

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/305754933>

Evaluación de collares GPS para el seguimiento de la cabra montés (*Capra pyrenaica*, Schinz 1838) en un macizo montañoso mediterráneo

Conference Paper · November 2007

CITATIONS

0

READS

182

3 authors:



Josep Maria López-Martín
Generalitat de Catalunya

118 PUBLICATIONS 996 CITATIONS

SEE PROFILE



Àngel Such-Sanz
Forestal Catalana, SA

20 PUBLICATIONS 21 CITATIONS

SEE PROFILE



Diego Martínez-Martínez
Iberá. Consultoria MediAmbiental

71 PUBLICATIONS 115 CITATIONS

SEE PROFILE

Evaluación de collares GPS para el seguimiento de la cabra montés (*Capra pyrenaica*, Schinz 1838) en un macizo montañoso mediterráneo

J.M. LÓPEZ-MARTÍN ⁽¹⁾, À. SUCH-SANZ ⁽²⁾ & D. MARTÍNEZ-MARTÍNEZ ⁽²⁾

(1) Direcció General del Medi Natural; Dept. de Medi Ambient i Habitatge; Generalitat de Catalunya; Dr. Roux 80;

08017 Barcelona; josep.lopez@gencat.net

(2) Forestal Catalana S.A.; Dept. de Medi Ambient i Habitatge; Generalitat de Catalunya; Sabino de Arana 34, 1º, 1º;

08028 Barcelona; *asuch@gencat.net; dingo7@terra.es

Palabras clave

Capra pyrenaica; Collares GPS; DOP; error de localización; tasa de localización

RESUMEN

Recientemente la tecnología GPS aplicada al radioseguimiento de fauna ha adquirido gran importancia. Para evaluar su funcionamiento en la cabra montés se analizaron los modelos de collar GPS Simplex y Tellus (Televilt Positioning©). Para ello se utilizó un test en posiciones conocidas con collares Tellus (n=8 posiciones; n=5274 localizaciones). Se analizó la variación de la tasa de localización, el DOP (Dilution of Precision), el SVS (Satellites View) y el 95% CEP (Circular Error Probable) en diferentes hábitats y orientaciones.

Por otra parte se evaluó el funcionamiento de los collares en condiciones reales a partir de 2 collares Simplex y 2 collares Tellus colocados en 4 machos de cabra montés en la Reserva Nacional de Caza de los Ports (Tarragona, Catalunya, España) entre los años 2003 y 2006.

En las pruebas en posiciones conocidas la tasa de localización global fue de 98,3%, no encontrándose diferencias significativas entre hábitats ni entre orientaciones. En cambio, el hábitat tuvo efecto sobre el DOP (Kruskal-Wallis $X_2^2=310,67$; $p<0,001$) y el SVS (Kruskal-Wallis $X_2^2=522,11$; $p<0,001$), mostrando el menor DOP y el mayor SVS en áreas de ecotono. El 4,2% de las localizaciones fue en dos dimensiones (2D). Por su parte, el 95% CEP para el conjunto de los datos fue de 101,8 m, oscilando entre 45,2 m en ecotono y 112,4 m en pinares.

La orientación tuvo efecto sobre el DOP (Kruskal-Wallis $X_2^2=336,26$; $p<0,001$) y el SVS (Kruskal-Wallis $X_2^2=392,39$; $p<0,001$), mostrando el menor DOP y el mayor SVS en áreas llanas. El 95% CEP osciló entre 79,6m en las zonas llanas y 139,3m en las orientadas al norte.

En los collares colocados en ejemplares salvajes, la tasa de localización fue menor en un collar Simplex (57,3%, n=1040 localizaciones previstas) que en un Tellus (92,4%,

n=2321 localizaciones previstas) ($\chi^2=202,55$; $p<0,001$). El DOP medio en dos Tellus fue inferior al de dos Simplex. En los Tellus el 98,0% de las localizaciones mostraron un DOP inferior a 10, y el 90,7% inferior a 5, mientras que en los Simplex estos porcentajes fueron del 98,1% y del 75,8% respectivamente. En los Tellus el porcentaje de localizaciones 2D fue del 8%, y del 58,9% en los Simplex.

La aplicación de esta tecnología en cabras monteses permitió la adquisición, en un medio montañoso donde el acceso regular resulta complicado y económicamente costoso, de un volumen mayor de datos más precisos sobre la ecología espacial de estos ejemplares de lo que permite el radioseguimiento VHF tradicional, permitiendo ajustar la gestión y el conocimiento de la especie.

INTRODUCCIÓN

La técnica del radioseguimiento ha permitido un avance espectacular en el conocimiento de los diferentes aspectos de la ecología, etología, fisiología, etc. de la fauna salvaje en su medio natural (Kenward, 2001). Los primeros diseños estaban basados en la emisión de señal en la banda VHF y se colocaban mediante diferentes formas (collar, arnés, implantes, etc.), y actualmente son la metodología utilizada universalmente debido a su versatilidad. La segunda generación tecnológica estaba basada en el seguimiento mediante un sistema de satélites que localizaba la señal del emisor y la reenviaba hasta el usuario a kilómetros de distancia. Sin embargo, las localizaciones obtenidas tenían un error del orden de kilómetros, pero en especies con grandes desplazamientos (migradoras, p.e.) eran perfectamente asumibles. Por último, la tercera generación de sistemas de localización remota para fauna salvaje está basada en el sistema de localización GPS (Global Positioning System). El constante desarrollo de esta última técnica permite la adquisición continuada de localizaciones de animales salvajes en una frecuencia temporal muy elevada y durante largos periodos de tiempo, permitiendo de este modo profundizar en aspectos de la ecología de la fauna salvaje, como los movimientos, el uso del espacio y del hábitat (Lewis et al., 2007). Si bien en las fases iniciales de su desarrollo el tamaño y el peso del equipo limitaban su uso a grandes mamíferos (elefantes, grandes carnívoros, ungulados, etc.), hoy en día los fabricantes están consiguiendo la reducción de volumen y peso de los componentes, lo que está permitiendo comercializar productos para especies más pequeñas. El sistema GPS depende de U.S. Department of Defense de los Estados Unidos, y desde el año 2000 la disponibilidad selectiva que impedía una adecuada precisión (40 m en el 50% de las ocasiones, y un 100 m en el 95%) ha sido eliminada, consiguiendo en condiciones adecuadas precisiones de 2-4 m (Wells, 1986).

A la hora de diseñar el seguimiento de fauna salvaje, se nos presenta el dilema de qué sistema de seguimiento elegir, ante el cuál se manejan criterios de carácter económico y de calidad de los datos obtenidos. Un primer vistazo al precio de los collares GPS y el equipo de recepción necesario supone una diferencia importante con los sistemas convencionales de VHF. Un collar GPS puede tener un precio 10 veces superior a los anteriores (Coelho et al., 2007). Sin embargo, los gastos derivados de la búsqueda de la señal (personal, material, locomoción) se reducen al mínimo y en algunos casos llegan a no ser necesarios, convirtiendo al sistema GPS en más económico que el VHF (Ballard et al., 1998; Rodgers, 2001).

La aplicación de esta técnica permite el estudio de aspectos de la ecología de la fauna imposibles de abordar con las técnicas tradicionales (Klein et al., 2006). No obstante, existen diferentes fuentes de error que pueden sesgar los análisis de datos obtenidos mediante GPS. Entre estas fuentes de error destacan las diferencias en la tasa de localización y el error de localización (D'Eon et al., 2002; Lewis et al., 2007). A su vez, estas fuentes de error pueden deberse a diferentes factores como las características del terreno (orientación, topografía) y del hábitat (tipo de vegetación, densidad de la cubierta, etc.) (Rempel et al., 1995; Moen et al., 1996; Dussault et al., 1999; Cain et al., 2005; Lewis et al., 2007; Cargnelutti et al., 2007), la disposición de los satélites (DOP y número de satélites empleados para una localización) (Dussault et al., 2001; Cargnelutti et al., 2007), el comportamiento de los ejemplares (Moen et al., 1996; Bowman et al., 2000; D'Eon, 2003; D'Eon y Delparte, 2005; Graves y Waller, 2006), y la frecuencia de adquisición de las localizaciones (Adrados et al., 2003; Janeau et al., 2004; Cain et al., 2005). A pesar de estos errores, tanto la cantidad como la calidad de los datos obtenidos, la posibilidad de utilizarlos en zonas remotas de difícil acceso terrestre (el acceso aéreo encarece substancialmente los costes), y el seguimiento continuado de la fauna convierten al sistema de seguimiento GPS en más adecuado que el tradicional con VHF (Rodgers et al., 1996; Ballard et al., 1998; Frair et al., 2004; Klein et al., 2006; Coelho et al., 2007), permitiendo un mejor conocimiento de la ecología y el comportamiento de la fauna salvaje.

En este sentido, los collares GPS registran diferentes parámetros que permiten estimar de manera indirecta la exactitud de las localizaciones como el DOP (Dilution of precision) y el número de satélites/tipo de localización. El DOP refleja la geometría de los satélites, dando como resultado localizaciones de peor calidad a medida que aumenta el valor del DOP (satélites más agrupados) (Moen et al., 1997; D'Eon y Delparte, 2005; Lewis et al., 2007). Por su parte, las localizaciones en dos dimensiones (2D) se consideran menos precisas que las de tres dimensiones (3D) (Moen et al., 1996; Di Orio et al., 2003; Lewis et al., 2007). Para obtener una localización 2D es necesario contactar con 3 satélites, mientras que para obtener una localización 3D se ha de contactar con 4 o más satélites (Klein et al., 2006; Lewis et al., 2007). Así, cuanto mayor sea el número de satélites contactados, mejor calidad presentan las localizaciones (Moen et al., 1997). La relación entre estos dos parámetros y la precisión de las localizaciones permite aplicar métodos de filtrado de los datos basados en el DOP y en el tipo de localizaciones para reducir el error de localización (Lewis et al., 2007). Estudiar la magnitud y variabilidad de estos errores, así como la aplicación de filtros para reducir sus efectos resulta fundamental para corregir el sesgo que pueden provocar en el análisis de los datos, especialmente en el uso del hábitat (Dussault et al., 1999; D'Eon et al., 2002; Adrados et al., 2003; Lewis et al., 2007).

La cabra montés (*Capra pyrenaica*, Schinz 1838), por sus dimensiones suficientes y el medio donde vive, es en una candidata ideal para el uso de collares GPS, al igual que otros ungulados de montaña (Girard et al., 2002; Michallet, 2002).

Entre los años 2003 y 2006, y con el objetivo de obtener datos sobre la ecología y las necesidades de esta especie, en la RNC de los Ports (Tarragona) se colocaron dos collares GPS Simplex y dos collares GPS Tellus (Televilt Positioning®) en cuatro machos adultos. En este artículo se analiza el funcionamiento de estos dos modelos de collar GPS y su aplicabilidad al seguimiento de cabras monteses.

ÁREA DE ESTUDIO

La zona donde se realizó el estudio se encuentra en el noreste de la Península Ibérica, en la confluencia de las provincias de Tarragona, Teruel y Castellón, y comprende el Macizo de los Puertos de Tortosa y Beceite. Se trata de un macizo de naturaleza calcárea que, como consecuencia de la erosión, ha derivado en un relieve abrupto de profundos barrancos. El rango altitudinal oscila entre los 300 y los 1447 m.s.n.m. del Monte Caro.

El clima es típicamente mediterráneo, aunque con ciertas zonas de la vertiente norte afectadas por precipitaciones y temperaturas cercanas al carácter medioeuropeo. Las precipitaciones son de carácter irregular, con máximos en primavera y otoño, mientras que en el verano son escasas.

La vegetación se caracteriza por la dominancia de elementos fitogeográficos calcícolas, de carácter mediterráneo, con representantes de los estadios supramediterráneo y mesomediterráneo en las zonas más elevadas del macizo. Dominan los bosques de pinar (pino silvestre *Pinus silvestris* y pino laricio *Pinus nigra*) en las zonas altas, y en las zonas bajas los bosques de pino carrasco (*Pinus halepensis*) y de carrascas de *Quercus ilex*. Destacan, además, prados de carácter basófilo de la montaña media.

La zona se encuentra dentro del Parque Natural de los Ports y dentro de los límites de la Reserva Nacional de Caza de los Ports, gestionadas por la Generalitat de Catalunya.

MATERIAL Y MÉTODOS

La captura de las cuatro cabras se realizó en cajas trampa situadas de forma fija y utilizadas como capturaderos para la manipulación de esta especie por el equipo técnico gestor de la Reserva Nacional de Caza de los Ports.

Características de los collares

Los collares GPS-Simplex (Televilt Positioning, Suecia) eran del modelo G01-0101, dotado con un sistema electromagnético que libera el collar al cabo de 365 días (drop-off). El collar dispone de un sistema de recepción GPS de 12 canales y una memoria interna que puede almacenar hasta 2500 localizaciones. Dispone a la vez de un emisor que emite señales en la banda VHF que permite su localización convencional. El envío de los datos de forma remota hasta un receptor se hace mediante un radiomódem.

Por su parte los collares GPS-Tellus System TM (Televilt Positioning, Suecia) eran del modelo 1D. El collar dispone de un sistema de recepción GPS de 12 canales y una memoria interna que puede almacenar hasta 12625 localizaciones. Dispone a la vez de un emisor que emite señales en la banda VHF permitiendo su localización convencional. Como en el modelo anterior, los Tellus están equipados con un sistema electromagnético que permite la liberación del collar (drop-off) en un periodo prefijado por el usuario, o mediante la comunicación con el collar a través de una unidad suplementaria (RC01), cuando el usuario lo estime oportuno. Respecto al modelo anterior, éste presenta algunas mejoras técnicas que podemos resumir en: mayor capacidad de memoria; registro de valores continuos en algunos parámetros (Tipo de localización 2D/3D en Simplex vs número de satélites contactados en Tellus, DOP); comunicación con el collar una vez

éste está montado en el ejemplar, lo que permite la activación del mecanismo drop-off o la descarga remota de datos cuando el operario lo estime oportuno; mayor tiempo de vida útil. La descarga remota de datos, así como la comunicación con el collar, se realizan mediante un radiomódem, en un radio de máximo 1500 metros desde el collar.

En ambos modelos, cuando se activa el mecanismo del drop-off, el collar pasa a emitir en recovery mode, de manera continuada, con un pulso diferente y en frecuencia VHF para poder recuperar el collar. El funcionamiento en recovery mode utiliza una batería independiente que llevan montada los collares, de manera que no reduce la vida útil de los collares.

Los datos que almacenan para cada localización son: fecha, hora, latitud/longitud (referencia WGS84), 2D/3D (en el modelo Simplex) o número de satélites contactados (SVS en el modelo Tellus) y valor de DOP.

El equipo utilizado para la recepción y descarga de datos en ambos modelos consta de un receptor RX900, también de Televilt (modelo C, con sistema de recepción remota de datos), junto a una antena yagi de 5 elementos.

Test en posiciones conocidas

Se realizaron test en 8 posiciones conocidas, a partir de las cuales se obtuvieron 5274 localizaciones. Mediante el programa Tellus Project Manager 1.12 (Televilt) se programaron los collares para que obtuviese una localización cada 5 minutos con un tiempo máximo de búsqueda de satélites de 180 segundos. A partir de estos datos se analizó el DOP, el número de satélites utilizados en cada localización, la tasa de localización (número de localizaciones conseguidas respecto al número de localizaciones programadas durante el intervalo de tiempo considerado) y el 95% CEP (Circular Error Probable), que indica el radio alrededor de la localización conocida que abarca el 95% de las localizaciones (Moen et al., 1997; Lewis et al., 2007), y el error de localización calculado como la distancia euclídea desde la localización conocida a cada una de las localizaciones (Rempel y Rodgers, 1997; Lewis et al., 2007; Sager-Fradkin et al., 2007), y su variación en función del hábitat y la orientación en las que tuvieron lugar los test. En estos test, se consideró como "posición conocida" la media aritmética de las coordenadas de las localizaciones que el collar realizó en cada test (Moen et al., 1997; Lewis et al., 2007).

Para ello se consideraron las siguientes categorías de hábitat: bosque de pinar (código nivel 3 de CORINE Land Cover 2000: 312), cultivos (código 242) y ecotono bosque-matorral (código 324), de acuerdo con la información geográfica de CORINE Land Cover (Environmental European Agency). A partir del modelo digital de elevaciones, basado en las capas de información geográfica del Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya, se calculó la orientación de cada localización. Para ello se utilizó el programa ArcGis 9.1.

A partir de estos datos se ensayaron 6 métodos diferentes de filtrado de los datos, y se estudió su efecto sobre la reducción en el error de localización, el 95% CEP y el porcentaje de localizaciones perdidas. Mediante los diferentes métodos de filtrado se eliminaron las

localizaciones con DOP mayor de 10 considerando todas las localizaciones (2D y 3D) conjuntamente (método 1) (D'Eon y Delparte, 2005); se eliminaron las localizaciones 2D con DOP mayor que 5 y se mantuvieron todas las localizaciones 3D (Lewis et al., 2007) (método 2); se eliminaron las localizaciones 2D con DOP mayor que 5 y las 3D con DOP mayor de 10 (Moen et al., 1996) (método 3), se eliminaron todas las localizaciones 2D y se mantuvieron todas las localizaciones 3D (Lewis et al., 2007) (método 4); se eliminaron el 10% de las localizaciones con mayor DOP considerando las 2D y las 3D por separado (método 5); se eliminaron todas las localizaciones 2D y las 3D con mayor DOP hasta eliminar un total del 10% de las localizaciones (método 6). Lewis et al. (2007) consideran aceptable una pérdida de localizaciones por filtrado de datos del 8,6%. Por su parte D'Eon (2003) no encuentra ningún efecto en la selección del hábitat cuando excluyen el 10% de las localizaciones. En nuestro caso hemos utilizado el umbral del 10% de pérdida de datos como valor máximo aceptable.

Collares en animales salvajes

A partir de los cuatro collares colocados en ejemplares salvajes se obtuvieron 982 localizaciones con collares Simplex y 7182 con collares Tellus. Con los collares Simplex, mediante el programa Simplex Project Manager 1.2.5 (Televilt) se programaron dos o tres localizaciones diarias (a las 6:15, 12:15 y 20:15 en un collar y a las 3:15 y 12:15 en el otro) con un tiempo máximo de búsqueda de satélites de 120 segundos, ajustando la duración de la batería a 365 días. Así mismo, se programó un envío remoto de los datos almacenados cada 4 semanas, si bien los datos quedan almacenados en la memoria interna del collar hasta su resuperación final. Para los collares Tellus, mediante el programa Tellus Project Manager 1.12 (Televilt) se programaron los collares para que obtuviese una localización cada hora, con un tiempo máximo de búsqueda de satélites de 180 segundos. Así mismo, se programó una descarga mensual remota de los datos, aunque los datos quedan almacenados en la memoria interna del collar. Esta configuración no comprometía la vida útil del collar durante un ciclo anual.

A partir de estos datos, y para evaluar el funcionamiento de los collares en condiciones reales, se comparó el DOP y el tipo de localización entre los dos modelos. La tasa de localización se pudo comparar entre un collar Simplex (n=596) y uno Tellus (n=2144).

De acuerdo con la información geográfica de CORINE Land Cover (Environmental European Agency) se consideraron las siguientes categorías de hábitat: Bosques (códigos de nivel 3 312 y 313), Vegetación esclerófila (Código 232), ecotono bosque-matorral (código 324), otros (códigos 243 y 321). A partir del modelo digital de elevaciones, basado en las capas de información geográfica del Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya, se calculó la orientación de cada localización. Para ello se utilizó el programa ArcGis 9.1.

ANÁLISIS DE LOS DATOS

Las comparaciones se realizaron mediante test no paramétricos como el Kruskal-Wallis (para tres o más niveles de comparación). En los casos en los que sólo se compararon 2 niveles se aplicó el test de Mann-Whitney (Simplex vs Tellus p.e.) (Coelho et al., 2007). El tratamiento estadístico se realizó con el software SPSS 13.0.

RESULTADOS

Test en posiciones conocidas

A partir de los collares Tellus se realizaron 8 test en localizaciones conocidas mediante los cuáles se obtuvieron 5274 localizaciones (Tabla 1). Con estos datos se compararon los valores medios de la tasa de localización en cada hábitat y en cada orientación. No se encontraron diferencias significativas en la tasa de localización en los diferentes hábitats (Kruskal-Wallis $X_2^2=1,02$; $p<0,601$) ni entre las orientaciones (Kruskal-Wallis $X_2^2=0,607$; $p<0,715$) analizadas, dando como resultado medio una tasa de localización de 98,3% ($n=8$, $Est=0,9\%$). En cambio sí se encontraron diferencias significativas en los valores de DOP (Kruskal-Wallis $X_2^2=310,67$; $p<0,001$) y el número de satélites contactados (Kruskal-Wallis $X_2^2=522,11$; $p<0,001$) en los diferentes hábitats, mostrando valores mayores de DOP y un menor número de satélites contactados en el pinar que en los cultivos, y en éstos menor que en las zonas de ecotono bosque-matorral (Tabla 2).

En estos test, el porcentaje de localizaciones 2D (4,2%) fue claramente inferior al de localizaciones 3D (95,8%). Las localizaciones en 2D mostraron un valor mayor de error de localización ($\bar{X}=36,47$; $n=219$; $Est=6,64$) que las localizaciones en 3D ($\bar{X}=13,51$; $n=5055$; $Est=0,53$) ($U=301118$; $n_1=219$; $n_2=5055$; $p<0,001$). Por su parte se encontraron diferencias significativas en el error medio de localización según el DOP (Kruskal-Wallis $X_{14}^2=699,04$; $p<0,001$), variando entre $\bar{X}=9,67$ metros ($n=1886$; $Est=0,47$) en las localizaciones con $DOP=1$, y $\bar{X}=309,1$ metros ($n=3$; $Est=17,09$) en las localizaciones con $DOP=15$. El 95% CEP global, considerando todos los datos conjuntamente, fue de 101,8 metros, oscilando entre los 45,2 metros del ecotono y los 112,4 metros en los bosques

En cuanto al efecto de la orientación de los test, se detectaron diferencias significativas entre el DOP (Kruskal-Wallis $X_2^2=336,26$; $p<0,001$) y el número de satélites contactados (Kruskal-Wallis $X_2^2=392,39$; $p<0,001$) entre las diferentes orientaciones, mostrando los mejores valores en las localizaciones llanas (DOP_{llano} $n=2050$, $\bar{X}=2,38$, $Est=0,03$; SVS_{llano} $n=2050$, $\bar{X}=4,85$, $Est=0,02$) (Tabla 3).

En este caso, el 95% CEP osciló entre 79,6 m en las zonas llanas y 139,3 m en las orientadas al norte.

El método de filtrado de datos que mejor resultado produjo respecto a la precisión de los datos fue el método 5, basado en la eliminación del 10% de los datos con mayor DOP considerando las localizaciones 2D y 3D por separado. Con este método el 95% CEP se redujo en 20 metros, pasando de 101,8 a 82,2 metros, el error medio de localización en 3,2 metros, pasando de 27,3 a 24,1, con una pérdida del 9,92% de los datos (Fig. 1).

Collares en animales salvajes

El funcionamiento de los collares en condiciones reales de trabajo mostró diferencias entre los dos modelos comparados. Así, se detectaron diferencias significativas en la tasa de localización entre ambos ($X_1^2=202,55$; $p<0,001$), siendo menor en los Simplex (57,3%, $n=1040$ localizaciones previstas) que en los Tellus (92,4%, $n=2321$ localizaciones previstas). Se detectaron diferencias significativas en el DOP medio entre los dos collares

($U=2607454$; $n_1=982$; $n_2=7182$; $p<0,001$), siendo mayor en los collares Simplex ($n=982$; $\bar{X}=3,51$; $Est=0,06$) que en los Tellus ($n=7182$; $\bar{X}=2,89$; $Est=0,02$), aunque los porcentajes de localizaciones con DOP inferior a 5 y con DOP inferior a 10 fueron similares en ambos collares (Fig. 2).

El porcentaje de localizaciones 2D fue mayor en los collares Simplex (58,9%) que en los Tellus (8%), llegando en los primeros a superar el 50% de las localizaciones (Fig. 3). El patrón de un mejor funcionamiento en los collares Tellus se observa en todos los hábitats y orientaciones.

DISCUSIÓN

Respecto a los test realizados en localizaciones conocidas, los resultados se han de interpretar con cautela, ya que se trata de una muestra pequeña en la que no están representados todos los hábitats ni orientaciones. En la zona de estudio, los collares Tellus muestran una tasa de localización similar a la de otros trabajos realizados más o menos en el mismo periodo (Di Orio et al., 2003; Lewis et al., 2007). En este sentido, cabe destacar que ni el tipo de hábitat, ni la orientación afectan a la tasa de localización. A pesar de la reducida muestra ($n=8$), la elevada tasa de localización obtenida en todas las situaciones (superior al 93% en todos los casos) sugerirían que realmente en la zona de estudio, ni la orientación ni el hábitat no afectan a la tasa de localización.

En cambio el hábitat si tuvo efecto sobre la precisión de las localizaciones. Así, la precisión de las localizaciones obtenidas en pinar es significativamente menor que las obtenidas en los otros hábitats, tanto a partir de estimas indirectas (a partir del DOP y del número de satélites contactados) como a partir del error de localización y del 95%CEP. De los hábitats estudiados, el pinar es el que presenta una cubierta más densa. Estos resultados concuerdan con los trabajos de otros autores, que apuntan un efecto negativo de la cobertura de vegetación sobre la precisión de las localizaciones (Lewis et al., 2007; Cargnelutti et al., 2007; Sager-Fradkin et al., 2007).

La orientación también tuvo efecto sobre la precisión de las localizaciones en todos los parámetros estudiados, presentando mejores resultados en los lugares llanos, que son los lugares con la menor obstrucción del terreno, coincidiendo con los resultados de otros autores (Lewis et al., 2007). D'Eon y Delparte (2005) encuentran un patrón similar al de nuestros resultados, con una precisión menor en las localizaciones orientadas al norte que en las orientadas al sur, a pesar de que las diferencias no fueron significativas.

De acuerdo con otros trabajos, en nuestro caso las localizaciones 3D y las de menor DOP mostraron menor error de localización que las 2D y las de mayor DOP (Moen et al., 1996; Di Orio et al., 2003; Lewis et al., 2007). Este hecho nos permite utilizar estos dos parámetros como base para el filtrado de datos con el fin de aumentar la precisión de las localizaciones, tal como sugieren varios autores (Moen et al., 1996; D'Eon et al., 2002; D'Eon y Delparte, 2005; Lewis et al., 2007).

En nuestro caso, el método de filtrado de datos que mayor reducción del 95%CEP produjo fue el basado en la eliminación del 10% de localizaciones con mayor DOP, considerando las 2D y las 3D por separado. El aumento de la precisión es más marcado

en el 95% CEP que en el error de localización. Este tipo de filtros actúan reduciendo un pequeño porcentaje de localizaciones con un gran error de localización, por lo que aunque el error medio no se ve muy afectado, eliminan un porcentaje elevado de valores extremos, reduciendo así el 95% CEP. No existe un consenso claro respecto de que método de filtrado produce los mejores resultados. Este hecho pone de manifiesto la conveniencia de ensayar en cada caso que método produce mejor resultado antes de analizar los datos, tanto para ajustar el método a las condiciones locales, como para mejorar nuestro conocimiento sobre el efecto del filtrado de datos en diferentes condiciones (Frair et al., 2004).

Como conclusión, en general, el test en localizaciones conocidas muestra que en las condiciones de la zona de estudio, los collares Tellus tienen un rendimiento muy satisfactorio, con una tasa de localización muy alta, aunque el error de localización es mayor de lo esperado.

Estos resultados parciales muestran la necesidad de realizar más estudios que nos ayuden a comprender el funcionamiento de los collares GPS, destacando en este sentido la escasez de trabajos en ambientes montañosos mediterráneos, caracterizados en general por un relieve muy abrupto. Igualmente sería conveniente realizar test dinámicos en posiciones conocidas (Cargnelutti et al., 2007) que simulen mejor las condiciones reales en las que tendrán que trabajar los collares. Estos estudios deberían ayudarnos a comprender el efecto de los sesgos inherentes a los collares GPS sobre aspectos tan importantes como el uso del hábitat y el espacio por la fauna salvaje, y a minimizar su efecto.

Por otra parte, los collares Tellus muestran un funcionamiento muy superior a los collares Simplex en los collares montados en animales salvajes, para todos los parámetros estudiados. Los resultados obtenidos por nosotros concuerdan con los obtenidos por Gau et al. (2004) para collares Simplex con algún grado de error en su funcionamiento. Esta mejora de los Tellus respecto de los Simplex era lógicamente esperable, ya que durante el tiempo transcurrido entre el diseño de los dos modelos, las mejoras técnicas han sido importantes.

Algunos autores indican que el intervalo de tiempo entre localizaciones influyen en el rendimiento de los collares (Janeau et al., 2004; Cain et al., 2005). Esto se debe a que al intentar una nueva localización, el GPS dispone de una imagen más reciente de la geometría de los satélites cuanto menor es el intervalo de tiempo transcurrido desde la localización anterior, mejorando de este modo la precisión de la localización (Janeau et al., 2004). En nuestro caso, el intervalo de tiempo entre localizaciones era muy inferior en los collares Tellus que en los Simplex. Este hecho podría explicar, en parte, las diferencias de rendimiento entre ambos modelos.

A pesar del mejor rendimiento de los collares Tellus, estos collares presentaron algunos problemas de funcionamiento relacionados con el mecanismo del drop-off (y la emisión en recovery mode) y la adquisición de algunas localizaciones fuera del rango geográfico posible. Uno de los collares Simplex también presentó importantes problemas de funcionamiento relacionados con la descarga remota de datos, el drop-off y el recovery mode. En este sentido, D'Eon et al. (2002) concluyen que la diferencia

en el funcionamiento individual de los collares es el factor que mayor variabilidad del rendimiento de los collares explica.

La aplicación de esta tecnología permitió la obtención continuada de una gran cantidad de datos con un reducido intervalo de tiempo que han de ayudar a profundizar en el conocimiento de la ecología y el manejo de esta especie.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer la colaboración de todas las personas e instituciones que han hecho posible la realización de este trabajo, en especial, la colaboración de la Reserva Nacional de Caça dels Ports y a su guardería que se encargaron de la captura y manejo de los ejemplares.

BIBLIOGRAFÍA

- ADRADOS, CH., VERHEYDEN, H., CARGNELUTTI, B., PÉPIN, D. y JANEAU, G. 2003. GPS approach to study fine-scale site use by wild red deer during active and inactive behaviors. *Wildlife Society Bulletin*, 31: 544-552.
- BALLARD, W. B., EDWARDS, M., FANCY, S. G., BOE, S. R. y KRAUSMAN, P. R. 1998. Comparison of VHF and satellite telemetry for estimating sizes of wolves territories in northwest Alaska. *Wildlife Society Bulletin*, 26: 823-829.
- BOWMAN, J. L., KOCHANNY, C. O., DEMANARIS, S. y LEOPOLD, B. D. 2000. Evaluation of a GPS collar for white-tailed deer. *Wildlife Society Bulletin*, 28: 141-145.
- CAIN, J. W., KRAUSMAN, P. R., JANSEN, B. D. y MORGART, J. R. 2005. Influence of topography and GPS fix interval on GPS collar performance. *Wildlife Society Bulletin*, 33: 926-934.
- CARGNELUTTI, B., COULON, A., HEWINSON, A. J. M., GOULARD, M., ANGIBAULT, J.M. y MORELLET, N. 2007. Testing Global Positioning System performance for wildlife monitoring using mobile collars and known reference points. *Journal of Wildlife Management*, 71: 1380-1387.
- COELHO, C. M., BANDEIRA DE MELO, L. F., LIMA SABATO, M. A., NOGUEIRA RIZEL, D. y YOUNG, R. J. 2007. A note on the use of GPS collars to monitor wild maned wolves *Chrysocyon brachyurus* (Illiger 1815) (Mammalia, Canidae). *Applied Animal Behaviour Science*, 105: 259-264.
- D'EON, R. G. 2003. Effects of a stationary GPS fix-rate bias on habitat-selection analyses. *Journal of Wildlife Management*, 67: 858-863.
- D'EON, R. G. y DELPARTE, D. 2005. Effects of radio-collar position and orientation on GPS radio-collar performance, and the implications of DOP in data screening. *Journal of Applied Ecology*, 42: 383-388.
- D'EON, R. G., SERROUYA, R., SMITH, G. y KOCHANNY, C. O. 2002. GPS radiotelemetry error and bias in mountainous terrain. *Wildlife Society Bulletin*, 30: 430-439.

- DI ORIO, A. P., CALLAS, R. y SCHAEFER, R. J. 2003. Performance of two GPS telemetry collars under different habitat conditions. *Wildlife Society Bulletin*, 31: 372-379.
- DUSSAULT, C., COURTOIS, R., OUELLET, J.P. y HUOT, J. 1999. Evaluation of GPS telemetry collar performance for habitat studies in the boreal forest. *Wildlife Society Bulletin*, 27: 965-972.
- DUSSAULT, C., COURTOIS, R., OUELLET, J.P. y HUOT, J. 2001. Influence of satellite geometry and differential correction on GPS location accuracy. *Wildlife Society Bulletin*, 29: 171-179.
- FRAIR, J. L., NIELSEN, S. E., MERRILL, E. H., LELE, S. R., BOYCE, M. S., MUNRO, R. H. M., STENHOUSE, G. B. y BEYER, H. L. 2004. Removing GPS collar bias in habitat selection studies. *Journal of Applied Ecology*, 41: 201-212.
- GAU, R. J., MULDER, R., CIARNIELLO, L. M., HEARD, D. C., CHETKIEWICZ, C.L. B., BOYCE, M. S., MUNRO, R. H. M., STENHOUSE, G. B., CHRUSZCZ, B. y PARKER, K. L. 2004. Uncontrolled field performance of Televilt GPS-Simplex™ collars on grizzly bears in western and northern Canada. *Wildlife Society Bulletin*, 32: 693-701.
- GIRARD, I., ADRADOS, C., PERACINO, A., MARTINOT, J. P., BASSANO, B. y JANEAU, G. 2002. Feasibility of GPS use to locate wild ungulates in high mountain environment. III World Conference on Mountain Ungulates. Caprinae Specialist Group IUCN (CSG), Zaragoza, 93 pp.
- GRAVES, T. A. y WALLER, J. S. 2006. Understanding the causes of missed global positioning system telemetry fixes. *Journal of Wildlife Management*, 70: 844-851.
- JANEAU, G., ADRADOS, C., JOACHIM, J., GENDNER, J.P. y PÉPIN, D. 2004. Performance of differential GPS collars in temperate mountain forest. *Comptes Rendus Biologies*, 327: 1143-1149.
- KENWARD, R. E. 2001. A manual for wildlife radiotagging. Academic Press, London, 336 pp.
- KLEIN, F., GENDER, J.-P., STORMS, D., HAMANN, J.L., SAÏD, S., MICHALLET, J. y PFAFF, E. 2006. Le GPS et l'étude des ongulés sauvages. *Gibier Faune Sauvage*, 272: 31-38.
- LEWIS, J. S., RACHLOW, J. L., GARTON, E. O. y VIERLING, L. A. 2007. Effects of habitat on GPS collar performance: using data screening to reduce location error. *Journal of Applied Ecology*, 44: 663-671.
- MICHALLET, J. 2002. Characterization of ibex habitat using GPS and GIS. III World Conference on Mountain Ungulates. Caprinae Specialist Group IUCN (CSG), Zaragoza, 99 pp.
- MOEN, R. A., PASTOR, J. y COHEN, Y. 1997. Accuracy of GPS telemetry collar locations with differential correction. *Journal of Wildlife Management*, 61: 530-539.

- MOEN, R. A., PASTOR, J., COHEN, Y. y SCHWARTZ, C. C. 1996. Effects of moose movement and habitat use on GPS collar performance. *Journal of Wildlife Management*, 60: 659-668.
- REMPEL, R. S. y RODGERS, A. R. 1997. Effects of differential correction on accuracy of a GPS animal location system. *Journal of Wildlife Management*, 61: 525-530.
- REMPEL, R. S., RODGERS, A. R. y ABRAHAM, K. F. 1995. Performance of a GPS animal location system under boreal forest canopy. *Journal of Wildlife Management*, 59: 543-551.
- RODGERS, A. R. 2001. Tracking animals with GPS: The first 10 years. Macaulay Land Use Research Institute, Aberdeen, 10 pp.
- RODGERS, A. R., REMPEL, R. S. y ABRAHAM, K. F. 1996. A GPS-based telemetry system. *Wildlife Society Bulletin*, 24: 559-566.
- SAGER-FRADKIN, K. A., JENKINS, K. J., HOFFMAN, R. A., HAPPE, P. J., BEECHAM, J. J. y WRIGHT, R. G. 2007. Fix success and accuracy of Global Positioning System collars in old-growth temperate coniferous forests. *Journal of Wildlife Management*, 71: 1298-1308.
- WELLS, D. E. 1986. Guide to GPS positioning. Canadian GPS Association, Fredericton, New Brunswick, Canada, 567 pp.

TABLAS, FIGURAS Y APÉNDICES

Hábitat	Orientación	Nº loc
Pinar	Este	1008
Pinar	Este	937
Pinar	Norte	401
Pinar	Norte	612
Ecotono	Llano	628
Cultivos	Llano	554
Pinar	Norte	266
Cultivos	Llano	868
Total		5274

Tabla 1. Muestra la distribución de las diferentes pruebas en los hábitats y orientaciones considerados, así como el número de localizaciones en cada test en localizaciones conocidas.

	N	DOP	Nº Satélites	Error localización	95%CEP
Pinar	3224	3,08 (0,04)	4,31 (0,01)	30,88 (0,85)	112,41
Ecotono	628	2,21 (0,05)	5,21 (0,04)	14,65 (0,83)	45,16
Cultivo	1422	2,46 (0,04)	4,69 (0,03)	24,94 (0,97)	98,16
Total	5274	2,81 (0,03)	4,52 (0,01)	27,34 (0,60)	101,8

Tabla 2. Muestra los valores de precisión de las pruebas realizadas en localizaciones conocidas en cada hábitat. Se muestra el DOP, el número de satélites contactados como estimas indirectas de la precisión de las localizaciones, y el error de localización y del 95% CEP como estimas directas de la misma. Se muestra la media y entre paréntesis, el error estándar.

	N	DOP	Nº Satélites	Error localización	95%CEP
Este	1945	2,87 (0,04)	4,30 (0,02)	25,76 (1,00)	86,97
Norte	1279	3,39 (0,07)	4,32 (0,02)	38,67 (1,50)	139,26
Llano	2050	2,38 (0,03)	4,85 (0,02)	21,79 (0,73)	9,58
Total	5274	2,81 (0,03)	4,52 (0,01)	27,34 (0,60)	101,8

Tabla 3. Muestra los valores de precisión de las pruebas realizadas en localizaciones conocidas en cada orientación. Se muestra el DOP, el número de satélites contactados como estimas indirectas de la precisión de las localizaciones, y el error de localización y del 95% CEP como estimas directas de la misma. Se muestra la media y entre paréntesis, el error estándar.

Figura 1. Muestra el efecto de cada método de filtrado sobre la reducción del error medio de localización (media \pm error estándar), el 95%CEP y el porcentaje de localizaciones perdidas debido al método de filtrado. La línea horizontal representa el 10% de localizaciones perdidas, que hemos considerado como límite aceptable de pérdidas. Para una descripción de los diferentes métodos de filtrado aplicados, ver el texto, apartado Material y Métodos.

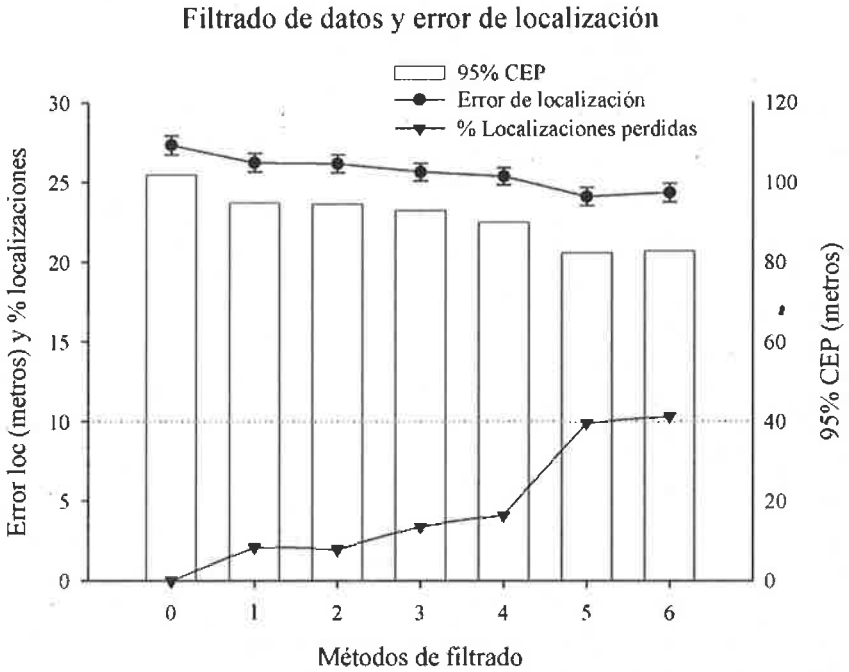


Figura 2. DOP medio en las diferentes orientaciones y en los diferentes hábitats en los que se obtuvieron las localizaciones de los collares montados en animales salvajes para los dos modelos de collares. Se muestra el valor medio \pm error estándar.

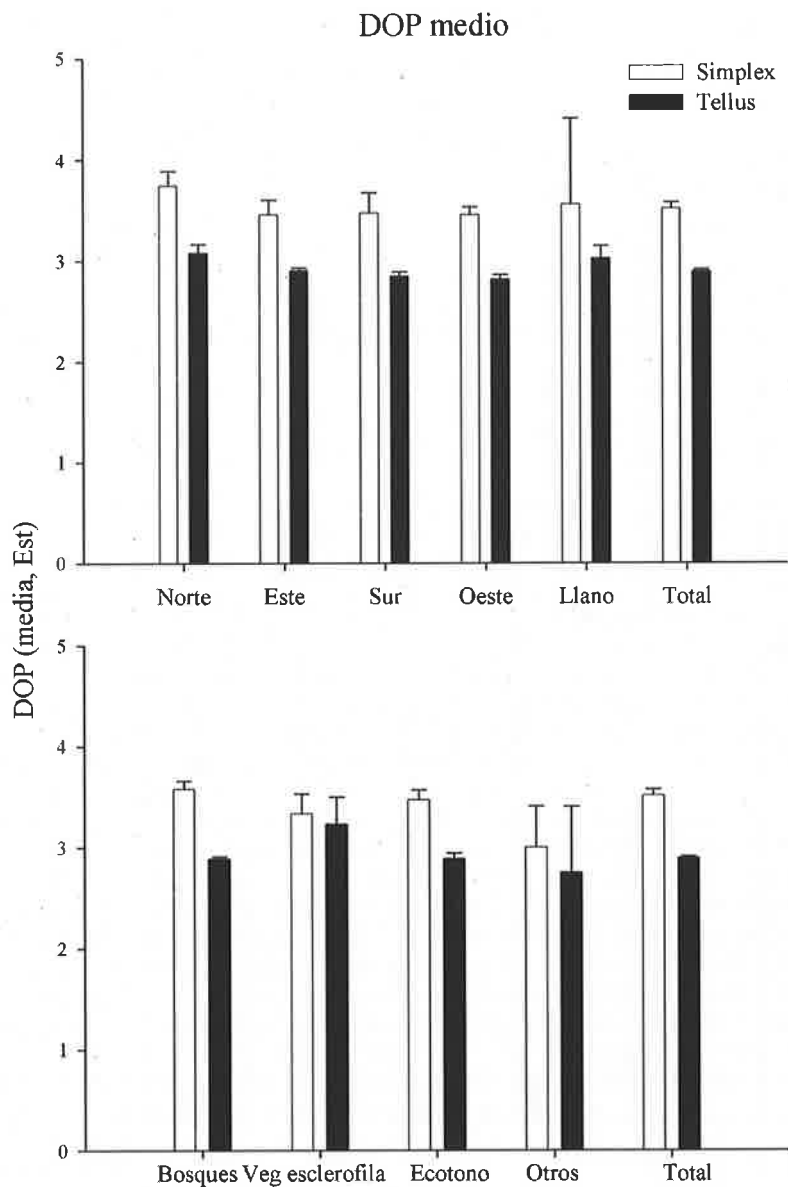
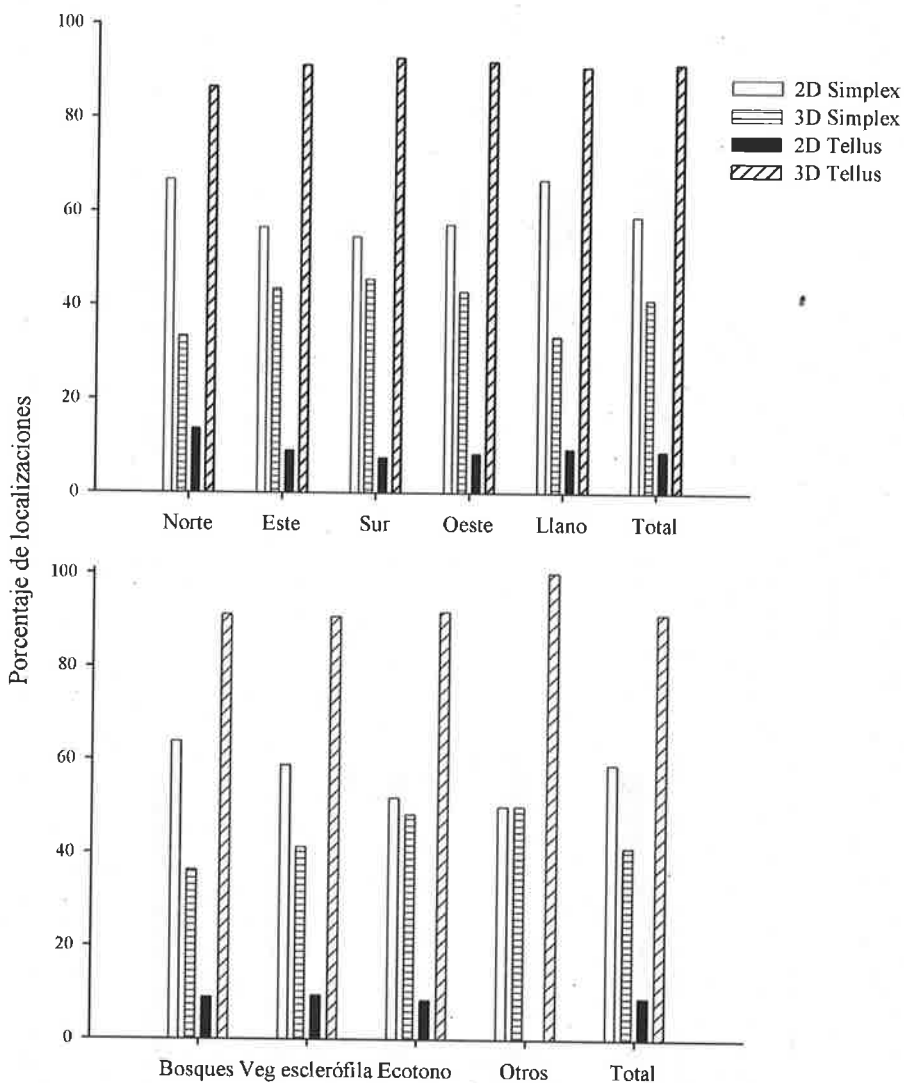


Figura 3. Porcentaje de localizaciones en dos (2D) y en tres (3D) dimensiones en las diferentes orientaciones y en los diferentes hábitats en los que se obtuvieron las localizaciones de los collares montados en animales salvajes para los dos modelos de collares.

Localizaciones 2D vs 3D



II Congreso
Internacional
del género
Capra
en Europa
Granada 2007

Tendencias actuales en el estudio y conservación de los Caprinos Europeos



JUNTA DE ANDALUCÍA
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

Tendencias actuales en el Estudio y Conservación de los Caprinos Europeos



José E. Granados Torres; Javier Cano-Manuel León; Paulino Fandos Paris
y Rafael Cadenas de Llano Aguilar (Ed.)

