

Compás magnético dependiente de la luz en renacuajos de rana bermeja (*Rana temporaria*)

Francisco Javier Diego-Rasilla¹ & John B. Phillips²

¹Departamento de Biología Animal, Universidad de Salamanca, Salamanca, 37007, España

²Department of Biological Sciences, Virginia Tech, Blacksburg, Virginia 24061, USA

Mantuvimos renacuajos de rana bermeja (*Rana temporaria*) en acuarios diseñados con una orilla en uno de sus extremos, de modo que pudieran familiarizarse con el eje-Y del acuario (eje perpendicular a la orilla). Posteriormente, su orientación fue ensayada en una arena circular en la que el alineamiento horizontal del campo magnético podía ser modificado. Cada renacuajo fue ensayado una sola vez, en uno de cuatro alineamientos del campo magnético: campo magnético ambiental (norte magnético en el norte) y tres campos alterados (norte magnético rotado al este, oeste y sur). Los rumbos tomados por los animales fueron agrupados después de ser normalizados con respecto al alineamiento magnético correspondiente. Los renacuajos fueron entrenados en los acuarios y ensayados en la arena circular bajo luz natural (espectro total), o entrenados bajo luz de longitud de onda larga (≥ 500 nm) y ensayados bajo luz natural (espectro total) y viceversa (ver Figura 1). Todos los animales fueron liberados en la charca en la que habían sido capturados después del experimento.

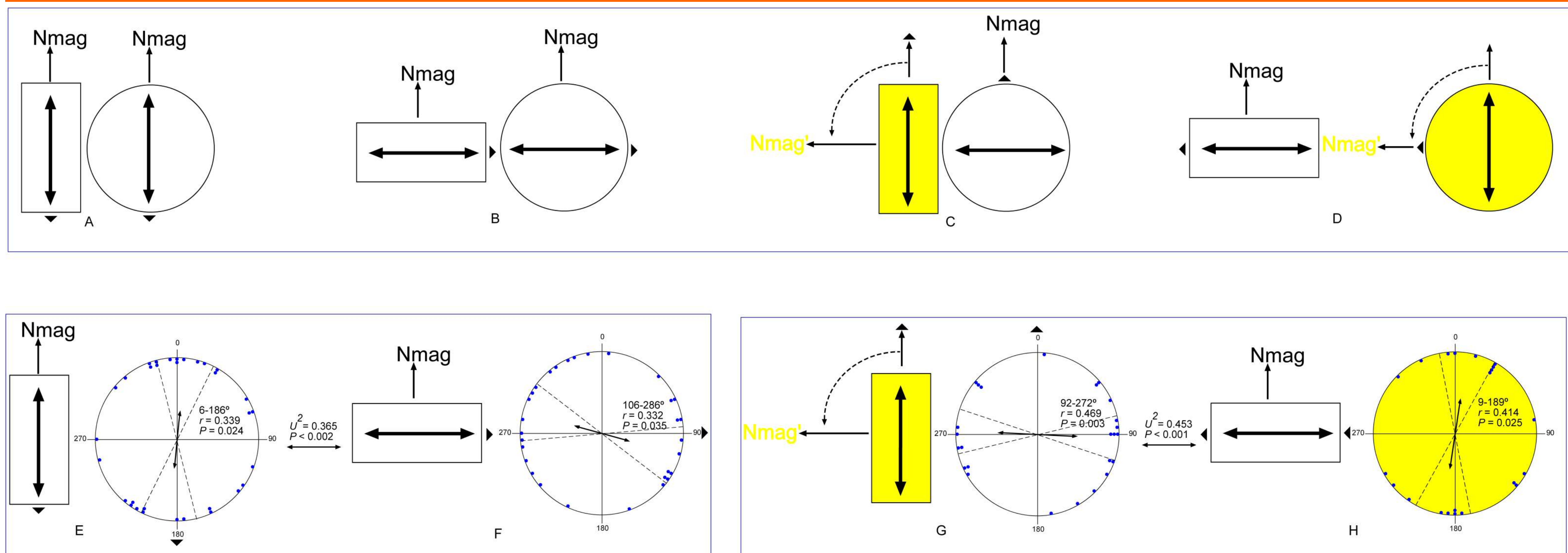


Figura 1. Efecto de la luz sobre la orientación bimodal mediante compás magnético en larvas de rana bermeja (*R. temporaria*). (A-D) Orientaciones predichas de los renacuajos con respecto a la longitud de onda de la luz a la que estuvieron expuestos durante la fase de entrenamiento en el acuario y la fase de ensayo en la arena experimental (basadas en los estudios realizados con tritones, Phillips & Borland, 1992). Se muestra un diagrama del acuario de entrenamiento, en el que se representa el eje-Y (flecha doble), y un diagrama de la arena circular donde son ensayados los animales mostrando las respuestas magnéticas predichas (flechas dobles); la posición de la orilla en el acuario de entrenamiento aparece señalada por un triángulo. Se representan las características de la luz a la que estuvieron expuestos los renacuajos tanto en el acuario como en la arena circular: luz de espectro total (en blanco) o luz de longitud de onda larga (en amarillo).

(A-B) Cuando son mantenidos en acuarios bajo luz de espectro total (luz natural), los renacuajos deberían percibir la posición de la orilla en relación con el Norte magnético (Nmag) y presentarían una orientación magnética bimodal a lo largo del eje perpendicular a la orilla de su acuario (eje-Y) al ser ensayados bajo luz de espectro total. (C) Al ser entrenados bajo luz de longitud de onda larga (≥ 500 nm) su percepción del Norte magnético (Nmag') estaría rotada 90° por lo que percibirían la orilla del acuario situada en el Este, por ello al ser ensayados bajo luz de espectro total percibirían el Norte magnético (Nmag) en la dirección correcta, orientándose bimodalmente según en eje Este-Oeste. (D) Al ser entrenados bajo luz de espectro total y ensayados bajo luz de longitud de onda larga (≥ 500 nm), la percepción de los renacuajos del Norte magnético durante el ensayo (Nmag'), y por tanto su orientación en la arena experimental, deberían estar rotadas 90°.

La longitud de onda de la luz durante el tiempo que permanecieron en los acuarios y en la arena experimental se indica en E-H. Cada punto de los diagramas circulares representa el rumbo magnético de un único animal. El triángulo negro dispuesto en el exterior de los diagramas señala la dirección de la orilla en los acuarios de entrenamiento. Las flechas dobles en el centro de cada gráfico indican el eje medio de orientación con la longitud del vector medio proporcional a la intensidad de la orientación, r (el diámetro del círculo corresponde a $r = 1$). Las líneas discontinuas indican los intervalos de confianza al 95% para el eje medio. La significación de cada distribución ha sido calculada con la prueba de Rayleigh. Las diferencias entre las distribuciones fueron analizadas mediante la prueba U² de Watson.

(E-F) Los renacuajos entrenados y ensayados bajo luz natural (espectro total) se orientaron significativamente según el eje magnético perpendicular a la orilla (eje-Y). (G) Los renacuajos entrenados bajo luz de longitud de onda larga (≥ 500 nm) y ensayados bajo luz natural mostraron una orientación rotada 90° con respecto a la dirección de la orilla. (H) Los renacuajos expuestos durante su permanencia en el acuario a la luz natural y ensayados bajo luz de longitud de onda larga (≥ 500 nm) mostraron una orientación rotada 90° con respecto a la dirección de la orilla.

Demostramos que los renacuajos de rana bermeja (*R. temporaria*) utilizan el campo magnético terrestre en la orientación respecto al eje-Y (Ferguson & Landreth, 1966). Además, nuestros resultados demuestran que la longitud de onda de la luz influye sobre la orientación mediante compás magnético en *R. temporaria*, de modo similar a lo observado en *Rana catesbeiana* (Freake & Phillips, 2005), *Pelophylax perezi* (Diego-Rasilla et al., en revisión) y *Notophthalmus viridescens* (Phillips & Borland, 1992), y confirman que la desviación de 90° que observamos en la orientación según el compás magnético bajo luz de onda larga (≥ 500 nm) es debida a un efecto directo de la luz sobre el mecanismo de magnetorecepción subyacente. Aunque la orientación mediante compás magnético en otros animales (por ejemplo, aves y algunos insectos) está influenciada por la longitud de onda y/o la intensidad de la luz, sólo en estas cuatro especies de anfibios existen evidencias sobre la dependencia de la luz del compás magnético.

Agradecimientos
La Dirección General de Biodiversidad del Gobierno de Cantabria nos proporcionó la autorización necesaria para realizar esta investigación.

Referencias
Diego-Rasilla, F.J., Luengo, R.M. & Phillips, J.B. (En revisión). Light-dependent magnetic compass in Iberian green frog tadpoles. *Naturwissenschaften*.
Ferguson, D.E. & Landreth, H.F. (1966). Celestial orientation of Fowler's toad (*Bufo fowleri*). *Behaviour* 26, 105-123.
Freake, M.J. & Phillips, J.B. (2005). Light-dependent shift in bullfrog tadpole magnetic compass orientation: evidence for a common magnetoreception mechanism in anuran and urodele amphibians. *Ethology* 111, 241-254.
Phillips, J.B. & Borland, S.C. (1992). Behavioral evidence for the use of a light-dependent magnetoreception mechanism by a vertebrate. *Nature* 359, 142-144.