

# ESTIMACIÓN DEL FACTOR DE CONDICIÓN DE FULTON ( $K$ ) Y LA RELACIÓN LONGITUD-PESO EN TRES ESPECIES ÍCTICAS PRESENTES EN UN SECTOR SOMETIDO A FACTORES DE ESTRÉS AMBIENTAL EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO CAUCA

## ESTIMATION OF FULTON'S CONDITION FACTOR ( $K$ ) AND THE LENGTH-WEIGHT RELATIONSHIP OF THREE FISH SPECIES PRESENT IN A SECTOR SUBJECTED TO ENVIRONMENTAL STRESS FACTORS IN HIGH CAUCA RIVER BASIN

Samy A. Leyton F.<sup>1</sup>, Elizabeth Muñoz<sup>2</sup>, Marisol Gordillo S.<sup>3</sup>, Gian C. Sánchez G.<sup>4</sup>, Luis A. Muñoz<sup>5</sup>, Alejandro Soto D.<sup>6</sup>

- <sup>1</sup>. Administrador del medio ambiente y de los recursos naturales. Maestrante en Ciencias Ambientales. Universidad Autónoma de Occidente, e-mail: leyton311@hotmail.com
- <sup>2</sup>. Doctora en Ciencias Naturales para el Desarrollo. Docente coordinadora Grupo de Investigación en Estudios Ambientales para el Desarrollo Sostenible, Geades. Universidad Autónoma Occidente, e-mail: emunoz@uao.edu.co
- <sup>3</sup>. Doctora en Ingeniería. Docente en Universidad Autónoma Occidente, e-mail: mgordillo@uao.edu.co
- <sup>4</sup>. Candidato a magister en Conservación y Uso de la Biodiversidad. Investigador. Fundación Funindes., e-mail: hiyuxa@hotmail.com
- <sup>5</sup>. MSc. en Ciencias de la Computación. Docente. Universidad Autónoma Occidente, e-mail: lamunoz@uao.edu.co
- <sup>6</sup>. MSc. en desarrollo sostenible y medio ambiente. Docente. Universidad Autónoma Occidente, e-mail: asoto@uao.edu.co

Recibido: Agosto 30 de 2015

Aceptado: Septiembre 15 de 2015

\*Correspondencia del autor: leyton311@hotmail.com

### RESUMEN

Entre los bioindicadores de los ecosistemas acuáticos, los peces son a menudo considerados como los organismos más adecuados ya que ocupan un nivel trófico alto y están sometidos a factores de estrés ambiental. Es importante conocer el estado nutricional de las poblaciones ícticas que habitan en ecosistemas degradados mediante el cálculo del factor de condición ( $K$ ) que permite comprender cambios en poblaciones sometidas a presiones. Se calcula a partir del peso (g) y la longitud total (cm).  $K$  es obtenido en tres especies ícticas (*Oreochromis niloticus*, *Prochilodus magdalenae*, *Pimelodus grosskopfii*) del río Cauca durante los meses de mayo y julio del 2014. Este río, se caracteriza por ser un ecosistema altamente impactado por vertimientos, siendo el municipio de Cali el mayor aportante entre otros. Inicialmente se comparó dos muestreos realizados en meses distintos y se encontró que mediante una prueba t de Student no existe diferencias significativas a un nivel de significancia del 47% para el peso y 20,6% para la longitud total. También se planteó un modelo de regresión lineal por cada especie, el cual mostró que la longitud influye en el peso a niveles de significancia menores a 0,001. El ajuste de los modelos de regresión ( $R^2$ ) estuvo entre 0,42 y 0,90, siendo la especie *O. niloticus* la que mostró el mejor ajuste. Con respecto a los valores de  $K$ , los más altos se obtuvieron en la *O. niloticus* con un promedio 2,20 con una desviación estándar de 0,29, posiblemente debido a que ésta es una especie omnívora, tolerante a una baja calidad del agua y rápido crecimiento. La especie *P. magdalenae* mostró un promedio de 1,40 con una desviación estándar de 0,2, y para *P. grosskopfii* se halló un  $K$  por debajo de 1; indicando que tiene dificultades en su crecimiento.

**Palabras claves:** pesca de subsistencia, estado nutricional, *Oreochromis niloticus*, *Prochilodus magdalenae*, *Pimelodus grosskopfii*

**ABSTRACT**

Among the bioindicators of aquatic ecosystems, fish are often considered the most appropriate organisms as they occupy a high trophic level and they are subjected to environmental stressors. It's important to know the nutritional status of fish populations in degraded ecosystems by calculating the condition factor ( $K$ ) in order to understand changes in populations under pressure. It's calculated from the weight (g) and total length (cm).  $K$  is obtained in three fish species (*Oreochromis niloticus*, *Prochilodus magdalenae*, *Pimelodus grosskopfii*) of the Cauca River during the period May to July 2013. This river is an ecosystem highly impacted by dumping; Cali is the largest contributor among others. Initially we compared two samplings taken in different months and we found that there are not significant differences to a confidence level of 47% for the weight and 20.6% for the total length. Also we posed a linear regression model for each specie, which showed that the logarithm of the length influences the logarithm of weight at lower levels of significance at 0.001. The adjustment of the regression models ( $R^2$ ) was between 0.42 and 0.90, and the *O. niloticus* showed the best adjustment. According to the values of  $K$ , the highest ones were obtained in *O. niloticus* with an average of 2.20 and with a standard deviation of 0.29, possibly due to the fact that it is an omnivorous species, tolerant to poor water quality and rapid growth. *P. magdalenae* showed an average of 1.40 and with a standard deviation of 0.2 and *P. grosskopfii* we found a  $K$  below 1, indicating that it has difficulties in its growth.

**Keywords:** subsistence fishing, nutritional condition, *Oreochromis niloticus*, *Prochilodus magdalenae*, *Pimelodus grosskopfii*

**INTRODUCCIÓN**

La cuenca alta del río Cauca se caracteriza por la riqueza de especies y el alto porcentaje de endemismos debido al aislamiento geográfico que presenta. Para esta región se registran 85 especies de las cuales 69 son nativas y 16 introducidas (Ortega-Lara *et al.*, 2006), donde algunas de ellas tienen gran importancia en la pesca de subsistencia y comercial como el bocachico (*Prochilodus magdalenae*), el barbudo (*Pimelodus grosskopfii*) y la tilapia nilótica o mojarra *Oreochromis niloticus* que fueron objeto de estudio de esta investigación.

Dentro de las especies más importantes históricamente por su valor comercial se destaca *P. magdalenae*, especie endémica de Colombia, con distribución en las zonas bajas de los sistemas del Magdalena, Sinú y Atrato; en el río Ranchería hasta los 1.000 msnm aproximadamente y en el río Cauca remonta hasta los 1.500 msnm (Maldonado *et al.*, 2005), donde esta especie realiza migraciones medianas y longitudinales que se encuentran relacionados con los patrones hidrológicos de inundación y estiaje, que determinan aspectos asociados a la alimentación, el crecimiento y la reproducción según el nivel de las aguas (Mójica *et al.*, 2012).

*P. grosskopfii* es una especie con distribución restringida a la cuenca del Magdalena, que hace parte de las especies que realizan migraciones tróficas y reproduc-

tivas que están relacionadas con las variaciones del caudal (Lasso *et al.*, 2011), considerándose de carácter local donde los individuos migran desde las partes bajas, excepto en la subcuenca del Cauca, donde los movimientos son desde el medio al alto Cauca (Mójica *et al.*, 2012). Sus hábitos están asociados a los cauces principales de los ríos y en menor frecuencia a las ciénagas y humedales, donde su alimentación es omnívora con tendencia a la carnivoría (Lasso *et al.*, 2011).

Finalmente, *Oreochromis niloticus* es una especie nativa de la cuenca del río Nilo, Lago Chad, sur-oeste del Oriente Medio y de los ríos Níger, Benue, Volta y Senegal. Ha sido introducida en más de 100 países, teniendo en Colombia registros en 30 departamentos, donde el fomento de cultivos debido a su resistencia, adaptaciones tróficas y ecológicas, así como alta tasa de fecundidad, ha generado el ingreso de poblaciones a los ecosistemas naturales, estableciéndose en sistemas naturales de las cuencas del Magdalena-Cauca, Caribe, Pacífico y la mayoría de ciénagas y zonas inundables, logrando ocupar una posición importante en las estadísticas pesqueras del país (Gutiérrez *et al.*, 2012).

El uso de indicadores como a relación longitud-peso y el factor de condición de Fulton ( $K$ ) permite obtener información sobre estrategias de crecimiento, estado nutricional y reproducción y analizar cómo las condi-

ciones ambientales de los ecosistemas acuáticos afectan las poblaciones de peces (Cifuentes *et al.*, 2012). Igualmente, estos índices han sido utilizados por los piscicultores como indicadores del "bienestar o idoneidad" general de la población en estudio porque pueden alertar a los pescadores ante la aparición de enfermedades u otros factores fisiológicos antes de que se presenten altas tasas de mortalidad (Jones *et al.*, 1999).

Los peces son considerados como uno de los organismos acuáticos más susceptibles a sustancias tóxicas presentes en el agua. Como es el caso de los metales pesados, considerados contaminantes críticos para los ecosistemas acuáticos, debido a su alto potencial para entrar y acumularse en las cadenas alimenticias (Jarić *et al.*, 2011). Debido a que el río Cauca recibe descargas de aguas residuales directa o indirectamente de los centros poblados y de las actividades industriales (CONPES & DNP, 2009), es posible considerar una alta contaminación por metales pesados que pueda causar efectos tóxicos a largo plazo para la ictiofauna de este ecosistema.

Bajo el contexto anterior el objetivo de la presente investigación es evaluar la dinámica de la relación entre longitud-peso y  $K$  de tres especies en un segmento de la cuenca alta del río Cauca de aproximadamente 7.15 km., ubicado entre el puente de Juanchito y la desembocadura del río Cali. Con este estudio se espera tener una aproximación al estado del bienestar de tres especies ícticas en relación con el ecosistema donde habitan.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El río Cauca atraviesa de sur a norte el departamento del Valle del Cauca. La cuenca alta del Río Cauca es de 63,300 km<sup>2</sup> y en la actualidad es un lugar excepcional por sus condiciones geográficas, topográficas, climáticas y de infraestructura privilegiadas para la ubicación de centros industriales, agropecuarios, mineros y urbanos; de hecho la cuenca del Cauca sostiene a una población de más de diez millones de habitantes que representan el 25% de la población colombiana (Martínez A. *et al.*, 2007).

La cuenca alta del río Cauca, comprende la región desde su nacimiento en el alto del Buey en el departamento del Cauca, hasta los "chorros de la Virginia", en Risaralda, donde la cuenca está limitada por la divisoria de aguas de la cordillera central y occidental, cuyas aguas drenan al río Cauca, abarcando los departamentos de Cauca, Valle del Cauca, Risaralda y Quindío (Ortega-Lara *et al.*, 2006).

El área de estudio está delimitada por el segmento comprendido entre el puente de Juanchito (3° 27' 00.65" N y 76° 28' 32.13" O) y la Desembocadura del Río Cali (3° 30' 24.41" N y 76° 29' 28.15" O) de aproximadamente 7.15 km., el cual atraviesa una parte urbana de la ciudad de Cali (figura 1).



**Figura 1.** Segmento del río Cauca entre el puente de Juanchito y la Desembocadura del río Cali.

Fuente: Los Autores

### Materiales y equipos

Para el desarrollo experimental de este estudio se utilizaron los siguientes elementos: bolsas de polietileno con cierre y agua destilada. En equipos: neveras portátiles a 4 °C con hielo, balanza digital con precisión de 0.01 g y calibrador pie de rey digital con precisión en décimas de 0.1 cm.

### Muestreo

El muestreo se realizó teniendo en cuenta un diseño completamente al azar, para establecer diferencias para el Factor  $k$ , entre las tres especies (*O. niloticus*, *P. magdalenae*, *P. grosskopfii*). En el cual se halló que para un nivel de significancia del 0.1 y un error de muestreo de 0.5, se tiene un tamaño de muestra de 28 unidades con una probabilidad de detectar diferencias de 90%.

Los puntos de muestreo se seleccionaron al azar dentro del segmento entre el puente de Juanchito y la desembocadura del río Cali, este se llevó a cabo durante los meses de mayo y julio. Durante estos muestreos se capturaron 36 *P. grosskopffii*, 36 *P. magdalenae* y 28 *O. niloticus* para un total de 100 individuos en los meses de mayo y julio del 2014.

Individuos de *O. niloticus*, *P. magdalenae*, *P. grosskopffii* fueron capturados por pescadores locales. Una vez capturados fueron empacados en bolsas de polietileno debidamente rotuladas (fecha, especie y número) y refrigerados en neveras portátiles a 4 °C con hielo hasta su transporte al laboratorio de Ciencias Ambientales de la Universidad Autónoma de Occidente. En el laboratorio, se siguieron las metodologías propuestas por Rashed (2001), Amundsen *et al.* (1997); Maldonado *et al.* (2005) y Rahman *et al.* (2012) que consisten en lavar los individuos con agua de grifo seguido por agua destilada, posteriormente se midieron desde la punta del hocico hasta la punta de la aleta caudal (LT) y se obtuvo el peso total (g) con una balanza digital.

#### Factor de condición de Fulton ( $K$ ).

El factor de condición de Fulton ( $K$ ), fue estimado para determinar el grado de bienestar o robustez de las tres especies, debido a que permite comparar peces de la misma longitud. Se estimó mediante la siguiente fórmula

$$K = 100 \left( \frac{W}{L^3} \right) \quad (1)$$

Donde  $W$  es el peso corporal húmedo en gramos y  $L$  la longitud en centímetros. Para el cálculo de este índice se asume un crecimiento isométrico de los individuos, esto solo ocurre cuando las longitudes son iguales. (Ranney *et al.*, 2010). Este inconveniente se puede resolver utilizando el factor de condición relativo ( $kn = W/W'$ ), con  $W$  el peso observado y  $W'$  el peso esperado obtenido a partir de las ecuaciones de regresión entre el peso y la longitud (peso esperado =  $a \cdot L^b$ ).

Estos indicadores ha sido abordado por Ramos (2009) en el *Euthynnus lineatus* del litoral de Oaxaca (México), Cifuentes *et al.* (2012) en 12 especies de peces nativos del río San Pedro (Chile), Olaya *et al.* (2001) en el *Epinephelus guttatus* capturado en la costa oeste de Puerto Rico y Pérez *et al.* (2006) en *Ageneiosus pardalis* perteneciente a la cuenca del río Sinú (Colombia). Estas investigaciones concluyen que la interpretación del factor de condición de Fulton ( $K$ ) debe basarse en aspectos como la disponibilidad de alimen-

to, estacionalidad y factores fisiológicos de la especie.

#### Métodos estadísticos

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos, se plantea inicialmente una prueba de hipótesis para determinar si hay efectivamente diferencias entre los muestreos a diferentes meses, esto es mayo y julio, los cuales corresponden a meses donde se presenta máximos caudales en mayo y julio bajos caudales, siendo  $n_1$  la media la variable peso en mayo y  $n_2$  la media del peso en julio, e igual para la longitud. Entonces para determinar diferencias significativas entre las medias se planteó un test de Student (t-student):

$$H_0: n_1 = n_2 \quad vs \quad H_a: n_1 \neq n_2 \quad (2)$$

#### Relación entre longitud y el peso

Después de definir el efecto de las muestras a distintos meses, se pasó a establecer la relación entre el peso y la longitud de los peces por medio de un modelo formado por funciones intrínsecamente lineales, tal como los modelos exponenciales y potenciales entre otros, estos modelos pueden ser linealizados por medio de una transformación a un modelo lineal. Estos modelos ha sido utilizados por distintos autores para describir el comportamiento de diferentes especies de peces (Olaya & Segura, 2008; Segura & Contreras, 2011). El modelo propuesto para cada una de las especies (*O. niloticus*, *P. magdalenae*, *P. grosskopffii*), esta dado por  $Y$  (peso) en función de la longitud del pez ( $X$ ), esto es:

$$y = b_0 X^{b_1} \quad (3)$$

Las estimaciones de los parámetros se realizaron por medio del método de mínimos cuadrados. Los residuales de los modelos fueron validados por medio de una prueba de Kolmogorov—Smirnov para normalidad. También el supuesto de homogeneidad de varianzas fue validado satisfactoriamente.

#### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Inicialmente se compararon los datos de los muestreos realizados en distintos meses mayo, julio tanto para el peso como la longitud se probó que no existen diferencias entre los muestreos realizados a un nivel de significancia superior a 20,6%, es decir que el caudal de esos meses no afectó significativamente a las variables peso y longitud para cada una de las especies. La similitud entre ambos meses puede deberse a que estas especies no están en período reproductivo, no están desovando o simplemente no hubo aumento en el caudal que propiciara una mayor disponibilidad de



alimento. La figura 2 y 3 muestra tanto las medianas como las medias (valores) de los pesos y la longitud.

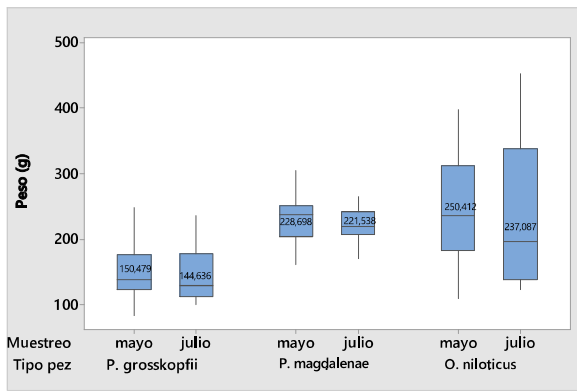


Figura 2. Gráfica de cajas de los pesos

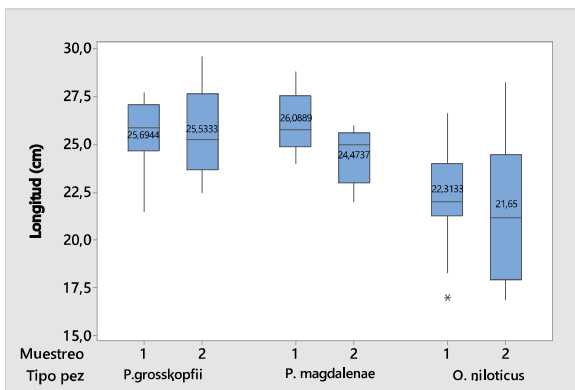


Figura 3. Gráfica de cajas de las longitudes

Fuente: Los Autores

Como se observa en la figura 4, tanto la longitud como los pesos las tres especies presentan una variación considerable

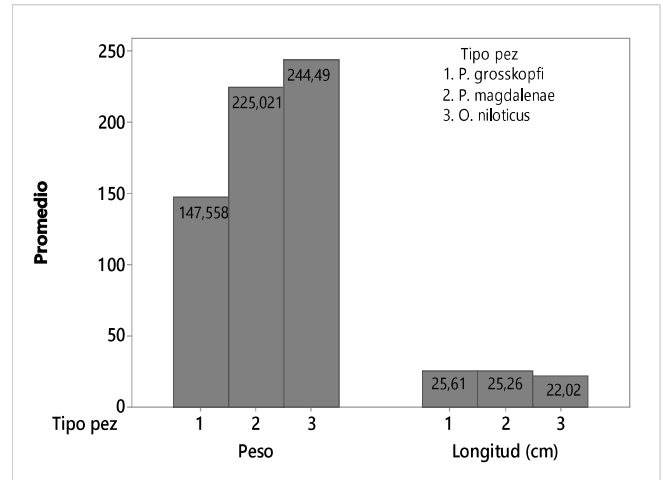


Figura 4. Promedio peso (gr) y longitud (cm) por especie

Fuente: Los Autores

### Relación entre el peso y longitud

Se analizó la relación existente entre peso y longitud mediante el planteamiento de tres modelos de regresión no lineal (función intrínseca lineal), como es el modelo potencial ( $y = b0X^{b1}$ ). En la figura 5, se muestran las mejores ecuaciones obtenidas, los ( $R^2$ ) para las tres especies el mejor lo presentó la especie *O. niloticus* con

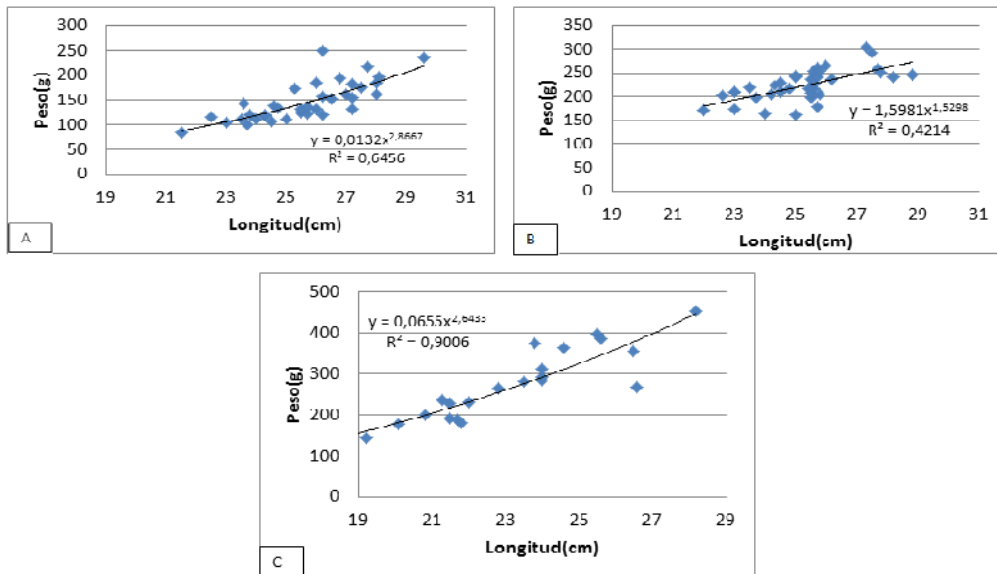


Figura 5. A) Relación peso vs longitud *P. grosskopfii*, B) *P. magdalanae* y C) *O. niloticus*.

Fuente: Los Autores

un 90,10%, seguido de *P. grosskopfii* con un 64,6%. El grado de asociación entre las variables longitud y peso ha sido estudiado en el barrilete negro *Euthyn-*

*nus lineatus* en donde se encontraron  $R^2$  que variaron entre 0,75 y 0,88 (Ramos, 2009) rango inferior del encontrado en la *O. niloticus* con un 90,1% y

por debajo de las otras dos especies. En otras palabras, en el presente estudio el modelo planteado para *O. niloticus* logra explicar con mayor exactitud ( $R^2 = 90,1\%$ ) la relación existente entre peso y longitud. En las especies *P. grosskopffii* y *O. niloticus* se obtuvo que por cada centímetro que aumenta la longitud del pez, cause un incremento de 2,87% en el peso (g), mientras que para la *O. niloticus* el incremento es de 2,64%. Para el *P. magdalenae* igualmente por cada centímetro que se incremente la longitud, el peso sufre un incremento de 13,6 g.

tores ambientales en su desarrollo (Camara *et al.*, 2011). El cálculo del factor de condición de Fulton ( $K$ ), no es indicado para el análisis dado que se presenta muchas variaciones en cuanto a la longitud dentro y entre las especies estudiadas, (figura 6).

Por lo tanto, se calculó el y factor de condición relativo ( $kn$ ), el cual es insensible a las diferencias de las longitudes, observándose que los valores de  $kn$  oscilaron entre 0.76 y 1.24 para *P. grosskopffii* con un promedio de 0.98; entre 0.73 y 1.21 para *P. magdalenae*

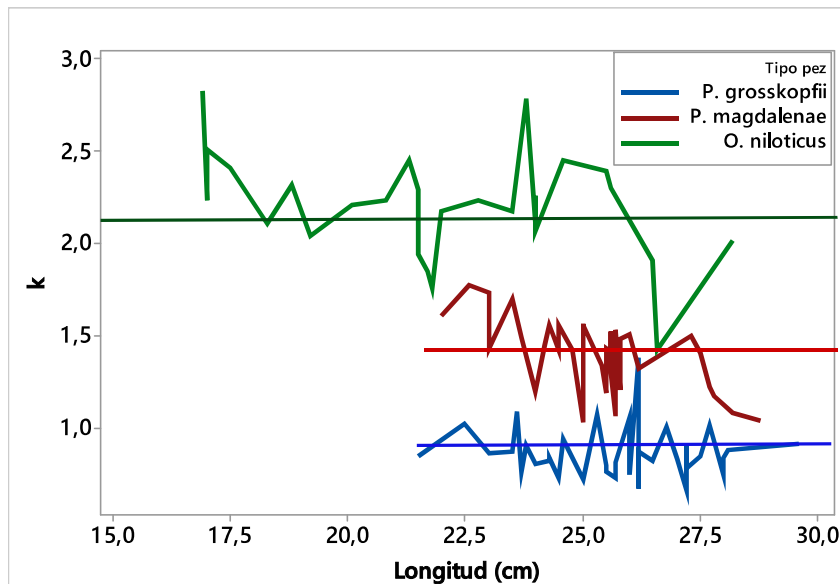


Figura 6. Gráfica de dispersión de  $k$  vs. Longitud (cm)

Fuente: Los Autores

### Análisis del Factor de Condición de Fulton ( $K$ )

La relación peso-longitud y  $K$  son parámetros fundamentales para la comprensión del ciclo de vida de una población de peces. Sus aplicaciones permiten estimar el crecimiento de los individuos y analizar el efecto de los fac-

con un promedio de 1.006 y entre 0.7 y 1.32 para *O. niloticus*, con un promedio de 1.008, lo cual indica que las 3 especies tienen ciertas características ecológicas y biológicas que favorecen su desarrollo en ecosistemas acuáticos perturbados como el río Cauca.

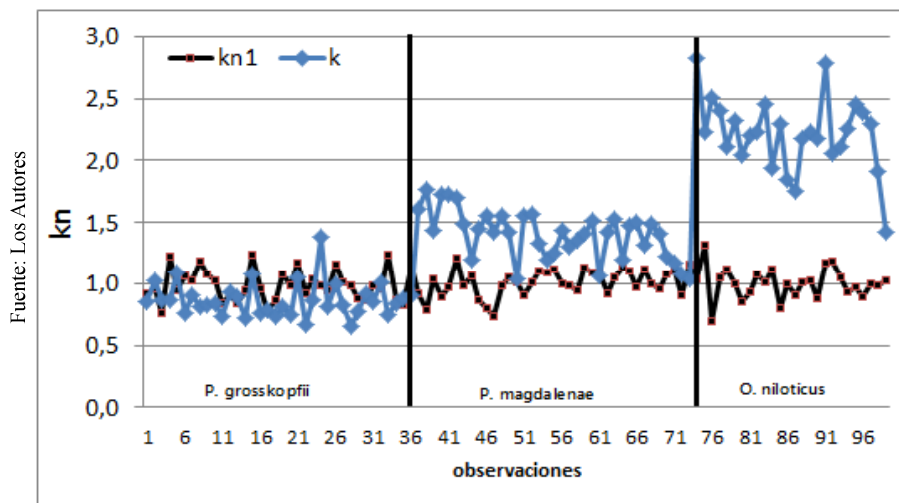


Figura 7. Gráfica de dispersión de  $kn$  vs. Longitud (cm)

Estos resultados son esperables dado que cada especie pertenece a diferentes niveles tróficos y poseen distintas adaptaciones. En el caso de *P. magdelanae* es una especie ilófaga que se alimenta de detritos orgánicos, fitoplancton y perifiton, *P. groskopfii* es omnívoro con tendencia a la carnivoría con preferencia por insectos y crustáceos, con capacidad para consumir desechos y carroña (Lasso *et al.*, 2011). Mientras que *O. niloticus* es un pez omnívoro, con amplio rango de preferencia de alimentos que incluyen detritos, fitoplancton y zooplancton así como alimentos artificiales, siendo capaz de convertir los residuos orgánicos y domésticos eficientemente en proteína de alta calidad (Authman *et al.*, 2012). En la presente investigación las tres especies presentaron un promedio de aproximadamente 1 en el factor de condición relativo indicando que no presentan afecciones en el desarrollo y crecimiento debido a las condiciones ambientales que presenta la cuenca.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer a la Universidad Autónoma de Occidente, al Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología “Francisco José de Caldas” (COLCIENCIAS), Grupo de Estudios Ambientales para el Desarrollo Sostenible (GEADES), por el financiamiento para el desarrollo de este estudio.

## CONCLUSIONES

- Es posible modelar la especie *O. niloticus* con un buen ajuste de los datos al modelo (90,10%)
- El factor de condición (K) varía dependiendo de la longitud del pez, por lo tanto no es idóneo para el análisis de estas especies
- Los resultados confirman que el factor de condición relativa es insensible a variaciones en la longitud del individuo.
- Las condiciones agresivas dado que es un segmento urbano que atraviesa el río Cauca no afecta significativamente el factor de condición relativa.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Araújo, Carolina Costa De; Flynn, Maurea Nicoletti; Pereira, William. Roberto Luiz. (2011). Factor de condição e relação peso-comprimento de *mugil curema* valenciennes, 1836 (pisces, mugilidae) como indicadores de estresse Ambiental. São Paulo. RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco. *Ambiental e Sociedade*, 4 (3): 51-64.
2. Camara, E. M., Pellegrini E., Petry Ana C. (2011). Fator de condição: bases conceituais, aplicações e perspectivas de uso em pesquisas ecológicas com peixes. *Oecologia Australis*, 15 (2): 249-274.
3. Cifuentes, Roberto, González, Jorge, Montoya, Germán, Jara, Alfonso, Ortíz, Néstor, Piedra, Priscila, & Habit, Evelyn. (2012). Relación longitud-peso y factor de condición de los peces nativos del río San Pedro (cuenca del río Valdivia, Chile). *Guayana*, 76, 101-110.
4. Consejo Nacional de Política Económica y Social & Departamento Nacional de Planeación. (2009). Documento Conpes 3624. Recuperado de: <http://www.elpais.com.co/elpais/archivos/compes-rio-cauca.pdf>
5. Corporación Autónoma Regional del Valle y Universidad del Valle. (2007). El río Cauca en su valle alto: Un aporte al conocimiento de uno de los ríos más importantes de Colombia. Cali-Colombia. Cali: Publicaciones CVC-Universidad del Valle.
6. Gutiérrez, F. de P., C. A. Lasso, M.P. Baptiste, P. Sánchez-Duarte y A.M. Díaz (Eds.). (2012). VI. Catálogo de la biodiversidad acuática exótica y trasplantada en Colombia: moluscos, crustáceos, peces, anfibios, reptiles y aves. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Bogotá, D. C.: Instituto de Investigación Alexander Von Humboldt.
7. Hernández, M., Castro, T., Garduño, M., Castro, G., Baltierra, J. (2009). Efecto del alimento vivo enriquecido con *Lactobacillus casei* en la sobrevivencia y crecimiento de larvas y juveniles de *Chirostoma estor* (Pisces: Atherinopsidae). *Ciencia Pesquera*, 17 (2): 5-12.
8. Jones, R., Petrell, R., Pauly, D. (1999). Using modified length-weight relationships to assess the condition of fish. *Aquacultural Engineering*, 20, 261-276.
9. Lasso, C., E. Agudelo, L.F. Jiménez, H. Ramírez, M. Morales, R.E. Ajiaco, F. de Paula, J.S. Usma, S.E. Muñoz, A.I. Sanabria. (Eds.). (2011). I Catálogo de los recursos pesqueros continentales de Colombia.

- Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Bogotá, D. C.: Instituto de Investigación Alexander Von Humboldt.
10. Maldonado, J., Ortega, A., Usma, O., Galvis, V., Villa, F., Vásquez, G., Prada, S. Ardila, R. (2005). Peces de los Andes de Colombia. Guía de campo. Bogotá D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos “Alexander von Humboldt”.
  11. Martínez A. Galvis y A. Holguín J. (2007). Optimización de la Modelación de la Calidad del Agua del Río Cauca. Tramo: La balsa-Anacaro. Conferencia latinoamericana de saneamiento. Cali, Colombia, 12 al 16 de noviembre.
  12. Mohammad M.N. Authman N, Wafaa T. Abbas, Alkhateib Y. Gaafar. (2012). Metals concentrations in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) from illegal fish farm in Al-Minufiya Province, Egypt, and their effects on some tissues structures. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 84, 163-172.
  13. Mojica, J., Saulo, J., Álvarez, R., Lasso, C. (Eds.). (2012). Libro Rojo de Peces Dulceacuícolas de Colombia 2012. Bogotá, D. C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, WWF Colombia y Universidad de Manizales.
  14. Olaya, C., Pérez, S., Lozano, G. (2001). Estimación de la relación longitud/peso y factor de condición del mero cabrilla (*Epinephelus guttatus*) en la costa oeste de Puerto Rico. *Dahlia Revista Asociación Colombiana Ictiología*, 4, 21-25.
  15. Olaya, C., Tordecilla, G., Segura, F. (2008). Relación longitud-peso del Rubio (*Salminus affinis* Steindachner, 1880) en la cuenca del río Sinú, Colombia. *Revista MVZ Cordoba*, 13 (2), 1349-1359.
  16. Ortega, A., Usma, S., Bonilla, J., Andrea, P., Natalia, S. (2006). Peces de la cuenca alta del río Cauca, Colombia. *Biota Colombiana*, 7 (1): 39-54.
  17. Pérez, A., Olaya, C., Segura, F., Tordecilla, G., Brú, S. (2006). Relaciones longitud-peso de la doncella *Ageneiosus pardalis* (Pisces: Auchenipteridae), en la cuenca del río Sinú, Colombia. *Dahlia Revista Asociación Colombiana Ictiología*, 9: 53-61.
  18. Rahman, M., Hossain, A., Saha, N., Rahman, A. (2012). Study on heavy metals levels and its risk assessment in some edible fishes from Bangshi River, Savar, Dhaka, Bangladesh. *Food Chemistry*, 134, 1847–1854.
  19. Ramos, S. (2009). Relación longitud-peso y factor de condición en el barrilete negro *euthynnus lineatus* (Kishinouye, 1920) (perciformes: scombridae), capturado en el litoral de Oaxaca, México. *Revista Investigaciones Marinas*, 30 (1): 45-53.
  20. Rashed, M. (2001). Monitoring of environmental heavy metals in fish from Nasser Lake. *Environmental International*, 27, 27-33.
  21. Segura, G., Olaya, C., Contreras, M. (2011). Relación Longitud~ peso de la Cachana (*Cynopotamus Atratoensis*) en la Ciénaga Grande de Llorica, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 16 (1), 77-86