

# VALORACIÓN DE LOS RADIOTRANSMISORES SOBRE CROTAL EN EL SEGUIMIENTO DE PONIS SALVAJES

LAURA LAGOS & FELIPE BÁRCENA

Instituto de Investigación y Análisis Alimentarios. Universidad de Santiago de Compostela.  
C/ Constantino Candeira s/n, Campus Universitario Sur, 15782 Santiago de Compostela.  
España. (laura.lagos@usc.es)\*

## RESUMEN

Exponemos una valoración del funcionamiento en el campo de radiotransmisores sobre crotal. Durante 28 meses (junio de 2007 a octubre de 2009), seguimos la mortalidad juvenil de una población de ponis salvajes *Equus caballus* en el centro de Galicia, noroeste de España, con ayuda de radiotransmisores instalados en sus orejas. La depredación por lobo *Canis lupus* es la principal causa de mortalidad de los potros. Empleamos 14 radiotransmisores con sensor de mortalidad, con los que marcamos un total de 32 potros. Algunos radiotransmisores fueron usados hasta en 4 potros distintos. Los ponis son más fáciles de observar y reconocer individualmente que otros ungulados silvestres. Diariamente era controlada la señal de radio y quincenalmente los ponis eran revisados visualmente y fotografiados, lo que permitió seguir el estado de los radiotransmisores. La duración media de las baterías fue de 364 días, unos 4 meses menos de lo especificado en la ficha técnica. El 38% de los crotales se desprendió: 57% de los colocados en el exterior de la oreja y 22% de los colocados en el interior. Además se rompió el 11% de los colocados en el interior: 2 de los 14 crotales utilizados, después de un mínimo de 148 días de uso. Una correcta colocación en el interior y en el centro de la oreja redujo el número de desprendimientos. Todas las antenas originales se rompieron, entre 22-173 días después de ser instaladas, lo que disminuyó de manera importante el alcance de los transmisores. Su sustitución por antenas más fuertes resolvió el problema pero incrementó el peso del equipo en un 18.8%. Unas tasas tan elevadas de roturas de antenas y de desprendimiento de crotales pudieran estar relacionadas, en parte, con el tipo y la densidad de la vegetación en nuestra área de estudio.

Palabras clave: *Canis lupus*, *Equus caballus*, lobo, mortalidad juvenil, ungulados salvajes, radiotelemetría.

## ABSTRACT

### *Assesment of ear-tag radio transmitters to monitor wild ponies*

This work sets out an assessment of the field use of ear-tag radio transmitters. Between June 2007 and October 2009, we followed the juvenile mortality of a wild pony *Equus caballus* population in the centre of Galicia, NW Spain, with the help of ear-tag radio transmitters. Wolf

*Canis lupus* predation is the main cause of mortality of the foals. We used 14 radio transmitters equipped with mortality sensor to tag 32 ponies. Some radio transmitters were used on up to 4 different ponies. Transmitter radio frequencies were monitored on a daily basis. In comparison to other wild ungulates, ponies can be individually recognized and easily studied by direct observation. Every fortnight we visually inspected and took photos of the ponies, which allowed us to check the status of the radio transmitters. The average duration of the batteries was 364 days, 4 months less than the technical specifications stated. A 38% of the tags fell off: 57% of the tags fitted on the outside of the ear and 22% of those fitted on the inside. In addition, 11% of the tags fitted on the inside of the ear broke: 2 out of the 14 tags used, after a minimum of 148 days of use. The appropriate fitting of the tags in the central inner part of the ear minimized the tags fall off frequency. All the original antennas broke between 22-173 days after the installation of the radio transmitters in the foals. This significantly decreased the range of the transmitter radio signal. The use of more robust antennas resolved this problem although the equipment weight increased 18.8%. The high rates of antennas breakages and tag fall offs could be partially related with to type and density of the vegetation in our study area.

Key Words: *Canis lupus*, *Equus caballus*, juvenile mortality, radiotelemetry, wild ungulates, wolf.

## INTRODUCCIÓN

Desde sus comienzos en los años sesenta (Kenward 2001), la radioteleetría ha resultado una técnica de gran utilidad en el estudio de la ecología de los mamíferos. Se ha aplicado especialmente para obtener información sobre migración y dispersión, tamaño de los territorios, uso del hábitat, y parámetros demográficos (Samuel y Fuller 1994, Garton *et al.* 2001). Concretamente, los radiotransmisores equipados con sensor de mortalidad han sido utilizados con éxito para el estudio de la mortalidad en crías de corzo *Capreolus capreolus* (Aanes y Andersen 1996), wapití *Cervus elaphus canadensis* (Barber-Meyer *et al.* 2008), ciervo de cola blanca *Odocoileus virginianus* (Long *et al.* 1998) y terneros mostrencos *Bos taurus* (Oakleaf *et al.* 2003). Dichos equipos permiten saber cuándo muere el individuo, localizar su cadáver para determinar las causas de muerte y, en general, obtener información para calcular tasas de supervivencia (Kenward 1987, White y Garrott 1990, Samuel y Fuller 1994, Kenward 2001). Determinar el patrón de mortalidad de una especie y las causas que la originan constituyen aspectos básicos para el conocimiento de su ecología.

En los ungulados, las crías son los individuos más vulnerables a la depredación (Aanes y Andersen 1996, Janermo *et al.* 2004, Mattioli *et al.* 2004, Raganella-Pelliccioni *et al.* 2006, Panzacchi *et al.* 2009). El sistema más frecuente de sujeción de radiotransmisores en los mamíferos es por medio de collar (Resources Inventory Committee 1998), idóneo para animales de cuellos largos, orejas grandes o cuernos (Mech y Barber 2002). Pero en los juveniles, el rápido desarrollo de la circunferencia del cuello con el crecimiento, impide el uso de collares convencionales, siendo empleados collares expandibles o crotales para las orejas (Samuel y Fuller 1994, Resources Inventory Committee 1998, Mech y Barber 2002). Los radiotransmisores instalados sobre crotal están recomendados para animales grandes con una circunferencia de cuello variable, resultando especialmente indicados para especies con orejas erguidas y de cartílagos fuertes, como es el caso de la mayoría de los ungulados silvestres.

El presente trabajo forma parte de un estudio más amplio sobre la mortalidad juvenil en una población de ponis salvajes (*Equus caballus*), realizado en el centro de la Dorsal Gallega. Para llevar a cabo este estudio, fueron marcados 32 potros con radiotransmisores (en adelante transmisores) montados sobre crotal. Generalmente, las especies silvestres son de hábitos discretos y sólo pueden ser observadas si están equipadas con transmisores que permiten su monitorización. Cuando se deja de recibir la señal emitida por los transmisores (Janermo *et al.* 2004, Smith *et al.* 2006, Barber-Meyer *et al.* 2008), normalmente no es posible averiguar el tipo de fallo que ha tenido lugar, puesto que no se vuelve a ver al portador. Por ese motivo, generalmente resulta complicado realizar un seguimiento del funcionamiento de los transmisores. Debido a su tamaño, los ponis son más fáciles de observar que otras especies de ungulados silvestres. Además, las poblaciones que estudiamos habitan en montes con cierres perimetrales que limitan su movilidad. Por ello, en nuestro estudio, el reconocimiento individual de cada poni y su seguimiento intensivo por observación directa permitieron comprobar con regularidad el funcionamiento y la integridad de cada transmisor.

El objetivo de este trabajo es valorar el funcionamiento en el campo de un modelo de radiotransmisor instalado sobre crotal y provisto de antena, utilizado en el seguimiento de una población de ponis salvajes. Esta valoración incluye

un análisis de la duración de las baterías y de los fallos que se presentan con más frecuencia: desprendimiento de los crotales, rotura de los crotales y rotura de las antenas. Con la exposición de los resultados y de la casuística observada, se pretende facilitar el diseño de futuros estudios de radio-seguimiento con otras especies de ungulados silvestres.

### ÁREA DE ESTUDIO

El estudio fue realizado en el centro de la Dorsal Gallega (43° 04' N, 7° 59' W), en el noroeste de la Península Ibérica. El área de estudio incluía dos montes separados 1,6 km entre sí: el Campelo, con 403 ha de superficie, y el Androeira, con 51 ha (Figura 1). En la zona, la precipitación media anual es de 1.300 mm y la temperatura media anual es de 11°C, con valores extremos de -8°C y 36°C (Carballeira *et al.* 1983, Martínez *et al.* 1999). La humedad estándar media es del 80-90% y se dan entre 10-30 días de helada anuales (Meteogalicia 2004-2008), así como 1-4 nevadas al año. Las altitudes varían entre 570-803 m.s.n.m en Campelo y 575-630 m.s.n.m. en Androeira, y en general las pendientes son suaves ( $P_{media}$ = 12%,  $P_{máxima}$ = 66%). Los pinares ocupan el 39% de la superficie en Campelo y el 11% en Androeira. El matorral de tojo acompañado por retamas (*Cytisus striatus* y *Cytisus scoparius*), brezos *Erica* sp. y zarzas *Rubus ulmifolius* ocupa el 36% de ambos montes. El resto de la superficie (25% en Campelo y 52% en

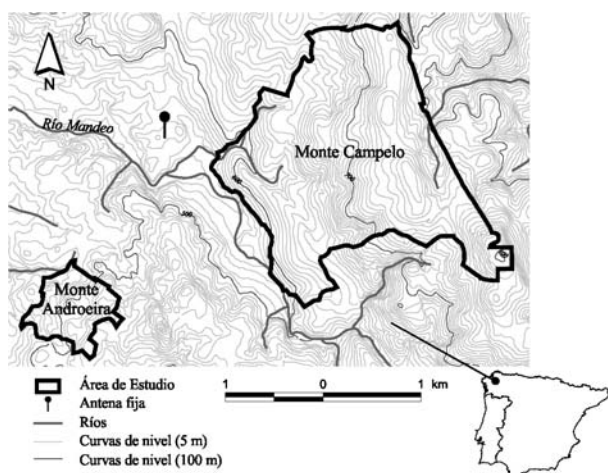


Figura 1. Área de estudio constituida por los Montes Campelo y Androeira, en el noroeste de la Península Ibérica. Se representa la situación de la antena fija.

Androeira) está cubierta por un mosaico de pastizales, parcialmente invadidos por matorral, y prados húmedos salpicados de brezos *Erica ciliaris*, abedules *Betula celtiberica* y sauces *Salix atrocinerea*. Ambos montes son de propiedad comunal. Sus usos principales son la cría de ganado vacuno extensivo y la producción forestal, particularmente de pino de Monterrey *Pinus radiata*. Otros productos extraídos de los montes son tojo *Ulex europaeus* (empleado principalmente como abono), potros y caza. Los montes están cerrados en casi todo su perímetro, pero el cierre resulta permeable para la fauna silvestre, como lobos *Canis lupus*, corzos y jabalíes *Sus scrofa*.

La población de ponis salvajes en estos montes estuvo constituida durante el periodo de estudio, variando de un año a otro, por 4-8 machos o garañones y 53-59 yeguas adultas. Esta población pertenece al ecotipo “central” de poni gallego, según la clasificación de Iglesia (1973). Los ponis habitan en ambos montes de forma continuada, no reciben ningún tipo de atención y su manejo se limita a la retirada de los potros en otoño, a la sustitución esporádica de algún garañón o a la incorporación de alguna yegua. Durante los años del estudio se llegó a un acuerdo económico con los propietarios para que no retirasen los potros, y así poder hacer un seguimiento preciso de su supervivencia. La depredación por lobo fue la principal causa de mortalidad detectada (Bárcena *et al.* 2008, Lagos y Bárcena, en prensa).

## MATERIAL Y MÉTODOS

### *Animales estudiados, equipos y seguimiento*

El trabajo fue realizado durante un periodo de 28 meses (de junio de 2007 a octubre de 2009). Fueron marcados 32 potros con edades comprendidas entre 13 y 185 días, el 75% menor de tres meses. En algunos casos conocíamos la edad exacta de los potros, ya que en días sucesivos habíamos observado a la yegua correspondiente preñada y al día siguiente con potro. Cuando nacían en el intervalo entre prospecciones (15 días), estimábamos la edad en función del tamaño del potro, de su comportamiento y del de la yegua, asignándole una fecha de nacimiento con un error que consideramos no superior a 7 días. Para instalarles

los transmisores sobre crotal, fueron conducidos a la manga de captura con ayuda de los propietarios, en una operación similar a la que se realiza anualmente de modo tradicional para retirar los potros y que se denomina “curro”. Una vez introducidos en la manga eran inmovilizados por dos personas, mientras se les instalaba el transmisor en la oreja (Figura 2).



Figura 2. Radiotransmisores sobre crotal colocados en las orejas de los potros.

El equipo de radiotelemedría está compuesto por un transmisor, una antena y un receptor, que recoge la señal VHF emitida por el transmisor y la hace audible; el transmisor, a su vez, incluye una batería, una antena y un sistema de sujeción al animal (Rodgers 2001). Para seleccionar el equipo tuvimos en cuenta las características anatómicas de los ponis, el alcance de la señal, la duración de la batería, el tipo de activación de la señal de mortalidad y la posibilidad de reutilización de los trasmisores.

Utilizamos transmisores sobre crotal para oreja modelo M3430 de ATS (Advanced Telemetry Systems, Isanti MN, USA). Este modelo emite a 50 pulsos por minuto (ppm) y lleva incorporado un interruptor que activa la señal de mortalidad,

emitiendo a 100 ppm si el animal permanece inmóvil 2 horas. Los transmisores se alimentan con una batería de litio de 490 días de duración, están provistos de una antena de 226 mm de longitud y van pegados con resina sobre crotales de plástico. El conjunto pesa 23 g. El tipo de sensor de mortalidad empleado permite que el transmisor vuelva a emitir con señal normal si el animal deja de estar inmóvil. Mientras no son utilizados, los transmisores llevan un imán adherido que los inmoviliza y evita que emitan en tanto no sea retirado (Kenward 1987, Resources Inventory Committee 1988). Este sistema permitió reutilizar fácilmente los transmisores mientras conservaron energía. Se emplearon un total de 14 transmisores con los que se marcaron 32 potros (15 en 2007, 12 en 2008 y 5 en 2009).

Fueron utilizados 2 equipos de recepción, móvil y fijo respectivamente. El equipo móvil consistió en un receptor de campo FM100 de ATS, una antena direccional tipo H y una antena dipolar provista de imán para el coche SN150 de Cushcraft. La instalación fija consistió en una antena dipolar (CRS-150 de Cushcraft) instalada sobre pértiga, provista de su correspondiente toma a tierra y conectada asimismo a un receptor de campo FM100 de ATS. La antena fija estaba situada a unos 6 m del suelo, con una buena cobertura del área de estudio (Figura 1), captándose la señal de radio de los transmisores desde 3 km de distancia. La frecuencia de las antenas era de 150 MHz.

La señal de radio de los transmisores se revisaba al menos una vez al día por la mañana desde la estación fija. Cuando se recibía señal de mortalidad, se localizaba el transmisor por el método de acercamiento (Mech y Barber 2002) y, si procedía, se investigaba el cadáver para determinar la causa de muerte. En ocasiones, la señal de mortalidad era originada por el desprendimiento de un transmisor. La revisión diaria de la señal de radio nos permitió conocer la fecha exacta de la incidencia, salvo en aquellos casos en los que el transmisor se encontraba en una zona sin cobertura para la antena fija.

También fueron controlados los ponis por observación directa. Todos los animales eran reconocidos individualmente por sus características morfológicas, particularmente capa y marcas. Entre finales de abril y finales de diciembre de cada año, cada quince días, se revisaban visualmente y se intentaba fotografiar todos los potros para comprobar si seguían vivos (Bárcena *et al.* 2008, Lagos y

Bárcena, en prensa). Esto permitió a su vez comprobar el estado de los transmisores y recuperar los caídos en zonas sin cobertura desde la antena fija, así como registrar el momento en el que las antenas aparecían rotas. Entre enero y abril la revisión de los potros fue realizada mensualmente. El registro de datos para este trabajo finalizó el 10 de octubre de 2009.

### ***Análisis de datos***

Las variables seleccionadas para valorar el funcionamiento de los transmisores fueron: duración de las baterías, tasa de desprendimiento de los crotales, tasa de rotura del crotal y tasa de rotura de las antenas, así como el tiempo de uso hasta que se produjeron estos fallos. El desprendimiento consiste en la caída del conjunto del transmisor y el crotal. La rotura del crotal consiste en que el plástico se parte, cayendo el transmisor y quedando el resto del crotal en la oreja. Para obtener el tiempo de duración de las baterías se contabilizaron el doble los días que los transmisores permanecieron emitiendo con señal de mortalidad (100 ppm). Se calculó la tasa de desprendimientos como el número de crotales desprendidos entre el total de crotales instalados, y la tasa de rotura de las antenas como el número de antenas rotas entre el total de transmisores empleados. La diferencia entre tasas de desprendimiento se analizó mediante tablas de contingencia y una prueba  $\chi^2$  (Dytham 2003). La diferencia entre los días de duración de los dos tipos de antenas se analizó mediante una prueba no paramétrica U de Mann Whitney (Dytham 2003). Se utilizó un análisis de supervivencia de Kaplan Meier para analizar los eventos finalización de la batería y desprendimiento y para analizar diferencias de supervivencia se utilizó una prueba log-rango (Kleinbaum y Klein 2005). Los análisis de supervivencia son un conjunto de técnicas estadísticas que analizan el tiempo hasta que sucede un determinado evento (Kleinbaum y Klein 2005). Este evento puede ser la muerte o la presentación de algún tipo de fallo, en este caso el agotamiento de la batería y el desprendimiento de los crotales. La existencia de datos censurados o individuos en los que no se llega a presentar el evento durante el periodo de estudio (baterías que no se han agotado, o transmisores colocados en potros que mueren depredados pero que podrían haberse desprendido de estar funcionando más tiempo) hace necesario su uso en este estudio.



## RESULTADOS

La batería se agotó en 8 de los 14 trasmisores a lo largo de los 3 años en los que fueron utilizados (Tabla 1). En estos 8 trasmisores, la batería duró entre 32 y 582 días (rango intercuartílico 161-425). Sin tener en cuenta el valor atípico de 32 días, que probablemente se debió a algún fallo de construcción, la duración media de la batería fue de 331 días (SD= 153,5; n= 7), es decir 11 meses. Uno de los trasmisores duró 92 días más de lo especificado en fábrica. Los demás duraron como media 200 días menos (SD= 116,8; rango= 53-342; n= 7), o sea un 52%, de lo especificado en fábrica.

TABLA 1

Duración de las baterías y número de potros marcados con cada transmisor. En la primera columna se recoge el número asignado a cada transmisor y en la segunda el número de potros que fueron marcados con cada uno de los transmisores. Estado batería es la situación de la batería de cada transmisor al finalizar el trabajo; Duración recoge los días de uso de cada batería hasta agotarse; Diferencia es la resta entre la duración real de cada batería y la duración teórica o especificada en fábrica (490 días); Duración % es el porcentaje de días de duración de las baterías sobre lo especificado en fábrica.

Transmisor	Potros marcados	Estado batería	Duración (días)	Diferencia ( $\Delta$ días)	Duración %
1	1	Agotada	32	-458	6,53
2	2	Agotada	148	-342	30,20
3	4	Agotada	200	-290	40,82
4	3	En uso	$\geq 200$	-290	40,82
5	1	Agotada	217	-273	44,29
6	2	Retirado	218	-272	44,49
7	1	Retirado	274	-216	55,92
8	3	En uso	$\geq 290$	-200	59,18
9	3	En uso	$\geq 310$	-180	63,27
10	2	Agotada	348	-142	71,02
11	3	Agotada	388	-102	79,18
12	4	En uso	$\geq 415$	-75	84,69
13	2	Agotada	437	-53	89,18
14	1	Agotada	582	92	118,78

Como algunos transmisores a fecha de 10/10/09 aún estaban en funcionamiento sin que se les hubiera llegado a agotar la batería (Tabla 1), se empleó un análisis de supervivencia para determinar el tiempo de duración de las baterías. El tiempo de supervivencia medio (Kaplan Meier: Figura 3) de las baterías fue de 364 días (SE= 53,0; 95% IC= 261-468), es decir 4 meses menos, el 72%, de lo especificado en fábrica.

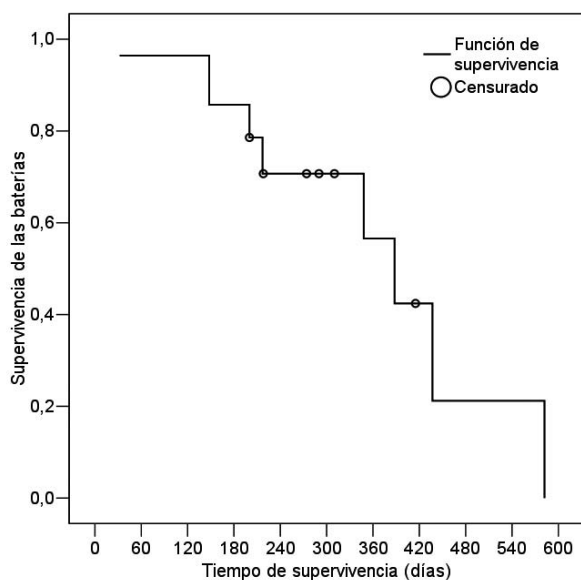


Figura 3. Curva de supervivencia de Kaplan Meier de los 14 transmisores empleados. La función representa la supervivencia de las baterías en función del tiempo, o la probabilidad (en tanto por uno en el eje de ordenadas) de que las baterías funcionen por lo menos hasta un número determinado de días (en el eje de abscisas). Los círculos muestran los transmisores a los que aún no se les ha acabado la batería, es decir los casos censurados.

Con los 14 transmisores marcamos 32 potros, reutilizando algún transmisor hasta 4 veces (Tabla 1). Los crotales se desprendieron en 12 de los 32 potros marcados (38%). En general, estos desprendimientos se debían a que la herida provocada al perforar la oreja con el crotal no cicatrizaba adecuadamente y el agujero se iba agrandando, al engancharse los transmisores en la vegetación y con el continuo movimiento de la oreja, hasta que el botón posterior del crotal acababa colándose por él. En otros casos ( $\geq 3$ ), el crotal acabó desgarrando la oreja al enredarse en la vegetación y se desprendió. Se desprendieron con mayor frecuencia los crotales instalados en el exterior de la oreja (57%) que los instalados

en el interior (22%), aunque las diferencias no resultaron significativas ( $\chi^2_{cc} = 2,74$ ; gl= 1; P= 0,098; n= 32). En 20 casos los crotales no se desprendieron de las orejas: 11 potros murieron con el crotal instalado, 2 crotales se rompieron, 1 fue retirado y 6 permanecieron instalados hasta el fin del estudio. Del análisis de supervivencia obtuvimos un tiempo medio de retención de los crotales de 291 días (SE= 54; 95% IC= 186-397), es decir unos 10 meses. La supervivencia de Kaplan Meier (Figura 4) de los crotales instalados en el interior de la oreja (57%) y su tiempo medio de retención (301 días; SE= 50; 95% IC= 204-399; n= 18) fueron significativamente mayores (log-rango:  $\chi^2 = 4,93$ ; gl= 1; P= 0,026; n= 32) que la supervivencia (0%) y que el tiempo medio de retención (182 días; SE= 73; 95% IC= 39-325; n= 14) de los crotales instalados por fuera de la oreja. Ninguno de los crotales instalados en el exterior de la oreja aguantó instalado, ya que, o acabaron desprendiéndose (8/14) o el potro murió (6/14).

Dos de los 14 crotales utilizados se partieron, lo que supuso que el 6% de los 32 potros marcados perdieron el transmisor por rotura del crotal. En ambos casos el transmisor estaba colocado por dentro de la oreja, lo que incrementó la pérdida

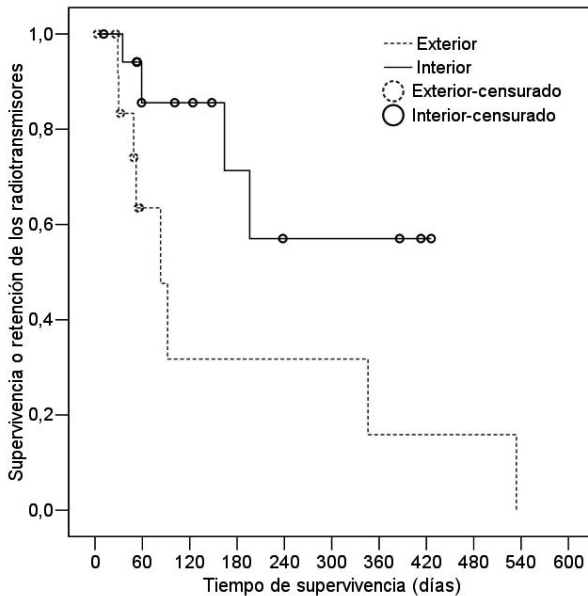


Figura 4. Curvas de supervivencia de Kaplan Meier, de los 32 transmisores sobre crotal instalados. Las funciones representan la supervivencia o retención de los crotales, es decir la probabilidad de que los transmisores permanezcan retenidos o sin desprenderse hasta un número determinado de días. La curva negra se corresponde con los transmisores colocados en el interior de la oreja y la gris con los colocados en el exterior. Los círculos indican los transmisores que no se han desprendido, es decir censurados.

de transmisores instalados en el interior de la oreja al 33%. Se cayeron antes del agotamiento de las baterías, respectivamente con 148 y 238 días de uso.

Las antenas originales de todos los trasmisores (n= 14) se rompieron después de una media de 71 días de uso (SD= 45,5; rango= 22-173; rango intercuartílico= 29-92). Aunque los transmisores continuaron emitiendo, la rotura de sus antenas disminuyó el alcance de la señal, provocando que las más de las veces no fuera recibida en la estación fija. En cuatro ocasiones no pudimos recibir la señal de mortalidad el día que murieron los potros. Cinco de los trasmisores con la antena rota fueron enviados a reparar a la fábrica. Tres de ellos volvieron a estar operativos con nuevas antenas más gruesas y recubiertas de goma en toda su longitud, lo que supuso un incremento de peso del conjunto de 3,6 g. Ninguna de estas antenas nuevas se rompió: dos llevan instaladas 217 y 278 días respectivamente, la otra estuvo instalada 124 días antes de ser destrozada por los lobos cuando atacaron y devoraron al potro que portaba el trasmisor. La duración de las antenas reforzadas fue superior a la de las antenas originales (Figura 5; Mann Whitney:  $U = 2,00$ ;  $P = 0,017$ ;  $n = 17$ ).

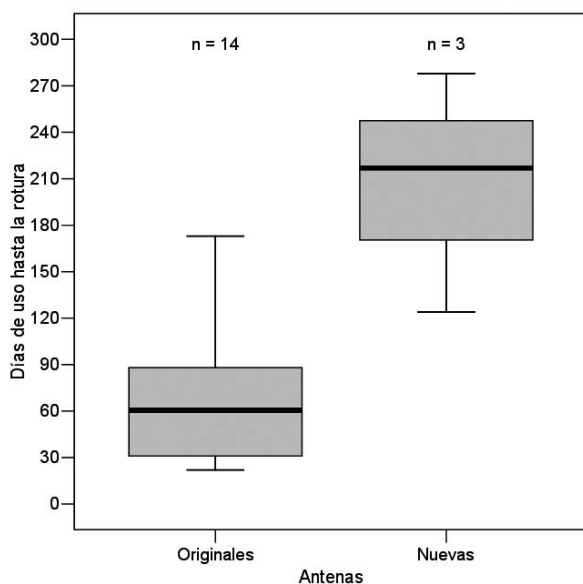


Figura 5. Diagrama de caja y bigotes que representa la menor duración de las antenas originales del modelo M3430 en comparación con las nuevas, reforzadas por ATS. Las cajas centrales incluyen el rango intercuartílico o 50% central de los valores; los bigotes que sobresalen tienen sus extremos en el valor mínimo y máximo de la muestra, respectivamente.

## DISCUSIÓN

El análisis de supervivencia de Kaplan Meier permitió determinar la duración de las baterías con una muestra más grande ( $n= 14$ ) y obtener unos resultados representativos. Como los transmisores pueden ser activados y desactivados mediante un imán, los recuperados podían ser reutilizados en las siguientes temporadas reproductoras. En el diseño de estudios semejantes es importante tener presente que la duración real de las baterías puede ser, según la forma de cálculo, entre 52-74% de lo especificado en la ficha técnica del transmisor. Hemos supuesto que todos los transmisores que dejaron de emitir habían agotado sus baterías. Es posible que en algún caso se haya presentado otro tipo de fallo, pero el agotamiento de las baterías aparece como la causa más razonable, ya que en algunos muestreos se pudo comprobar cómo la señal perdía fuerza días antes de agotarse, lo que puede preceder al fin de la batería (Kenward 1987).

La alta tasa de desprendimientos de los radiotransmisores sobre crotal resultó uno de los principales fallos de este tipo de enganche. Una alta proporción de potros perdieron su transmisor (44%) debido a los desprendimientos y, en menor medida, a la rotura de los crotales. Esto ha supuesto una notable disminución de la muestra, además de consumir un gran esfuerzo en la recuperación de los radiotransmisores caídos.

Para comparar nuestros resultados con los desprendimientos ocurridos en otros estudios, utilizamos la tasa de desprendimientos calculada como número de transmisores desprendidos entre número de transmisores instalados, ya que este parámetro se puede obtener con facilidad de los estudios que proporcionan información al respecto. No obstante, en el presente caso hay que tener en cuenta que numerosos potros mueren y “abandonan” el estudio (datos censurados: Kleinbaum y Klein 2005), lo que supone que la tasa de desprendimientos podría haber llegado a ser más alta. Ésta se obtiene con mayor precisión utilizando el análisis de supervivencia de Kaplan Meier.

Pocos autores mencionan los porcentajes de desprendimiento que han experimentado en sus trabajos. En estudios sobre mortalidad juvenil de wapití, los índices de desprendimientos fueron bajos: 5% sobre 151 individuos marcados

en el Parque Nacional de Yellowstone, USA (Barber-Meyer *et al.* 2008) y 0,5% sobre otros 154 en Wyoming, USA (Smith *et al.* 2006). En estudios similares con terneros mostrencos en Idaho (Oakleaf *et al.* 2003), entre el 10-15% de los crotales se desprendieron (J. Oakleaf, com. pers.), mientras que en Arizona la tasa de desprendimientos fue del 2% (S. Breck y B. Kluever com. pers.).

El peso del conjunto crotal-transmisor, las características de las orejas de la especie objeto de estudio, las características del hábitat y la colocación del crotal, intuitivamente parecen constituir los factores que más pudieran influir en las tasas de desprendimiento.

Los trabajos que evalúan la retención de crotales estándar (Diefenbach y Alt 1998, Fosgate *et al.* 2006), ponen de manifiesto un porcentaje de marcas desprendidas más bajo, probablemente por su menor peso; los crotales empleados pesan tan sólo unos 5 g. Aún así, parece ser que el índice de retención de crotales estándar para ganado es muy variable y se sitúa entre 40-99%, dependiendo de las características de crotal, la especie, raza, el medio en el que se desenvuelven, etc. (Caja 2004).

Los terneros poseen unas orejas más grandes y más anchas en comparación con las de los potros. Las orejas de wapitíes y corzos se parecen más en la forma a las de los potros pero son proporcionalmente más grandes. Quizás sean los caballos más propensos a este tipo de desprendimientos y a sufrir desgarros en las orejas, en el caso de ser marcados con crotales.

En cuanto al hábitat, en el área de estudio abunda el bosque y el matorral muy lignificado y de gran desarrollo vertical y espesura. Los estudios que menores tasas de desprendimiento experimentaron (Smith *et al.* 2006, Barber-Meyer *et al.* 2008) se llevaron a cabo en áreas con matorral de artemisa (*Artemisia tridentate*) y bosques abiertos de coníferas y álamos (*Populus tremuloides*). La artemisa, de 0,5-4,5 m, conforma una comunidad de matorral poco denso en terrenos áridos (Whitney 1985). Es posible que el matorral tan desarrollado de nuestra área de estudio, y el denso bosque de coníferas descrito por Oakleaf *et al.* (2003) en la suya, tengan relación con las altas tasas de desprendimientos obtenidas en ambos estudios. La colocación de los transmisores en el exterior de la oreja ha condicionado la alta tasa de desprendimientos que hemos obtenido. En los

crotales colocados en el interior de la oreja la tasa de desprendimientos (22%, o 33% incluyendo las roturas) fue menor que en los colocados en el exterior (57%), acercándose más a los valores descritos por J. Oakleaf (10-15%). Este error permitió comprobar la importancia de una cuidadosa colocación del transmisor en el interior y en el centro de la oreja, donde el cartílago sea fuerte, lo que se sugiere como principal solución para minimizar los desprendimientos.

Los resultados de algunos estudios sobre mortalidad realizados con radiotelemetría mencionan un porcentaje de individuos de los que se ignora su fin por haber perdido su señal de radio (Bank *et al.* 2000, Jarnemo *et al.* 2004, Raganella-Pelliccioni *et al.* 2006, Barber-Meyer *et al.* 2008). Tanto Fisher *et al.* (2004) en su trabajo sobre jabalíes, como Arjo *et al.* (2008) en su valoración de este tipo de transmisores instalados sobre colas de castores *Castor canadensis* y *C. fiber*, atribuyeron la pérdida de la señal a la rotura de las antenas, ya que fue el fallo más frecuente observado en los radiotransmisores que recuperaron. En los trabajos con terneros se experimentó el mismo problema de rotura de antenas que el descrito por nosotros, pero con tasas inferiores a la nuestra (100%): 17% (n= 231) en Idaho (J. Oakleaf, com. pers.) y 51% (n= 104) en Arizona (S. Breck y B. Kluever com. pers.). Estas antenas suelen estar sometidas a condiciones duras: se enredan en la vegetación, se mueven y se doblan constantemente. Así que deben ser ligeras, fuertes, resistentes y muy flexibles, porque sino pueden llegar a romperse por fatiga del material o por corrosión (Resources Inventory Committee 1998). Las nuevas antenas (reforzadas) instaladas por ATS no presentaron este problema y las dos que aún están en uso llevan instaladas más de 200 días cada una.

La rotura de las antenas supuso una disminución considerable del alcance de la señal. Desde la antena de recepción fija comenzó a oírse con dificultad la señal de muchos de los transmisores. En algunos casos no se pudo detectar el desprendimiento del transmisor o la muerte del portador hasta que era realizada una prospección y localizado el transmisor con ayuda del equipo móvil. El retraso en la localización de los cadáveres dificultaba la determinación de la causa o causas de la muerte. Como solución al problema de rotura de las antenas sugerimos prestar atención a que las antenas de los transmisores sean del tipo

más fuerte, aunque esto incrementa el peso del transmisor. Otra solución es el empleo de antenas interiores, que fabrican otras marcas, pero el alcance de la señal es menor.

El tipo de sensor de mortalidad empleado presentó el problema que tanto los depredadores como sus comensales, incluso las larvas de derméstidos, pueden mover los transmisores y hacer que cambie la señal al consumir los cadáveres. De esta forma, cuando los lobos retornaban sobre el cadáver y lo movían, el transmisor volvía a emitir señal normal no emitiendo de nuevo con señal de mortalidad hasta pasadas dos horas de que abandonaran el cadáver nuevamente. Por esta razón los cadáveres de algunos potros no fueron controlados hasta algunos días después de su muerte. Este problema quizás estuviese superado con otros sensores capaces de distinguir entre mortalidad y niveles de actividad bajos (Rodgers 2001). También existe otro tipo de sensor que, una vez activada la señal de mortalidad, la mantiene aunque el transmisor se mueva. La ventaja del sensor empleado en este trabajo es que se puede utilizar para conocer el momento en el que el depredador se está alimentando del cadáver.

Cuando los cadáveres no eran controlados al poco tiempo de la muerte, en algún caso detectamos que los zorros (*Vulpes vulpes*) se habían llevado la oreja del potro con el transmisor enganchado, escondiéndolo en zonas de vegetación densa e incluso bajo tierra. Esto dificultó la localización de los cadáveres, que llegaron a aparecer alejados hasta 355 m del transmisor, y la recuperación de los transmisores cuando estaban enterrados o en medio de espesos tojales o zarzales.

## CONCLUSIONES

Los radiotransmisores sobre crotal son instrumentos adecuados para la monitorización de los ponis salvajes, pero pueden conllevar asociados algunos problemas. Los fallos que se presentaron fueron: una duración de las baterías menor de la especificada, una cierta tasa de desprendimientos o roturas de los crotales y la rotura generalizada de cierto tipo de antena. La retención de los transmisores parece fallar especialmente en hábitats de bosque denso y matorral de gran desarrollo vegetal y espesura, pero es también en estas zonas donde esta



metodología resulta más necesaria. Su uso puede resultar menos problemático en otros ungulados de orejas proporcionalmente más grandes, como vacas o ciervos, pero en general se presenta como una metodología a tener en cuenta para el seguimiento de crías de ungulados silvestres, eso sí, considerando ciertas precauciones. Para disminuir la tasa de desprendimientos recomendamos instalar los crotales en el interior y en la parte central de la oreja, donde el cartílago es más fuerte. Sugerimos que se considere la utilización de antenas reforzadas para soslayar el problema de su rotura.

### AGRADECIMIENTOS

Nuestra más profunda gratitud a nuestro amigo y colaborador Luís García que, pacientemente durante tres años, revisó todos los días la señal de los potros radiomarcados. A todos los ganaderos que nos prestaron su inestimable colaboración para la captura de los ponis y el marcaje de los potros, especialmente a Antonio Abad padre, hijo y nieto, a Ángel González, a Emilio Vidal y a Julio do Casal. John Oakleaf del Servicio de Pesca y Vida Salvaje de Estados Unidos nos ayudó en la selección de los equipos más adecuados. Stewart Breck del “National Wildlife Research Center” (Fort Collins, Colorado) y Bryan Kluever de la Universidad de Utah realizaron interesantes aportaciones. Finalmente agradecemos a Dick Reichle, de ATS, sus gestiones para la instalación de las nuevas antenas de los transmisores.

### REFERENCIAS

- Advanced Telemetry Systems, Inc. 2005. *Ear and tail tag*. Disponible en <http://www.atstrack.com/ats/products/transmitter/Mammal/EarTag/eartag.aspx>. Con acceso 17 de diciembre de 2009.
- Aanes R. & Andersen R. 1996. The effects of sex, time of birth, and habitat on the vulnerability of roe deer fawns to red fox predation. *Canadian Journal of Zoology*, 74: 1857-1865.
- Arjo W.M., Joos R.E., JKochanny C.O., Harper J.L., Nolte D.L. & Bergman D.L. 2008. Assessmet of transmitter models to monitor beaver *Castor canadensis* and *C.fiber* populations. *Wildlife Biology*, 14 (3): 309-317.
- Bank M.S., Franklin W.L. & Sarno R.J. 2000. Assessing the effect of radiocollars on juvenile guanaco survival. *Oecologia*, 124: 232-234.
- Barber-Meyer S.M., Mech D.L. & White P.J. 2008. Elk Calf Survival and Mortality Following Wolf Restoration to Yellowstone National Park. *Wildlife Monographs*, 169: 1-30.

- Bárcena F., Lagos L. y Sanmartín M.L. 2008. *Seguimento durante 2007 da depredación por lobo (Canis lupus) sobre unha poboación de cabalos de monte (Equus caballus) na Dorsal Galega*. Informe para la Dirección Xeral de Conservación da Natureza, Consellería de Medio Ambiente e Desenvolvemento Sostible, Santiago de Compostela, 58 pp.
- Caja G. 2004. *Propuestas técnicas alternativas de sistemas de identificación y registro del ganado bovino adecuadas para Chile*. Informe técnico para la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, 55 pp.
- Carballeira A., Devesa C., Retuerto R., Santillán E. y Uceda F. 1983. *Bioclimatología de Galicia*. Fundación Pedro Barrié de la Maza, Conde de Fenosa, La Coruña, 143 pp.
- Diefenbach D.R. & Alt G.L. 1998. Modeling and evaluation of ear tag loss in black bears. *Journal of Wildlife Management*, 62(4): 1292-1300.
- Dytham C. 2003. *Choosing and Using Statistics. A Biologist's Guide*. Blackwell Publishing, Malden, USA, 248 pp.
- Fisher C., Gourdin H. & Obermann M. 2004. Spatial behaviour of the wild boar in Geneva, Switzerland: testing the methods and first results. *Galemys*, 16 (NE): 149-155.
- Fosgate G.T., Adesiyun A.A. & Hird D.W. 2006. Ear-tag retention and identification methods for extensively managed water buffalo (*Bubalus bubalis*) in Trinidad. *Preventive Veterinary Medicine*, 73: 287-296.
- Garton E.O., Wisdom M.J., Leban F.A. & Johnson B.K. 2001. Experimental Design for Radiotelemetry Studies. Pp: 15-42. In: J.J. Millspaugh & J.M. Marzluff (eds.). *Radio Tracking and Animal Populations*. Academic Press, San Diego, USA.
- Iglesia P. 1973. *Los Caballos Gallegos Explotados en Régimen de Libertad o Caballos Salvajes de Galicia*. Facultad de Veterinaria, Universidad Complutense de Madrid, Madrid. 1205 pp.
- Janermo A., Liberg O., Lockowandt S., Olsson A. & Wahlström K. 2004. Predation by red fox on European roe deer fawns in relation to age, sex, and birth date. *Canadian Journal of Zoology*, 82: 416-422.
- Kenward R.E. 1987. *Wildlife radio tagging: equipment, field techniques and data analysis*. Academic Press, London, England, 222 pp.
- Kenward R.E. 2001. Historical and Practical Perspectives. Pp: 3-12. In: J.J. Millspaugh & J.M. Marzluff (eds.). *Radio Tracking and Animal Populations*. Ed. Academic Press, San Diego, USA.
- Kleinbaum D.G. & Klein M. 2005. *Survival Analysis. A Self-Learning Text*. Springer, New York, USA, 590 pp.

- Lagos L. y Bárcena F. (en prensa). Relationship between feral horse *Equus caballus* mortality and wolf *Canis lupus* predation in Galicia (Northwest Spain). *Acta Theriologica*.
- Long R.A., O'Connell A.F. & Harrison D.J. 1998. Mortality and survival of white-tailed deer *Odocoileus virginianus* fawns on a north Atlantic coastal island. *Wildlife Biology*, 4: 237-247.
- Martínez A., Castillo F., Pérez A., Valcárcel M. y Blanco R. 1999. *Atlas climático de Galicia*. Xunta de Galicia, Santiago de Compostela, 207 pp.
- Mattioli L., Capitani C., Avanzinelli E., Bertelli I., Gazzola A. & Apollonio M. 2004. Predation by wolves (*Canis lupus*) on roe deer (*Capreolus capreolus*) in north-eastern Apennine, Italy. *Journal of Zoology*, 264: 1-10.
- Mech L.D. & Barber S.M. 2002. *A critique of wildlife radio-tracking and its use in national parks: a report to the U.S. National Park Service*. U.S. Geological Survey, Northern Prairie Wildlife Research Center, Jamestown, N.D. Jamestown, ND: Northern Prairie Wildlife Research Center Online. <http://www.npwrc.usgs.gov/resource/wildlife/radiotrck/index.htm> (Version 30DEC2002).
- Meteogalicia. 2004-2008. *Anuario Climatológico de Galicia 2003-2007*. Consellería de Medio Ambiente, Centro de Desenvolvemento Sostible, Santiago de Compostela.
- Oakleaf J.K., Mack C.M. & Murray D.L. 2003. Effects of wolves on livestock calf survival and movements in central Idaho. *Journal of Wildlife Management*, 67: 299-306.
- Panzacchi M., Linnell J.D.C., Odden M., Odden J. y Andersen R. 2009. Habitat and roe deer fawn vulnerability to red fox predation. *Journal of Animal Ecology*, 78 (6): 1124-1133.
- Raganella-Pelliccioni E., Boitani L. & Toso S. 2006. Ecological correlates of roe deer fawn survival in a sub-Mediterranean population. *Canadian Journal of Zoology*, 84: 1505-1512.
- Resources Inventory Committee. 1998. *Wildlife radio-telemetry: Standards for Components of British Columbia's Biodiversity* No. 5. Version 2.0. Ministry of Environment, Lands and Parks. Resources Inventory Branch for the Terrestrial Ecosystems Task Force. Resources Inventory Committee, Victoria, BC, 134 pp. <http://ilmbwww.gov.bc.ca/risc/pubs/tebiodiv/wildliferadio/index.htm>. Con acceso 22 de octubre de 2009.
- Rodgers A.R. 2001. Recent Telemetry Technology. Pp: 79-121. In: J.J. Millsaugh & J.M. Marzluff (eds.). *Radio Tracking and Animal Populations*. Ed Academic Press, San Diego, USA.
- Samuel M.D. & Fuller T.K. 1994. Wildlife radiotelemetry. Pp: 370-418. In: T. A. Bookhout (ed.). *Research and management techniques for wildlife and habitats*. The Wildlife Society, Bethesda, Maryland, USA.

- Smith B.L., Williams E.S., McFarland K.C., McDonald T.L., Wang G. & Moore T.D. 2006. *Neonatal Mortality of Elk in Wyoming: Environmental, Population, and Predator Effects*. U.S. Department of Interior, U.S. Fish and Wildlife Service, Biological Technical Publication, BTP-R6007-2006, Washington, D.C., USA, 32 pp.
- White G.C. & Garrott R.A. 1990. *Analysis of Wildlife Radio-Tracking Data*. Academic Press, San Diego, USA, 383 pp.
- Whitney S. 1985. *Western Forest*. National Audubon Society Nature Guides. Ed. Alfred A. Knopf, Inc., New York, USA, 672 pp.