



Análisis de la influencia de variables ambientales sobre el Factor de Condición Relativo y el Índice Gonadosomático de *Cyprinus carpio*

Mariano Soricetti¹, Tomás Maiztegui², Darío Colautti², Fredy Guardiola Rivas¹, Julia Bazzani¹ y Patricio Solimano¹

¹Laboratorio de Biotecnología y Tecnología en Alimentos (CIT Río Negro-UNRN Sede Atlántica) – Rotonda Cooperación y Ruta Provincial N° 1 (8500), Viedma, Río Negro, Argentina.

²Laboratorio de Ecología de Peces. Instituto de Limnología "Dr. Raúl A. Ringuelet" (ILPLA) (CONICET - UNLP) - Boulevard 120 y 62 (1900), La Plata, Bs As, Argentina.

msoricetti@unrn.edu.ar

RESUMEN

El objetivo del estudio es analizar qué variables ambientales ejercen más influencia sobre el Factor de Condición Relativo (K_N) y el Índice Gonadosomático (IGS) de *Cyprinus carpio* en 3 ambientes diferentes de Argentina. Para examinar el ajuste del modelo con las variables (nivel hidrométrico, horas luz, precipitaciones y temperatura ambiente) que afectan a ambos índices, se buscaron efectos del día de muestreo y efectos diferidos (día de muestreo, sumatoria de 15 y 30 días previos al muestreo). Los modelos que mejor explicaron la variación fueron $IGS \sim Alt + HL30 + P30$, y $K_N \sim Alt + T15 + HL30 + P15$. Esto demuestra que la temperatura no afectaría al IGS de la carpa, mientras que el K_N es afectado por todas las variables evaluadas. Además, las variables ambientales explican mejor la variación de IGS que la variabilidad de K_N según los R^2 obtenidos.

Palabras claves: ÍNDICE GONADOSOMÁTICO, ESPECIE INVASORA, FACTOR DE CONDICIÓN RELATIVO

Introducción

La carpa común (*Cyprinus carpio*) es una especie cosmopolita, y presenta la mayor distribución dentro de los peces dulceacuícolas (Sivakumaran et al. 2003) y es la segunda especie más ampliamente distribuida en nuestro país (Maiztegui 2016). Debido a su capacidad adaptativa, ha ocupado una variada gama de hábitats, entre los que se pueden mencionar embalses, humedales, grandes ríos, arroyos y estuarios (Panek 1987).

Una de esas capacidades es la reproductiva, ya que es uno de los peces dulceacuícolas más prolíferos (Swee & McCrimmon, 1966). El ciclo reproductivo de esta especie está gobernado por variables ambientales (Bye, 1984).

El objetivo de este estudio es analizar qué factores ambientales, horas de luz, precipitaciones, temperatura ambiente y nivel hidrométrico, ejercen más influencia sobre el Factor de Condición Relativo $-K_N-$ (Le Cren, 1951) y el Índice Gonadosomático (IGS) en las carpas de 3 ambientes diferentes.

Materiales y Métodos

Para el análisis se evaluaron ejemplares de *C. carpio* de tres ambientes y años diferentes, la laguna de Lobos (1993-96), los humedales de

Ajo (2009-10) y el Valle Inferior del río Negro (2016-17). A los peces muestreados en cada ambiente se les tomaron medidas de la longitud estándar en cm (Lst), peso total en g (W) y el peso de las gónadas en g (Wg). Con dichos datos se calculó el IGS según (Sivakumaran et al. 2003) y el K_N (Le Cren 1951).

Para el análisis se tuvieron en cuenta las siguientes variables ambientales, el nivel hidrométrico en m (Alt), horas luz del día en minutos (HL), precipitaciones en mm (P), temperatura ambiente del día en °C (T).

Los datos fueron obtenidos in-situ, del Servicio de Hidrografía Naval, Sistema Meteorológico Nacional, Departamento Provincial de Aguas y de la Sociedad Rural de Lobos.

Para analizar la influencia ambiental sobre la biología de la carpa se realizaron regresiones lineales múltiples, en las que se consideró de manera independiente a los índices (K_N e IGS) como variable respuesta y como predictoras: el nivel hidrométrico del día de muestreo (Alt) y la precipitación (P), temperatura (T) y horas luz (HL), tanto del día de muestreo (1) como de la sumatoria de los últimos 15 días (15) y 30 días (30).

La selección de modelos se realizó siguiendo la metodología "backward selection procedures" según el criterio de información de Akaike, el

correcto ajuste se evaluó en base a los gráficos diagnósticos de los residuos. Todos los análisis estadísticos se realizaron con R (R Core Team 2019), para la visualización de resultados se utilizó el paquete “visreg” (Breheny & Burchett, 2017).

Resultados

Para el K_N se generaron 18 modelos candidatos combinando las variables predictoras: Alt, HL1; HL15 y HL30, T1; T15 y T30, P1; P15 y P30. En el caso del IGS se generaron 16 modelos ya que no se contó con algunos datos de precipitaciones y nivel hidrométrico de Lobos. Para el K_N , el modelo que mejor explica su variación en los tres ambientes, fue $K_N \sim \text{Alt} + \text{T15} + \text{HL30} + \text{P15}$ ($p=0,05$) (Tabla 1).

Tabla 1: K_N : Análisis de la Varianza para regresión lineal múltiple. GL=grados de libertad; SC= Suma de cuadrados; CM= Cuadrados medios; Pr= probabilidad.

	GL	SC	CM	F	Pr(>F)
Alt	1	0.11	0.10	8.7	0.0032
T15	1	0.68	0.68	54.7	<0.0001
HL30	1	0.55	0.55	44.4	<0.0001
P15	1	0.39	0.39	31.4	<0.0001

Por lo tanto, las variables que mejor explican las variaciones en el K_N de los peces son la Alt del día, la T de los últimos 15 días y P de los últimos 15 días, de manera negativa y las HL de los últimos 30 días de manera positiva (Fig. 1). El modelo tiene un $R^2=0.0598$, lo que explica poco de la variabilidad total del sistema, ya que los ambientes analizados son muy diferentes al igual que los años. De todos modos, permite analizar variables ambientales muy generales además del periodo temporal de esta influencia.

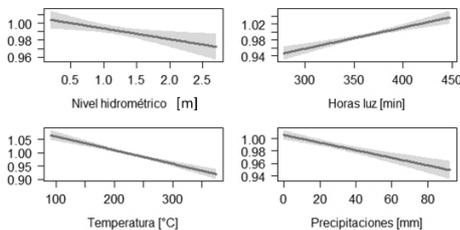


Fig. 1. Comportamiento predicho por el modelo del Factor de Condición Relativo (K_N) en función de las variables ambientales; nivel hidrométrico en m, horas luz en minutos (sumatoria de 30 días previos), temperatura ambiente en °C y precipitaciones en mm (estas 2 últimas variables sumatoria de los 15 días previos).

Para el IGS, el modelo que mejor explicó la variación fue $\text{IGS} \sim \text{Alt} + \text{HL30} + \text{P30}$ (Tabla 2).

Tabla 2: IGS: Análisis de la Varianza para la regresión lineal múltiple. GL=grados de libertad; SC= Suma de cuadrados; CM= Cuadrados medios; Pr= probabilidad.

	GL	SC	CM	F	Pr(>F)
Alt	1	1954	1954	76.5	<0.0001
HL30	1	5225	5225	204.6	<0.0001
P30	1	374	374	14.6	0.00013

Las variables ambientales que mejor explican los cambios del IGS son la Alt del día, las HL de los últimos 30 días, ambas de manera negativa y la suma de las P de los últimos 30 días de forma positiva (Fig. 2). Este modelo presenta un R^2 de 0.137, la diferencia en los R^2 de ambos modelos $K_N= 0.0598$ e $\text{IGS}= 0.137$, evidencia una mayor influencia de las variables ambientales sobre el IGS.

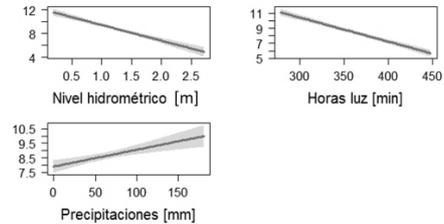


Fig. 2. Comportamiento predicho por el modelo del Índice Gonadosomático (IGS) en función de las variables ambientales nivel hidrométrico en m, horas luz en minutos y precipitaciones en mm (las 2 últimas sumatoria de los 30 días previos).

Discusión y Conclusiones

Los modelos matemáticos ajustados a los datos de 3 ambientes, indican que el K_N de las carpas, mejora con niveles escasos de precipitaciones, bajos niveles hidrométricos y temperatura. Las dos primeras variables podrían evidenciar que el ambiente concentra

más los recursos en un menor volumen, lo que favorecería la condición de la especie. Por otro lado, la temperatura indicaría que la especie exhibe un mejor estado general cuando esta variable muestra valores más bajos. Por lo tanto, en un ambiente patagónico como el del río Negro, esta especie presentaría una mejor adaptación que a zonas de menor latitud. La cantidad de horas luz son más en primavera-verano, lo que favorece el incremento del K_N de los peces, seguramente porque por un lado la disponibilidad de alimento es mayor, y por otro, los individuos deben recuperar la energía empleada en la reproducción.

Con relación al IGS, es para enfatizar que la temperatura no muestra influencia en las variaciones del mismo a lo largo del ciclo anual, mientras que si lo hace de forma preponderante la suma de precipitaciones de los últimos 30 días. Es de difícil interpretación que la relación del IGS sea negativa con respecto al nivel hidrométrico, pero positiva con respecto a las precipitaciones. Esto podría deberse a que el nivel hidrométrico es el del día y las precipitaciones son a 30 días previos del muestreo. Por lo tanto, la evolución temporal de estos dos parámetros en este periodo de tiempo podría estar desfazada. Por otro lado, es de destacar la influencia de la sumatoria de los 30 días de las HL como una variable explicativa de manera negativa, o sea, a menor cantidad de horas luz mayor IGS. Esto se puede observar algunas semanas después del solsticio de verano, donde las gónadas empiezan a incrementar su tamaño y por lo tanto su IGS.

De los modelos, se puede enfatizar que tanto el IGS como el K_N están más influenciados por condiciones ambientales que sucedieron los días precedentes, que por las que transcurren en el momento particular del muestreo.

Bye (1984) menciona a la temperatura como una variable ambiental importante para la regulación del ciclo reproductivo de los peces, y por lo que se desprende de nuestros modelos, existen otras variables que tiene una mayor influencia sobre el IGS que la temperatura, como es la sumatoria de HL.

Los modelos de regresión lineal múltiple, son una herramienta que nos permitirá, sumado a un incremento de la base de datos existente, fundamentar con argumentos más consistentes, nuevas y más complejas interpretaciones de los procesos y cambios que afecten la condición y la reproducción de esta especie invasora altamente adaptable.

Referencias

- Breheeny, P. & Burchett, W. 2017. Visualization of Regression Models Using visreg. *The R Journal*, 9: 56-71.
- Bye, V., 1984. The role of environmental factors in the timing of reproductive cycles. En *Fish reproduction.*, pp 187-205. (Eds.G. Potts; y R. Wootton). Academic press. Harcourt Brace Jomanovich, Publishers. 410 pp.
- Le Cren, E. D. 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology* 20: 201-219.
- Maiztegui, T. 2016. Ecología poblacional de *Cyprinus carpio* (TELEOSTEI) en los Humedales de Ajó, Buenos Aires (Doctoral dissertation, Facultad de Ciencias Naturales y Museo).
- Panek, F. M. 1987. Biology and ecology of Carp. En: *Carp in North America* (Ed Cooper E. L.) American Fisheries Society Bethesda Maryland. 1-15.
- R Core Team. 2019. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Sivakumaran, K. P., Brown, P., Stoessel, D. & Giles, A. 2003. Maturation and reproductive biology of female wild carp, *Cyprinus carpio*, in Victoria, Australia. *Environmental Biology of Fishes* 68: 321-332.
- Swee, U. T. & McCrimmon, H. R. 1966. Reproductive biology of carp, *Cyprinus carpio* L., in Lake St. Lawrence, Ontario. *Transaction of the American Fisheries Society* 95: 372-380.