

Influencia del fotoperiodo e intensidad lumínica en los ritmos de actividad locomotora en *R. quelen*

Luciano, Kees

Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional del Litoral. Kreder 2805, (3080) Esperanza, Santa Fe, Argentina.

Área: Ciencias de la Salud, Sub-área: Veterinaria

INTRODUCCIÓN

Los ritmos biológicos forman parte del proceso de adaptación de los seres vivos al ambiente. Su importancia estriba en que ajustan los procesos internos con los cambios periódicos externos, preparando así al organismo para situaciones predecibles y repetitivas (Aschoff, 1981). Los peces, al igual que ocurre en mamíferos, presentan ritmos en un gran número de procesos biológicos. El estudio de estos ritmos tiene una gran importancia en investigación básica, ya que nos ayuda a comprender como funcionan sus procesos fisiológicos y como han desarrollado adaptaciones a las condiciones cambiantes en su medio natural. Además, tienen un gran interés en investigación aplicada, sobre todo relacionada con la acuicultura.

Los peces no presentan una actividad sostenida durante las 24 horas del día, sino que concentran su actividad locomotora y alimentaria en una fase concreta, presentando patrones de actividad diurnos o nocturnos, en función de que esta mayor actividad se produzca durante el día o la noche, respectivamente. El patrón rítmico diario de la actividad locomotora de los peces se sincroniza a través del ciclo de luz-oscuridad (LD) (Thorpe, 1978). El bagre sudamericano (*Rhamdia quelen*), pez teleósteo de interés en acuicultura santafesina ha sido descrita por nuestro grupo de trabajo como una especie estrictamente diurna cuyos ritmos de actividad locomotora son de naturaleza endógena (Scaglione *et al*, 2014).

OBJETIVOS

El objetivo de este experimento fue analizar los factores que controlan la ritmicidad locomotora diaria del bagre sudamericano (*Rhamdia quelen*). Para ello, se estudió la sincronización a la luz mediante su exposición a fotoperiodos de distinta duración (LO 03:21; 06:18, 09:15, 12:12, 15:09, 18:06, 21:03 y 24:00) y distintas intensidades lumínicas (200, 70, 30 y 7 lux) sobre los ritmos de actividad diaria.

METODOLOGÍA

Animales e infraestructura

Este estudio se llevó a cabo bajo condiciones ambientales controladas, en el laboratorio de Cronobiología de la Facultad de Ciencias Veterinarias dependiente de la Universidad Nacional del Litoral. Se utilizaron treinta *R. quelen* (ambos sexos, 200-250 g de peso corporal) mantenidos por tríos en estanques de 100 litros. Los animales provenían de la empresa "Pez Campero" (Paraná, Argentina). Cada tanque estaba equipado con un filtro individual y un difusor de oxígeno. Como este pez es un habitante de la parte inferior, también se proporcionaron tres tubos de PVC para formar un refugio. La temperatura del agua se mantuvo en 25°C manteniendo estable la temperatura de la habitación con un termostato electrónico, con fluctuaciones de $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ entre el día y la noche. Los tanques tenían en su parte superior,

Influencia de los ritmos de actividad motora y comportamiento alimentario en el bienestar y la producción del *Rhamdia quelen* (bagre sudamericano). Provincia de Santa Fe, Secretaria de Estado de Ciencia Tecnología e Innovación. Director: M.C. Scaglione, Co-director: R. D. Cerutti, Investigadores: S.E. Gervasoni, N.E. Garbe

a unos 40 cm por encima de la superficie del agua, una tira RGB flexible de alta densidad 60LEDS/M modelo SMD 5060 que proporcionaba luz blanca. Para controlar la intensidad de la luz (200, 70, 30 y 7 lux) se utilizó un regulador de intensidad luminosa de alta potencia para tiras de LEDs. La intensidad de la luz se midió mediante el uso de un luxómetro profesional diseñado específicamente para medir con precisión la salida de luz de las fuentes de luz LED (medidor de luz LED Amprobe LM-200, EE.UU.). El fotoperiodo fue controlado automáticamente por un temporizador digital programable (Datamicro, Orbis, España). Los animales fueron alimentados con una dieta comercial (Garay, Recreo, Argentina) una vez al día, a intervalos de tiempo irregulares para evitar que la alimentación actuara como un zeitgeber. Se limpió el acuario cada 4 días, eliminando las heces y los gránulos restantes con un sifón y cada dos semanas, se sustituyó el 20% del volumen de agua. Las actividades de control se realizaban en las horas de luz, cuando los peces no estaban activos sino, habitualmente, escondidos en los tubos de PVC para no interferir con los registros. Para registrar la actividad locomotora, a cada acuario, a 10 cm del fondo se le instaló una fotocélula de infrarrojos (Omron, E3S-AD62, Japón). Las fotocélulas estaban conectadas a una placa base (USB-DIO96H, Measurement Computing, Norton, Massachusetts, EE.UU.) y ésta a un ordenador. Cada vez que un pez interrumpía el haz de luz infrarroja, se producía una señal que era grabada y almacenada con una frecuencia de datos de 1 cada 10 minutos (software especializado DIO98USB, Universidad de Murcia, España).

Procedimiento experimental

Influencia de la duración del fotoperiodo

Con el fin de examinar si la fase de actividad de las *R. quelen* tienen una duración constante, independientemente del número de horas de luz, o si circunscriben su actividad a la luz, se expuso a los peces a fotoperiodos de distintas duraciones, reduciendo gradualmente el número de horas de oscuridad en el ciclo LD, desde 21 hasta 0 h. Así, del fotoperiodo inicial (LD 12:12) los peces fueron secuencialmente expuestos a 21D (3L: 21D), 18D (6L: 18D), 15D (9L: 15D), 12D (12L: 12D), 9D (15L: 9D), 6D (18L: 6D), 3D (21L: 3D) y 0D (24L: 0D) durante 7 días en cada condición, a partir de entonces, se volvieron a sincronizar con el ciclo LD 12:12 durante 7 días adicionales.

Efecto de la intensidad lumínica decreciente

A continuación, se investigó la sincronización de los ritmos circadianos a la luz, reduciendo la intensidad de ésta (progresivamente y en varias fases) sobre toda la superficie del agua. Se expuso a los peces a ciclos LD 12:12 de 200 lux (22 días), 70 lux (7 días), 30 lux (7 días), 7 lux (7 días) y 0 lux (7 días).

Análisis de datos

Los datos recogidos en el ordenador de registro fueron transferidos a un segundo ordenador para su análisis. Para ello se utilizó un software de cronobiología (Temps, v.1, 179 por Díez– Noguera, Universidad de Barcelona) y también el programa Microsoft Excel. Los actogramas se realizaron a doble trazo para una mejor visualización. La duración de los periodos circadianos (τ) se estudió utilizando el análisis del periodograma de Sokolove–Bushell. Además de los actogramas, también se obtuvieron las ondas medias diarias. Los porcentajes de actividad diurna se calcularon mediante hoja de cálculo de Excel, utilizando los datos combinados de todos los tanques y comparando los recuentos hechos durante la escotofase con los realizados durante la fase de luz.

RESULTADOS

Influencia de la duración del fotoperiodo

Los bagres respondieron de forma idéntica en todos los tanques. Al aumentar gradualmente el fotoperiodo, los peces fueron aumentando su fase de actividad para ajustarse al periodo de luz creciente. Incluso bajo un ciclo extremo LO 3:21, con sólo tres horas de luz, los peces concentraron su actividad locomotora en las horas diurnas. Bajo LO 21:03, su fase de actividad se expandió hasta abarcar por completo el periodo de luz de 21 horas. Bajo LO 24:00 entraron en curso libre (t 25,55 h) demostrando el origen endógeno de los ritmos. Al cambiar el ciclo a LO 12:12, los peces se adaptaron rápidamente, reduciendo su actividad a las 12 horas sin un ciclo de transición aparente. En general, la actividad de los peces aumentó bruscamente tras encender las luces y se mantuvo estable a lo largo de la fase de luz para después decaer tras el apagado (Figura 2). No obstante, bajo fotoperiodos más cortos (Figura 2B, 2C y 2D), inmediatamente después de apagar las luces se produjo un aumento de la actividad más pronunciado. Al exponer los bagres a fotoperiodos de distinta duración, éstos restringieron su actividad locomotora a la fase fótica, exhibiendo ritmos circadianos flexibles y controlados por un sistema circadiano débil, influenciado intensamente por la luz. En otras especies de peces también se ha observado que la luz determina el patrón de actividad; por ejemplo, la trucha concentra su actividad durante el día y la lubina, dependiendo de si su comportamiento es diurno o nocturno, restringe su actividad a las fases de luz u oscuridad (Sanchez *et al.*, 2009).

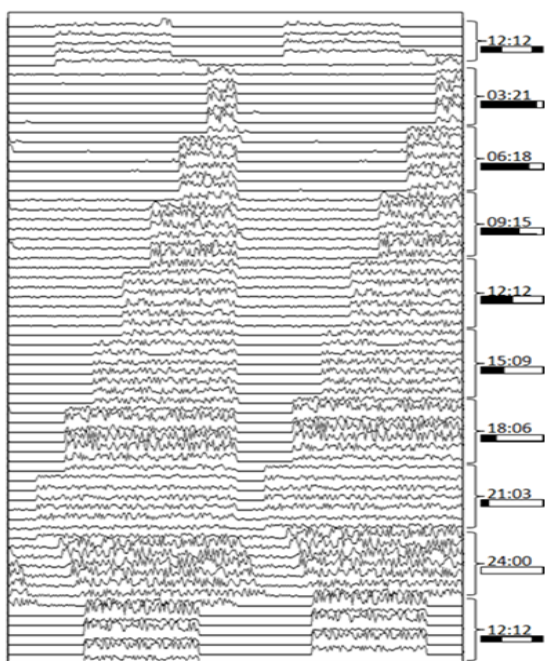


Figura 1: Actograma representativo de un estanque con diferentes fotoperiodos

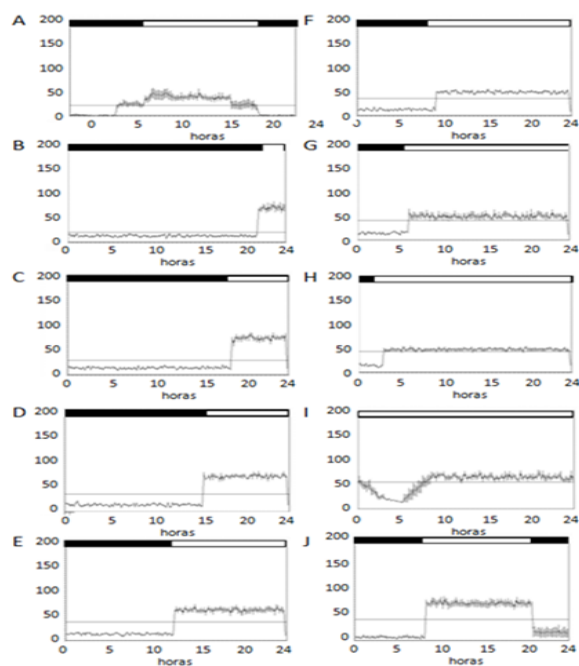


Figura 2: Gráficos de ondas medias de los promedios de los 10 estanques bajo diferentes fotoperiodos

Efecto de la intensidad lumínica decreciente

En general, tras disminuir las intensidades lumínicas, los bagres mostraron un ritmo bien definido de actividad diurna. Ahora bien, bajo una luz tenue (7 lux), los peces se desincronizaron (Figura 3). Al reducir la intensidad lumínica media de 200 a 70 lux, los peces mostraron una actividad diaria media del $95,6 \pm 0,7\%$ (media \pm SEM), mientras

que su actividad locomotora durante las horas de oscuridad fue prácticamente nula, a pesar de que la intensidad lumínica había sido reducida. Bajo una intensidad lumínica de 30 lux, la actividad de los animales continuó siendo marcadamente diurna, con una ligera disminución de la actividad nocturna (los porcentajes bajaron al $86,8 \pm 0,6\%$). Después, ante una intensidad lumínica de 7 lux, los ritmos de actividad diaria se volvieron más difusos y los bagres se desincronizaron con el ciclo LD, no manteniendo el patrón de actividad diario.

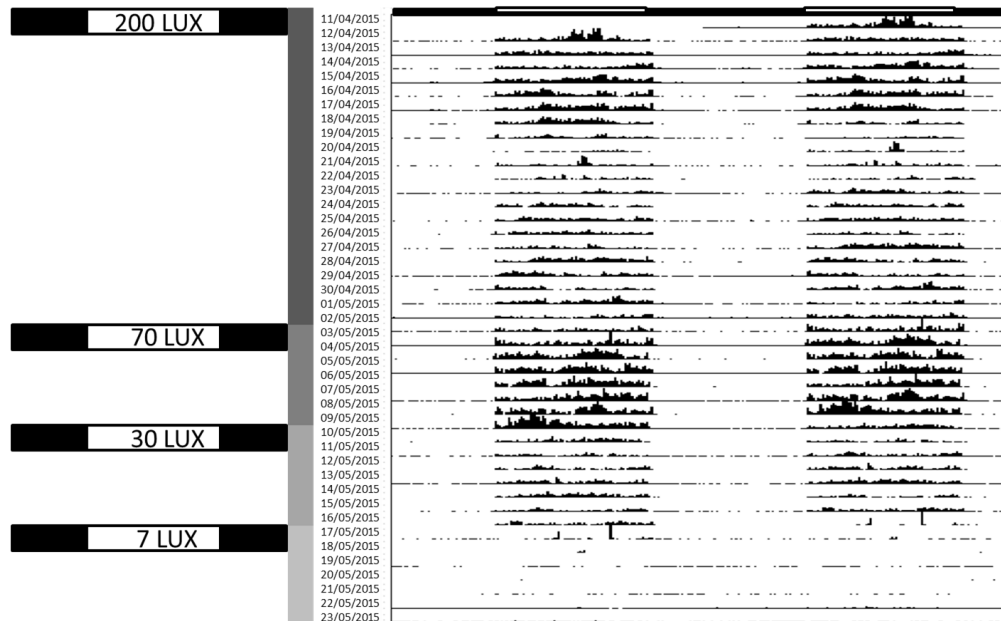


Figura 3: Actogramas de los promedios de actividad de los 10 estanques en condiciones de LD 12:12 e intensidades lumínicas decrecientes (200 lux, 70 lux, 30 lux y 7 lux).

CONCLUSIONES

En conclusión, nuestros estudios muestran que el bagre es una especie estrictamente diurna y cuyos ritmos de actividad locomotora son de naturaleza endógena. Sin embargo, la luz influye intensamente en la actividad, puesto que la duración de la fase activa es controlada de forma directa por el fotoperiodo y el comportamiento estrictamente diurno se mantiene hasta condiciones de luz de 30 lux, con intensidades de 7 lux se desincronizan. Estos hallazgos podrían ser de ayuda para optimizar la gestión del cultivo del bagre, por ejemplo, para diseñar eficazmente las estrategias de alimentación teniendo en cuenta su conducta diurna.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- Aschoff J. 1981. Biological rhythms. En: J. Aschoff, ed. Handbook of behavioral neurobiology, Vol 4. New York. Plenum Press.
- Scaglione M. C., Gervasoni, S. H., Garbe, N. E., Marozzi, M., Cerutti, R. D. 2014. Ritmos circadianos de actividad locomotora en *Rhamdia quelen*. Revista FAVE.
- Sánchez J.A., López-Olmeda J.F., Blanco-Vives B., Sánchez-Vázquez F.J. 2009. Effects of feeding schedule on locomotor activity rhythms and stress response in sea bream. *Physiology & Behavior*, 98: 125-129.
- Thorpe, J.E. 1978. Rhythmic Activity of Fishes. J.E. Thorpe, ed. London. Academic Press.