

RELACIÓN LONGITUD-PESO DE DOS ESPECIES DE *Rhamdia* EN UN ÁREA NATURAL PROTEGIDA DE OAXACA, MÉXICO¹

[LENGTH-WEIGHT RELATIONSHIP OF TWO SPECIES OF *Rhamdia* IN NATURAL PROTECTED AREA OF OAXACA, MEXICO]

César Camilo Julián Caballero^{1§}, Emilio Martínez Ramírez¹, Rosa María Gómez Ugalde²

¹Área Acuicultura, Departamento de Investigación, CIIDIR Unidad Oaxaca, Instituto Politécnico Nacional, Hornos N° 1003, Municipio Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México. C. P. 71230, Tel. 01(951) 5170610 Ext. 82750. ²ITVO, Ex Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca. C. P. 71230, Tel. 01(951) 5170788 (rmgomez80@hotmail.com).

[§]Autor para correspondencia: (kamilego@hotmail.com, emmartinez@ipn.mx, emartinr@hotmail.com).

RESUMEN

Rhamdia guatemalensis y *R. laticauda* son bagres o jules de agua dulce endémicos de la región neotropical. Estas dos especies son importantes por la función ecológica que realizan en las comunidades de peces dulceacuícolas y porque representan un importante recurso pesquero para las comunidades rurales ribereñas de Oaxaca. Se conoce poco sobre la biología básica de ambas especies, además se encuentran amenazadas por la sobreexplotación, la contaminación e introducción de especies exóticas. El objetivo de este estudio fue describir el tipo de crecimiento (isométrico ó alométrico) que presentan sus poblaciones en el área oaxaqueña de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán (RBTC) en temporada de lluvias del año 2015, mediante la relación longitud-peso (RLP). Para la obtención de las muestras, con electropesca se realizó la colecta científica de peces en varias estaciones de muestreo, siguiendo un muestreo estratificado. Se obtuvo un total de 76 y 103 individuos de *R. guatemalensis* y *R. laticauda* respectivamente que fueron transportados al Laboratorio de Ictiología y Acuicultura del CIIDIR Unidad Oaxaca. La longitud estándar (LE) en mm y peso total húmedo (P) en g de las muestras, se midió con vernier digital y balanza electrónica correspondientemente. Las RLP fueron calculadas, utilizando la ecuación $\log P = \log a + b \log LE$, donde (*a*) es el intercepto y (*b*) la pendiente de la regresión lineal de forma logarítmica. Para verificar si (*b*) fue significativamente diferente del valor isométrico (*b* = 3), se realizó la prueba *t* de Student ($\alpha = 0.05$). Dicha prueba indicó un crecimiento alométrico negativo para *R. guatemalensis* (*b* = 2.61; *t* = -5.761; *P* < 0.05) y *R. laticauda* (*b* = 2.74; *t* = -2.936; *P* < 0.05), es decir, llegan a ser menos pesados para su longitud conforme incrementan en talla.

Palabras clave: Bagres, crecimiento alométrico, especies endémicas, peces dulceacuícolas.

ABSTRACT

Rhamdia guatemalensis and *R. laticauda* are neotropical freshwater catfish. These two species are important by ecological function they perform in communities of freshwater fish and they represent an important fishing resource for rural communities in rivers of Oaxaca. Little is known about the basic biology of both species also are threatened by overfishing, pollution and introduction of exotic species. The aim of this study was to describe the kind of growth (isometric or allometric)

¹ Recibido: 4 de febrero de 2017.

Aceptado: 20 de junio de 2017.

having their populations in the Oaxaca part of the Biosphere Reserve Tehuacán-Cuicatlán in rainy season 2015, by length-weight (L-W) relations. Specimens were caught with electrofishing device following a stratified sampling. A total of 76 and 103 individuals of *R. guatemalensis* and *R. laticauda* was collected, respectively, which were transported to the laboratory (Ictiología y Acuicultura of CIIDIR Unidad Oaxaca). The standard length (SL) in mm and total wet weight (W) in g of the samples was measured with digital caliper and digital electronic balance, correspondingly. The L-W relations were calculated using the equation $\text{Log } W = \log a + b \log \text{LE}$, where (a) and (b) are intercept and slope of regression line, respectively. In order to verify if (b) was significantly different from the isometric value ($b = 3$), the Student's *t*-test with a confidence level of 95% ($\alpha = 0.05$) was employed. The Student's *t*-test indicated a negative allometric growth for *R. guatemalensis* ($b = 2.61$; $t = 5,761$; $P < 0.05$) and *R. laticauda* ($b = 2.74$; $t = 2,936$; $P < 0.05$), in other words, implies the fishes becomes slenderer as it becomes longer and is indicated by a $b < 3$.

Index words: Catfishes, allometric growth, endangered species, freshwater fishes.

INTRODUCCIÓN

La Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán (RBTC) es un área natural protegida por su alta diversidad biológica, geológica, cultural y de endemismos, sin embargo, se ha visto afectada en su composición y funcionalidad por las actividades antropogénicas, como la deforestación, la agricultura, el pastoreo de ganado y la extracción ilegal de especies endémicas (Dávila *et al.*, 2002; Ortiz-García *et al.*, 2012). La ictiofauna del área oaxaqueña de la RBTC se compone de 14 especies, pertenecientes a 11 géneros, seis familias y cinco órdenes, de éstas especies 12 son nativas y dos son exóticas (Martínez *et al.*, 2007). De las seis familias que habitan en dicha zona, se incluye la familia Heptapteridae (Siluriformes) endémica de la región neotropical (Hernández, 2015). La familia mencionada incluye el género *Rhamdia*, el cual se compone de ocho especies en México: *R. guatemalensis*, *R. laluchensis*, *R. laticauda*, *R. macuspanensis*, *R. parryi*, *R. quelen*, *R. reddelli* y *R. zongolicensis* (Weber *et al.*, 2003; Miller *et al.*, 2009; Velázquez-Velázquez *et al.*, 2014). Martínez *et al.* (2007) indican que en el área oaxaqueña de la RBTC se pueden encontrar dos especies, *Rhamdia guatemalensis* (Günther, 1864) y *Rhamdia laticauda* (Kner, 1858) que se distribuyen geográficamente en las subcuencas Río Salado (SRS) y Río Quiotepec (SRQ) pertenecientes a la cuenca del Papaloapan (RH28). Estas especies comúnmente se denominan como juiles, bagres y barbudos en la zona de estudio.

Ambos juiles forman parte de la dieta de diversos vertebrados terrestres (aves y mamíferos) (Duque-Dávila *et al.*, 2013). Además, son fuente de alimento para los grupos indígenas como los Cuicatecos, Chinantecos y Zapotecos del estado de Oaxaca. La problemática que enfrentan los bagres en la zona de Oaxaca de la RBTC se debe principalmente a la pesca no controlada (que incluye la pesca de hembras en estadio reproductivo y la pesca de tallas mínimas), la fragmentación del hábitat (principalmente por la construcción de caminos y el desmedido saqueo de grava y arena), la modificación del flujo de los ríos para realizar actividades agrícolas (riego de maíz, frijol, mango, chicozapote, caña de azúcar y limón), la contaminación del agua (al verter aguas residuales domésticas e industriales al cauce de los ríos) y la presencia de tres especies exóticas de peces: *Cyprinus carpio* (carpa común), *Oreochromis niloticus* (tilapia del Nilo) y *Poecilia reticulata* (guppy o charal).

El crecimiento del pez es generalmente indicado por su aumento en longitud y peso (Froese *et al.*, 2014). La relación matemática entre longitud y peso de los peces es un índice adecuado para la comprensión del crecimiento, la madurez sexual, la reproducción y es útil para los ictiólogos para supervisar el estado de salud y nutrición de una población (Park *et al.*, 2016; Rosa *et al.*, 2016). Las RLP también pueden utilizarse para evaluar el bienestar de los individuos y determinar las posibles diferencias entre poblaciones de la misma especie (Sandhya *et al.*, 2016).

A lo largo de la vida del pez, el peso corporal varía como una potencia de la longitud (relación alométrica) (Granado, 1996). Así es posible establecer la relación a través de la ecuación potencial $P = aL^b$; donde P es el peso total, en gramos (g), y L la Longitud Estándar (LE), en milímetros (mm); a y b son coeficientes (Froese, 2006). Esta expresión puede transformarse en una recta, mediante el uso de logaritmos naturales o base 10 ($\log 10$), obteniéndose $\log P = \log a + b \log L$, siendo $\log a$ la ordenada en el origen (intercepto) y b la pendiente de la regresión lineal de forma logarítmica (Granado, 1996; Park *et al.*, 2016; Sun *et al.*, 2016). Debido a que la talla es una magnitud lineal y el peso proporcional al cubo de la talla, si el pez al crecer mantiene la forma, se dice que el crecimiento es isométrico y $b = 3$, en contraste, se dice que el crecimiento es alométrico, y el valor de b es distinto de 3. En el caso de los peces el valor de la pendiente de dichas relaciones por lo general se extiende de 2.5 a 3.4 (Granado, 1996; Karachle y Stergiou, 2012; Froese *et al.*, 2014). Por lo tanto, para ambas especies de bagres (*R. guatemalensis* y *R. laticauda*), se prevé un tipo de crecimiento isométrico y se espera que los valores de las pendientes sean cercanos a los intervalos reportados en la bibliografía.

En estudios previos en Oaxaca (Martínez, 1999; Martínez-Ramírez *et al.*, 2004) se han identificado a *R. guatemalensis* y *R. laticauda* con potencial para la piscicultura rural y acuicultura, ya que tienen una gran aceptación en dicho estado por lo que existe un interés de cultivarlas por su rápido crecimiento y su adaptabilidad a las condiciones de cautiverio (Wilkens, 2001; Anzueto *et al.*, 2013), no obstante, la información del tipo de crecimiento de las especies bajo estudio es escasa (Miller *et al.*, 2009; Velázquez-Velázquez *et al.*, 2015) a pesar de su importancia ecológica, etnobiológica y su amplia distribución en la región neotropical (Hernández *et al.*, 2015). En este sentido, el objetivo de esta investigación fue describir el tipo de crecimiento de *R. guatemalensis* y *R. laticauda*, mediante las RLP, con el propósito de conocer el tipo de crecimiento de estas especies en la temporada de lluvia y evaluar la posible variación de las pendientes (b) por subcuencas (Río Quiotepec y Río Salado) del área oaxaqueña de la RBTC.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio corresponde a la parte oaxaqueña de la RBTC (17°39'-18°53' latitud norte y 96°55'-97°44' longitud oeste) (Martínez *et al.*, 2007). Para la obtención de las muestras, con pesca eléctrica con generador (Marca Evans), electropesca individual (IG200-2) y atarraya (2.13 m de radio y 0.95 cm de maya) se realizó la colecta científica de peces en 22 estaciones de muestreo durante la temporada de lluvia (del 19 al 30 de octubre y del 23 al 26 de noviembre de 2015), siguiendo un muestreo estratificado (536 a 1031 m snm). Para establecer las estaciones de muestreo se utilizó la base de datos (*.xlsx) del proyecto DT002 (Martínez-Ramírez, 2007). Se obtuvo un total de 76 y 103 individuos de *R. guatemalensis* y *R. laticauda* respectivamente que fueron fijados

en alcohol etílico (100%) y transportados al Laboratorio de Ictiología y Acuacultura del CIIDIR Unidad Oaxaca.

Registro de datos morfométricos y análisis estadístico

Para cada individuo se registró la LE con dos vernieres digitales (Absolute Digimatic Caliper Modelo N° CD-8"CSX y N° CD-12"C). Esta medida (LE) inicia desde la parte media del labio superior y termina en el eje de la columna vertebral (Suvarnaraksha, 2015). La LE se indicó en mm (Smylie *et al.*, 2016). El peso total húmedo (P) para cada individuo e indicado en g, se registró mediante una balanza analítica digital (Marca Sartorius Modelo N° BL1500S). Las variables medidas se almacenaron en hojas de cálculo del programa Microsoft Excel 2015®.

Las RLP fueron derivadas de la fórmula: $P = aL^b$ (modelo de regresión exponencial: $Y = aX^b$) (Park *et al.*, 2016), donde, P = peso total húmedo (g), L = longitud estándar (mm), a = intercepto de la regresión con el eje y (coeficiente de regresión), b = pendiente de la recta de regresión potencial; que en el caso de los peces por lo general se extiende de 2.7 a 3.4 (Karachle y Stergiou, 2012). El tipo de crecimiento fue considerado como isométrico cuando el valor de la pendiente $b = 3$ y alométrico cuando es menor o mayor que 3 ($b < 3$ para el tipo de crecimiento alométrico negativo y $b > 3$ para los patrones de crecimiento alométrico positivo) (Lawson y Olagundoye, 2011; Lawson *et al.*, 2013). La transformación de la regresión exponencial ($P = aL^b$) a una regresión lineal, se efectuó de forma logarítmica de base 10 ($\log_{10}$) para cumplir los supuestos de normalidad (Araújo *et al.*, 2016). La fórmula aplicada fue (O'Connell y O'Connell, 2016; Sun *et al.*, 2016):

$$\log P = \log_{10} a + b \log_{10} LE$$

Donde, P = peso húmedo total (g), LE = longitud estándar (mm), a = ordenada al origen, el punto de la recta intercepta el eje Y (intercepto), b = pendiente de la recta, mide el cambio en Y por cada unidad de cambio en X (coeficiente de regresión estimado).

Una vez realizada la regresión lineal los datos atípicos identificados gráficamente fueron removidos (Zuluaga-Gómez *et al.*, 2014; Ikhwanuddin *et al.*, 2016). Con el propósito de conocer si los datos de LE y P transformados logarítmicamente cumplían con la normalidad se realizó la prueba de Shapiro-Wilks (Shapiro y Wilks, 1965). Se realizó una prueba de independencia o de no asociación (prueba de hipótesis para la pendiente) con un nivel de significancia al 95% ($\alpha = 0.05$) para conocer si las variables de LE (mm) y P (g) estaban asociadas o no (Infante y Zárate de Lara, 1990). Por otra parte, el coeficiente de determinación (R^2) fue usado como indicador de la calidad de dichas regresiones. Para verificar si b obtenida en la regresión lineal de forma logarítmica fue significativamente diferente del valor esperado o teórico de 3, se realizó la prueba t de Student con un nivel de significancia del 95% ($\alpha = 0.05$) (Pan *et al.*, 2016; Rosa *et al.*, 2016). Los análisis estadísticos fueron realizados en PAST v 3.12 (Hammer *et al.*, 2001).

RESULTADOS

Se colectó un total de 76 y 103 individuos de *R. guatemalensis* y *R. laticauda*, respectivamente. Los datos de la LE (mm) y P (g) transformados logarítmicamente cumplieron con la normalidad de acuerdo con la prueba de Shapiro-Wilks ($P > 0.05$). Los valores obtenidos de las pendientes de las regresiones lineales por especies estudiadas y espacialmente (subcuencas), son

significativamente diferentes de 0, es decir, existe una relación significativa y positiva entre las LE (mm) y P (g) al efectuar la prueba de independencia ($P < 0.05$) (Cuadro 1). En la época de lluvia, los valores de los coeficientes de determinación fueron positivos y altamente correlacionados con $R^2 > 0.88$ entre las observaciones de LE (mm) y de P (g) registrados para ambos bagres. En la Figura 1 se muestran las gráficas de las RLP en su forma potencial y logarítmica de las muestras en general de *R. guatemalensis* y *R. laticauda*.

Cuadro 1. Resultados de la prueba de independencia o de no asociación de acuerdo con las variables de LE (mm) y P (g) medidas en dos especies de *Rhamdia* colectadas en la zona de Oaxaca de la RBTC.

Especie	<i>n</i>	<i>b</i>	$\hat{t}_0$	$t_{\alpha/2}$
<i>R. guatemalensis</i>	76	2.61	45.46*	1.9924
SRQ	26	2.76	30.88*	2.0639
SRS	50	2.58	26.80*	2.0106
<i>R. laticauda</i>	103	2.74	32.17*	1.9840
SRQ	64	2.80	25.88*	2.0003
SRS	39	2.52	18.07*	2.0262

SRQ= Subcuenca río Quiotepec, SRS= Subcuenca río Salado, *n* = Tamaño de muestra, *b* = pendiente, $\hat{t}_0$ = *t* calculada o estadística, $t_{\alpha/2}$ = *t* de tablas. *significativo a $P < 0.05$.

Respecto al parámetro de crecimiento *b* (Pendiente) de las RLP de *R. guatemalensis*, varió entre 2.58 y 2.76, por otro lado, *R. laticauda* tuvo un intervalo de 2.52 a 2.78. Al realizar la prueba *t* de Student mostró que el parámetro (*b*) fue significativamente menor que el valor teórico de 3, indicando un tipo de crecimiento alométrico negativo para *R. guatemalensis* en la temporada de lluvia ($n = 76$, $b = 2.61$, $t_s = -5.761$, $P < 0.05$), en la SRQ ($n = 26$, $b = 2.76$, $t_s = -0.547$, $P < 0.05$) y en la SRS ($n = 50$, $b = 2.58$, $t_s = -4.330$, $P < 0.05$). Al aplicar la prueba *t* de Student en *R. laticauda* mostró que el parámetro (*b*) fue significativamente menor que 3 indicando un tipo de crecimiento alométrico negativo para esta especie bajo estudio en la época de lluvia ($n = 103$, $b = 2.74$, $t_s = -2.936$, $P < 0.05$), en la SRQ ($n = 64$, $b = 2.80$, $t_s = -1.806$, $P < 0.05$) y en la SRS ($n = 39$, $b = 2.52$, $t_s = -3.384$, $P < 0.05$). En otras palabras, las especies de bagres analizadas tienen una mayor tendencia a aumentar en longitud que en peso conforme incrementan en talla. El tamaño de muestra, coeficientes de las RLP (*a* y *b*) y coeficiente de determinación (R^2) registrados en las especies analizadas y colectadas durante la época de lluvias se presentan en el Cuadro 2.

DISCUSIÓN

Las pruebas de hipótesis para las pendientes mostraron que las variables cuantitativas estudiadas (LE y P) se relacionan significativamente y positivamente ($P < 0.05$), por otro lado, las RLP presentaron un coeficiente de determinación $R^2 > 0.88$, lo que indica una fuerte relación potencial y lineal entre la longitud estándar y el peso total de las especies de bagres. Rosli e Isa (2012) indican que coeficientes altos de determinación (R^2) proporcionan una fuerte relación entre la longitud y peso de las especies de peces estudiadas.

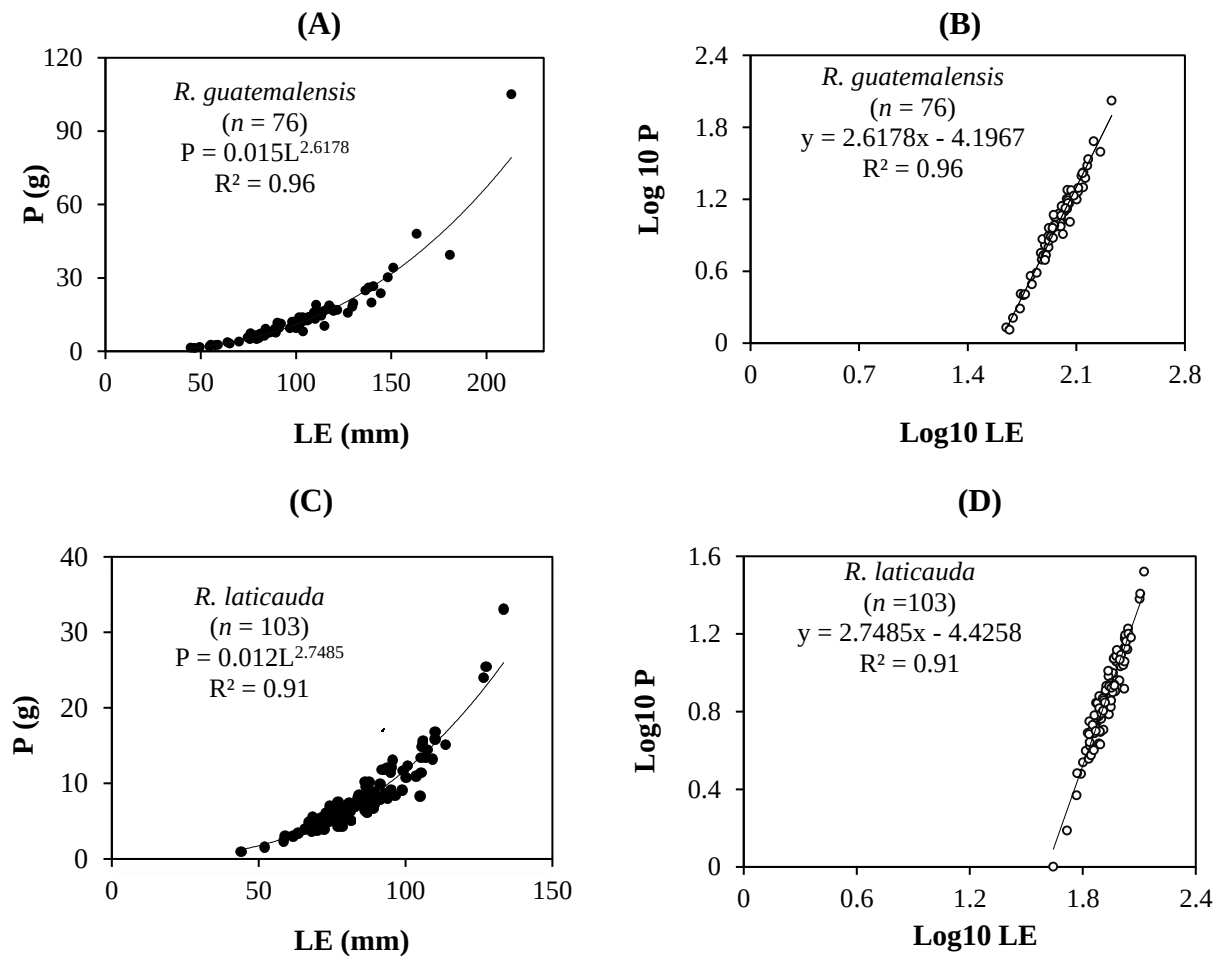


Figura 1. Relación entre la longitud estándar (LE) y peso total (P) de *R. guatemalensis* y *R. laticauda* en la temporada de lluvia mostrando la regresión en su forma potencial (A, C) y en su forma logarítmica (B, D).

En la fórmula $P = aL^b$, el coeficiente a es la relación matemática de las RLP y es el intercepto en la forma logarítmica, en contraste, el coeficiente b es el exponente de la forma exponencial de la RLP y es la pendiente de la regresión lineal en la forma logarítmica (Froese, 2006). Karachle y Stergiou (2012) y Froese (2014) observaron que (a) es el coeficiente de forma del cuerpo de los peces, para peces de tamaño pequeño y con una forma de cuerpo esférica el valor de (a) es de alrededor de 0.1, mientras que para peces con una forma fusiforme el coeficiente (a) es cercano a 0.01, por otro lado, los peces con forma elongada el valor de (a) es cercano a 0.008 y en el caso de peces con forma de anguila el coeficiente de forma es aproximadamente a 0.001. En el presente estudio los valores calculados de (a) de las RLP de las dos especies de bagres fueron cercanos a 0.01 e indica que la forma del cuerpo de estos organismos es fusiforme, es decir, con forma elipsoidal alargada y con pequeñas aletas (pectorales, dorsales y anales), lo que les facilita la movilidad y velocidad en los ríos. King (2007) indica que los peces rápidos tienen cuerpos fusiformes, ya que es la forma que ofrece la menor resistencia cuando se mueven a través del agua.

Cuadro 2. Estadísticas descriptivas y parámetros estimados mediante la relación longitud-peso ($P = aL^b$) de dos especies de *Rhamdia* colectadas en la zona de Oaxaca de la RBTC durante la época de lluvias.

Especie	<i>n</i>	Rango de LE (mm)	Rango de P (g)	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>r</i>	<i>R</i> ²	<i>S_b</i>	<i>t_s</i>	TC
<i>R. guatemalensis</i>	76	44.76–213	1.29–105	0.015	2.61	0.99	0.96	0.06	-5.76*	-A
SRQ	26	44.76–139.6	1.29–19.8	0.011	2.76	0.98	0.97	0.04	-0.54*	-A
SRS	50	76.30–213	4.92–105	0.016	2.58	0.96	0.93	0.09	-4.33*	-A
<i>R. laticauda</i>	103	44.00–133.4	1.00–33.1	0.012	2.74	0.95	0.91	0.08	-2.93*	-A
SRQ	64	40.68–133.4	0.81–33.1	0.010	2.80	0.95	0.91	0.10	-1.80*	-A
SRS	39	58.56–105.4	2.33–12.3	0.018	2.52	0.94	0.89	0.13	-3.38*	-A

SRQ= Subcuenca Río Quiotepec, SRS= Subcuenca Río Salado, *n* = tamaño de muestra, LE = longitud estándar mínima, P = peso total húmedo, *a* = intercepto, *b* = pendiente, *r* = coeficiente de correlación de Pearson, *R*² = Coeficiente de determinación, *S_b* = Error estándar de la pendiente, *t_s* = Prueba *t* de Student, TC = Tipo de Crecimiento, -A= crecimiento alométrico negativo. *significativo a *P* < 0.05.

En las RLP si *b* = 3, entonces los individuos juveniles de las muestras bajo consideración tienen la misma forma y condición que los individuos grandes o adultos (crecimiento isométrico), por otro lado, si *b* > 3, entonces, las muestras de mayor talla han incrementado su peso en mayor proporción que su longitud, presentando un crecimiento alométrico positivo, por otra parte, si *b* < 3, las especies tienen un tipo de crecimiento alométrico negativo que implica que el pez tiene una mayor tendencia a aumentar en longitud que en peso (Froese, 2006; Riedel *et al.*, 2007).

La prueba *t* de Student mostró un crecimiento alométrico negativo (*b* < 3) para *R. guatemalensis* y *R. laticauda* en las muestras colectadas en la temporada de lluvias y las muestras analizadas por subcuencas, por lo que las especies de bagres llegan a ser menos pesados para su longitud conforme incrementan en talla. En dichas relaciones se detectaron variaciones por subcuencas (variaciones de *b*), puesto que los valores de la pendiente fueron menores en la SRS en comparación con la SRQ. Basándose en la experiencia en campo y trabajos previos en el área de estudio (Martínez *et al.*, 2007; Duque-Dávila *et al.*, 2013), la SRS presenta un mayor grado de perturbación humana en comparación con la SRQ, puesto que la primera subcuenca se ha visto impactada por la contaminación orgánica e inorgánica de origen antrópico, la modificación del flujo de los ríos (extracción, canalización y almacenamiento) y la fragmentación del hábitat. Esta perturbación humana podría haber afectado los valores de la pendiente de las RLP estimadas por subcuencas. Al respecto, Rosli e Isa (2012) señalan que en los ambientes con diferentes grados de intervención antrópica determinan el estado de salud y nutrición de los peces, parámetros biológicos que pueden cambiar los valores de las pendientes de las RLP de las especies bajo análisis.

Froese (2006) analizó 3 929 RLP para 1773 especies, y reporta que el intervalo de la pendiente (*b*) oscila entre 1.96 y 3.94, no obstante, un 90% de los casos caen dentro del intervalo de 2.7 a 3.4, por lo tanto, los valores estimados de (*b*) para los juiles fueron válidos y estuvieron dentro del intervalo esperado.

Velázquez-Velázquez *et al.* (2014) determinaron las RLP de las muestras de *R. laluchensis* (*n* = 10), *R. laticauda* (*n* = 37) y *R. quelen* (*n* = 42) colectadas durante enero de 2006 y noviembre de 2009 en varios sitios distribuidos a lo largo de la cuenca del río Grijalva en Chiapas, México. El valor de *b* para la primera especie fue de 2.919, indicando un tipo de crecimiento alométrico negativo (el pez crece más rápido en longitud que en peso), para la segunda y tercera especie se

determinó un valor de la pendiente de 3.094 y 3.279, respectivamente, por lo que el tipo de crecimiento de estas especies de peces (*R. laticauda* y *R. quelen*) es alométrico positivo (los peces crecen más rápido en peso que en longitud). Las diferencias en los valores de b observados en el trabajo anterior respecto a los obtenidos en la presente investigación, pueden atribuirse a una combinación de uno o más factores: (1) el número de individuos examinados; (2) hábitat de los peces; (3) la disponibilidad del alimento en sus ambientes naturales (4) el grado de llenado (repleción) del tracto digestivo y estómago; (5) el sexo; (6) la maduración gonadal, y (7) las diferencias en los intervalos de tallas observadas de los peces capturados (Bashir *et al.*, 2016; Liang *et al.*, 2016).

CONCLUSIONES

Esta investigación proporciona información básica sobre las RLP de dos especies de bagres endémicas de la región neotropical con la finalidad de servir como la base científica para estudios de piscicultura posteriores, encaminados a la producción sustentable y conservación en los cuerpos hídricos del área de estudio. Las pruebas de hipótesis para las pendientes mostraron evidencias significativas ($P < 0.05$), por lo que las variables estudiadas (LE y P) se relacionan significativamente y positivamente. Las relaciones entre longitud y peso presentaron un coeficiente de determinación $R^2 > 0.88$ en su forma potencial y logarítmica en las diferentes muestras. La forma del cuerpo de los bagres analizados es fusiforme (presentan una forma elipsoidal alargada y aletas cortas) de acuerdo con el coeficiente (a). Se determinaron diferencias significativas ($P < 0.05$) del valor esperado ($b = 3$), por lo que ambas especies presentan un tipo de crecimiento alométrico negativo en la temporada de lluvia y por subcuencas, es decir, los peces llegan a ser menos pesados para su longitud conforme incrementan en talla. Se observaron variaciones en el valor de la pendiente por subcuencas estudiadas, siendo menores en la subcuenca Río Salado.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se enmarcó en el proyecto: Diagnóstico de las especies invasoras de peces en el área oaxaqueña de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán. Clave LI007 de CONABIO y Registro SIP-2015/RE54, bajo la dirección de Emilio Martínez Ramírez, el cual dicho proyecto financió el trabajo de colecta y traslado de los individuos de *R. guatemalensis* y *R. laticauda* al CIIDIR-OAX. Esta investigación forma parte de la tesis de maestría del primer autor, por lo que se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada.

LITERATURA CITADA

- Anzueto-Calvo, M. J., E. Velázquez-Velázquez, A. E. Gómez-González, R. M. Quiñones y B. J. Olson. 2013. Peces de la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote, Chiapas, México. Ed. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. 139 p.
- Araújo, A. L. F., R. P. Dantas and A.L. M. Pessanha. 2016. Feeding ecology of three juvenile mojarra (Gerreidae) in a tropical estuary of northeastern Brazil. *Neotropical Ichthyology*14:1-10.
- Bashir, A., N.K. Sharma, B. S. Bisht, R. Singh, J. I. Mir and M. S. Akhtar. 2016. Length–weight relationship of five commercially important freshwater fish species in the Kashmir Valley, India. *Journal of Applied Ichthyology*32: 740-741.
- Dávila, P., M. C. Arizmendi, A. Valiente-Banuet, J. L. Villaseñor, A. Casas and R. Lira. 2002.

- Biological diversity in the Tehuacan-Cuicatlan Valley, Mexico. *Biodiversity Conservation* 11: 421-442.
- Duque-Dávila, D. L., E. Martínez-Ramírez, F. J. Botello-López y V. Sánchez-Cordero. 2013. Distribución, abundancia y hábitos alimentarios de la nutria (*Lontra longicaudis annectens* Major, 1897) en el Río Grande, Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, Oaxaca, México. *Therya* 4: 281-296.
- Froese, R. 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology* 22: 241-253.
- Froese, R., J.T. Thorson and R.B. Reyes. 2014. A Bayesian approach for estimating length-weight relationships in fishes. *Journal of Applied Ichthyology* 30: 78-85.
- Granado, L. C. 1996. Ecología de peces. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla, España (45). 353 p.
- Hammer, Ø., D.A.T. Harper & P. D. Ryan. 2001. PAST-Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4: 1-9.
- Hernández, T. C. L. 2105. Species Delimitation, Phylogenetics, and Biogeography of the Catfish Genus *Rhamdia* Bleeker (Heptapteridae) of Central America and the Trans-Andean Region of Colombia. Doctor's dissertation. University of Southern Mississippi. 144 p.
- Hernández, T. C. L., A. Ortega-Lara, G. C. Sánchez-Garcés and M. H. Alford. 2015. Genetic and Morphometric Evidence for the Recognition of Several Recently Synonymized Species of Trans-Andean *Rhamdia* (Pisces: Siluriformes: Heptapteridae). *Copeia* 103: 563-579.
- Ikhwanuddin, M., M. Amal, S. Shohaimi, A. Azizul, S. Johari, T. Abdullah and N. R. Jamil. 2016. Length-weight relationships of seven fish species from the upper Pelus River, Kuala Kangsar district, Perak, Malaysia. *Journal of Applied Ichthyology* 32: 511-512.
- Infante-Gil, S. y G. P. Zárate de Lara. 1990. Métodos Estadísticos: un enfoque multidisciplinario. 2ª. ed. Ed. Trillas. México. 639 p.
- Karachle, P. K. and K. I. Stergiou. 2012. Morphometrics and Allometry in Fishes. *In*: C. Wahl (ed.) *Morphometrics*. Editorial InTech. pp. 65-86.
- King, M. G. 2007. Fisheries Biology, Assessment and Management. 2ª. ed. Ed. Blackwell Publishing. University of California. USA. 382 p.
- Lawson, E. O. and A. U. Olagundoye. 2011. Growth patterns, diet composition and sex ratios in giant african threadfin, *Polydactylus quadrifilis* from ologé lagoon, Lagos, Nigeria. *International Journal of Agriculture & Biology* 13:559-564.
- Lawson, E. O., S.L. Akintola and F. A. Awe 2013. Length-Weight Relationships and Morphometry for Eleven (11) Fish Species from Ogudu Creek, Lagos, Nigeria. *Advances in Biological Research* 7: 122-128.
- Liang, Y. Y., D.K. He, X. Y. Sui, Z. X. Shen, W. Xiong and Y. F. Chen. 2016. Length-weight and length-length relationships of four native fish species of the Qinghai-Tibet Plateau, China. *Journal of Applied Ichthyology* 32: 134-136.
- Martínez, R. E. 1999. Taxonomía y zoogeografía de la ictiofauna dulceacuícola del Estado de Oaxaca, México. Tesis Doctoral, Facultad de Biología, Universidad de Barcelona, Barcelona, España. 507 p.
- Martínez, R. E., U. R. M. Gómez, J. A. Estrada, V. M. Reyes, V. N. V. Victoria, D. G. Rodríguez-Cázares, A. E. Cruz, R. G. I. Cruz y O. R. Rojas, 2007. Proyecto. Los peces del área oaxaqueña de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán. Convenio CONABIO-IPN NÚM. FB1104/DT002/05. Informe técnico final integrado del 30/Junio/2005-15/Octubre/2006. Oaxaca, México. 21 p.
- Martínez-Ramírez, E. 2007. Los peces del área oaxaqueña de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-

- Cuicatlán. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca. Hoja de cálculo SNIB-CONABIO proyecto N°. DT002. México D. F.
- Martínez-Ramírez, E., Doadrio-Villarejo, I. y de Sostoa-Fernández, A. 2004. Peces continentales. En: García-Mendoza, A. J.; Ordoñez, M. J. y Briones-Salas, M. (eds.), Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, México. pp. 357-373.
- Miller, R. R., W. L. Minckley y S. Norris. 2009. Peces dulceacuícolas de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Sociedad Ictiológica Mexicana A.C., El Colegio de la Frontera Sur, Desert Fishes Council. Ciudad de México. 559 p.
- O'Connell, M. T. and A. M. U. O'Connell. 2016. Length-length and length-weight relationships for eight drum species in southeastern Louisiana. *Journal of Applied Ichthyology* 32: 1261-1263.
- Ortíz-García, A. I., M.I. Ramos-Robles, L.A. Pérez-Solano y S. Mandujano. 2012. Distribución potencial de los ungulados silvestres en la Reserva de Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán, México. *Therya* 3: 333-348.
- Pan, L., J.J. Xie, Z. Yang, H. Y. Tang and Y. Qiao. 2016. Length-weight relationships of six fish species from the upper reaches of the Yangtze River, southwest China. *Journal of Applied Ichthyology* 30: 552-554.
- Park, S. H., J. D. Boon, J.H. Kim, J.W. Lee, S. H. Baek and M. H. Jang. 2016. Length-weight relationships of fifteen endemic freshwater fishes in South Korea. *Journal of Applied Ichthyology* 32: 158-159.
- Riedel, R., L. M. Caskey and S.H. Hurlbert. 2007. Length-weight relations and growth rates of dominant fishes of the Salton Sea: implications for predation by fish-eating birds. *Lake and Reservoir Management* 23: 528-535.
- Rosa, D. C. O., B. E. Soares, M.P. Albrecht and E. P. Caramaschi. 2016. Length-weight relationship of 10 freshwater fish species in Amazonian streams, Trombetas River basin (Brazil). *Journal of Applied Ichthyology* 32: 749-750.
- Rosli, N.A. and M. M. Isa. 2012. Length-weight and Length-length Relationship of Longsnouted Catfish, *Plicofollis argyropleuron* (Valenciennes, 1840) in the Northern Part of Peninsular Malaysia. *Tropical Life Sciences Research* 23: 59-65.
- Sandhya, K. M., M.A. Hassan, S. Kumari, P. Mishal, L. Lianthumluaia, V. Kumar and D. K. Meena. 2016. Length-weight relationships of four indigenous freshwater fish species from Khalsi wetland in lower Ganga basin, West Bengal, India. *Journal of Applied Ichthyology* 32: 505-506.
- Sapounidis, A. S., E. T. Koutrakis and I. D. Leonardos. 2015. Life history traits, growth and feeding ecology of a native species (*Barbus strumicae* Karaman, 1955) in Nestos River, a flow regulated river in northern Greece. *North-Western Journal of Zoology* 11: 331-341.
- Shapiro, S. S and M. B. Wilks. 1965. An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). *Biometrika* 52: 591-611.
- Smylie, M., V. Shervette and C. McDonough. 2016. Age, Growth, and Reproduction in Two Coastal Populations of Longnose Gars. *Transactions of the American Fisheries Society* 145: 120-135.
- Sun, H.Y., J. L. Yao, Y. Cheng and Y. F. Chen. 2016. Length-weight relationships of six fish species from the Lancang River, China. *Journal of Applied Ichthyology* 32: 509-510.
- Suvarnaksha, A. 2015. A new species of highland loach, *Schistura sirindhornae*, from the upper Chao Phraya River basin, Thailand (Pisces: Ostariophysi: Nemacheilidae). *Zootaxa* 3962: 158-

170.

Velázquez-Velázquez, E., M. Maza-Cruz, A. E. Gómez-González and J. A. Navarro-Alberto. 2015. Length-weight relationships for 32 fish species in the Grijalva River Basin, Mexico. *Journal of Applied Ichthyology* 31: 413-414.

Weber, A., G. Allegrucci and V. Sbordoni. 2003. *Rhamdia laluchensis*, a new species of troglobitic catfish (Siluriformes: Pimelodidae) from Chiapas, Mexico. *Ichthyological Exploration of Freshwaters* 14: 273-280.

Wilkins, H. 2001. Convergent adaptations to cave life in the *Rhamdia laticauda* catfish group (Pimelodidae, Teleostei). *Environmental Biology of Fishes* 62: 251-261.

Zuluaga-Gómez, A., T. Giarrizzo, M. Andrade and A. Arango-Rojas. 2014. Length-weight relationships of 33 selected fish species from the Cauca River Basin, trans-Andean region, Colombia. *Journal of Applied Ichthyology* 30: 1077-1080.