

EL BAGRE ENDÉMICO (*ICTALURUS MEXICANUS*), ALTERNATIVA PARA LA ACUICULTURA EN LA SIERRA GORDA

THE ENDEMIC CATFISH (*ICTALURUS MEXICANUS*), AN
ALTERNATIVE FOR AQUACULTURE IN THE SIERRA GORDA

Guillermo Abraham Peña Herrejón*
Julieta Sánchez Velázquez
César Iván Hernández Pérez
Juan Fernando García Trejo
Eduardo Luna Sánchez

Universidad Autónoma de Querétaro, México

*guillermoaph7@gmail.com

Resumen

El bagre es un organismo de gran interés para la producción acuícola en México, cuya práctica se ha extendido a regiones como la Reserva de la Biósfera Sierra Gorda. Actualmente, el *Ictalurus punctatus* es la especie de mayor producción, sin embargo, esta variedad representa un riesgo para la biodiversidad debido a su carácter invasor. Uno de los métodos para disminuir dicho impacto es la introducción a cultivo de especies nativas, tales como el bagre endémico *Ictalurus mexicanus* (bagre de Río Verde), especie con potencial acuícola que ha sido identificada en la Reserva.

El presente estudio se realizó con la finalidad de determinar la capacidad de crecimiento del bagre endémico en un cultivo acuícola. Con dicho propósito se llevó a cabo la adaptación de la especie al consumo de alimento comercial. En este sentido, luego de 8 meses de aclimatación y cultivo en un estanque acuícola, se determinaron el desempeño de su crecimiento, relación longitud-peso y factor de condición. Los resultados revelaron una supervivencia superior al 85 %, peso promedio fue de 385.7 ± 182.4 g, peso máximo de 764 g y longitud promedio de 27.8 ± 4.6 cm. Estos valores superan los máximos reportados previamente. A partir del crecimiento isométrico del bagre, así como del incremento de su factor de condición, es evidente el interés de continuar estudiando al *Ictalurus mexicanus*, pues se concluye que es una especie con alto potencial acuícola.

Palabras clave: acuicultura, bagre de Río Verde, especie alternativa, especie nativa, rendimiento del crecimiento, Reserva de la Biósfera.

Abstract

Catfish is an organism of great interest for aquaculture production in Mexico, which has spread to regions such as the Sierra Gorda Biosphere Reserve. Currently, the most produced species is *Ictalurus punctatus*; however, this species represents a risk to biodiversity due to its invasive nature. One of the methods to reduce this impact is the cultivation of native species, such as the endemic catfish *Ictalurus mexicanus* (Río Verde catfish), a species with aquaculture potential that has been identified in the reserve.

The present study was carried out to determine the growth capacity of the endemic catfish in aquaculture. For this purpose, the species was adapted to the consumption of commercial feed. In this sense, after 8 months of acclimatization and culture in an aquaculture pond, growth performance, length-weight ratio and condition factor were

determined. The results showed a survival rate higher than 85 %, average weight of 385.7 ± 182.4 g, maximum weight of 764 g and the average length of 27.8 ± 4.6 cm. These values exceed the maximums previously reported. Based on the isometric growth of the catfish, as well as the increase in its condition factor, the interest to continue studying *Ictalurus mexicanus* is justified, since it is concluded that it is a species with high aquaculture potential.

Keywords: aquaculture, Rio Verde Catfish, alternative species, native species, growth, performance, Biosphere Reserve.

Introducción

En 23 de los 32 estados mexicanos se llevan a cabo actividades acuícolas [1]. En el año 2021 se produjeron 351 002 toneladas de productos; ahora bien, el camarón fue el cultivo más abundante (214 546 toneladas con un valor de 15 330 millones de pesos), seguido de la mojarra (96 977 toneladas con un valor de 2588 millones de pesos) y el ostión (15 602 toneladas con un valor de 141 millones de pesos). El bagre se ubicó en el octavo lugar con un rendimiento de 1423 toneladas y una generación de 55 millones de pesos [1], [2]. Asimismo, los estados con mayor productividad de este cultivo fueron Sinaloa (320 toneladas), Michoacán (282 toneladas) y Jalisco (181 toneladas). En comparación, Querétaro cultivó 72 toneladas y Guanajuato 17 [1-3], lo que desvela un área de oportunidad para incrementar la producción acuícola de estas especies. El interés por mejorar el rendimiento del bagre en particular se encuentra documentado en el Programa Maestro Nacional Bagre y el Comité Sistema Producto Bagre Nacional, integrado por los estados de Guerrero, Michoacán, Puebla, San Luis Potosí y Tamaulipas [4]. A su vez, el incremento de la cosecha de bagre de 2018 a 2021 (7.4 % en Querétaro y más del 100 % en Guanajuato) es una justificación del interés mencionado, pues implica datos especialmente importantes si se considera que existió una disminución del 11.25 % de la producción acuícola general a nivel nacional [1-5].

Los bagres son organismos de la familia *Ictaluridae* del orden *Siluriformes* que habitan principalmente en agua dulce. La especie más explotada en la acuicultura es el *Ictalurus punctatus*, también conocido como bagre de canal, nativo de Estados Unidos, Canadá y el noreste de México [6]. Dicha denominación ha sido estudiada ampliamente, y se han desarrollado estrategias de producción bajo sistemas extensivos, semiintensivos e intensivos [6-8]. No obstante, a pesar de los avances tecnológicos en su cría y aprovechamiento, en México, el bagre de canal constituye una especie invasora capaz de perjudicar la biodiversidad al competir por recursos con especies nativas [9-11]. El peligro se acentúa en zonas con alta biodiversidad pero equilibrio delicado, tales como la Reserva de la Biósfera Sierra Gorda y la Reserva de la Biósfera Sierra Gorda–Guanajuato. Por ese motivo, en ambos sitios se ha constatado un interés por introducir la producción acuícola de bagre endémico [12-14].



El presente estudio se realizó con la finalidad de determinar la capacidad de crecimiento del bagre endémico en un cultivo acuícola. Con dicho propósito se llevó a cabo la adaptación de la especie al consumo de alimento comercial. Se determinó el desempeño de su crecimiento, su relación longitud-peso y su factor de condición.

La Reserva de la Biósfera Sierra Gorda es un área natural protegida en el centro de México, al interior de los estados de Guanajuato y Querétaro [15]. El principal río de la reserva es el Santa María, el cual nace en San Luis Potosí, cruza por el estado de Guanajuato, donde se alimenta de varios arroyos, como el Manzanares y el Bagres, y recibe el caudal de los ríos Ayutla y Jalpan [16] al internarse en el estado de Querétaro. En términos geográficos, el río Santa María actúa como límite natural entre Guanajuato y San Luis Potosí, por lo que forma parte de la recién decretada Reserva de la Biósfera Sierra Gorda-Guanajuato, donde son recientes los trabajos de inventarios florísticos y faunísticos [17].

Las especies que habitan el río Santa María han sido objeto de estudios bajo el enfoque de conservación de la biodiversidad. En ellos se ha observado que el sistema dulceacuícola ha sufrido afectaciones por diversas actividades humanas como la pesca descontrolada, agricultura, deposición de contaminantes orgánicos e inorgánicos a los cuerpos de agua dulce, la modificación de los hábitats y la introducción de especies exóticas a la región [11], [12], [18], [19]. Asimismo, resulta evidente la disminución de organismos disponibles en libertad; la escasez es consecuencia de un visible colapso pesquero, tanto a nivel local como global, atribuido principalmente a la sobreexplotación. Estas limitantes, aunadas al cambio climático y la deficiente calidad de los cuerpos de agua, han



generado mermas en las poblaciones acuáticas; para empeorar las cosas, las políticas de pesca y conservación ambiental han fracasado en frenar tal deterioro [18], [20].

Con el objetivo de evitar que la implementación de la acuicultura continúe impactando negativamente la biodiversidad, se propone reemplazar la explotación de especies exóticas por el aprovechamiento de especies nativas con potencial acuícola [21], [22]. Algunas de estas alternativas identificadas dentro de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda son el boquín (*Ictiobus labiosus*), la trucha de río (*Agonostomus monticola*) y el bagre de Río Verde (*Ictalurus mexicanus*) [23]. Dichos peces nativos presentan características productivas deseables, como carne blanca de calidad con menor o ninguna espina, sabor y textura placenteros, por lo que cautivan el agrado de los consumidores regionales.

El bagre de Río Verde, *Ictalurus mexicanus*, originalmente *Amiurus mexicanus* (Meek, 1904), es una especie apenas estudiada. Fue encontrada en la vertiente del Atlántico, en la cuenca del río Pánuco y, aunque se desconoce su hábitat exacto, se reportan avistamientos en todo tipo de ambientes acuáticos: aguas quietas o en movimiento, sobre fondos de roca o arena, sin vegetación acuática, por mencionar algunas; además, se ha observado que los adultos prefieren áreas tranquilas y profundas [24]. En cuanto a las características fisonómicas del bagre, se registra en la literatura una longitud parcial máxima de 23.8 cm, aunque en observaciones propias se encuentran variedades de más de 25 cm.

Por otro lado, los informes del bagre de Río Verde reconocen su distribución intrínseca de los límites nacionales [23-26], por lo que clasifica como endémico dentro de las especies protegidas en México [27]. Asimismo, el Comité de Especies en Peligro de Extinción de la Sociedad Americana de Pesca lo considera un grupo vulnerable y la International Union for Conservation of Nature (IUCN) lo adhiere en su lista roja de especies amenazadas [26], [28], [29]. Con lo anterior en cuenta, la producción del bagre endémico, además de incentivar la acuicultura regional, supondría un beneficio directo a la conservación de la especie y desarrollo sostenible, ya que la cría es una alternativa fructífera para recuperar poblaciones bajo algún grado de vulnerabilidad [30].

Para introducir el bagre de Río Verde a un sistema acuícola primero se debe determinar si puede adaptarse al cautiverio. Desde esa perspecti-

va, los requisitos son resistencia al manejo, adaptación a formulaciones alimenticias y tolerancia a las condiciones fisicoquímicas del agua [22], [30-33]. Sin embargo, hasta el momento escasean los estudios sobre las condiciones de cultivo, por lo que se recurrió a la cercanía taxonómica del *Ictalurus mexicanus* con el *Ictalurus punctatus* para estimar su tolerancia y adaptabilidad. En este sentido, se espera que el bagre se adecue a los rangos de: pH 6-8, dH 4-30, temperatura 10-32 °C, y que acepte una formulación alimenticia destinada a especies carnívoras [34]. En el presente trabajo, se determinó la aceptación del alimento comercial para bagre, así como la supervivencia, longitud y talla máxima alcanzada por la especie endémica en un cultivo acuícola. De esta manera, se identificó su potencial y perspectivas, datos necesarios para proseguir con su introducción a la acuicultura como una alternativa viable en la Sierra Gorda.

Metodología, materiales y métodos

Organismos y condiciones experimentales

Se seleccionaron de forma aleatoria 16 organismos de *Ictalurus mexicanus* con pesos menores a 35 g, a partir de los disponibles en el módulo acuícola del Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Materia Agrícola, Pecuaria, Acuícola y Forestal (CIDAF). Los especímenes se aclimataron al cultivo acuícola en peceras de 15 litros y se mantuvieron durante 40 días con aireación continua, a una temperatura de 28 ± 1.3 °C y contenido de amonio menor a 0.1 mg/l. Durante el periodo de aclimatación se les administró el alimento comercial para bagre Grow fish 2, manufacturado por Malta Cleyton, a una tasa de alimentación del 4 % de su biomasa, repartida en 2 raciones diarias. En esta fase se determinó la supervivencia y se cuantificó el crecimiento.

Después de la aclimatación, los organismos fueron trasladados a un estanque de 5 m de diámetro compuesto de geomembrana para desarrollar una etapa de engorda durante 8 meses. El estanque de cultivo contaba con un sistema de flujo continuo, al cual se le proporcionaron atenciones de mantenimiento a la mitad de la fase experimental. Durante este periodo, se otorgó una ración diaria del 4 % de la biomasa, ajustada mensualmente, y al finalizar la etapa se determinaron la supervivencia, talla, peso y factor de condición alcanzados por los especímenes.



Determinación del rendimiento del crecimiento

Se determinó según acató lo propuesto en los trabajos previos de [22] y [35]:

Se analizó la producción total de biomasa (P_t):

$$P_t(g) = \sum_{i=1}^n P_i$$

Donde P_i es el peso del pez en el sistema.

La ganancia total en peso de los organismos (GTP):

$$GTP(g) = M_f - M_i$$

Donde M_f es la masa final, y M_i la inicial.

La tasa específica de crecimiento (TEC) se estimó como:

$$TEC(kg) \text{ día}^{-1} = \frac{100 (l_{nM_f} - l_{nM_i})}{D}$$

Donde M_f es el peso final, M_i el inicial, ln el logaritmo natural y D la cantidad de días de cultivo.

La mortalidad se registró diariamente, y la supervivencia se calculó como el porcentaje del número de peces al momento de la medición respecto a la cantidad de organismos en la muestra original.

Relación longitud-peso y factor de condición

Se computó la relación longitud-peso mediante el método de regresión lineal, calculando los valores de a y b de la ecuación [36]:

$$W = aL^b$$

Donde W denota el peso total en gramos, y L la longitud parcial en centímetros.

En esta expresión, el valor de b determina el tipo de crecimiento:

- Isométrico cuando $b = 3$: el individuo mantiene su forma al crecer. En la práctica, se consideran especies de crecimiento isométrico las que fluctúan dentro de los valores $b = 2.5$ y $b = 3.5$ [37], [38].
- Alométrico positivo si $b > 3$: los individuos de mayor talla incrementan su peso en mayor proporción que su longitud.
- Negativo si $b < 3$: los individuos incrementan su longitud más que su peso. Lo anterior se debe a que la longitud es una magnitud lineal y el peso es una función del cubo de la talla.

El factor de condición, un indicador de la condición nutricional del espécimen, se estima mediante el índice de Fulton (K).

$$K = (P_i/L^3) \times 100$$

Donde P_i denota el peso del pez en gramos, y L la longitud estándar en centímetros. La ecuación relaciona los parámetros de longitud-peso con la condición media en la que se encuentran los organismos del tratamiento a determinado tamaño. Con toda probabilidad, si un individuo posee una mayor biomasa en relación con su longitud, se encuentra en óptima condición.

Consideraciones bioéticas

El presente estudio fue revisado y aprobado por el Comité de Ética Aplicada para la Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro.

Análisis estadísticos

La investigación incluyó una etapa de estadística descriptiva para determinar los intervalos de confianza con base en pruebas de distribución t de Student; subsecuentemente se infirieron los valores esperados en el cultivo del bagre. La comparación del factor de condición se realizó mediante un análisis ANOVA. Después, se ejecutó una prueba de Tukey en busca de diferencias estadísticas significativas; por su parte, los grupos que presentaron anomalía se determinaron por medio de una



prueba de Shapiro-Wilk y se analizaron a través de un test de Kruskal Wallis. Todos los análisis estadísticos fueron efectuados por medio del software Statgraphics Routine Centurion. El valor para decretar una diferencia significativa se estableció en $p > 0.05$.

Resultados y discusión

Este primer reporte del crecimiento del bagre endémico *Ictalurus mexicanus* en un cultivo acuícola muestra una comparación del mismo con el *Ictalurus punctatus*, la especie que más se cultiva en México. Se considera que, si ambas variedades comparten características, el bagre de Rio Verde podría introducirse a sistemas similares a los usados tradicionalmente. Dicha posibilidad evidencia el potencial del bagre endémico para la acuicultura mexicana.

Se efectuaron mediciones para determinar la adaptación de la especie en el cultivo acuícola. Primero, durante la etapa de aclimatación se determinó la supervivencia, con un resultado superior al 87 % (Tabla 1). La cifra fue comparada con estudios realizados en el *Ictalurus punctatus*, que se encuentra plenamente domesticado y adaptado al cautiverio, con porcentajes entre el 85 y 92 % de supervivencia [39]; se concluyó que el resultado de la primera prueba de supervivencia respetaba el

TABLA 1.

Rendimiento del crecimiento de *Ictalurus mexicanus* bajo condiciones de cultivo acuícola.

PARÁMETRO	ETAPA	
	ACLIMATACIÓN	ENGORDA
N INICIAL	14	12
SUPERVIVENCIA (%)	87.5	85.7
P_{in} (g)	29.1 ±3.9	34.8 ±4.9
P (g)	34.8 ±4.9	385.7 ±182.4
P_{max} (G)	40.9	764
P_{min} (G)	24.7	185
L (cm)	15.3 ±0.6	27.8 ±4.6
GTP (g)	5.82 ±1.62	350.9
TEC (%/d)	0.46 ±0.11	1

Se presentan los valores posteriores: aclimatación y engorda en estanque, peso promedio (P), peso máximo (P_{max}), peso mínimo (P_{min}), peso inicial promedio (P_{in}), longitud promedio (L), ganancia total en peso de los organismos (GTP), tasa específica de crecimiento (TEC).

rango aceptable. Al pasar a cultivo en estanque, posterior al periodo de engorda, la supervivencia del bagre endémico se mantuvo en valores superiores al 85 %. Como la dieta de la especie fue exclusivamente a base de alimento comercial, la robustez presentada confirma la capacidad del bagre para aceptar el alimento formulado. Los datos obtenidos de las mediciones evidencian que el *Ictalurus mexicanus* cumple con varios de los principales requisitos para considerarse una especie con potencial acuícola [31].

Como se estimó, la ganancia en peso durante los periodos de aclimatación y engorda fue baja, debido a la adaptación al consumo de alimento comercial y a la falta de selección genética por parte de la especie alternativa [30], [31].

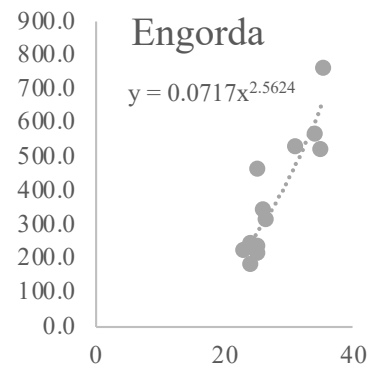
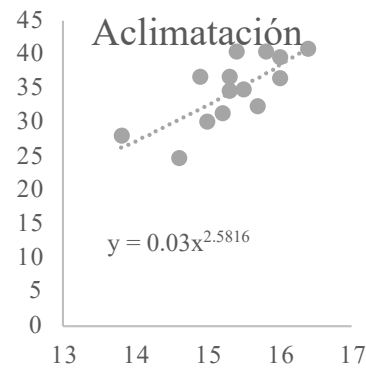
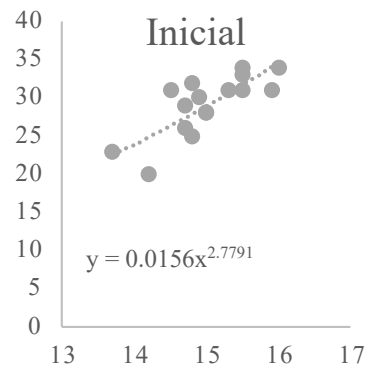
Los valores de la Tabla 1 muestran que el *Ictalurus mexicanus* es incapaz de competir contra el *Ictalurus punctatus* en rendimiento, ya que este último presenta tasas específicas de crecimiento desde 1 hasta 3 [40], [41], por lo que podrá alcanzar los pesos objetivo en un menor tiempo. No obstante, a pesar de esa inferioridad, en los valores máximos reportados previamente (764 g de peso y 35 cm de longitud) se percibe en *I. mexicanus* la capacidad de alcanzar los 600 g obligatorios para la cosecha de *Ictalurus punctatus*. Por consecuencia, el bagre endémico podría ser un reemplazo directo al comercial sin necesidad de concientizar a los consumidores. Empero, se debe considerar que, en líneas bien manejadas, el bagre de canal logra pesos superiores a los 800 g [42] y tallas de más de 50 cm [34], dimensiones que sobrepasan los 35 cm máximos observados en la especie endémica.

Relación longitud-peso y factor de condición

Las ecuaciones resultantes de la relación longitud-peso se exhiben en la Figura 1. En la Tabla 2 se reporta un valor b superior a 2.5, y dado que la cifra aproxima la igualdad $b = 3$, se espera del *Ictalurus mexicanus* un crecimiento isométrico como el advertido en el bagre de canal ($b = 3.2$) [38], [43]. Por otro lado, la tendencia después del periodo de engorda es mantener la relación talla-peso, lo que sugiere un área de oportunidad para la alimentación del organismo con el fin de incrementar su peso. De lo anterior se concluye que el bagre endémico sí presenta un crecimiento isométrico, característica ideal en especies con fines de consumo humano [38].



FIGURA 1.
Relación
longitud-peso en
el bagre endémico
Ictalurus mexicanus.



Se muestran las relaciones antes de comenzar la aclimatación (inicial), posterior a la aclimatación y periodo de engorda. Y corresponde al peso individual, X corresponde a la longitud individual.

Para evaluar la adaptación de *Ictalurus mexicanus* al cultivo acuícola, se comparó el factor de condición al iniciar las pruebas con el subsiguiente a su aclimatación y el posterior al periodo de engorda (Tabla 2). Durante el proceso de aclimatación no se encontró diferencia ($p > 0.05$) en el factor de condición (0.86 ± 0.08 , 0.96 ± 0.09), lo que indica que la adaptación al alimento comercial fue adecuada y que el cautiverio en espacios confinados no tuvo efectos negativos en la condición. Asimismo, el rendimiento del crecimiento obtenido (Tabla 1) parece indicar que

la especie soporta altas densidades de cultivo (tolerancia deseable en organismos con potencial acuícola [31]), aunque todavía están pendientes pruebas específicas que fundamenten este supuesto.

La supervivencia posaclimatación fue alta (Tabla 1) y no se presentó pérdida de peso, por lo que se considera que el bagre de Río Verde acepta correctamente el alimento comercial. Sin embargo, hacen falta más estudios para establecer una dieta óptima que permita aumentar el rendimiento de la especie.

En otras instancias, al pasar al cultivo en estanque el bagre de Río Verde mejoró su factor de condición ($p > 0.05$), a la vez que mantuvo el crecimiento isométrico, lo que corrobora la capacidad del organismo para crecer bajo las condiciones del cultivo, aceptando el alimento comercial. Por tanto, el bagre endémico logra adaptarse a los sistemas acuícolas en estanque, puesto que su resultado es similar a los reportados respecto al bagre de canal, cuyos factores de condición rondan 1.2 [41]. Cabe destacar que la alta variabilidad dificulta cualquier comparación de factores de condición entre poblaciones, no obstante, el cotejo permite cuantificar la mejora en una misma población [38].

TABLA 2.

Valor de b obtenido de la relación longitud-peso y factor de condición.

	ETAPA		
	INICIAL	ACLIMATADO	ENGORDA
b	2.77	2.58	2.56
k	0.86±0.08 ^a	0.96±0.09 ^a	1.72±0.45 ^b

Se muestran los valores de b (relación longitud-peso) y k (factor de condición) calculados antes de comenzar la aclimatación (inicial), después de la aclimatación y tras el periodo de engorda. Los superíndices ^a y ^b denotan diferencia estadística significativa ($p < 0.05$).

Conclusiones

El presente estudio determinó que el *Ictalurus mexicanus* ostenta las características requeridas para considerarla una especie con potencial acuícola. Esta variedad acepta el alimento comercial, y alcanza pesos dentro del rango del *Ictalurus punctatus*, lo que justifica su uso como producto alternativo a este. Adicionalmente, otro indicador de la per-



tinencia de esta especie es su exitosa adaptación a las condiciones de cautiverio [31]; de hecho, las tallas y pesos máximos observados superan los reportados en poblaciones silvestres.

Los resultados respaldan la propuesta de introducir el *Ictalurus mexicanus* al cultivo acuícola como una alternativa viable al bagre de canal. Como sitio para llevar a cabo esta posible sustitución, se recomienda la Reserva de la Biósfera Sierra Gorda, pues en esa región se evitaría la introducción de especies invasoras. A su vez, dicho reemplazo impulsaría el consumo de una especie que ya goza de aceptación local, gracias a que su carne posee pocas espinas, carece de escamas y es agradable al paladar de los consumidores.

Para posteriores investigaciones se propone detallar las pautas de nutrición que permitan mejorar el rendimiento, ya que actualmente el potencial máximo del *Ictalurus mexicanus* permanece desaprovechado. Por otra parte, también se deben establecer los mecanismos para su reproducción en cautiverio, con la finalidad de introducir esta especie como un producto alternativo viable en la región de la Sierra Gorda.

Agradecimientos

Agradecemos al Programa para el Desarrollo Sustentable y Cuidado del Medio Ambiente del Estado de Querétaro, ejercicio fiscal 2021, que financió el proyecto “Corredor Regional de Formación Integral para la Sustentabilidad en el Estado de Querétaro”.

Referencias

- [1] CONAPESCA. (2021) *Anuario estadístico de la acuicultura y pesca 2021*. México: SADER, 2021. https://nube.conapesca.gob.mx/sites/cona/dgp-pe/2021/ANUARIO_ESTADISTICO_DE_ACUACULTURA_Y_PESCA_2021.pdf
- [2] M. A. Aguilar Sánchez. *La Acuicultura en México, retos y oportunidades*. CONAPESCA. 12vo Foro Internacional de Acuicultura. (2017, sep). [En línea]. <https://fiacui.com/2017/Tilapia/Jueves%2028%20sep/Copia%20de%2005%20Situacio%CC%81n%20actual%20de%20la%20acuicultura%20en%20Me%CC%81xico%20COMISIONADO%20MARIO%20AGUILAR%20SANCHEZ%20CONAPESCA.pdf>
- [3] CONAPESCA. (2021). *Producción pesquera por estado*. https://nube.conapesca.gob.mx/datosabiertos/Produccion_Pesquera_2021.csv
- [4] CONAPESCA. (2016). *El bagre, producto acuícola en crecimiento*. <https://www.gob.mx/conapesca/articulos/el-bagre-producto-acuicola-en-crecimiento>
- [5] CONAPESCA. (2018). *Anuario estadístico de Acuicultura y Pesca*. México: SAGARPA. [En línea]. Disponible en: https://nube.conapesca.gob.mx/sites/cona/dgppe/2018/ANUARIO_2018.pdf
- [6] A. L. Lara Rivera, G. M. Parra Bracamonte, A. M. Sifuentes Ricón, H. H. Gojón Báez, H. Rodríguez González, e I. O. Montelongo Alfaro. (2015). El bagre de canal (*Ictalurus punctatus* Rafinesque): Estado actual y problemático en México. *Lat. Am. Journal of Aquatic Reserch*, vol. 43, no. 3, pp. 424 – 434. Doi: <http://doi.org/10.3856/vol43-issue3-full-text-4>
- [7] M. M. Refaey, D. Li, X. Tian, K. Onxayvieng, y R. Tang. (2022, agto. 30). Physiological responses of Chanel catfish (*Ictalurus punctatus*) reared at different stocking densities in a recirculating aquaculture system. *Aquaculture*, vol. 557, pp. 738329. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738329>
- [8] CONAPESCA. (2013). *Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca*. Sinaloa, México: Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. [En línea] Disponible en: https://nube.conapesca.gob.mx/sites/cona/dgppe/2013/ANUARIO_



ESTADISTICO_DE_ACUA-
CULTURA_Y_PESCA_2013.zip

- [9] T. Contreras MacBeath, M. T. Gaspar Dillanes, L. Huidobro Campos, Y H. Mejía Mojica. (2014). *Peces invasores en el centro de México. En Especies acuáticas invasoras en México*, r. Mendoza y P. Koffel, Eds. México: CONABIO, pp. 413-424. Doi: <https://doi.org/10.5962/bhl.title.113212>
- [10] A. L. Lara Rivera, G. M. Parra Bracamonte, y X. F. De la Rosa Reyna. (2018). *Identification of three Ictalurus species in Mexico using cytochrome oxidase gene sequencing*. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, vol. 46, no. 2, pp. 475-481. Doi: <https://doi.org/10.3856/vol46-issue2-full-text-23>
- [11] P. Gesundheit, y C. Macías García. (2018, jul. 26). *The role of introduced species in the decline of highly endemic fish fauna in Central Mexico*. *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.*, vol. 28, no. 6, pp 1384-1395. Doi: <https://doi.org/10.1002/aqc.2927>
- [12] P. J. Gutiérrez Yurrita, y A. Morales Ortiz. (2004, ene.). *Síntesis y perspectivas del estatus ecológico de los peces del estado de Querétaro (Centro de México)*. En Homenaje al Dr. Andrés Reséndiz Medina. *Un Ictiólogo mexicano*, M. L. Lozano Vilano, y A. J. Contreras Balderas, Eds. Monterrey, México: Universidad Autónoma de Nuevo León, pp. 217-235. Doi: <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3250.4409>
- [13] O. Baez Montes, E. Vargas Colmenero, Y. F. Estrada Sillas, y L. C. Orozco Uribe. (2012). *La biodiversidad le pone sazón a guanajuato*. En *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado*, vol. 1, C. N. para el C. y U. de la B. (CONABIO)/Instituto de E. del E. de Guanajuato, Ed. CONABIO/IEE, pp. 316-311. [En línea]. Disponible en: <https://smaot.guanajuato.gob.mx/sitio/biodiversidad/146/La-Biodiversidad-de-Guanajuato-Estudio-de-Estado>
- [14] CONABIO y IEEG. (2015). *Estrategia para la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad del Estado de Guanajuato*. México: CONABIO/IEE. [En línea]. Disponible en: <https://smaot.guanajuato.gob.mx/sitio/biodiversidad/159/Estrategia-para-la-Conservaci%C3%B3n-y-el-Uso-Sustentable-de-la-Biodiversidad-del-Estado-de-Guanajuato>
- [15] SIMEC y CONANP. (2019). *Sierra Gorda Reserva de*

- la Biosfera. [En línea]. Disponible en: <https://simec.conanp.gob.mx/ficha.php?anp=108®=7>
- [16] M. I. Ruiz Corzo, y R. Pedraza Ruiz. (2017). *Servicios ambientales en la reserva de la biosfera Sierra Gorda: Pago e integración de productos ecosistémicos*. En Hacia una cultura de conservación de la biodiversidad biológica, G. Halffter, S. Guevara, y A. Melic, Eds. M2m: Monografías Tercer Mileio, pp. 109-113. ISBN: 978-84-935872-0-8. [En línea]. Disponible en: <http://sea-entomologia.org/PDF/PDFSM3MVOL6/PdfM3M-vol-6Completo.pdf>
- [17] N. Mercado Silva, E. Díaz Pardo, A. Gutiérrez Hernández, y A. Fa. Guzmán. (2012). *Peces dulceacuícolas*. En La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado, vol. 2, CONABIO/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato, Ed. México: CONABIO/IEE, pp. 203-213. [En línea]. Disponible en: <https://smaot.guanajuato.gob.mx/sitio/biodiversidad/146/La-Biodiversidad-de-Guanajuato-Estudio-de-Estado>
- [18] P. J. Gutiérrez Yurrita. (2011). *How to restore riverbanks in natural ecosystems with many people using ecological services at the same time?* Int. Proc. Chem. Bio. Eviron. Eng. vol 23, pp. 15-20. Doi: <https://doi.org/10.7763/ipcbee>
- [19] J. Palacio Nuñez, J. F. Martínez Montoya, G. Olmos Oropeza, J. M. Martínez Calderas, J. Clemente Sánchez, y F. Enríquez. (2015. Oct.). *Distribución poblacional y abundancia de los peces endémicos de la llanura de Rioverde*. AgroProductividad, vol. 8. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jpsychores.2010.05.008>
- [20] FAO. (2016). *The State of World fisheries and Aquaculture 2016. Contributing to food security and nutrition for all*. Rome. [En línea]. Disponible en: <https://www.fao.org/documents/card/en/c/2c8bcf47-2214-4aeb-95b0-62ddef8a982a>
- [21] L. G. Ross, C. a Martínez Palacios, y E. J. Morales. (2008, may. 05) *Developing native fish species for aquaculture: The interacting demands of biodiversity, sustainable aquaculture and livelihoods*. Aquac. Res., vol. 39, no 7, pp. 675-683. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.01920.x>
- [22] G. A. Peña Herrejón, F. García Trejo, G. M. Soto



- Zarazúa, O. Alatorre Jácome, y E. Rico García. (2016). *First trial of production of a native cichlid Herichthys cyanoguttatus comparison with the tilapia Oreochromis niloticus in aquaculture*. Lat. Am. J. Aquat. Res., vol. 44, no 4, pp. 711-717. Doi: <https://doi.org/10.3856/vol44-issue4-fulltext-6>
- [23] J. Niñez López, y E. Díaz Pardo. (2017). *Diagnostico potencial Pesuqero en las Microcuencas Ayutla y Concá*. En Congreso Nacional y Reunión Mesoamericana en Manejo de Cuencas Hidrográficas, pp. 1-11. [En línea]. Disponible en: <https://remexcu.org/index.php/cnmch>
- [24] R. R. Miller, W. L. Minckley, S. M. Norris, y J. J. Schmitter Soto. (2009) *Peces dulceacuícolas de México*, pp. 559. [En línea]. Disponible en: <https://www.biodiversidad.gob.mx/pdf/libros/paguadulceA.pdf>
- [25] R. Miranda, D. Galicia, S. Monks, y G. Pulido Flores. (2012). *Diversity of Freshwater Fishes in Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, Mexico, and Recommendations of Conservation*. Southwest. Nat., vol. 57, no 3, pp. 285-291. Doi: <https://doi.org/10.1894/0038-4909-57.3.285>
- [26] J. Arroyave. (2019). *Ictalurus mexicanus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T10769A498476. IUCN. Doi: <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-2.RLTS.T10769A498476.en>
- [27] SEMARNAT. (2010). *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. [En línea]. Disponible en: <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4254/semarnat/semarnat.htm>
- [28] A. Valera Romero, C. A. Ballesteros Córdova, G. Ruiz Campos, S. Sánchez González, y J. E. Brooks. (2021). *Recent Discoveries and Conservation of Catfishes, Genus Ictalurus, in México*. En *Standing Between Life and Extinction*, University of Chicago, pp. 285-294. Doi: <https://doi.org/10.7208/chicago/9780226694504.003.0019>
- [29] H. L. Jelks et. al. (2008, ago.). *Consrvation Status of Imperiled North American Freshwater and Diadromous Fishes*. Fisheries, vol. 33, no. 8, pp. 372-407. Doi: <https://doi.org/10.1577/1548-8446-33.8.372>
- [30] C. A. Dávila Camacho, I. Galaviz Villa, F. Lango Reynoso, M. del R. Castañeda Chávez, C. Quiroga Brahm, y J. Montoya Mendoza. (2018, jul.

- 02). *Cultivation of native fish in Mexico: Cases of success*. Rev. Aquac., vol. 11, no. 3, pp. 1-14. Doi: <https://doi.org/10.1111/raq.12259>
- [31] F. Teletchea, y P. Fontaine. (2012, sep. 21). *Levels of domestication in fish: Implications for the sustainable future of aquaculture*. Fish Fish, vol. 15, no. 2, pp. 181-195. Doi: <https://doi.org/10.1111/faf.12006>
- [32] J. Ávila Domingo, y M. Ronquillo Fernández. (2011, sep.). *Estudio del potencial acuícola del cantón Milagro*. Cienc. UNEMI, vol. 4, no. 5, pp. 98-106. Doi: <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737v04iss5.2011pp98-106p>
- [33] N. Montoya Camacho et.al. (2018, mar. 05). *Advances in the use of alternative protein sources for tilapia feeding*. Rev. Aquac., vol. 11, no. 3, pp. 515-526. Doi: <https://doi.org/10.1111/raq.12243>
- [34] R. Froese, y D. Pauly. *FishBase*. World wide web electronic publication. [En línea]. Disponible en: www.fishbase.org
- [35] J. F. García Trejo, G. A. Peña Herrejon, G. M. Soto Zarazúa, A. Mercado Luna, y E. Rico García. (2016, mar.). *Effect of stocking density on growth performance and oxygen consumption of Nile tilapia (Oreochromis niloticus) under greenhouse conditions*. Lat. Am. J. Aquat. Res., vol. 44, no. 1, pp. 177-183. Doi: <https://doi.org/10.3856/vol44-issue1-fulltext-20>
- [36] A. B. Keys. (1928, dic. 15). *The weight-length relationship in fishes*. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A., vol. 14, no. 12, pp. 922-925. [En línea]. Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/85394>
- [37] T. C. Bjornn, y K. D. Carlander. (1971, abr.). *Handbook of Freshwater Fishery Biology Volumen 1*. J. Wildl. Manage., vol. 35, no. 2, pp. 403. Doi: <https://doi.org/10.2307/3799629>
- [38] R. Froese. (2006, jul. 07). *Cube law, condition factor and weight-length relationship a: history, meta-analysis and recommendations*. J. Appl. Ichthyol, vol. 22, pp. 241-253. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x>
- [39] M. H. Li, B. G. Bosworth, y P. M. Lucas. (2019, ago. 01). *Effects of available lysine concentrations in 28 and 32 % protein diets on growth, feed efficiency, processing yield, and fillet composition of pond-raised channel catfish,*



Ictalurus punctatus. J. World Aquac. Soc., vol. 51, no. 1, pp. 235-243. Doi: <https://doi.org/10.1111/jwas.12644>

- [40] M. H. Li, B. C. Peterson, C. L. Janes, y E. H. Robinson. (2006, mzo. 31). *Comparasion of diets containing various fish meal levels on growth performance, body composition, and insulin-like growth factor-I of juvenile channel catfish Ictalurus punctatus of different strains*. Aquaculture, vol. 253, no. 1-4, pp. 628-635. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.09.024>
- [41] M. M. Refay et.al. (2018, jul. 01). *High stocking density alters growth performance, blood biochemistry, intestinal histology, and muscle quality of channel catfish Ictalurus punctatus*. Aquaculture, vol. 492, pp. 73-81. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.04.003>
- [42] B. Bosworth, G. Waldbieser, A. Garcia, S. Tsuruta, y D. Lourenco. (2020, ene. 15). *Heritability and response to selection for carcass weight and growth in the Delta Selectrain of channel catfish, Ictalurus punctatus*. Aquaculture, vol. 515, pp. 734507. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734507>
- [43] E. Keenan, S. Warner, A. Crowe, y M. Courtney. (2011, feb. 22). *Length, Weight, and Yield in Channel Catfish, Lake Diane, MI*. Nat. Preced. Doi: <https://doi.org/10.1038/npre.2011.5706.1>