

TRITÓN ALPINO EN CANTABRIA

Por FRANCISCO JAVIER DIEGO-RASILLA* y ROSA M. LUENGO**

Cuando oímos hablar de los mecanismos de orientación utilizados por los animales en sus desplazamientos o migraciones, casi siempre tendemos a pensar en las aves migratorias que recorren todos los años miles de kilómetros para pasar el invierno en lugares más cálidos; o en las palomas, que son capaces de volver a su palomar después de ser soltadas en lugares muy alejados de éste; o incluso en animales marinos, que recorren inmensas distancias por los océanos en sus migraciones (DINGLE, 1996). Lo más sencillo para estos animales sería viajar ateniéndose a rutas ya conocidas, utilizando, por ejemplo, referencias geográficas. Sin embargo, esto no siempre es posible, por lo que han de recurrir a mecanismos más complejos, efectuando una verdadera navegación. Esto significa que utilizan una serie de mecanismos que les permiten averiguar su posición geográfica en relación con el lugar de destino, seleccionar el rumbo preciso que les conduzca hasta él y, por último, corregir en caso necesario ese rumbo.

Pero estos mecanismos no son exclusivos de los animales que efectúan recorridos de larga distancia. Otras muchas especies necesitan utilizar sistemas de orientación para, simplemente, recorrer unos cientos de metros o pocos kilómetros al desplazarse desde el lugar donde habitan gran parte del año hasta las zonas específicas de reproducción, como es el caso del Tritón alpino (*Triturus alpestris*).

POR SU COLORIDO, EL TRITÓN ALPINO ES EL MÁS VISTOSO DE LOS TRITONES PRESENTES EN LA PENÍNSULA IBÉRICA.

© Foto: Francisco Javier Diego-Rasilla



© Fotos: Manuel Martínez Fernández



Un medio indispensable

Dentro del Parque Natural Saja-Besaya abundan los medios acuáticos, esenciales para la reproducción de los anfibios.





Hábitat ideal

El Parque Natural Saja-Besaya está cubierto en gran parte por robles y hayas. En los claros del bosque y en sus límites podemos encontrar también otras especies como avellanos, acebos, espinos y serbales.

© Fotos: Manuel Martínez Fernández

Especie y área de estudio

Los tritones pertenecen al orden de los urodelos (anfibios con cola en estado adulto), grupo al que también pertenecen las salamandras. Etimológicamente, anfibio significa “doble vida”, lo que hace referencia a que poseen una fase larvaria acuática, seguida de una fase adulta mayoritariamente terrestre. En el tritón alpino, tanto los huevos como las larvas son por completo acuáticos, por lo que los adultos necesitan desplazarse a un medio acuático para su reproducción. Utilizan entonces una amplia variedad de recursos, principalmente charcas, lagunas y lagos de montaña, fuentes, pilones, abrevaderos, pozas en riachuelos y turberas. El tritón alpino es el más escaso de los tritones españoles. Mantiene poblaciones dispersas y, en general, de tamaños relativamente bajos, figurando con el estatus de “raro” en el *Libro Rojo de los Vertebrados de España*. Estas poblaciones sufren la amenaza de la pérdida de muchos de sus lugares de reproducción por contaminación, desecación y destrucción de las



charcas y abrevaderos. El abandono de los usos ganaderos tradicionales constituye una de las principales causas de la destrucción o alteración de sus hábitats. En algunas zonas, la principal amenaza es la introducción de especies alóctonas en medios acuáticos, principalmente peces y cangrejos.

Nuestro trabajo con esta especie se ha desarrollado en el Parque Natural Saja-Besaya (Cantabria), donde este tritón se reproduce fundamentalmente en medios acuáticos dentro de hayedos y robledales. En esta área comparte frecuentemente las charcas de cría con el Tritón palmeado (*Triturus helveticus*) y con la Rana bermeja (*Rana temporaria*).



CON LA LLEGADA DEL OTOÑO, LOS ROBLES Y HAYAS COLOREAN EL PARQUE NATURAL CON SUS TONOS MARRÓN-ROJIZOS.

© Fotos: Manuel Martínez Fernández



Mecanismos de orientación

Al iniciar nuestros estudios sobre los mecanismos de orientación de los tritones alpinos sabíamos que disponían, en principio, de diversas fuentes de información direccional. Otras especies de animales confían en diferentes señales durante sus migraciones, como son la posición del Sol o las estrellas, la luz polarizada, estímulos olfativos, sonidos de baja frecuencia, la dirección del viento y el campo magnético terrestre (ABLE, 1980). El campo magnético de la Tierra constituye una de las fuentes de información direccional más uniformes y accesibles que los animales puedan utilizar en sus migraciones. Así, son sensibles al campo geomagnético las tortugas marinas, varias especies de aves, peces (como los salmones, tiburones y rayas), mamíferos, anfibios, insectos, crustáceos y moluscos (WILTSCHKO & WILTSCHKO, 1995). Por lo tanto, nos pareció interesante analizar si el tritón alpino poseía también esta sensibilidad. Los tritones alpinos realizan importantes

desplazamientos migratorios hacia las charcas en las que efectúan la reproducción, mostrando una notable fidelidad hacia estos lugares de puesta, a los que regresan en años sucesivos (JOLY & MIAUD, 1989). Basándonos en este impulso migratorio, diseñamos nuestros primeros experimentos sobre su conducta de orientación. Comenzamos capturando animales recién llegados a sus charcas de cría al comienzo de la primavera. Posteriormente, los desplazamos desde allí hasta el lugar de experimentación, situado a unos 9 km, en ausencia de todo tipo de estímulos direccionales durante el trayecto. Una vez allí, estudiamos en una arena circular simétrica su comportamiento de orientación en función de la disponibilidad de estímulos celestes (bajo cielos despejados o en la oscuridad) y del campo magnético ambiental o de un campo magnético invertido mediante imanes de neodimio (DIEGO-RASILLA, 2003). En cada ensayo situábamos a un tritón en el centro de la arena circular (un contenedor circular de

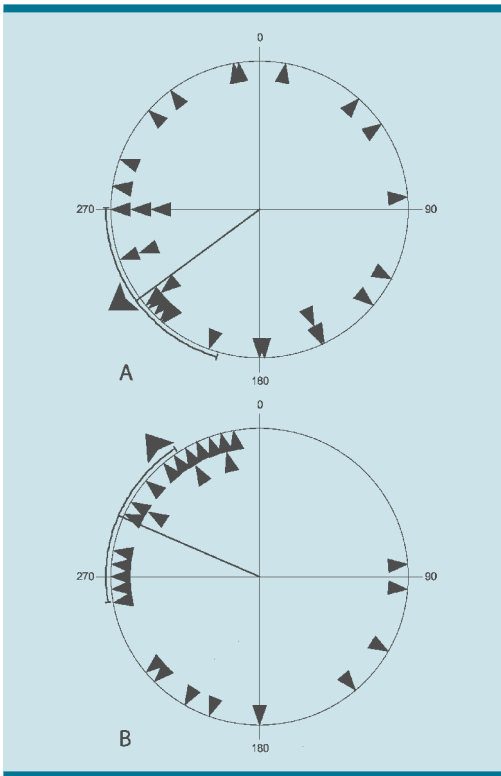


FIGURA 1
RESPUESTAS DE ORIENTACIÓN DEL TRITÓN ALPINO BAJO UN CIELO DESPEJADO Y EN PRESENCIA DEL CAMPO MAGNÉTICO AMBIENTAL. (A) LOS TRITONES FUERON ENSAYADOS EN UN LUGAR EN EL QUE EL RUMBO DE VUELTA A CASA ES 235°. EL RUMBO MEDIO QUE SELECCIONARON FUE 233°. (B) LOS TRITONES FUERON ENSAYADOS EN UN LUGAR EN EL QUE EL RUMBO DE VUELTA A CASA ES 319°; SU RUMBO MEDIO FUE 294°. LOS SÍMBOLOS INDICAN EL RUMBO ELEGIDO POR CADA UNO DE LOS TRITONES. APARECEN REPRESENTADOS EL RUMBO MEDIO DEL CONJUNTO DE LOS ANIMALES Y SU INTERVALO DE CONFIANZA AL 95% (ESTADÍSTICAMENTE, SI EL RUMBO EN EL QUE SE ENCUENTRA LA CHARCA ESTÁ INCLUIDO DENTRO DEL INTERVALO DE CONFIANZA, PODEMOS AFIRMAR QUE LOS TRITONES SE ORIENTAN DE VUELTA A CASA). LA FLECHA QUE APARECE FUERA DE CADA CÍRCULO SEÑALA LA DIRECCIÓN DE LA CHARCA.

plástico opaco) y le permitíamos desenvolverse sin restricciones en su interior. Los tritones se desplazaban por el interior de la arena hasta contactar con sus paredes y después recorrían el perímetro de la misma dando vueltas en círculos. Nuestro criterio, para establecer el rumbo de orientación elegido por cada animal, fue registrar el rumbo correspondiente al punto en el que el tritón contactaba con la pared de la arena circular.

En estos experimentos, su capacidad de orientación rumbo a la charca de cría se mantuvo mientras estuvieron presentes, al mismo tiempo, las pistas celestes y el campo magnético ambiental (FIGURA 1). Sin embargo, tanto la ausencia de estímulos celestes, como nuestra alteración experimental del campo magnético alrededor de los animales, les impidieron orientarse en dirección a su charca (FIGURA 2). La utilización de imanes para invertir el campo magnético afectó significativamente a los animales, ya que se orientaron al azar. Sin embargo, los imanes no sólo invirtieron la dirección del campo magnético, sino que además modificaron otros componentes del campo como la inclinación y la intensidad total. Por lo tanto, la incapacidad

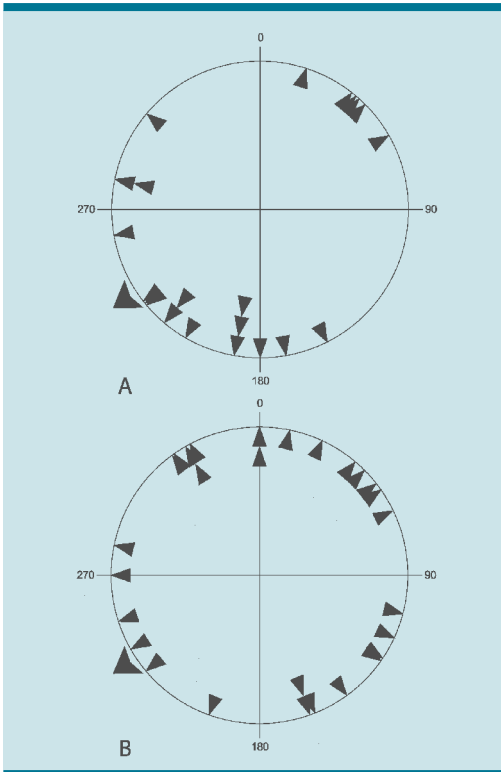


FIGURA 2
RESPUESTAS DE ORIENTACIÓN DEL TRITÓN ALPINO. (A) ORIENTACIÓN BAJO UN CIELO DESPEJADO Y EN PRESENCIA DEL CAMPO MAGNÉTICO ALTERADO. (B) ORIENTACIÓN EN OSCURIDAD. LOS SÍMBOLOS INDICAN EL RUMBO ELEGIDO POR CADA UNO DE LOS TRITONES. LA FLECHA QUE APARECE FUERA DE CADA CÍRCULO SEÑALA LA DIRECCIÓN DE LA CHARCA (235°).

de los tritones para orientarse ante el campo generado por los imanes pudo ser una respuesta a la intensidad y/o inclinación, más que a la dirección del campo geomagnético. Estos resultados proporcionaron la primera evidencia experimental de que los tritones alpinos utilizan estímulos celestes y magnéticos durante sus migraciones (DIEGO-RASILLA, 2003). Sugieren también, que estos animales podrían poseer un mecanismo de magnetorrecepción dependiente de la luz, similar al descrito en otra especie de tritón (PHILLIPS & BORLAND, 1992), aunque serán precisas investigaciones más detalladas para verificarlo.

Una vez confirmada la hipótesis de que los tritones alpinos eran sensibles al campo geomagnético, necesitábamos demostrar que, cambiando la dirección del campo magnético alrededor de los tritones, se modificaba la dirección en la que se orientaban. Pero, esta vez no debíamos modificar la intensidad, ni la inclinación del campo alrededor de los animales. Con este propósito, construimos un sistema de dos bobinas cuadradas de hilo de cobre dispuestas perpendicularmente (bobinas cúbicas de Rubens) y lo instalamos en torno al escenario de orientación. Cuando se activaban las bobinas, simultáneamente o por separado, generaban un débil campo magnético, relativamente uniforme, en toda la zona abarcada. Las bobinas se ajustaron para que produjeran un campo magnético alrededor de los animales de inclinación e intensidad total similar al ambiental, pero modificando la

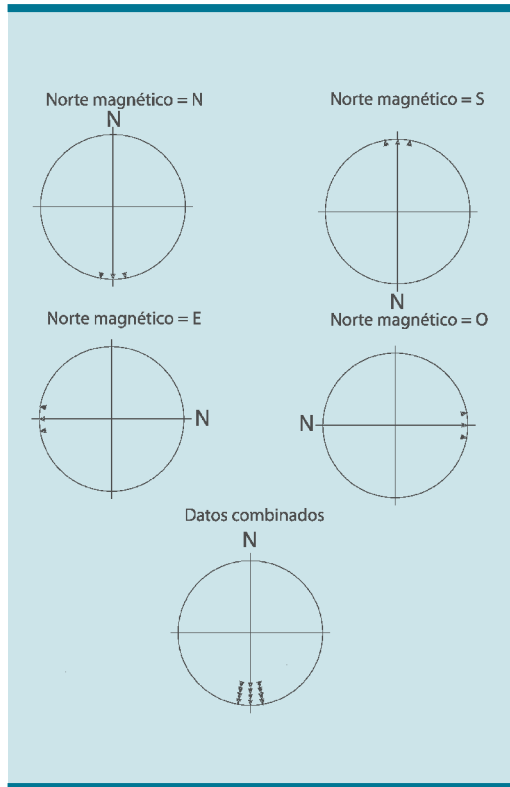


FIGURA 3
 FORMATO DE ANÁLISIS DE LOS DATOS. UN NÚMERO SIMILAR DE TRITONES SON ENSAYADOS EN CADA UNO DE LOS ALINEAMIENTOS DE CAMPO MAGNÉTICO (NORTE MAGNÉTICO EN EL NORTE Y NORTE MAGNÉTICO ROTADO AL SUR, ESTE Y OESTE). EN LOS ANÁLISIS POSTERIORES COMBINAMOS LOS DATOS CORRESPONDIENTES A LAS CUATRO CONDICIONES ROTANDO LOS RUMBOS DE MODO QUE EL NORTE MAGNÉTICO COINCIDA EN LAS CUATRO. ES DECIR, RESTAMOS 90° A LOS RUMBOS SELECCIONADOS POR LOS TRITONES ENSAYADOS BAJO EL CAMPO CON EL NORTE MAGNÉTICO EN EL ESTE, 180° DE LOS RUMBOS DE LOS TRITONES ENSAYADOS CON EL NORTE MAGNÉTICO EN EL SUR Y 270° DE LOS RUMBOS DE LOS TRITONES ENSAYADOS CON EL NORTE MAGNÉTICO EN EL OESTE. SI, COMO EN ESTE EJEMPLO, LOS TRITONES SE ORIENTAN EN RELACIÓN CON LOS CAMPOS MAGNÉTICOS, LOS DATOS AGRUPADOS NO SE ORIENTARÁN AL AZAR.

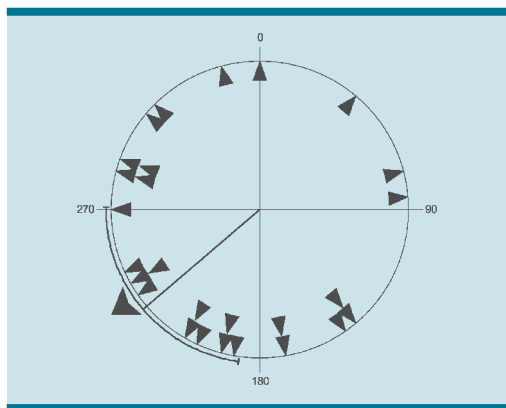


FIGURA 4
 ORIENTACIÓN DEL TRITÓN ALPINO. CADA UNO DE LOS SÍMBOLOS REPRESENTA EL RUMBO TOMADO POR UN TRITÓN ENSAYADO EN UNA DE LAS CUATRO ALINEACIONES DE CAMPO MAGNÉTICO (VER FIGURA 3). APARECEN REPRESENTADOS EL RUMBO MEDIO DEL CONJUNTO DE LOS ANIMALES (229°) Y SU INTERVALO DE CONFIANZA AL 95% (ESTADÍSTICAMENTE, SI EL RUMBO EN EL QUE SE ENCUENTRA LA CHARCA ESTÁ INCLUIDO DENTRO DEL INTERVALO DE CONFIANZA, PODEMOS AFIRMAR QUE LOS TRITONES SE ORIENTAN DE VUELTA A CASA). LA FLECHA QUE APARECE FUERA DEL CÍRCULO SEÑALA LA DIRECCIÓN DE LA CHARCA (235°).

dirección del campo a nuestra voluntad (norte magnético en el Norte y norte magnético rotado al Sur, Este y Oeste). Los datos obtenidos fueron agrupados rotando las cuatro distribuciones de modo que el norte magnético coincidiera en todas. De este modo, si los tritones se orientaban en relación con los campos magnéticos, los datos agrupados no se orientarían al azar (FIGURA 3).

Igual que en el primer experimento, los tritones adoptaron un rumbo medio en dirección a su charca de origen. Estos resultados demostraron que son sensibles a la acción del campo magnético de la Tierra y que pueden orientarse con respecto a él (FIGURA 4). En realidad, este experimento confirma que la componente horizontal del campo magnético, que determina la dirección del mismo, es utilizada por los animales como fuente de información direccional.

Durante sus migraciones los tritones efectúan desplazamientos, en general, inferiores a 5 km, en los que mantienen un rumbo constante

hacia un lugar de destino. Tal orientación puede conseguirse con un sentido direccional ("*sentido de brújula simple*"), pero no basta esa brújula interna para guiar el regreso a casa desde un lugar desconocido. Se ha comprobado que diversas especies son capaces de encontrar el camino de vuelta a casa después de haber sido desplazadas a un lugar desconocido para ellas, y lo hacen sin confiar en referencias geográficas, en pistas procedentes del lugar de destino, ni en información obtenida durante tal desplazamiento (PHILLIPS ET AL., 1995). Además de un sentido direccional, esta capacidad de navegación requiere de un sentido de posición geográfica ("*sentido de mapa*") elaborado a partir de la información espacial disponible en el lugar en que se encuentra el individuo (KRAMER, 1953).

Para entender mejor la diferencia entre el sentido de brújula y el sentido de mapa, supongamos que nos encontramos en una isla desde la que nos trasladan, con los ojos



Espectacular colorido

Junto con los tritones palmeados y alpinos, la Salamandra común (*Salamandra salamandra*) es una de las especies de urodelos presentes en el Parque Natural Saja-Besaya.

© Foto: Francisco Javier Diego-Rasilla



Vecinos de charca

Dentro de nuestro área de estudio, los tritones alpinos comparten las charcas en las que se reproducen con la Rana bermeja y el Tritón palmeado.

© Fotos: Manuel Martínez Fernández ▲
Francisco Javier Diego-Rasilla ►



cubiertos, hasta otra isla situada en mitad del océano. Una vez allí, nos indican que regresemos de vuelta a la isla de la que partimos, que se encuentra a 50 km. Para ello, habremos de seleccionar un rumbo que nos lleve de regreso a la primera isla. Si disponemos de una brújula podríamos elegir un determinado rumbo y seguirlo con precisión durante 50 km hasta llegar a nuestro destino. El problema es que desconocemos qué rumbo seguir, puesto que no sabemos cuál es nuestra posición en relación con la isla de la que partimos. Para conocer nuestra localización en relación con el lugar de destino necesitaremos un mapa que nos aporte información sobre nuestra posición.

Aunque no existe aún un acuerdo sobre la naturaleza del sentido de mapa de los animales o sobre las señales usadas en el mismo, la capacidad de detectar el campo geomagnético parece la idónea para determinar la posición. Varios parámetros geomagnéticos, como la inclinación de las

líneas del campo y la intensidad del campo en las direcciones horizontal y vertical, varían geográficamente de forma predecible, por lo que pueden ser utilizados en el mapa de navegación. Cualquiera de estas magnitudes podría servir de componente de un mapa para determinar la posición con respecto a un objetivo (SKILES, 1985).

Para realizar una verdadera navegación, utilizando un mapa, los tritones deben conocer la alineación de los gradientes magnéticos alrededor de sus charcas de cría, de forma que, cuando son desplazados a lugares desconocidos para ellos, puedan comparar los valores del campo geomagnético local con los de su charca, determinando así su posición geográfica en relación con su hogar (PHILLIPS, 1986; 1987; PHILLIPS & BORLAND, 1994; PHILLIPS ET AL. 1995). Sin embargo, esto



LA BUENA CALIDAD DE LAS AGUAS DENTRO DEL PARQUE NATURAL SAJA-BESAYA, FAVORECE LA REPRODUCCIÓN DEL TRITON ALPINO EN ELLAS.

© Fotos: Manuel Martínez Fernández

puede resultar difícil para un animal, dado que las variaciones temporales de tipo natural en el campo magnético terrestre constituyen una fuente potencial de error. Así, las corrientes eléctricas en la ionosfera y en la propia Tierra producen fluctuaciones diarias en el campo magnético. Estas variaciones incluyen las alteraciones diurnas regulares asociadas con el viento solar y las tormentas magnéticas asociadas con las llamaradas solares, además de algunas alteraciones producidas por los rayos en las tormentas. Estos cambios suceden en una escala temporal pequeña que va de milisegundos a horas. Además, existen cambios más graduales en el campo magnético que tienen lugar a lo largo de muchos años (variación secular), originados por variaciones en el núcleo terrestre (SKILES, 1985). Debido a que la variación temporal en el campo magnético terrestre es mayor durante las horas diurnas, algunos autores han sugerido que los animales toman estas lecturas durante la noche, cuando el campo magnético es relativamente estable (RODDA, 1984; FISCHER ET AL., 2001; PHILLIPS ET AL., 2002). Esto significa que, para determinar con

exactitud la dirección de vuelta a casa, debiera ser necesaria una exposición nocturna a los estímulos magnéticos locales.

Animados por esta hipótesis decidimos estudiar si los tritones alpinos podían utilizar el campo magnético terrestre como fuente de información sobre su posición geográfica (sentido de mapa), tomando durante la noche las lecturas de los parámetros del campo geomagnético (DIEGO-RASILLA & PHILLIPS, EN REVISIÓN). Lo que hicimos fue capturar animales al comienzo de la primavera, trasladándoles en ausencia de todo tipo de información direccional, a un lugar desconocido para ellos en el que permanecieron expuestos durante toda la noche a las señales magnéticas ambientales. A la mañana siguiente les trasladamos al sitio de experimentación, en ausencia de información sobre el trayecto seguido. Una vez allí, y sin alterar el campo geomagnético ambiental, estudiamos en una arena circular sus respuestas de orientación en relación con su charca de origen. Llevamos a cabo este procedimiento con animales capturados en dos charcas distintas. Además, el lugar en el que uno de los grupos de



LOS TRITONES ALPINOS PRESENTAN UN CLARO DIMORFISMO SEXUAL. LAS HEMBRAS (IZQUIERDA) ALCANZAN MAYOR TAMAÑO Y CARECEN DE LA CARACTERÍSTICA CRESTA DORSAL QUE EXHIBEN LOS MACHOS (DERECHA) DURANTE LA ÉPOCA DE CELO. EN LAS HEMBRAS LOS TONOS Y DISEÑOS SON GENERALMENTE MENOS LLAMATIVOS.

© Foto: Francisco Javier Diego-Rasilla

animales pasaron la noche, fue utilizado como lugar de experimentación para otro grupo y viceversa. Estos experimentos recíprocos nos permitieron asegurar la fiabilidad de los resultados obtenidos. Tanto el lugar donde pasaron la noche, como el de experimentación eran desconocidos para los tritones que, sin embargo, se orientaron como si trataran de regresar a su charca desde el lugar en el que pasaron la noche. Este hallazgo constituye la primera evidencia de que los tritones prestan atención a la información magnética obtenida durante la noche (cuando el campo magnético de la Tierra es más estable), para elaborar su mapa de navegación y determinar así su posición geográfica en relación con su charca (DIEGO-RASILLA & PHILLIPS, EN REVISIÓN). Dado que los tritones carecieron, durante los desplazamientos, de todo tipo de información direccional, no parece probable que simplemente invirtieran el rumbo del desplazamiento con intención de regresar a la charca utilizando un sentido de brújula simple. Más bien, determinaron la dirección de vuelta a casa utilizando un mapa de navegación basado en el campo magnético terrestre, tal

como ha sido descrito en otra especie de tritón (FISCHER ET AL., 2001; PHILLIPS ET AL., 2002). Tampoco es posible que los tritones alpinos utilizaran estímulos olfativos como fuente de información para el mapa de navegación. La utilización de estímulos olfativos para regresar a casa desde una larga distancia se ve impedida por las turbulencias que experimenta el aire a nivel del suelo dentro del bosque en el que viven (BALDOCCHI, 1989). Debido a estas turbulencias les es imposible utilizar los olores traídos por el viento para determinar la localización de las fuentes de tales olores.

Finalmente, aunque nuestros estudios revelan que el campo magnético terrestre constituye una importante fuente de información utilizada por el tritón alpino para encontrar el camino de vuelta a casa, otros estímulos ambientales pueden estar implicados en esta capacidad. Ya hemos señalado la utilización de estímulos celestes, como sucede en otra especie de tritón también presente en Cantabria, el Tritón jaspeado (*Triturus marmoratus*) (DIEGO-RASILLA & LUENGO, 2002). También los estímulos olfativos tienen un



© Foto: Francisco Javier Diego-Rasilla

LOS MACHOS DE LOS TRITONES ALPINOS PRESENTAN LA REGIÓN CLOACAL MUY ABULTADA. DURANTE LA ÉPOCA DE CELO POSEEN CRESTAS CAUDALES MÁS ALTAS QUE LAS DE LAS HEMBRAS, ASÍ COMO UNA CRESTA DORSAL AMARILLENTA O PLATEADA, CON MANCHAS OSCURAS ALTERNANTES.

papel en la orientación del tritón alpino, aunque sólo cuando se encuentra próximo a su charca (JOLY & MIAUD, 1993). Los olores procedentes de la charca pueden ser captados por éstos a distancias no mayores de 100 m, por lo que podrían guiarles hasta la charca de cría en el último tramo de su recorrido. En cuanto a los estímulos acústicos, por ejemplo, hemos hallado una conducta realmente sorprendente en el Tritón jaspeado. Estos animales son capaces de reconocer los cantos emitidos por los machos de otra especie de anfibio con la que comparten su charca de reproducción, el Sapo corredor (*Bufo calamita*), lo que resulta asombroso, ya que los tritones no se comunican a través del sonido, como hacen los sapos y las ranas. Pero es aún más sorprendente el hecho de que estos tritones pueden utilizar los cantos del Sapo corredor como un estímulo direccional que les indica el lugar preciso en el que se encuentra la charca

hacia la que se dirigen (DIEGO-RASILLA & LUENGO, 2004).

Estos hallazgos sugieren que múltiples fuentes de información direccional podrían estar implicadas en la conducta de orientación de ésta y otras especies de anfibios. Su conocimiento abre la puerta a nuevas líneas de investigación que nos permitirán entender mejor las estrategias implicadas en la dispersión de estas especies y en su capacidad de colonización de nuevas áreas. Además, sería interesante valorar el impacto humano como generador de intensos estímulos, tales como ruido y/o campos magnéticos, que pueden interferir con sus sistemas de orientación. Este conocimiento resultará importante al diseñar estrategias encaminadas a la conservación del Tritón alpino (SUTHERLAND, 1998), ya que se trata de una especie poco abundante y vulnerable en nuestro país.

Agradecimientos

Deseamos expresar nuestro agradecimiento a Marcos Diego Gutiérrez, por la asistencia técnica que nos prestó durante nuestras investigaciones, y a Francisco Javier Manrique, director del Parque Natural Saja-Besaya, por facilitarnos todos los permisos necesarios para la realización de nuestro trabajo dentro del Parque Natural.

Referencias

- ABLE, K.P. (1980). MECHANISMS OF ORIENTATION, NAVIGATION AND HOMING. EN: S.A. GAUTHREUX (ED.) *ANIMAL MIGRATION*, PP. 283-373. ACADEMIC PRESS, NEW YORK.
- BALDOCCHI, D.D. (1989). TURBULENT TRANSFER IN A DECIDUOUS FOREST. *TREE PHYSIOLOGY* 5: 357-377.
- DIEGO-RASILLA, F.J. (2003). HOMING ABILITY AND SENSITIVITY TO THE GEOMAGNETIC FIELD IN THE ALPINE NEWT, TRITURUS ALPESTRIS. *ETHOLOGY ECOLOGY & EVOLUTION* 15: 251-259.
- DIEGO-RASILLA, F.J. Y LUENGO, R.M. (2002). CELESTIAL ORIENTATION IN THE MARBLED NEWT (TRITURUS MARMORATUS). *JOURNAL OF ETHOLOGY* 20: 137-141.
- DIEGO-RASILLA, F.J. Y LUENGO, R.M. (2004). HETEROSPECIFIC CALL RECOGNITION AND PHONOTAXIS IN THE ORIENTATION BEHAVIOR OF THE MARBLED NEWT (TRITURUS MARMORATUS). *BEHAVIORAL ECOLOGY AND SOCIOBIOLOGY* 55: 556-560.
- DINGLE, H. (1996). *MIGRATION. THE BIOLOGY OF LIFE ON THE MOVE*. OXFORD UNIVERSITY PRESS, NEW YORK.
- FISCHER, J.H., FRAKE, M.J., BORLAND, S.C. Y PHILLIPS, J.B. (2001). EVIDENCE FOR THE USE OF MAGNETIC MAP INFORMATION BY AN AMPHIBIAN. *ANIMAL BEHAVIOUR* 62: 1-10
- JOLY P. Y MIAUD C. (1989). FIDELITY TO THE BREEDING SITE IN THE ALPINE NEWT TRITURUS ALPESTRIS. *BEHAVIOURAL PROCESSES* 19: 47-56.
- JOLY, P. Y MIAUD, C. (1993). HOW DOES A NEWT FIND ITS POND? THE ROLE OF CHEMICAL CUES IN MIGRATING NEWTS (TRITURUS ALPESTRIS). *ETHOLOGY ECOLOGY & EVOLUTION* 5: 447-455.
- KRAMER, G. (1953). WIRD DIE SONNENHOHE BEI DER HEIMFINDEORIENTIERUNG VERWERTET? *JOURNAL FÜR ORNITHOLOGIE* 94: 201-219.
- PHILLIPS, J.B. (1986). TWO MAGNETORECEPTION PATHWAYS IN A MIGRATORY SALAMANDER. *SCIENCE* 233: 765-767.
- PHILLIPS, J.B. (1987). HOMING ORIENTATION IN THE EASTERN RED-SPOTTED NEWT (NOTOPHTHALMUS VIRIDESCENS). *JOURNAL OF EXPERIMENTAL BIOLOGY* 131: 215-229.
- PHILLIPS, J.B. Y BORLAND, S.C. (1992). BEHAVIOURAL EVIDENCE FOR THE USE OF A LIGHT-DEPENDENT MAGNETORECEPTION MECHANISM BY A VERTEBRATE. *NATURE* 359: 142-144.
- PHILLIPS, J.B. Y BORLAND, S.C. (1994). USE OF A SPECIALIZED MAGNETORECEPTION SYSTEM FOR HOMING BY THE EASTERN RED-SPOTTED NEWT NOTOPHTHALMUS VIRIDESCENS. *JOURNAL OF EXPERIMENTAL BIOLOGY* 188: 275-291.
- PHILLIPS, J.B., ADLER, K. Y BORLAND, S.C. (1995). TRUE NAVIGATION BY AN AMPHIBIAN. *ANIMAL BEHAVIOUR* 50: 855-858.
- PHILLIPS, J.B., FRAKE, M.J., FISCHER, J.H. Y BORLAND, S.C. (2002). BEHAVIORAL TITRATION OF MAGNETIC MAP COORDINATE. *JOURNAL OF COMPARATIVE PHYSIOLOGY A* 188: 157-160.
- RODDA, G.H. (1984). THE ORIENTATION AND NAVIGATION OF JUVENILE ALLIGATORS: EVIDENCE OF MAGNETIC SENSITIVITY. *JOURNAL OF COMPARATIVE PHYSIOLOGY* 154: 649-658.
- SKILES, D.D. (1985). THE GEOMAGNETIC FIELD: ITS NATURE, HISTORY AND BIOLOGICAL RELEVANCE. EN: J.L. KIRSCHVINK, D. S. JONES Y B.J. MACFADDEN (EDS.) *MAGNETITE BIOMINERALIZATION AND MAGNETORECEPTION BY LIVING ORGANISMS: A NEW BIOMAGNETISM*, PP. 43-102. PLENUM PUBLISHING CORPORATION, NEW YORK.
- SUTHERLAND, W.J. (1998). THE IMPORTANCE OF BEHAVIOURAL STUDIES IN CONSERVATION BIOLOGY. *ANIMAL BEHAVIOUR* 56: 801-809.
- WILTSCHKO, R. Y WILTSCHKO, W. (1995). *MAGNETIC ORIENTATION IN ANIMALS*. SPRINGER-VERLAG, NEW YORK.

Para más información sobre el tema,
puede contactar con:

* Departamento de Biología Animal,
Universidad de Salamanca.
e-mail: fjdiego@herpetologica.org

** Departamento de Prevención y Medioambiente,
ENIAC, Salamanca.
e-mail: romiluengo@cop.es