones de hipoxia (el estómago vascularizado funciona como pulmón) (Mendoza et al. 2007).	IUCN: De Preocupación Menor (LC) (Salvador, 2023).	Se encuentra en México y en otros países (Amador del Ángel et al. 2014).	Sobre <i>P. pardalis</i> : En condiciones de acuario, la temperatura óptima es de 23 a 28°C (Froese y Pauly, 2024).	Puede tolerar ambientes mesohalinos por periodos extendidos (Capps et al. 2011).

m) *Xiphophorus hellerii*

Tabla 31. Atributos de productividad de *X. hellerii*. N/A= No se encontró información relacionada al atributo.

Desarrollo	Edad Máxima	Tamaño Máximo	Nivel trófico	Reproducción	Edad a la madurez	Fecundidad	Cuidado parental o superfetación
Las crías nacen con un alto grado de desarrollo (Arevalo-Rivera et al. 2010).	Pueden vivir hasta cinco años en condiciones naturales y seis en condiciones de acuario (Luján, 2024).	Tamaño máximo: 14 cm (Wischnath, 1993)	3.2 ±0.43 (Froese y Pauly, 2024).	Se han capturado juveniles entre diciembre y marzo, lo cual sugiere una temporada reproductiva larga (Miller, 2009). De agosto a mayo con un pico reproductivo de octubre a diciembre, produciendo de ocho a nueve linajes (Milton y Arthington, 1983).	Alcanzan la madurez sexual alrededor de los 8 a 12 meses (Wischnath, 1993).	Fecundidad promedio de 60 (Milton y Arthington, 1983)	N/A.

Tabla 32. Atributos de susceptibilidad de *X. hellerii*. *= Por principio precautorio, se le otorga el mayor grado de susceptibilidad. N/A= No se encontró información relacionada al atributo.

Traslape	Concentración geográfica	Importancia comercial	Origen	Migración	Sensibilidad a la contaminación
La especie está concentrada en un > 50% de su rango total en el país.	< 25% de la especie presente en el área de estudio.	Acuariofilia (Froese y Pauly, 2024).	Exótico invasor en Nuevo León (Contreras-Balderas et al. 2002).	No migratorio (Froese y Pauly, 2024).	A menudo se le puede encontrar en aguas contaminadas (Miller, 2009).
Morfofisiología/resistencia ante la sequía	Eutrofización	Estatus IUCN / NOM-059-SEMARNAT-2010	Distribución general	Temperatura	Salinidad
N/A *	Es una especie que requiere de una buena oxigenación y vegetación abundante (Comercial Veterinaria, s.f.)	IUCN: Preocupación menor (LC) (Daniels y Maiz-Tome, 2019c)	La especie se encuentra en México y en otros países (Fricke et al. 2024; Miller, 2009)	Esta especie presenta una alta resistencia a cambios de temperatura (Meffe y Snelson, 1989). En condiciones de laboratorio, aunque suelen mostrar un amplio margen de tolerancia a las variables fisicoquímicas del agua, la temperatura es un factor limitante para el crecimiento (Marañón-Herrera, 2007).	Esta especie presenta una alta resistencia a cambios de salinidad (Meffe y Snelson, 1989).

n) *Xiphophorus variatus*

Tabla 33. Atributos de productividad de *X. variatus*.

Desarrollo	Edad Máxima	Tamaño Máximo	Nivel trófico	Reproducción	Edad a la madurez	Fecundidad	Cuidado parental o superfetación
Ovovivíparos (Miller, 2009)	Longevidad 5 años en condiciones de acuario (Fishipedia, s.f.).	Tamaño máximo: 7 cm (Page y Burr, 1991).	2.8 ±0.27 (Froese y Pauly, 2024).	De septiembre a marzo, produciendo de 5 a 6 linajes (Milton y Arthington, 1983).	Edad a la madurez a los dos años (Milton y Arthington, 1983).	Fecundidad promedio de 27 (Milton y Arthington, 1983). Hasta 100 crías después de 14 días de gestación (Froese y Pauly, 2024).	No se encontró información respecto al cuidado parental.

Tabla 34. Atributos de susceptibilidad de *X. variatus*. *= Por principio precautorio, se le otorga el mayor grado de susceptibilidad. N/A= No se encontró información relacionada al atributo.

Traslape	Concentración geográfica	Importancia comercial	Origen	Migración	Sensibilidad a la contaminación
< 25% de la especie presente en el área de estudio	La especie está concentrada en un > 50% de su rango total en el país	Acuariofilia (Nico, 2025)	Exótico invasor en Nuevo León (Contreras-Balderas et al. 2002).	No migratorio (Froese y Pauly, 2024).	Se le considera como una especie tolerante en un ambiente degradado (Mercado-Silva et al. 2006).
Morfofisiología/resistencia ante la sequía	Eutrofización	Estatus IUCN / NOM-059-SEMARNAT-2010	Distribución general	Temperatura	Salinidad
N/A*	Ha sido colectada en hábitats con niveles bajos de oxígeno disuelto en el agua (Page y Burr, 1991).	IUCN: Preocupación Menor (LC) (Palmer-Newton, 2019)	La especie se encuentra en México y en otros países (Miller, 2009).	En condiciones de vida libre y de laboratorio, presenta una alta tolerancia a temperaturas bajas (7°C) (Cohen et al. 2014).	Sobre <i>X. maculatus</i> : Salinidad óptima <3 (ppm) (Maddern, 2009).