

6. LOS SISTEMAS GANADEROS EXTENSIVOS Y LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS¹

*Miguel Ángel Aparicio Tovar
Alan Atkinson Gordo
Juan de Dios Vargas Giraldo*

1. INTRODUCCIÓN

La ganadería extensiva se enfrenta en estos momentos a una situación de particulares dificultades, que poco a poco se ha ido haciendo presente a lo largo de los últimos años. La irrupción de un conjunto de circunstancias adversas, ha hecho eclosionar una situación de crisis manifiesta, que afecta al modo de producción animal en este régimen. Un régimen caracterizado por la utilización de abundantes recursos naturales, amplias extensiones de tierra, escasa pero cualificada mano de obra, y generalmente escaso nivel de infraestructuras. Dentro del conjunto de factores limitantes, hay dos que pueden ser de algún modo subsanados mediante la incorporación de nuevas tecnologías, nos referimos a la mano de obra y a la necesidad de la optimización de los recursos naturales de pastoreo.

Aun cuando la situación actual es negativa para toda la ganadería en su conjunto, las circunstancias son diferentes según la especie de que se trate. Por un lado está la problemática del porcino ibérico, con su ciclo modificado en las dos últimas décadas, y por otro la de los rumiantes. Dentro de éstos, cabría la posibilidad de apreciar diferencias entre la crisis más profunda del *ovino* y la del *vacuno*, más pasajera en nuestra opinión, vinculada a una coyuntura negativa en la que la elevación de los precios de los alimentos constituye la principal causa de la misma.

1. Parte de este trabajo fue presentado a las XXXII Jornadas Nacionales y XI Internacionales de la SEOC.

LA AGRICULTURA Y LA GANADERÍA EXTREMEÑAS EN 2007

En el caso del *porcino ibérico*, desde hace unos años se estaban creando las condiciones para desembocar en una especie de riada que se está llevando por delante un buen número de granjas y de empresarios que han estado invirtiendo con más ilusión que información fidedigna. Las causas que han deparado la actual situación son de diferente naturaleza. Sin tratar de ser exhaustivos, podríamos citar un crecimiento desmesurado e incontrolado de los precios de los alimentos y de algunas materias primas como los combustibles; una caída de los precios de los animales y de los productos obtenidos; un espectacular, y asimismo no controlado, aumento de los censos; una disminución de la mano de obra cualificada; una situación normativa que ha provocado una situación de cuasifraude legalizado, al permitir la salida al mercado de productos con una denominación inadecuada como ibéricos, cuando no eran más que el cruce de ibérico con otras razas, generalmente Duroc. Este hecho ha provocado la saturación de un mercado muy inmaduro y con muy escaso nivel de formación, lo que ha facilitado el fraude.

La tan traída y llevada Norma de Calidad de productos del ibérico, ha tenido a mi juicio un efecto muy negativo sobre el sector, ya que ha permitido la comercialización de productos cruzados con la denominación "ibérico", un auténtico disparate, ya que sería como admitir que saliera al mercado un vino de Rioja, Ribera del Duero, Ribera del Guadiana o de cualquiera de las denominaciones de origen conocidas pero que llevara en su composición mezcla de otros vinos de inferior calidad. Nadie en su sano juicio lo consideraría ético, serio, ni riguroso y por supuesto esta práctica tendría efectos muy negativos sobre ese vino en cuestión. Esto puede sucederle a los productos del ibérico de no remediarse. Esta cuestión no es sólo de denominación con un nombre u otro, se trata de un problema mucho más profundo ya que contrapone, productividades, sistemas de producción, alimentación y manejo, entre otros factores, en los que siempre sale seriamente perjudicado el cerdo ibérico y los productores dedicados a esta actividad.

Referente a la productividad, el número de lechones ibéricos puros por parto es inferior entre un 20 y un 80% al de los cruzados de ibéricos y cifras similares se producen en los lechones destetados. Comparando otros parámetros, observamos como el tiempo para alcanzar el peso al sacrificio, en el ibérico es mayor que en los cruzados; el tiempo de curación de jamones es más elevado en el ibérico que en los cruzados, de manera que trabajar con cerdo ibérico es mucho más costoso que trabajar con cerdo cruzado. Sin embargo, tras el paso por el matadero se produce el milagro del ibérico, lo que antes era un cruce pasa por arte de magia a ser un producto ibérico y es el auténticamente ibérico el que ha de llevar un apellido para que el consumidor lo identifique, como "ibérico puro". En realidad no haría falta este apellido porque lo otro no es ibérico, es otra cosa, otro producto que tiene su nicho de mercado con su propio nombre. Tratamos de dar unas pinceladas sobre los aspectos problemáticos, no redactar una monografía sobre el fraude en el ibérico, motivo por el que dejaremos en este punto la cuestión.

En relación con el *ganado vacuno*, el censo en España en el periodo 1991-2005 ha experimentado un crecimiento del 19,4% (MAPA, 2007), mientras que el censo de las vacas criadas en régimen extensivo (vacas que no se ordeñan), se ha elevado en el

LOS SISTEMAS GANADEROS EXTENSIVOS Y LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS

mismo periodo hasta un 60%, alcanzando la cifra de 1.894.402 cabezas. Esto indica una reorientación de la ganadería bovina española, desde una producción láctea, solo rentable en Galicia y en la cornisa cantábrica por las condiciones medioambientales, a una ganadería de orientación cárnica, más acorde con los recursos productivos disponibles y con el clima existente en España.

Extremadura es la Comunidad Autónoma que presenta el segundo censo en términos cuantitativos de vacas de orientación productiva cárnica (vacas que nunca se ordeñan), con más del 20% y las provincias de Cáceres y Badajoz ocupan los puestos primero y tercero, respectivamente, en el censo de este tipo de ganado.

El número total de explotaciones de ganado bovino existentes en España es de 136.070, según la encuesta de estructura de las explotaciones agrarias elaborada por el INE en 2005. Las explotaciones de ganado bovino de Extremadura representan el 6% del total de España, cifra que alcanza el 25% cuando se trata de explotaciones de 100 o más hectáreas, con una media de 88 cabezas por explotación, frente a una media nacional de 43. Lo que refuerza el carácter extensivo de la ganadería bovina extremeña.

CUADRO 1. Número de explotaciones de ganado bovino en España y Extremadura, según tamaño (2005).

	España	Extremadura	% Ext/Esp
Número explotaciones	136.070	8.143	6
Total SAU ⁽¹⁾	132.641	7.714	6
< 1 ha	6.839	38	1
1 a 2 ha	11.000	157	1
2 a 5 ha	25.017	730	3
5 a 10 ha	23.835	819	3
10 a 20 ha	25.029	968	4
20 a 30 ha	11.321	562	5
30 a 50 ha	10.262	677	7
50 a 100 ha	8.779	1.144	13
>100 ha	10.559	2.620	25

Fuente: Elaboración propia con datos del I.N.E.. (1) Superficie Agraria Útil (ha)

Tradicionalmente el ganado vacuno ha requerido escasa mano de obra, uno de los talones de Aquiles de la ganadería extensiva, y ésta ha sido una de las causas, junto con alguna de las medidas de la Política Agraria Común, de la introducción del vacuno en fincas tradicionalmente dedicadas a la explotación de otras especies. Pero en todo caso, es necesario disponer de información acerca de la localización del ganado, especialmente en las grandes explotaciones y en las de aprovechamiento comunal de pastos, así como del nivel de aprovechamiento que hace el ganado de los pastizales a fin de poder optimizar su uso.

Por su parte, el sector de los pequeños rumiantes en general, y del *ganado ovino* en particular (el ganado caprino tiene su propia problemática), está sufriendo una situación de crisis acentuada debido a una serie de factores, entre los cuales cabe citar: la caída de

LA AGRICULTURA Y LA GANADERÍA EXTREMEÑAS EN 2007

los precios de la carne de cordero, el crecimiento de los precios de los factores de producción, tales como piensos, zoosanitarios, transportes, etc.; la subida del coste de la mano de obra, junto con una escasez de la misma y la jubilación de las generaciones anteriores de pastores y ganaderos, sin que se esté produciendo un renuevo generacional. Tampoco es ajeno a esta crisis el desacoplamiento al 50% introducido en las ayudas al ovino en la Reforma Intermedia de la PAC, que dará lugar a una disminución del número de explotaciones, aunque un previsible incremento del tamaño medio de las mismas.

En el último decenio, el censo total de ovino en España ha experimentado un descenso de más de 1.200.000 cabezas, que supone una caída del 5%. El censo de hembras reproductoras ha manifestado una elevación en la primera mitad hasta el año 2000, y a partir de esa fecha, se ha producido una caída acusada, llegando en 2005 a poco más de 17 millones de cabezas. Una cifra inferior en más de un millón de reproductoras a la existente en 1996, y que en términos porcentuales ha significado una caída del 6,2%. Este hecho es consecuencia de los problemas estructurales del sector y podría ser considerado como una falta de confianza de los ganaderos en el futuro de la actividad, lo que permite augurar un mantenimiento de la tendencia censal decreciente a corto y medio plazo, incentivado por las modificaciones producidas en la PAC con el desacoplamiento parcial.

La producción ovina se concentra en la España del secano tradicional; las dos Castillas, Extremadura, Aragón y Andalucía suman más del 80% del censo ovino español. Badajoz y Cáceres con las dos provincias españolas con mayores censos ovinos.

Según la encuesta sobre la estructura de las explotaciones agrarias del INE referida a 2005, existen 85.247 explotaciones de ganado ovino en España. Las explotaciones ovinas extremeñas representan el 13% del total y las asentadas en fincas de 100 o más hectáreas suponen más del 25%. El número medio de cabezas de ganado ovino por explotación en el conjunto de España es de 231 cabezas, frente a 334 en Extremadura. Es previsible que continúe el proceso de concentración, iniciado años atrás, con una disminución del número de explotaciones y un aumento del tamaño medio de las mismas, que a nuestro juicio deberá crecer hasta un mínimo de 800 cabezas para alcanzar el umbral de sostenibilidad económica.

Los precios percibidos por los ganaderos por los corderos recientes de entre 15 y 26 kpv, desde 1996 hasta abril de 2007, han sufrido una caída del 5%, en valor monetario corriente. Aplicando los índices de deflación correspondientes, el precio medio percibido por los ganaderos en 2008 es inferior, en más de un treinta por ciento, al precio medio percibido en 1996.

Los precios de los factores de producción se han elevado considerablemente en el periodo citado. Los piensos se han encarecido en 2007 de forma notoria, hasta alcanzar, en opinión de algunas fuentes (Cesfac, 2007), el 25% y las materias primas para elaborarlos, según la misma fuente, entre un 35 y un 40%, señalando, como una consecuencia, la caída por vez primera en 15 años del 5,84% en la producción de piensos compuestos.

El coste de la mano de obra se ha incrementado en un 37%. Si en 1996 se necesitaba el equivalente del valor de 9 kilos de cordero para poder pagar el trabajo de un pastor durante una jornada, en 2007 se necesitaron el equivalente de 13 kilos. El incre-

LOS SISTEMAS GANADEROS EXTENSIVOS Y LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS

mento del coste de la mano de obra no es el único problema que ha de asumir el ganadero de ovino en este rubro. Además ha de asumir la falta de un nivel de cualificación necesario para el cuidado del ganado en condiciones adecuadas. Más aún, con las nuevas exigencias en este aspecto emanadas de las normas comunitarias. Además, estamos asistiendo a falta de relevo generacional, que conduce a un envejecimiento de los titulares de las explotaciones y consiguientemente a una disminución de los mismos.

2. LA TECNOLOGÍA GPS Y LA GANADERÍA EXTENSIVA

De las breves pinceladas dadas se deduce que la ganadería extensiva se enfrenta a un momento crítico, con cambios estructurales profundos y necesita adoptar innovaciones, “de forma que aporte soluciones inéditas a los problemas y permita así responder a las necesidades de las personas y de la sociedad” tal y como se consideraba el concepto de innovación en el Libro Verde de la Innovación de la Comisión Europea (1996). En el mismo documento se señalaba que “la investigación, el desarrollo y la utilización de nuevas tecnologías, en una palabra, el factor tecnológico, son elementos claves de la innovación, aunque no son los únicos. En efecto, para incorporarlo, “la empresa debe actuar sobre su propia organización, adaptando sus métodos de producción, gestión y distribución” (CE, 1996).

El informe Cotec 2003 sobre la innovación, indicaba la necesidad de “Recurrir a la innovación tecnológica como instrumento de competitividad en todos los sectores” y señalaba, asimismo, que “las actividades tradicionales también necesitan apoyarse en el uso de la tecnología para permanecer en sus mercados y entrar en otros nuevos.”

El sector ganadero en general y el extensivo en particular, necesitan la adopción de innovaciones en diferentes ámbitos, para poder acometer con posibilidades de éxito los retos que tiene planteados, unos retos que pueden dar lugar a una modificación profunda de la ganadería que conocemos.

En este marco, a finales del año 2002, nos planteamos la posibilidad de controlar y monitorizar el pastoreo de los animales domésticos sin necesidad de la presencia física y constante del hombre. Nos planteamos la posibilidad de monitorizar, en el sentido estricto de la acepción del término establecido por la Real Academia Española, esto es “*Observar mediante aparatos especiales el curso de uno o varios parámetros fisiológicos o de otra naturaleza para detectar posibles anomalías*”. Pretendíamos poder afrontar dos retos presentes en la ganadería extensiva, la escasez de mano de obra cualificada, ya señalada, y la creciente valorización de los recursos naturales de pastoreo, mediante la utilización de una nueva tecnología en el sector. Iniciamos lo que en la terminología del clásico Manual de Frascati (OCDE, 1993) supondría una innovación tecnológica, que “abarcan los nuevos productos y procesos. Una innovación se ha realizado en el momento en que se ha introducido en el mercado (innovación de producto) o se ha utilizado en un proceso de fabricación (innovación de proceso). Las innovaciones hacen intervenir todo tipo de actividades científicas, tecnológicas, de organización, financieras y comerciales. La I+D es tan solo una de esas actividades y puede llevarse

LA AGRICULTURA Y LA GANADERÍA EXTREMEÑAS EN 2007

a cabo en diferentes fases del proceso innovador, no solo como fuente original de ideas creadoras, sino también como forma de resolver los problemas que puedan surgir en cualquier etapa hasta su culminación”.

Desde su introducción en el ámbito civil, la tecnología GPS, ha sido utilizada en numerosas actividades. Incluso se ha utilizado para el control de las subvenciones derivadas de la Política Agraria Comunitaria (Manzano-Agugliano, F. et al., 1998). Dentro de nuestro campo de interés, tiene relevancia el uso de la tecnología GPS en el ámbito medioambiental, y su aplicación en los estudios de biodiversidad y en los estudios faunísticos.

Los primeros ensayos del uso de dispositivos GPS para estudiar el movimiento de animales en libertad, fueron llevados a cabo en 1993 en el marco de un proyecto para el estudio del hábitat del reno en el norte de Québec, Canadá (Rogers and Anson, 1994). En los siguientes años se realizaron nuevas experiencias sobre renos en Québec y sobre alces en Ontario, estas últimas en el marco de un proyecto promovido por el Ministerio de Recursos Naturales de Ontario (Rogers et al. 1995, 1996 y 1997). Sobre alces también han realizado trabajos Moen et al. (1996), Edenius et al. (1997) en un proyecto sobre aplicación de la teledetección al medioambiente, Lindzey et al. (2001) ha aplicado la técnica sobre alces, ciervo mula y pumas en las montañas de Wyoming. Bleurut et al. (1996) han trabajado en la monitorización de ciervos, al igual que Jeaneau et al. (2004) en el sur de Francia y Bowman et al. (2000) en el estado de Mississippi. Obbard et al. (1998), han trabajado sobre el estudio del comportamiento de los osos mediante la monitorización de los mismos a través de la tecnología GPS.

Se ha empleado la tecnología GPS para el análisis de diferentes variables como el comportamiento, la elección de áreas de pastoreo o la monitorización y seguimiento de animales domésticos. En el caso del ganado bovino, son de interés los trabajos de Ganskopp et al. (2000 y 2001), sobre el estudio de la distribución de bovinos en superficies de pastoreo de zonas áridas, mediante el control a través de dispositivos dotados con receptores GPS. Fehmi y Laca (2001), utilizan la técnica GPS de forma comparativa con otras técnicas para la observación de la localización y el comportamiento animal. Bailey et al. (2001) estudiaron con esta técnica el comportamiento en pastoreo de bovinos en diferentes sistemas ambientales. Schlecht et al. (2004), estudiaron el comportamiento de ganado bovino en pastoreo libre mediante sistemas GPS y concluyeron que, junto con los Sistemas de Información Geográfica, tienen una gran potencialidad para los estudios de interacción entre el pastoreo animal y el medio ambiente. Sickel et al. (2004), aplicaron la tecnología GPS para el estudio del pastoreo de bovinos en las zonas montañosas de Noruega y, juntamente con los sistemas de información geográfica, identifican las zonas más valiosas desde el punto de vista pascícola y de riqueza de especies, encontrando, asimismo, una elevada correspondencia entre los hábitats clave en la agricultura de verano y las zonas de preferencia del ganado para el pastoreo. Turner et al. (2000), estudiaron el uso de esta tecnología para la monitorización del pastoreo libre de bovinos. Ungar et al. (2005) aplicaron dispositivos dotados con receptores GPS para el estudio del comportamiento del ganado vacuno en dos sistemas de pastoreo extensivo diferentes, en los Estados Unidos y en Israel.

LOS SISTEMAS GANADEROS EXTENSIVOS Y LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS

En el ganado ovino los trabajos son más escasos, quizás por la relación coste tecnología, coste de los animales, desfavorable en este caso, o quizás por la mayor dificultad de diseño de dispositivos adaptados a las características del ganado ovino, de menor tamaño y peso y consecuentemente con mayores requerimientos en la miniaturización de los equipos a utilizar, lo cual supone un encarecimiento de los mismos. No obstante, el primer trabajo que hemos encontrado en el cual se emplea la tecnología GPS para el seguimiento del ganado ovino es el de Hulbert et al. (1998), dedicado al estudio del efecto de dispositivos dotados con receptores GPS aplicados a ovejas y su relación con el ritmo circadiano y el comportamiento alimentario de las mismas, sin encontrar diferencias entre los grupos testigo y control. Por su parte, Rutter et al. (1997), utilizaron un rebaño de ovejas dotadas con dispositivos equipados con receptores GPS para analizar su comportamiento en un área restringida por la contaminación de cesio radiactivo (^{137}Cs), procedentes del desastre de Chernobil, concluyendo en la eficacia de la técnica GPS para el estudio del comportamiento de ovejas en pastoreo libre.

Asimismo ha habido una notable producción bibliográfica sobre la viabilidad de la propia metodología como herramienta científica en diferentes ámbitos. Así, se ha trabajado intensamente sobre la aplicabilidad de esta nueva metodología científica y la precisión de la misma para determinar las posiciones obtenidas, como los trabajos de Rempel (1995) sobre la utilización de la obtención de la posición de animales, dotados con equipos receptores de GPS, mediante el sistema de corrección diferencial. Haller (2001), sobre la precisión comparada entre los receptores convencionales de VHF frente a los receptores GPS, decantándose claramente por estos últimos. Moen et al. (1996), abundan en los estudios sobre la precisión GPS con corrección diferencial, al igual que el ya citado de Schlecht et al. (2004).

Uno de los inconvenientes del sistema GPS era la existencia de una serie de errores que se traducían en una precisión reducida, salvo la utilización de procedimientos complejos y equipos costosos para corregir dichos errores. Una de estas fuentes de error era la denominada Disponibilidad Selectiva (SA), un procedimiento establecido para degradar deliberadamente la calidad de la señal en usos ajenos a los fines militares originales. En marzo de 1996, el entonces presidente Bill Clinton firmó una orden para eliminar esta fuente de errores antes de 2006. Finalmente, en mayo de 2000, se procedió a su eliminación, lo que dio lugar a una mejora sustancial en la calidad de la señal, un incremento de la precisión y consecuentemente una mayor fiabilidad de los datos, de modo tal que algunos autores se han planteado la necesidad de mantener el sistema de corrección diferencial o directamente prescindir del mismo. Es el objeto del trabajo de Janeau, Adrados y Girard (2001), que se plantean esta disyuntiva y concluyen que la eliminación de la Disponibilidad Selectiva supone una mejora sustancial de la calidad de los datos, pero dejan la decisión de mantener o no el procedimiento de corrección diferencial a la necesidades de precisión de las mediciones de los investigadores, según las características de los trabajos a realizar.

Otros autores han centrado sus análisis en la utilización de sensores y sistemas integrados para la monitorización del ganado de diferentes especies, como es el caso de Frost et al (1997), quienes considerando el rápido avance de la tecnología aplicable a estos dispositivos prevén la difusión de los mismos, ya que en su opinión "Los sistemas

de monitorización integrada tienen el potencial de mejorar la eficiencia de la producción y el control de calidad en las granjas, y permiten a los productores responder a la presión de sus clientes sobre productos, con unas especificaciones establecidas y una historia de producción conocida". Son numerosos los trabajos dedicados a las cuestiones relacionadas con los problemas metodológicos que plantea la utilización de esta tecnología, como los de Moen et al. (1997), Rempel et al. (1997), Bowman et al. (2000), Dussault et al. (2001) o Adrados et al. (2002).

La utilización de la tecnología GPS, como ha quedado de manifiesto, está siendo utilizada con éxito para el seguimiento y la monitorización de animales marinos, salvajes, silvestres y domésticos, con diferentes orientaciones y objetivos. Uno de los problemas que se han encontrado todos los investigadores que han abordado esta cuestión es la de la recuperación de los datos. Los sistemas empleados para la obtención de los datos obtenidos de las posiciones fijadas, han sido los sistemas de almacenamiento por el propio dispositivo receptor, dotado de una memoria capaz de almacenar un determinado conjunto de datos y posterior recuperación de los mismos, recuperación a través de una conexión por satélite a través del sistema ARGOS y la transmisión de los datos almacenados a través de un sistema de conexión local (Rodgers, 2001).

3. EXPERIENCIAS REALIZADAS EN EXTREMADURA

A finales de 2002 comenzamos a trabajar en la monitorización del pastoreo en libertad de animales en régimen extensivo en las dehesas extremeñas, con el *cerdo ibérico*, dada su preeminencia en el uso de los recursos de pastoreo en la montanera.

Los primeros dispositivos utilizados fueron unos equipos comerciales de navegación autónoma GPS, Garmin eTrex, de reducidas dimensiones, 112 x 51 x 30 mm, peso igualmente reducido, 150 g, a fin de que interfirieran lo mínimo posible en el normal comportamiento de los cerdos, extremo investigado por Hulbert et al (1998), Brelerut et al. (1996) y Rutter et al. (1997), y finalmente de precio también reducido, dado que estaría sometido a las condiciones ambientales, así como a la posible reacción adversa debida a la curiosidad natural de los propios animales y de los del resto de la piara. El almacenamiento de los datos se realizaba en el mismo dispositivo y la recuperación de los datos sólo era posible capturando nuevamente a los animales, recuperando los navegadores y descargando los datos a un ordenador portátil mediante el programa Trackmaker, para su adecuado tratamiento en postprocesado. Los parámetros analizados fueron los de *distancia recorrida*, *tiempos de los desplazamientos* y *localización* para determinar las áreas en las que se habían desplazado en el interior de la finca. Posteriormente se solaparon las posiciones sobre ortofotografía de la zona a fin de disponer de la imagen con los trayectos realizados.

Se trabajó con coordenadas WGS84 de navegación; parámetros de transformación a nivel global; ortoimagen de baja resolución descargada del SIG Oleícola Español; georreferenciación de la ortoimagen mediante puntos de control obtenidos directamente del servidor. Con esta metodología de trabajo, encontramos las siguientes

LOS SISTEMAS GANADEROS EXTENSIVOS Y LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS

deficiencias: capacidad de almacenamiento limitada a 2.000 puntos por tracklog (posición y tiempo de forma automática); limitación en la duración de las baterías a 24h aproximadamente; precisión limitada de los datos propia de un sistema autónomo de navegación GPS: posicionamiento absoluto en código C/A y parámetros de transformación globales entre el sistema de coordenadas WGS84 y el sistema de coordenadas local (UTM-ED50); descarga de los datos máximo cada 24h y dificultosa ya que había que recoger al animal, liberar el equipo y conectarlo a un ordenador portátil.

Dada la dificultad del proceso de descarga, la necesaria manipulación del ganado, y la necesidad de resolver algunos de los problemas técnicos encontrados, como la limitación de la fuente de alimentación del dispositivo y la del almacenamiento de los datos que una vez saturada la memoria comenzaba a grabar sobre los primeros datos almacenados, nos planteamos la conveniencia de buscar un procedimiento que nos permitiera conocer los datos posicionales sin necesidad de la complejidad del manejo dificultoso de unos animales que pastorean en libertad en un área relativamente grande. Analizamos las posibilidades que ofrece la tecnología de radiofrecuencia, que tan buenos resultados ha dado en el seguimiento de animales salvajes, pero que en la actualidad resulta una tecnología un tanto obsoleta. Analizamos igualmente las posibilidades del empleo de la tecnología RFID (identificación por radiofrecuencia), pero se concluyó que no era aplicable en espacios abiertos, o en todo caso la infraestructura necesaria tendría un coste que lo convertiría en una técnica inviable técnica y económicamente.

Dentro de las posibilidades técnicas existentes, excluidas las indicadas, consideramos que la aplicación conjunta de la tecnología GPS con la GPRS para la transmisión de los datos recolectados por el receptor, era la más adecuada. Una combinación de la que no habíamos encontrado referencia alguna y por tanto suponía una aportación particularmente novedosa en el caso de los animales domésticos y en especial del porcino. A partir de aquí buscamos un socio tecnológico y contactamos con la empresa ORANGE, entonces AMENA. Desde el principio se manifestaron entusiasmados con la idea y dedicaron unos técnicos altamente cualificados al proyecto.

La primera acción fue el diseño de un prototipo equipado con un receptor GPS, un modem que transmitiera los datos recibidos, así como una serie de sensores para medir diferentes parámetros. Todo ello montado sobre una base de plástico proyectado de color marrón, buscando el mayor enmascaramiento posible con el entorno, y con el animal, y una gran resistencia. La aplicación del prototipo al animal se realizó mediante una cincha elástica de 10 cm de anchura acoplada y ajustada al cuerpo del animal a la altura del tórax. El peso de todo el dispositivo pesaba 1,1 k., menos del 1% del peso vivo del animal.

Desde aquel primer prototipo se han desarrollado un considerable número de ellos introduciendo numerosos cambios, mejoras y adecuaciones a los requerimientos detectados en campo, buscando la simplicidad, reducción de tamaño y peso, robustez suficiente para soportar las condiciones ambientales y del comportamiento animal. Asimismo hemos trabajado en el desarrollo de nuevos dispositivos específicos para su utilización en otras especies. En la actualidad se han desarrollado modelos para el ganado vacuno, que se están empleando en vacuno de montaña y en vacuno de lidia. Asimismo se han desarrollado prototipos para el ganado ovino, con un elevado grado de adecuación al animal.

 LA AGRICULTURA Y LA GANADERÍA EXTREMEÑAS EN 2007

Con el primer navegador conseguimos unos resultados alentadores. Pudimos determinar algunos parámetros como la distancia recorrida, el patrón de actividad diaria, así como el área pastoreada en el interior de la finca. Las primeras experiencias, como se ha indicado, fueron realizadas sobre ganado porcino ibérico en montanera, con navegador, almacenamiento directo de los datos y descarga en portátil. Se realizaron tres seguimientos: al principio, a la mitad y al final de la montanera. Se trataba de conocer la distancia recorrida por los animales y el régimen de actividad a lo largo del día y determinar el área de pastoreo en el interior de la finca. La distancia recorrida en cada una de las experiencias fue la indicada en el cuadro 2.

CUADRO 2. Distancia recorrida por los cerdos monitorizados (m)

Experiencia	Cerdo A	Cerdo B
1	8.995	8.574
2	3.720	3.831
3	7.012	7.858

Distancias compatibles con el comportamiento en los respectivos momentos estudiados y que reflejan tanto el comportamiento exploratorio, como la necesidad de la búsqueda de alimento en momentos de abundancia, de estabilidad y de escasez.

En cuanto a la actividad motora, se detectaron dos periodos diferentes, uno de actividad y otro de reposo, que coincide básicamente con el día y la noche respectivamente (cuadro 3), aunque hay diferencias en los patrones de comportamiento en este aspecto.

CUADRO 3. Coeficiente de correlación entre la distancia recorrida y la luminosidad

Experiencia	Cerdo A	Cerdo B
1	0,731	0,454
2	0,621	0,594
3	0,467	0,271

Al principio de la montanera, los animales monitorizados recorren mayor distancia, pero concentran su actividad en las horas centrales del día. Se aprecia una acusada actividad desde las 11,00 hasta las 18,00 horas, seguida de un periodo de reposo para reiniciarse la actividad a las 4,00 de la mañana (gráfico 1). A mediados de la montanera, la actividad disminuye como consecuencia del conocimiento del entorno, se aprecia mayor tiempo dedicado al descanso, tienen un periodo de reposo más largo, y un reini-

LOS SISTEMAS GANADEROS EXTENSIVOS Y LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS

cio de la actividad más tarde en la mañana. En consecuencia se desplazan menos a lo largo del día (gráfico 2). Al final de la montanera la actividad se incrementa como consecuencia de la búsqueda de alimento, lo que les impulsa a desplazarse durante más tiempo, incluso durante periodos de oscuridad, lo que conlleva disminución del tiempo de reposo e incremento de la distancia recorrida (gráfico 3).

GRÁFICO 1. Desplazamiento y luminosidad. Principio de la montanera

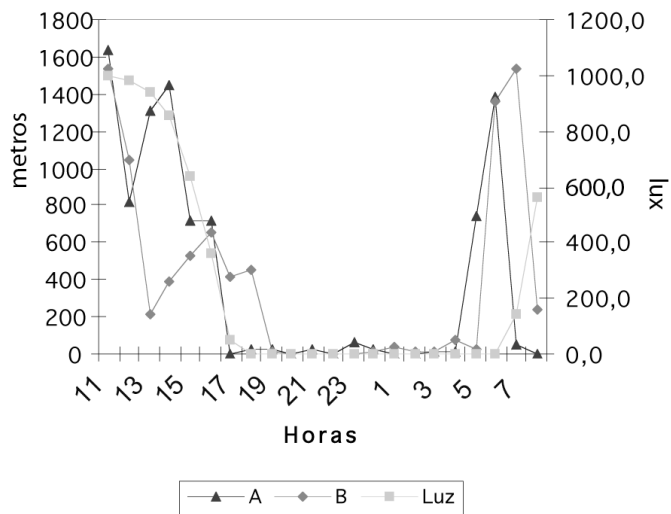


GRÁFICO 2. Desplazamiento y luminosidad. Medios de la montanera

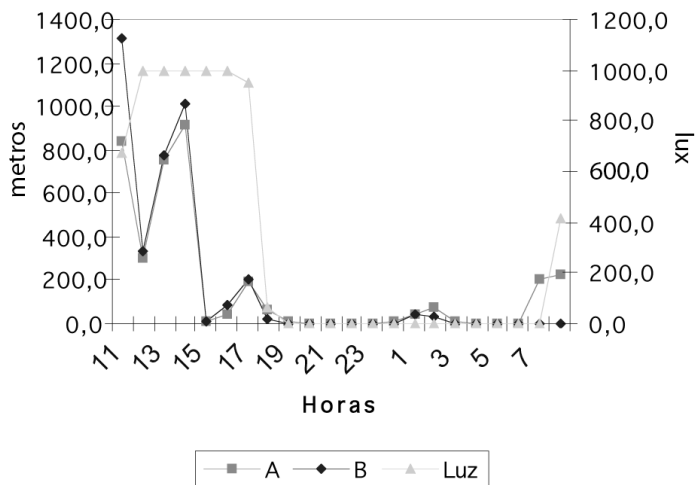
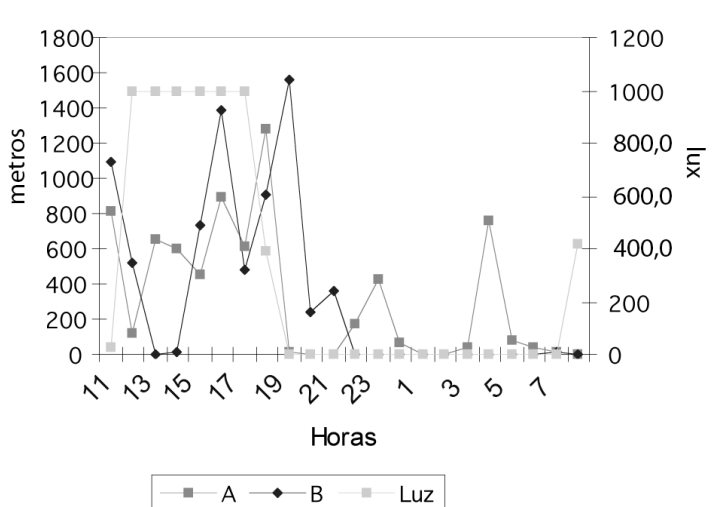


GRÁFICO 3. Desplazamiento y luminosidad. Final de la montanera

LOS SISTEMAS GANADEROS EXTENSIVOS Y LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS

GRÁFICO 4. Ortoimagen con el desplazamiento de los animales monitorizados

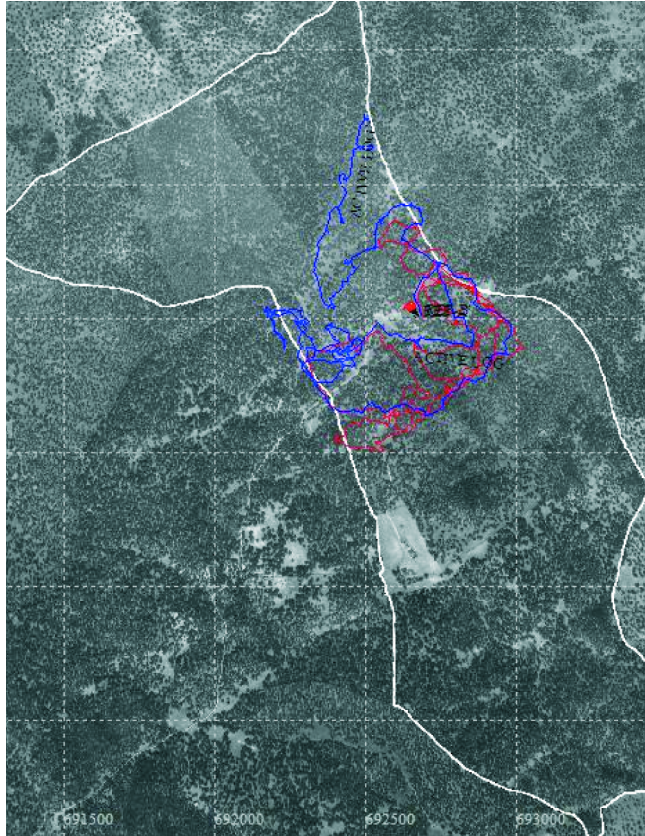


GRÁFICO 5. Ortoimagen de la monitorización, montanera 2005-06

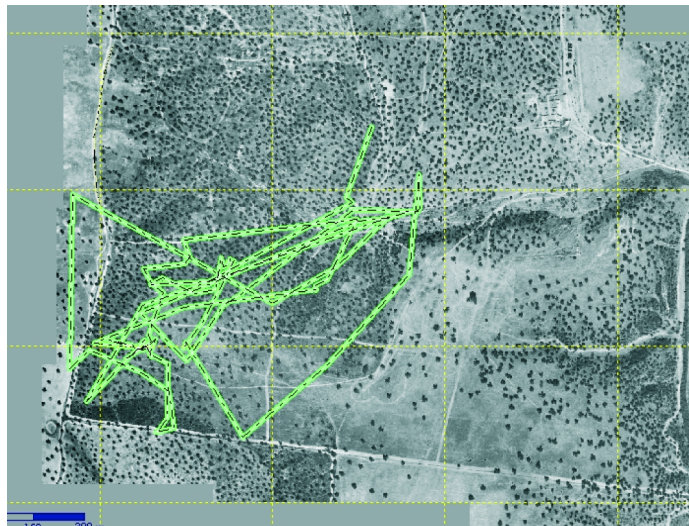


GRÁFICO 6. Localización de los dispositivos A, B, C y D durante el día 2007/02/04

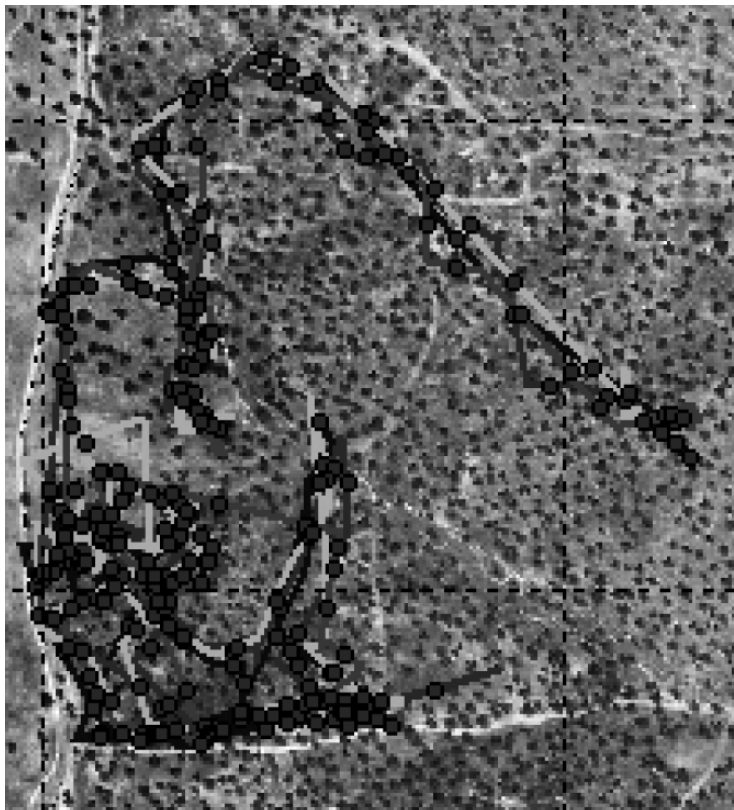


GRÁFICO 7. Distancia media recorrida en cada intervalo horario

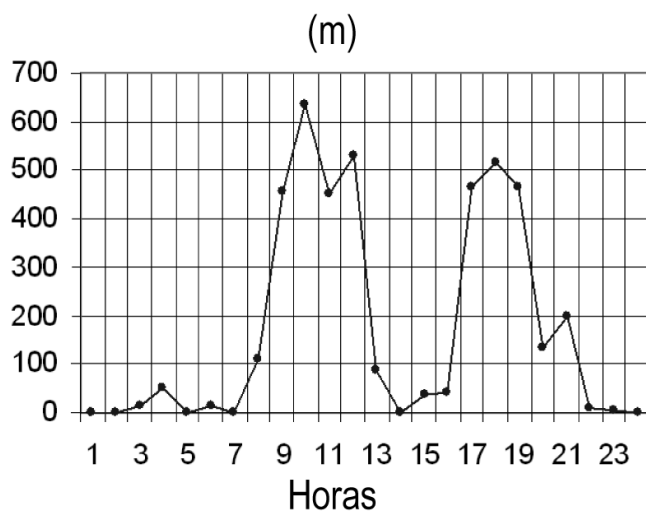
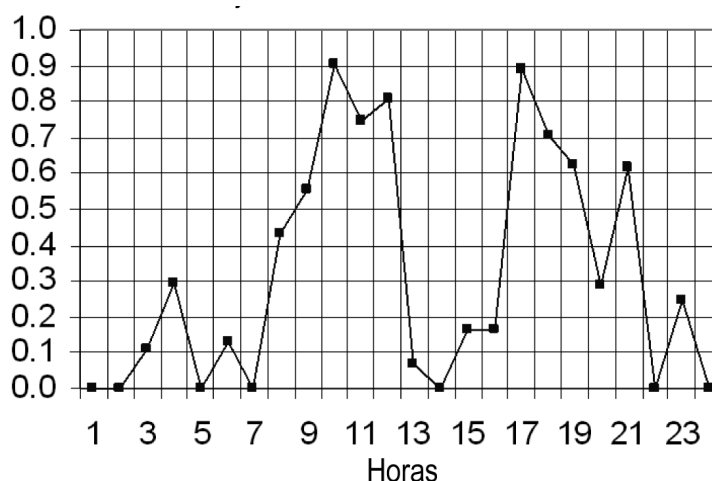


GRÁFICO 8. Porcentaje de actividad media en cada intervalo horario

En 2008 hemos realizado nuevas experiencias sobre rumiantes, *vacunos* y *ovinos*, y presentamos datos preliminares del caso 1113. Se ha diseñado un nuevo prototipo específicamente para vacuno y otro para ovino. Este último con menor volumen y peso, pero necesariamente con una menor capacidad de autonomía por la fuente de energía.

El día 11 de abril de 2008 fue colocado en la vaca 1113 un dispositivo programado para la adquisición de datos de posición del animal en una dehesa de Extremadura y se mantuvo en perfecto funcionamiento hasta el día 28 del mismo mes capturando y enviando datos de forma continua, hasta la salida de los animales del cercado de 98,68 hectáreas en el que se encontraban.

El dispositivo fue programado para la adquisición de datos cada 10 minutos y la transmisión de los mismos cada hora, salvo el periodo comprendido entre las 20:00 y las 3:00 horas del día. En caso de que no produjeran con éxito la captura de la posición la programación establecía que debería continuar con el siguiente episodio previsto. Si no podía transmitir en el momento programado debería intentarlo en el momento en el que dispusiera de la cobertura suficiente para la realización de la comunicación.

Durante el periodo de 18 días analizado, se realizaron un total de 2.207 capturas de datos formando otros tantos registros. Cada registro consta de 18 campos, desde fecha y hora, a coordenadas (longitud y latitud), códigos de validación y otros específicos del sistema, proporcionando un conjunto de 39.708 datos, de los cuales sólo se han utilizado para este análisis una pequeña parte de los mismos.

En el conjunto del periodo analizado el animal ha contado con una media de $6 \pm 1,6$ satélites sobre el horizonte, con un ángulo superior a 15° para poder fijar su posición. Esto implica una cobertura suficiente para conseguir una precisión elevada, sin necesidad de un tratamiento por corrección diferencial en postprocesado. El grado de cobertura de la constelación de satélites ha sido muy bueno a lo largo del periodo

 LA AGRICULTURA Y LA GANADERÍA EXTREMEÑAS EN 2007

analizado. Tan sólo se han producido 37 episodios en los cuales el dispositivo ha contactado con menos de 3 satélites de cobertura, tan solo el 1,7% de los momentos preprogramados para la fijación de la posición.

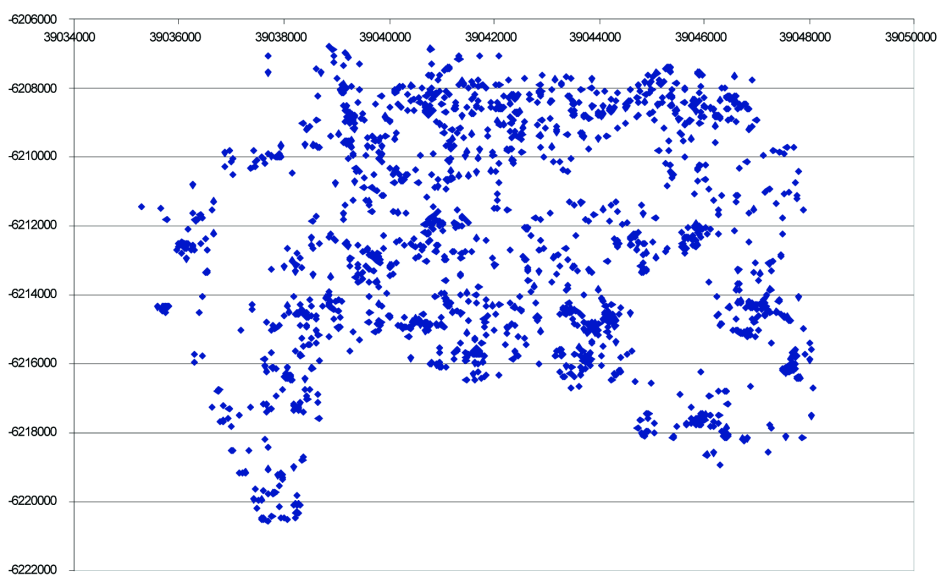
Se han adquirido posiciones cada 694 ± 493 segundos, y solamente ha habido 66 momentos en los cuales la frecuencia ha sido mayor, concretamente de $3.624 \pm 11,9$ segundos, y 19 en los cuales la frecuencia ha sido menor, con un promedio de 101 segundos.

La transmisión de los datos se ha realizado a través de 350 conexiones realizadas entre las 03:00 y las 20:00 horas del día, aunque más de la mitad de las conexiones, el 54,8% se han establecido entre las 10:00 y las 18:00, según se indica en el cuadro 4. En cada conexión se han transmitido $6,3 \pm 1,5$ registros. Las posiciones fijadas se representan en el gráfico 9.

CUADRO 4. Frecuencia de conexiones según franja horaria en la experiencia de monitorización de ganado vacuno (vaca nº 1113)

Franja Horaria	Frecuencia de conexiones (%)
0-1	0,0
1-2	0,0
2-3	0,0
3-4	6,5
4-5	3,8
5-6	4,3
6-7	8,6
7-8	3,3
8-9	5,7
9-10	9,8
10-11	17,4
11-12	4,5
12-13	1,7
13-14	11,1
14-15	2,5
15-16	2,9
16-17	3,9
17-18	10,8
18-19	2,5
19-20	0,8
20-21	0,0
21-22	0,0
22-23	0,0
23-24	0,0

 LOS SISTEMAS GANADEROS EXTENSIVOS Y LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS

GRÁFICO 9. Posiciones registradas


La distancia recorrida a la largo del periodo analizado ha sido de 72,01 km, según se indica en el cuadro 5. El grado de utilización del espacio asignado a los animales para su pastoreo ha sido muy elevado, según se puede apreciar en el gráfico 10.

CUADRO 5. Distancia recorrida por el ejemplar monitorizado 1113 en el período 11 al 28 de abril

Fecha	Km recorridos
11/04/2007	4,99
12/04/2007	3,30
13/04/2007	3,13
14/04/2007	4,02
15/04/2007	4,13
16/04/2007	4,62
17/04/2007	4,06
18/04/2007	3,62
19/04/2007	2,75
20/04/2007	4,69
21/04/2007	4,36
22/04/2007	4,18
23/04/2007	3,60
24/04/2007	3,48
25/04/2007	4,79
26/04/2007	4,6
27/04/2007	5,52
28/04/2007	2,17
Total	72,01

GRÁFICO 10. Grado de utilización del espacio

4. CONCLUSIONES

El objetivo de estos trabajos es la búsqueda de un sistema que permita la monitorización del pastoreo en libertad de los animales domésticos, vacunos, ovinos y suínos, principalmente, criados en régimen extensivo, a fin de contribuir a resolver algunos de los problemas a los que se enfrentan estos sectores ganaderos en estos momentos, tales como la escasez, cuando no inexistencia, de mano de obra cualificada para el pastoreo y la necesidad de optimizar los recursos de pastoreo o de montanera. Especial interés tiene este último aspecto, tanto en zonas de dehesa en las que han de coexistir diferentes especies, generalmente vacuno, ovino y porcino, sobre el mismo espacio y

 LOS SISTEMAS GANADEROS EXTENSIVOS Y LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS

en el caso del vacuno, ovino y caprino pueden compartirlo en los mismos momentos. También tiene un gran interés en zonas de pastoreo de montaña, frecuentemente sometidas a planes de usos y aprovechamientos por encontrarse reguladas, en el caso de parques nacionales o regionales o en zonas sometidas a reservas o especial protección. A través de este sistema es posible conocer las zonas sobrepastoreadas o subpastoreadas, en ambos casos con resultados negativos desde el punto de vista de la eficacia productiva. En definitiva se trata, entre otras ventajas, de ofrecer a los ganaderos y a los gestores una herramienta de toma de decisiones de fácil uso, rapidez en la adquisición de datos y control permanente del ganado y del pastizal.

BIBLIOGRAFÍA.

- Akesson, S. (2002) *Tracking fish movement in the ocean. Trends in ecology & Evolution*, Vol. 17, nº 2 (56-57).
- Bowman, J.L., Kochanny, C.O., Demarais, S. and Leopold, B.D. (2000). *Evaluation of a GPS collar for white-tailed deer*. Wildl. Soc. Bull. 28:141–145.
- Bailey, D.W. (2001). *Evaluating new approaches to improve livestock grazing distribution using GPS and GIS technology*. In: *Proceedings of the First National Conference on Grazing Lands*, Las Vegas, NV, Dec. 5-8, 2000, 91-99.
- Brelurut, A., Blanc, F. and Brun, J.P.. (1996). *Satellite tracking of free-ranging deer hinds (Cervus elaphus)*, *Proc. 5th Eur. Conf. on Wildlife Telemetry*, Strasbourg, France, 28–30.
- CE (1996). *Libro Verde de la Innovación*. Luxemburgo, 1996, p. 4
- Cesfac: *Confederación Española de Fabricantes de Alimentos Compuestos para Animales*.
<http://canales.laverdad.es/agroregion/pg040407/suscr/nec16.htm> (11/7/07).
- Edenius, L. (1997). *Field test of a GPS location system for Moose Alces alces under Scandinavian boreal conditions*, Wildl. Biol. 3:39–43.
- *Instituto Nacional de Estadística* (2005). <http://www.ine.es>.
- *Fundación Cotec para la Innovación tecnológica* (2003). *Documento para el debate: Situación en 2003 del Sistema Español de Innovación*. Madrid., p. 18.

LA AGRICULTURA Y LA GANADERÍA EXTREMEÑAS EN 2007

- Haller, R., F. Filli y S. Imfeld (2001). *Evaluation of GPS-Technology for tracking mountain ungulates: VHF-Transmitters or GPS-collar*. En Tracking animal with GPS. Aberdeen.
- Hulbert, I.A.R., Wyllie, J., Waterhouse, A., French, J., McNulty, D. (1998). *A note on the circadian rhythm and feeding behaviour of sheep fitted with a light weight GPS collar*. Applied Animal Behaviour Science, 60, 359-364.
- Jeaneau, G., C. Adrados y I. Girard (2001). *Is it still necessary to use GPS in differential mode since the elimination of selectiva availability?*. Tracking animals with GPS. Aberdeen.
- Janeau, G., Adrados, Ch., Joachim, J., Gendner, J.P. and Pépin, D. (2004) *Performance of differential GPS collars in temperate mountain forest*. C. R. Biologies 327.
- Lindzey, F., H. Sawyer, Ch. Anderson, y B. Banulis (2001). *Performance of store-on-board GPS collars on elk, mule deer and mountain lions in Wyoming, USA*. En Tracking animal with GPS. Aberdeen.
- Moen, R., Pastor, J., Cohen, Y. and Schwartz, C.C. (1996). *Effects of moose movement and habitat use on GPS collar performance*, J. Wildl. Manage. 60, 659–668.
- Moen, R.J., J. Pastor and Y. Cohen. (1997). *Accuracy of GPS telemetry collar locations with differential correction*, J. Wildl. Manage. 61, 530–539.
- Manzano-Agugliano, F., Meroño, J.F., Pérez, M. López, M. y Ortiz, V. (1998): *“Farming Pays: Andalucía’s Agricultural Application of GPS”*, GPSWorld, julio 1998, pp.30-42.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2007). <http://www.mapya.es>
- Obbard, M.E., Pond, B.A. and Perera, A. (1998). *Preliminary evaluation of GPS collars for analysis of habitat use and activity patterns of black bears*, Ursus 10:209–217.
- OCDE (1993). *Manual de Frascati. Medición de las actividades científicas y tecnológicas*. París. p. 24
- Rempel, R.S., and A.R. Rodgers. (1997). *Effects of differential correction on accuracy of a GPS animal location system*, J. Wildl. Manage. 61 (2), 525–530.

LOS SISTEMAS GANADEROS EXTENSIVOS Y LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS

- Rogers, A.R. (2001). *“Tracking animals with GPS: The first 10 years.”* Tracking animals with GPS. Aberdeen.
- Rodgers, A.R. and P. Anson (1994). *Animal-born GPS: tracking the habitat*, GPS World 5, 20-32.
- Rodgers, A.R., R.S. Rempel and K.F. Abraham (1995). *Field trials of a new GPS-based telemetry system. En Cristalli, C. et al ed.. Biotelemetry XIII.* Proceedings of the Thirteenthh Internacional Symposium on Biotelemetry. Williamsburg, Virginia, USA.
- Rodgers, A.R., R.S. Rempel and K.F. Abraham (1996). *A GPS-based telemetry system.* Wildlife Society Bulletin, 24:559-566.
- Rodgers, A.R., R.S. Rempel, R. Moen, J. Paczkowski, C.Schwartz, E. J. Lawson and M.J. Gluck (1997). *GPS collar for moose telemetry studies: a workshop.* Alces 33:203-209.
- Rutter, S.M. Beresford, SN.A., Roberts, G.. (1997). *Use of GPS to identify the grazing areas of hill sheep.* Computers and electronics in agriculture, 17, 177-188
- Schlecht, E., Hülsebuch, Ch., Mahler, F., Becker, K. (2004). *The use of differentially corrected global positioning system to monitor activities of cattle at pastures.* Applied Animal Behaviour Science, 85, 185-202.
- Sickel, H., Ihse, M., Norderhaug, A., Sickel, M.A.K. (2004). *How to monitor semi-natural key habitats in relation to grazing preferences of cattle in mountain summer farming areas.* An aerial photo and GPS method study. Landscape an urban planning, 67, 67-77.
- Turner, L.W., Udal, M.C., Larson, B.T. Shearer, S.A. (2000) *Monitoring cattle behaviour and pasture use with GPS and GIS.* Can. J. Anim. Sci. 80, 405-413.
- Ungar, E.D., Henkin, Z., Gutman, M., Dolev, A., Genizi, A., Ganskopp, D. (2005). *Interference of animal activity from GPS collar data on free-ranging cattle.* Rangeland Ecol. Manage. 58, 256-266.