

Monitorización del ganado lidia con tecnología GPS-GPRS; estudio del comportamiento en pastoreo y la distribución espacial

Juan Manuel Lomillos Pérez^{1*}

 0000-0003-1114-4395

Marta Elena Alonso de la Varga²

 0000-0002-3810-0176

Juan José García³

Vicente Ramiro Gaudioso Lacasa²

¹ Departamento de Producción y Sanidad Animal, Salud Pública Veterinaria y Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Facultad de Veterinaria. Universidad Cardenal Herrera-CEU, CEU Universities (Spain).

² Departamento de Producción Animal. Facultad de Veterinaria. Universidad de León (Spain).

³ Línea de Investigación en Rumiantes. Instituto Tecnológico Agrario. Junta de Castilla y León. Consejería de Agricultura y Ganadería (Spain).

***Corresponding author:**

Email address:
jmlomillos@hotmail.com

Recibido: 2016-09-01

Aceptado: 2017-09-18

Publicado: 2017-10-10

Información y declaraciones adicionales en la página 14

 Derechos de autor:

Juan Manuel Lomillos Pérez *et al.* 2017

acceso abierto 



Distribuido bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC-BY 4.0)

Resumen

En los últimos años, el comportamiento del ganado vacuno en pastoreo ha sido poco estudiado, en comparación con el comportamiento en granja. Además, en determinadas razas criadas en sistemas extensivos, la presencia humana puede modificar o interrumpir sus pautas etológicas: los animales se alejan de quien los observa. El uso de la tecnología GPS-GPRS en la monitorización de bovinos explotados en régimen extensivo nos permite disponer de datos de interés en tiempo real; proporciona información sobre desplazamientos, distancias recorridas, territorio pastoreado, zonas más frecuentadas, pautas de comportamiento, etc. En esta investigación, se monitorizaron, mediante la implantación de collares GPS, 21 vacas de diferentes edades, de tres ganaderías de la provincia de Salamanca pertenecientes a la raza bovina lidia. El estudio se llevó a cabo durante ocho meses, distribuimos a los animales en cercados de diferentes dimensiones y características orográficas, y recogimos datos de su posición geográfica cada 15 minutos. Además de corroborar el buen funcionamiento de los dispositivos GPS, se estableció el área de campeo para cada animal: la media fue de 56 ha. Elaboramos un gráfico de su ritmo circadiano con las distancias recorridas por horas, donde se observa una tendencia a iniciar la actividad diaria unas horas antes del amanecer, atenuar su actividad al anochecer y durante la noche, así como mantener una fase de reposo nocturno de aproximadamente siete horas. También analizamos la distancia diaria recorrida (3.15 km media/animal), donde encontramos diferencias sustanciales en función de la edad, la superficie/animal disponible en el cercado, el día y la noche, y la época del año. Nuestros resultados son valiosos para un mejor manejo de las superficies pastables con cercados en los que los animales utilicen toda la superficie disponible.

Palabras clave: GPS, GPRS, distribución espacial, pastoreo, sistemas extensivos, percepción remota, telemetría, ámbito hogareño.

Cómo citar este artículo:

Lomillos Pérez JM, Alonso de la Varga ME, García JJ, Gaudioso Lacasa VR. Monitoring lidia cattle with GPS-GPRS technology; a study on grazing behaviour and spatial distribution. *Veterinaria México OA*. 2017;4(4). doi:10.21753/vmoa.4.4.405.

Introducción

Existen indicios consistentes de que los animales no aprovechan los recursos forrajeros disponibles en su área de manera uniforme, por ello, uno de los objetivos de la investigación en el pastoreo es comprender los factores que influyen en los movimientos animales, y por tanto, su distribución sobre el territorio.¹⁻³ La información sobre la distribución espacial, selección de hábitat y localizaciones preferentes del ganado abre una nueva vía mediante la cual las poblaciones de animales, tanto domésticos como silvestres, podrán ser gestionadas con objetivos conservacionistas o productivos.

El uso del sistema GPS (*Global Position System*) para estudiar la posición de los animales es una técnica común en estudios de hábitats de animales salvajes, como ciervos, osos y lobos.⁴⁻¹⁰ Asimismo, se ha empleado para la localización y seguimiento de animales marinos,¹¹⁻¹⁴ para el estudio del comportamiento de palomas mensajeras y perros,¹⁵ incluso se ha utilizado para controlar la posición y velocidad de los caballos durante las carreras o el entrenamiento, con posibilidad de almacenamiento de datos fisiológicos como la frecuencia cardiaca.¹⁶ Sin embargo, la aplicación del GPS con el objetivo de determinar mejores prácticas de gestión relacionadas con la ganadería extensiva es relativamente reciente. En los últimos 15 años esta tecnología se ha usado para el estudio de diferentes variables de comportamiento y seguimiento de animales domésticos: ovejas,¹⁷⁻¹⁹ cerdos ibéricos²⁰ y ganado bovino.²¹⁻³⁶

La tecnología GPRS (*General Packet Radio Service*) es utilizada en telefonía móvil y permite la transmisión y recepción de datos desde una terminal por medio de paquetes. Las tradicionales redes GSM (*Global System for Mobile Communications*) no se adaptan adecuadamente a las necesidades de envío de datos con terminales móviles, por ello surge una nueva tecnología portadora denominada GPRS que unifica el mundo IP (*Internet Protocol*) con el mundo de la telefonía móvil, creándose toda una red paralela a la red GSM y orientada exclusivamente a la transmisión de datos usando la red de telefonía por vía satélite.³⁷ Esta tecnología hoy está siendo sustituida por los sistemas 3G y 4G, pero en el mundo ganadero es muy útil, ya que las explotaciones se sitúan generalmente en zonas donde no existe cobertura de tercera y cuarta generación.

Mediante el presente trabajo pretendemos aplicar la tecnología GPS-GPRS a la monitorización del vacuno extensivo persiguiendo dos objetivos principales: primero validar una metodología que permita obtener datos de posición de los animales y su acceso remoto vía internet con ganado vacuno extensivo, en segundo lugar, analizar la información de posiciones de los animales para profundizar en el conocimiento del comportamiento del ganado en pastoreo, abarcando distintos aspectos como los ritmos circadianos de locomoción y el uso del territorio.

Comprobaremos la influencia de factores tales como la superficie disponible por animal, las condiciones climáticas y la edad de los animales, sobre los parámetros de comportamiento en pastoreo mencionados anteriormente. Comprobaremos la hipótesis de que cuando los animales tienen mayor superficie disponible, el porcentaje de superficie utilizada es menor que cuando la superficie se reduce y de que las condiciones climatológicas influyen en los ritmos circadianos de pastoreo en función de la temperatura y la disponibilidad de pasto.



Figura 1. Vaca con dispositivo ya instalado.



Figura 2. Detalle del collar GPS-GPRS.

Material y métodos

Dispositivos GPS-GPRS y Plataforma Web de recogida de datos

La empresa AMENA y la Universidad de Extremadura para ganado porcino desarrollaron el modelo de dispositivo GPS utilizado.²⁰ Fue necesario modificar el collar adaptado al cuello del ganado vacuno, de manera que fuera portado por el animal sin molestias (Figuras 1 y 2). El sistema comprende: un receptor GPS, que permite determinar la posición del animal con la frecuencia que se considere oportuna, y una precisión calculada por el fabricante de entre 1 y 3 metros, un sistema de alimentación propio (baterías recargables), y se comunica mediante GPRS con una central de comunicaciones a la que envía archivos de información de posición en tiempo real. El dispositivo permite la teleprogramación del intervalo de tiempo durante el cual registra la posición geográfica. La plataforma de internet M2M de ORANGE nos permitió el acceso de manera remota a los datos de posición geográfica de aquellos animales equipados con el dispositivo de transmisión mediante un sencillo acceso web. En la página web de ORANGE, se almacenó y reflejó la información obtenida mediante el GPS, que a su vez la enviaba al receptor del satélite. El conjunto de posiciones puede verse como puntos sobre una foto de satélite de

la finca escogida, y exportarse a una hoja de Excel; las posiciones se expresan en coordenadas geográficas (longitud y latitud). También se dispone de información sobre el nivel de carga de las baterías de los dispositivos.

La combinación de tecnología GPS-GPRS permite la transmisión de la información recibida por el receptor GPS, bien en momentos previamente programados, o bien de forma continua, de modo que se puede tener información completa en tiempo real del animal objeto de la monitorización. En nuestro caso, decidimos optar por una frecuencia de envío al satélite de doce horas para prolongar la duración de las baterías. Durante el estudio se detectaron algunos problemas con la frecuencia de emisión de los datos y la duración de las baterías en el caso de uno de los animales, esta información fue descartada para el análisis de datos.

- *Medio físico.* Las fincas estudiadas se localizan en la provincia de Salamanca, en el sudoeste de la comunidad autónoma de Castilla y León, España. Con una altitud media de 823 m, con clima mediterráneo continentalizado y destacada influencia atlántica. Se caracteriza por inviernos fríos y semihúmedos, y veranos calurosos y secos. Las explotaciones elegidas para el estudio se enmarcan en el ecosistema natural denominado "dehesa", un terreno llano o ligeramente ondulado, con vegetación compuesta por especies arbóreas del género *Quercus* spp. (encina, alcornoque) y pastos, en el que abundan las charcas y los pequeños arroyos.

- *Animales.* Dentro del ganado vacuno extensivo elegimos la raza de lidia, como representante de la cría en libertad, ya que sus peculiaridades etológicas dificultan su manejo y el estudio de su comportamiento,³⁸ por ello, es de especial valía la información obtenida. Se distribuyeron tres individuos por cercado, todos hembras, de las cuales, tres eran animales jóvenes (2 años), seis animales de media edad (3 a 7 años) y nueve de edad avanzada (8 a 16 años), todos pertenecientes a tres ganaderías diferentes de Salamanca, España. Se eligieron animales adultos dominantes dentro de cada grupo, guiados por el criterio del ganadero, de forma que sus movimientos representaran a todo el rebaño.³⁹ Los collares se colocaron coincidiendo con labores de manejo que requerían del paso por la manga de contención de los animales, de modo que su manipulación para este trabajo no supusiera un estrés adicional. Se monitorizaron en total 21 animales: tres en el primer protocolo y 18 en el segundo:

- *Protocolo 1.* Inicialmente se desarrolló un primer protocolo de trabajo (Cuadro 1), durante los meses de verano, con el fin de comprobar el adecuado funcionamiento del dispositivo GPS y de la plataforma de ORANGE para la obtención de los datos de posición, distancias recorridas y geolocalización sobre la fotografía satélite. Por otra parte se pretendía también, observar la funcionalidad y resistencia del collar diseñado, la duración de las baterías, el comportamiento del animal ante el artilugio extraño, y constatar que no altera su etología y no le causa ninguna molestia o daño físico. Para ello se escogieron tres animales jóvenes, de dos años, asumiendo que serían los más vulnerables de todo el estudio, ya que podrían aquejarse del peso del dispositivo GPS (un kilogramo aproximadamente), lo que se traduce en un 0.7 % del peso corporal del animal. A estos animales se les instaló el collar GPS durante dos meses, con una frecuencia de toma de posición de

Cuadro 1. Características del medio físico y de los animales estudiados.

| Cercado | Superficie (ha) | Características | Nº animales monitorizados | Nº animales en total | Carga ganadera (animales/ha) | Edad animales | Periodo |
|---------|-----------------|--|---------------------------|----------------------|------------------------------|---------------|---------|
| 1 | 10.5 | Completamente llano y desprovisto de arbolado | 3 | 13 | 1.2 | 2 - 2 -2 | PF |
| 2 | 26 | Llano con arbolado de encinas poco denso | 3 | 36 | 1.4 | 5 - 10 -13 | PC |
| 3 | 35 | Mínima pendiente con un riachuelo y buena cubierta arbórea | 3 | 45 | 1.3 | 4 - 9 -15 | PF |
| 4 | 55 | Pequeñas pendientes y arbolado | 3 | 30 | 0.5 | 3 - 7 - 16 | PC |
| 5 | 192 | Mayor pendiente, posee una charca artificial | 3 | 60 | 0.3 | 5 - 10 - 14 | PF |
| 6 | 200 | Pendiente variable y varios puntos de agua | 3 | 55 | 0.3 | 4 - 12 - 13 | PC |

15 minutos. Durante este periodo, se visualizó diario, a distancia con prismáticos, a los animales para comparar el comportamiento de los animales monitorizados con el de los animales sin collar GPS (**Cuadro 1**).

- **Protocolo 2.** El segundo protocolo constó, a su vez, de dos periodos de trabajo: el primero durante los meses de abril, mayo, junio y julio, que denominamos periodo cálido (PC) y el segundo durante los meses de octubre, noviembre, diciembre y enero, que denominamos periodo frío (PF).
- **Procesamiento de datos y tratamiento estadístico.** Con el conjunto de posiciones expresadas en coordenadas geográficas (longitud y latitud), recopiladas en una hoja de Excel, se calculan las áreas de campeo, con la aplicación del programa ArcMap® para movimientos animales: Hawth's tool. A su vez, los datos se cargan en una hoja georreferenciada con el programa ArcMap®, utilizando ortofotos de las fincas de estudio, así se obtienen imágenes de la dispersión geográfica del animal y sus trayectos. Se calculan las distancias entre cada punto de posición tomado con una frecuencia de 15 minutos (**Figura 3**). Esta frecuencia se decidió teniendo en cuenta las metodologías utilizadas en los trabajos publicados.⁴⁰⁻⁴²

La distancia recorrida, por sí sola, no es un buen indicador de la actividad animal, pero se puede obtener información precisa sobre el pastoreo, los desplazamientos y el descanso del ganado con los datos proporcionados por los dispositivos GPS.³⁵ La distancia recorrida debe ser próxima a cero para un animal que está descansando, y alta para un animal que cambia de ubicación.³² Por lo tanto, para interpretar nuestros resultados nos basamos en estudios previos,^{43,32} donde se relacionan las distancias y las velocidades con los comportamientos observados en pastoreo, el desplazamiento y el descanso. En nuestro caso, no obtuvimos datos de velocidad instantánea por tanto no podemos diferenciar entre pastoreo y desplazamiento propiamente dicho de modo fehaciente pero si podemos deducir el patrón de movimiento en función del desplazamiento total por horas. Por otro lado, debemos de tener en cuenta que

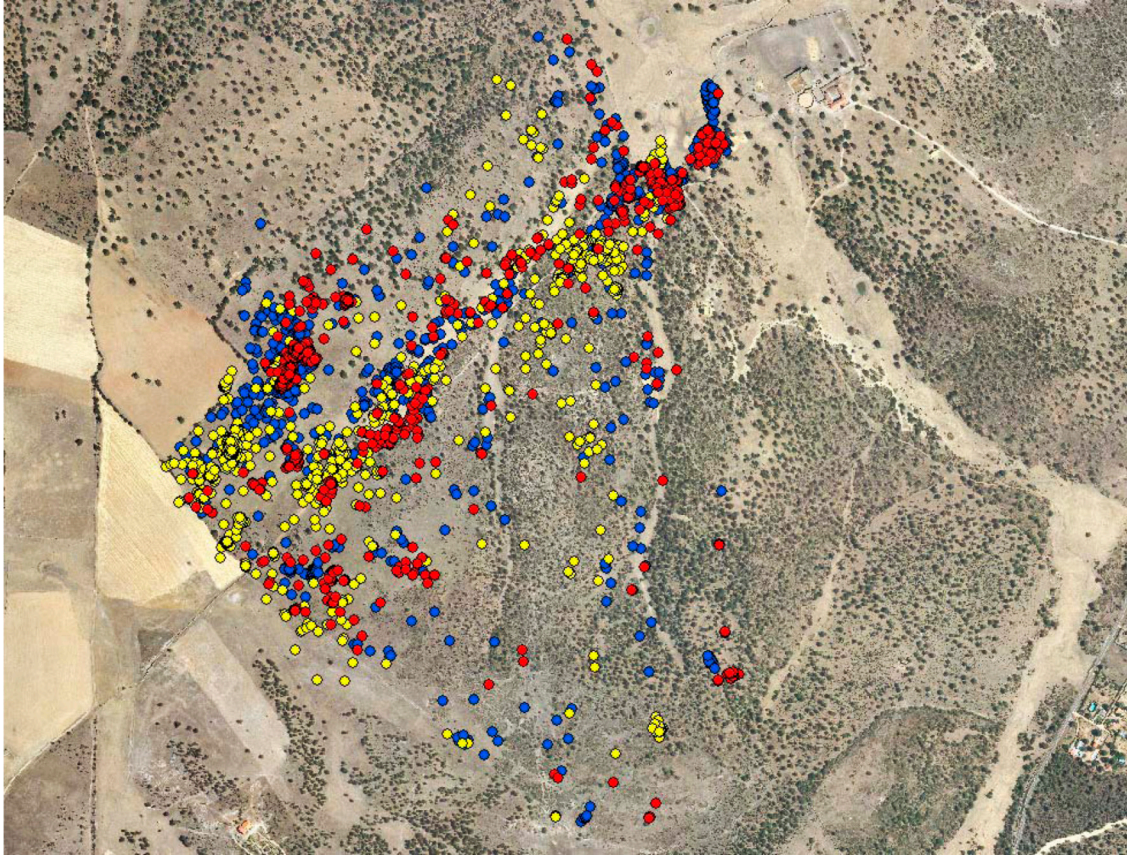


Figura 3. Imagen del cercado 5 con las posiciones de los tres animales monitorizados. Rojo, amarillo y azul.

se asume un error a la baja de las distancias recorridas y la actividad detectada, pues en nuestro protocolo al igual que en la mayoría de los trabajos citados, empleamos frecuencias de 15 minutos, y asumimos desplazamientos en línea recta entre dos ubicaciones consecutivas.

Para analizar la influencia de la luz sobre la actividad de los animales se han usado la información proporcionada por la plataforma (Tutiempo Network, SL) sobre las horas de luz y oscuridad a lo largo del estudio en Salamanca.

Para llevar a cabo todo el estudio estadístico, se ha utilizado el programa SPSS V.20 (IBM Corp. Released, 2012)⁴⁴ para Windows, incluyendo análisis de varianza de una vía (ANOVA) y matrices de correlación lineal con distintas variables independientes y dependientes, así como el análisis *post-hoc* utilizando el test de Newman-Keuls.

Resultados y discusión

Los tres dispositivos GPS colocados en eralas (hembras de dos años), para el protocolo 1, la comprobación del buen funcionamiento del sistema y la validación de la metodología tuvieron un funcionamiento correcto. Nuestros resultados están de acuerdo con varios autores que usaron un sistema de collar GPS similar al nuestro, y se comprobó que el dispositivo no afecta al comportamiento normal de la especie o ni a su relación con otros individuos, si se considera que los animales se

Cuadro 2. Áreas de campeo obtenidas para cada animal y porcentaje de territorio ocupado.

| Cercado | Animal 1 (ha) | Uso del territorio (%) | Animal 2 (ha) | Uso del territorio (%) | Animal 3 (ha) | Uso del territorio (%) | Media uso del territorio (ha - %) |
|----------|---------------|------------------------|---------------|------------------------|---------------|------------------------|-----------------------------------|
| 1 | 10.26 | 97.71 | 9.31 | 88.67 | 9.81 | 93.43 | 9.79 93.27 |
| 2 | 24.92 | 95.85 | 24.33 | 93.58 | 25.28 | 97.23 | 24.84 95.55 |
| 3 | 32.19 | 97.55 | 24.62 | 74.61 | 29.52 | 89.45 | 28.77 87.20 |
| 4 | 44.86 | 81.56 | 40.22 | 73.13 | 41.87 | 76.13 | 42.32 76.94 |
| 5 | 108.69 | 56.61 | 118.06 | 61.49 | 116.66 | 60.76 | 114.47 59.62 |
| 6 | 111.22 | 55.61 | 128.91 | 64.46 | 107.81 | 53.91 | 115.98 57.99 |

comportaban como el resto de la manada después de que se les equipó con los collares. Los investigadores, los propietarios y los trabajadores de la granja hicieron esta apreciación mediante observación directa.^{18,27,45,46,47}

Uso del territorio

Con el conjunto de los datos de posición obtenidos en el periodo de monitorización de cada animal, hemos calculado el área de campeo, es decir el mínimo polígono convexo⁴⁸ para cada animal (**Cuadro 2**); y como un sustituto del uso del hábitat, estimamos el uso del espacio disponible mediante el mínimo polígono convexo. Las áreas de campeo resultantes son variadas y dependen de la extensión del vallado en que se encuentra el animal, siendo la media de 56 hectáreas. Los animales cubrieron el 95 % del espacio de los cercados más pequeños, mientras que las áreas de campeo de los animales que pastaban en los cercados en torno a 30 ha, usaron aproximadamente el 81 % del espacio disponible. Por su parte, en el cercado más grande (número 6) con 200 ha, observamos una utilización entorno al 60 %, por los tres dispositivos, lo que refleja que el uso del territorio depende del área disponible.

Así, nuestros resultados están en consonancia con los obtenidos por Ganskopp,²⁷ en un estudio del movimiento de vacas hereford y angus, que utilizaron collares GPS en un cercado de 825 ha, los animales campearon 325 ha (39.4 %). Barbary también monitoriza a 36 vacas angus, donde el espacio utilizado fue del 70.8 % en pequeños cercados con pasto de 2 a 3 hectáreas.⁴⁹ El área de campeo hallada es de 2.4 ha, lo que a pesar de las diferencias entre estudios en cuanto a la superficie disponible y la raza, refuerza nuestros resultados de menor utilización del territorio cuanto mayor es el mismo.

Basándonos en los resultados obtenidos, podríamos pensar que el espacio disponible es mayor que el requerido por el animal para cubrir sus necesidades vitales en el caso de los cercados 5 y 6 (solo 60 % del cercado). En las tres ganaderías, hay que tener en cuenta la suplementación con forraje y pienso, hecho que puede influir en la disminución de los tiempos y espacios dedicados al pastoreo al verse saciado su apetito. Si el animal dispone de un estrato herbáceo nulo y se alimenta con pienso y forraje, que se le administra en un punto determinado de la finca, sus movimientos en busca de alimento se concentrarán en ese entorno.⁵⁰ Así, cuando existe buena disponibilidad de pasto, la dispersión de los animales

es mayor que en aquellos momentos en los que se necesita suministrar forraje, formándose pequeños grupos.⁵¹

En cercados que ocupan grandes extensiones de terreno se suele producir un pastoreo desigual, puesto que los animales frecuentan mayoritariamente las zonas más cómodas y apetecibles, hecho que puede reducir la capacidad de carga de los pastizales y la eficiencia de la producción ganadera.²² En los cercados más grandes de nuestro trabajo (4, 5 y 6) efectivamente hemos detectado zonas donde nuestros animales monitorizados apenas pastan, aunque el seguimiento de tan solo tres animales nos impide determinar con seguridad qué zonas en concreto son infrutilizadas por la totalidad del rebaño. Algunos autores afirman que algunas prácticas de manejo, tales como la suplementación estratégica en determinadas zonas de la finca, pueden modificar los patrones de comportamiento de los animales para conseguir un uso más eficiente del hábitat disponible y así corregir los desequilibrios, en cuanto al pastoreo, del total de la finca.⁵²

La actividad de pastoreo se ve disminuida cuando las fincas albergan muchos más animales de los que el territorio puede mantener,⁵³ es el caso de los cercados de menores dimensiones y mayor carga ganadera: 1, 2 y 3. En este caso, las áreas de campeo resultantes de los animales monitorizados son similares a las dimensiones de los cercados.

Otro factor que podría influir en el uso del terreno es la edad de los animales, sin embargo, analizando las áreas de campeo en función de la edad, no encontramos diferencias significativas entre grupos, de manera que para los animales jóvenes fue de 68.78 ha (de dos años), 56.21 ha para los de media edad (de tres a siete años), y 70.67 ha para los de edad avanzada (de ocho a dieciséis años).

Biorritmos de locomoción

Con el fin de conocer las pautas habituales de locomoción a lo largo del día y, por tanto, de actividad (ritmo circadiano), se estudiaron las distancias medias recorridas por hora considerando, conjuntamente, la movilidad de todos los animales (Figura 4). A partir de las 04:00 horas de la noche los animales comienzan su actividad, desarrollan su máxima actividad de 5:00 a 9:00 h, donde los animales recorren en torno a 300 m cada hora. A continuación desciende la intensidad de los desplazamientos en un periodo de actividad intermedia de 10:00 a 15:00 h (100 m por hora aproximadamente) y un segundo periodo de actividad, de 16:00 a 19:00 h, terminando con una fase de mínima actividad locomotora, de 20:00 a 3:00 h (con trayectos medios de 50 m aproximadamente), periodo que suponemos de descanso. Las horas con mayor actividad son las 6:00 h y las 7:00 h que coincide con el amanecer. Por lo tanto, de forma global, se pueden deducir que existen dos periodos de pastoreo: de 5:00 a 9:00 h y de 16:00 a 19:00 h (Figura 4).

El análisis nos da una idea de los momentos de actividad y de descanso diarios. En nuestro estudio vemos que existe una tendencia común de biorritmo circadiano, manteniendo un periodo de reposo de siete horas, que va desde las 20:00 a las 3:00 h, en este intervalo recorren menos de cien metros por hora, resultados en la línea de anteriores observaciones de ganado bovino realizadas por Reppert⁵⁴, Sneva,⁵⁵ Senft et al.⁵⁶ y Brosh et al.²⁵ El resto del día recorren de 100 a 600 m dependiendo de la hora, con un pico de actividad, de cuatro horas de duración,

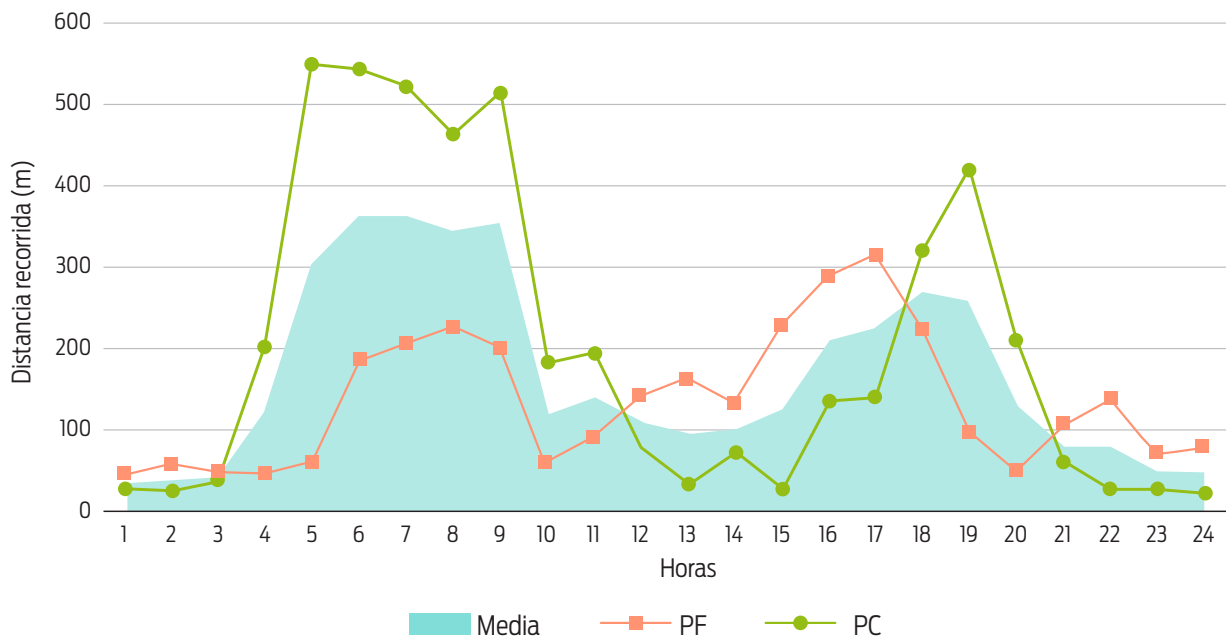


Figura 4. Media de las distancias recorridas durante cada hora por el conjunto de los animales (y = metros, x = horas).

comenzando a las 5:00 h y terminando a las 9:00 h de la mañana, que coincide aproximadamente con el periodo de máxima actividad encontrado por Wilson⁵⁷.

Ganskopp²⁷ observa un tiempo dedicado al descanso de unas 10 h/día y un tiempo dedicado al pastoreo de 11 h/día, aunque dicho autor no precisa un rango de horas determinado. Nuestros resultados coinciden con Purroy,⁵³ quien menciona un tiempo empleado en la ingestión de alimento de entre cinco y diez horas diarias y el resto del tiempo, unas diez horas diarias, dedicado a descansar. Resultados semejantes obtiene Schlecht et al.⁴⁷ quienes describen un periodo de pastoreo de 7.6 a 10.4 horas para rumiantes en extensivo.

Atendiendo a la agrupación de animales realizada en función de la época del año analizada (PF y PC), observamos un esquema circadiano muy parecido, con dos momentos de actividad diaria claramente descritos, con una diferencia en el encuadre horario de estos momentos, que se retrasan en el periodo frío, respecto a los observados en el periodo cálido, con un desfase de aproximadamente dos horas (Figura 4). Además, son los animales monitorizados durante el periodo cálido los que más distancia recorren en su periodo de máxima actividad.

Teniendo en cuenta la época del año, los animales monitorizados describen un ritmo circadiano de actividad muy semejante al publicado por Dolev et al.⁵⁸ en una investigación donde compara el biorritmo de dos razas bovinas que pastorean en diferentes cercados durante las cuatro estaciones del año. Bailey et al.²¹ por su parte, apuntan que la mayoría de los movimientos animales se producen en las primeras horas de la mañana, coinciden con el alba, por lo general entre las 6:30 h y las 8:30 h, de los meses de agosto y septiembre, lo que concuerda con el ritmo circadiano descrito por los animales monitorizados en el periodo cálido (PC). En el estudio de Bailey et al.²², a partir de las 19:00 h los animales se desplazan hacia la zona de descanso durante el ocaso hasta la mañana siguiente, lo cual también encajaría con nuestros resultados, pero una hora más tarde (20:00 h). Igual-

mente coincidimos con los resultados de Schletch et al.,⁴⁷ quienes describen dos momentos de pastoreo que comenzarían de 7:00 a 9:00 h y finalizarían de 16:00 a 19:00 h horas para el 88 % de sus animales monitorizados.

A pesar de que la mayor parte de los individuos monitorizados describen un biorritmo similar, se observa una clara influencia de las horas de luz y oscuridad en el horario de los animales, influencia que actúa sobre el momento de inicio de su actividad, más temprana en los meses cálidos y, aproximadamente dos horas más tardía en los meses más fríos.^{34,59}

De forma general, podemos considerar la existencia de dos grandes momentos de pastoreo, uno al amanecer y otro durante la tarde, hasta el anochecer.⁶⁰ Media mañana y noche son tiempos de reposo.^{57,60} En nuestro caso, observamos una tendencia del comienzo de la actividad antes del amanecer (6:00 h durante el PF y 4:00 h durante el PC), un pequeño receso en la actividad a medio día (de 10:00 a 14:00 h durante el PF y de 12:00 a 15:00 h durante el PC) para concluir la actividad diaria al anochecer (19:00 h en el PF y 21:00 h en el PC).

Paralelamente al estudio de la actividad diaria de los animales, hemos analizado las zonas que frecuentan en los momentos diferenciados de pastoreo o descanso mediante una observación pormenorizada de las imágenes de posición sobre las ortofotos de la finca. Fruto de este análisis observamos cómo los animales ocuparon tres diferentes zonas de cada cercado, donde permanecieron diariamente con desplazamientos menores a 100 m durante al menos una hora en tres diferentes momentos de uso: alimentación, bebida y descanso. Este hecho se ha descrito de forma más clara en los cercados 5 y 6 (los de mayor extensión), donde se ha constatado que la zona de alimentación es frecuentada durante el momento de máxima actividad (de 5:00 a 9:00 h), mientras que la zona de la charca corresponde al segundo periodo de actividad (de 16:00 a 19:00 h). Finalmente, los animales permanecen mayoritariamente en el área de descanso a lo largo de la noche (de 20:00 a 3:00 h).

Respecto a los momentos de cuando beben y su duración, observamos que los animales en los cercados 4, 5 y 6 se posicionan entorno al punto de agua, pero no podemos establecer su duración. En el resto de cercados no se pudo distinguir claramente estas zonas de uso en cada momento de actividad. Gracias al análisis pormenorizado de las imágenes de posición geográfica en los cercados 3 y 4 comprobamos que los tres animales, de forma independiente, frecuentan una zona del terreno, pero no suelen repetir su lugar de descanso diario, al contrario de lo que acontece en los cercados 5 y 6, donde los animales monitorizados sí repitieron su lugar de descanso durante el periodo de estudio.

De acuerdo con Sickel et al.³³ las preferencias de pastoreo del ganado están relacionadas con la localización y concentración de las diferentes especies herbáceas del área de pastoreo, pero otros factores como la existencia de charcas o bebederos, puntos de administración de sal y complementación alimentaria también tienen influencia.^{27,51}

En nuestro caso, observamos diferentes áreas de uso preferente en los cercados estudiados, más definidas en los cercados 5 y 6, justificado por una mayor extensión de terreno, sin embargo, en los cercados de menor superficie (1, 2, 3 y 4) ha sido imposible diferenciar este tipo de comportamiento debido, posiblemente, a que la escasez de espacio hace que no todo el rebaño frecuentara un área al mismo tiempo, pues este tipo de ganado mantiene un orden jerárquico en

Cuadro 3. Distancias medias recorridas por los animales de cada cercado estudiado. Media (m) \pm desviación estándar.

| Cercado | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Media |
|------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------|
| Distancia/animal/ día (m) | 1 829 ^a \pm 329 | 2 191 ^b \pm 501 | 3 209 ^b \pm 551 | 3 312 ^b \pm 419 | 4 031 ^c \pm 720 | 4 310 ^c \pm 912 | 3 147 \pm 617 |
| n | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 18 |

* Diferentes letras indican diferencias significativas ($F_{(5,12)} = 15.04$, $p = 0.0036$).

el rebaño y los que ocupan los primeros puestos son los que primero acceden al alimento o agua.³⁸

La disponibilidad de agua en forma de pequeños riachuelos por varios puntos de los cercados 1, 2 y 3 ha influido en el comportamiento de bebida de los animales, que beben pequeñas dosis de agua en ellos durante el pastoreo y únicamente se desplazan hasta las grandes charcas dos veces por día como término medio, generalmente tras el momento de ingestión de concentrado (primera hora de la mañana) cuando es mayor su necesidad de hidratación, si bien esta frecuencia podría variar dependiendo de la climatología.^{47,61}

Distancias diarias recorridas

En cuanto a las distancias diarias recorridas por los animales (Cuadro 3) hemos obtenido una media de 3 147 m, con un mínimo de 1 829 m y un máximo de 4 310 m. Las distancias de los animales que pastorean en la finca de menor superficie (cercado 1) en comparación con las de los animales de los cercados 2, 3 y 4, así como con los animales monitorizados en las más amplias (5 y 6) que experimentan mayores trayectos, fueron menores significativamente ($F_{(5,12)} = 15.035$, $p = 0.0036$). Las distancias recorridas por los animales de los cercados 2, 3 y 4 no muestran diferencias significativas entre sí, al igual que los animales de los cercados 5 y 6.

El Cuadro 3 refleja grandes diferencias entre las distancias recorridas por los animales en función del espacio disponible, los valores registrados fueron superiores en las fincas de mayor superficie (cercados 5 y 6), resultados que coinciden con los señalados por Ganskopp.²⁷ Las distancias menores recogidas en el resto de cercados podrían tener relación con el menor tamaño y la práctica de suministro de alimentación complementaria al pasto, como apuntan Cibils et al.¹⁷

El análisis estadístico realizado sobre las distancias recorridas diariamente sí arroja diferencias significativas ($F_{(2,6)} = 71.48$, $p < 0.001$) entre los grupos de animales de diferente edad (Cuadro 4), donde los animales que más distancia recorren son los de mayor edad (3-16 años). Sin duda la influencia de la edad en el estatus jerárquico de cada individuo tiene un gran peso en esta raza,³⁸ pues la defensa y adquisición del derecho de uso del espacio es fundamental en la jerarquización del rebaño y, como hemos mencionado, se eligieron animales dominantes a la hora de la instalación del dispositivo.⁵³

A su vez, se observan diferencias significativas ($F_{(1,16)} = 49.91$, $p = 0.039$) en las distancias recorridas por los animales en función del periodo estudiado, es decir de la climatología y el ciclo solar (Cuadro 5). La mayor duración del día con una temperatura más agradable, unidos a una menor producción de pasto durante el

Cuadro 4. Distancias medias (\pm desviación estándar) recorridas por los animales en función de su edad.

| Edad | Joven (2 años) | Media (3-7 años) | Avanzada (8-16 años) |
|--------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Distancia/animal/día (m) | 1 619 ^a \pm 401 | 3 107 ^b \pm 678 | 3 690 ^b \pm 794 |
| n | 3 | 6 | 9 |

* Diferentes letras indican diferencias significativas ($F_{(2,6)} = 71.48$, $p < 0.001$).

Cuadro 5. Distancias medias (\pm desviación estándar) recorridas por los animales en función de la época del año.

| Grupo | PF | PC |
|--------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Distancia/animal/día (m) | 2 783 ^a \pm 807 | 3 511 ^b \pm 1049 |
| n | 9 | 9 |

* Diferentes letras indican diferencias significativas ($F_{(1,16)} = 49.91$, $p = 0.039$).

PC pudo inducir una necesidad de pastar durante más tiempo para completar sus requerimientos nutritivos.

Hemos analizado también, las distancias que recorre cada animal durante el día y la noche en función de los dos periodos estudiados (PF y PC) (Figura 5), teniendo en cuenta las horas de salida y puesta del sol, para cada mes. De forma complementaria, se ha obtenido la media con todos los animales. Este análisis reflejó diferencias significativas entre el día y la noche durante el periodo cálido y en la media total de todos los cercados ($F(1,10) = 1178.78$, $p = 0.0023$).

Vemos que la distancia recorrida durante el día es mayor que la de la noche, tendencia reforzada por los horarios de actividad del biorritmo descritos en la Figura 4, donde se observa que los animales monitorizados reposan fundamentalmente durante la noche, como apuntan otros investigadores.⁶⁰ Sin embargo, estos resultados contrastan con los publicados por Barbari (2005), en un estudio con 36 vacas en cercados de 2 y 3 ha, en Kentucky, durante el mes de mayo de 2004, quien observó diferentes grados de utilización entre el día y la noche: fue más amplia la zona registrada durante la noche.

Si tomamos los datos en función de la climatología del periodo estudiado (PF/PC), durante el PF no se encuentran diferencias estadísticas entre las distancias con sol y las nocturnas; las distancias recorridas por la noche son estadísticamente inferiores a las diurnas durante el PC. Varios factores pueden influir en estos resultados, en primer lugar la duración de la fase lumínica, que varía mucho dependiendo del mes del año considerado (enero = 9 horas / julio 14 horas), por otro lado, una temperatura más agradable puede hacer que aumente el comportamiento de pastoreo,⁶⁰ como es nuestro caso en los animales monitorizados durante el PC, donde hay una mayor actividad y los animales comienzan a pastorear muy temprano (4:00 h), dos horas antes que los individuos monitorizados durante el PF (6:00 h).

Finalmente, tras comprobar los resultados de monitorización y recogida de datos vía satélite, para su visualización mediante el portal web, nos permiten inferir que el empleo de las tecnologías GPS-GPRS puede ser una alternativa que dismi-

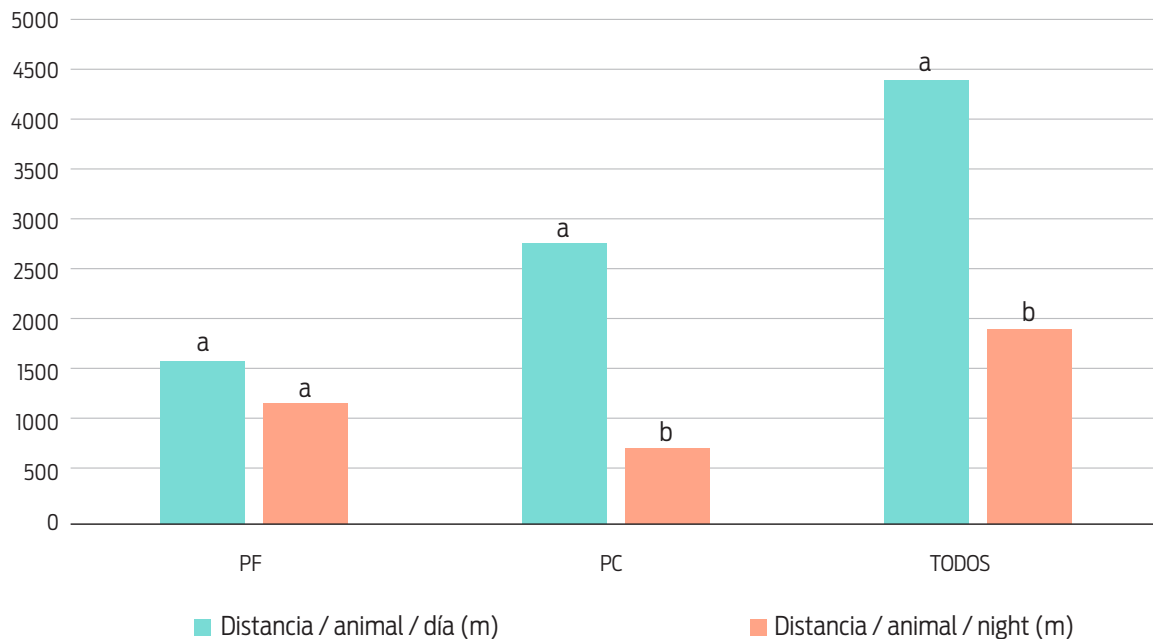


Figura 5. Distancias medias recorridas por los animales durante el día y la noche

* Diferentes letras indican diferencias significativas ($F(1,10) = 1\ 178.776$, $p = 0.0023$).

nuya el tiempo de permanencia de los pastores con el ganado que se alimentan en amplios territorios naturales. Por su parte Rutter et al.¹⁹ y Aparicio et al.⁶², quienes aplicaron una tecnología similar en ovejas y cerdos ibéricos respectivamente, concluyen que dicha tecnología es eficaz para el estudio del comportamiento en pastoreo de individuos explotados en un régimen extensivo. La tecnología GPS-GPRS, complementada con otro tipo de sensores (de temperatura, luminosidad, pulsaciones, etc.), aumentará la información disponible del animal permitiendo un control constante del rebaño y por lo tanto de la producción, crecimiento y salud de sus integrantes. Los sistemas permitirán no solo seguir a los animales sino también supervisar su fisiología, mediante información adicional sobre factores tales como ritmo cardíaco, respiratorio, temperatura corporal, etcétera.

Conclusiones

La monitorización mediante el uso de la tecnología GPS-GPRS aplicada al ganado vacuno de lidia, evidencia ser un buen método para el estudio del comportamiento en pastoreo, uso del territorio y distribución espacial. El área de campeo obtenida se sitúa próxima a las 56 ha, y se ve influenciada por factores como la superficie de pastoreo disponible. Las vacas de lidia tienden a iniciar su actividad diaria de pastoreo unas horas antes del amanecer, atenuando su actividad con el anochecer y durante la noche. Asimismo observamos una marcada fase de reposo nocturno, con una duración de siete horas, y cierta tendencia a frecuentar una determinada zona del territorio para tal uso. La distancia diaria media recorrida por los animales fue de 3 147 m, de la que además el patrón cambió en los animales alojados en cercados de mayor superficie y durante las horas de sol: aumentó el espacio de

pastoreo. Los animales mayores de tres años desarrollaron desplazamientos significativamente mayores a los descritos por las vacas más jóvenes. Estos resultados podrían ser relevantes para un mejor manejo de los pastos, donde se utilicen recintos con un tamaño tal que aumente el uso de toda la superficie disponible.

Financiamiento

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) mediante el proyecto TRT2006-00026-00-00 titulado "Aplicación de nuevas tecnologías de GPS-GPRS para el estudio del comportamiento y mejora de la producción del ganado vacuno extensivo."

Agradecimientos

Agradecemos a Don Ignacio Prieto del Servicio de Cartografía de la Universidad de León la ayuda prestada en el tratamiento de los datos de geolocalización. También queremos agradecer a los ganaderos que han participado en este estudio su ayuda poniendo a nuestra disposición animales, instalaciones de manejo y personal.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflicto de intereses con este estudio.

Contribución de los autores

Juan Manuel Lomillos Pérez. Apoyó en el trabajo de campo y el análisis de resultados.
Marta Elena Alonso de la Varga. Llevó a cabo el análisis de resultados y el análisis estadístico.

Juan José García. Apoyó con el trabajo de campo.

Vicente Ramiro Gaudioso Lacasa. Llevó a cabo el desarrollo experimental.

Referencias

1. Arnold GW. Grazing behavior. En: Morley FHW, editor. *Grazing animals*. Minnesota (US): Elsevier Scientific, 1981. p. 79–104.
2. Gillen RL, Krueger WC, Miller RF. Cattle distribution on mountain rangeland in Northeastern Oregon. *Journal Range Management*. 1984;37:549–53. doi: 10.2307/3898856.
3. Irving BD, Rutledge PL, Bailey AW, Naeth MA, Chanasyk DS. Grass utilization and grazing distribution within intensively managed fields in Central Alberta. *Journal Range Manage*. 1995;48:358–61. doi: 10.2307/4002489.
4. Bowman JL, Kochanny CO, Demarais S, Leopold BD. Evaluation of a GPS collar for white-tailed deer. *Wildl Soc Bull*. 2000;28:141.
5. Edenius L. Field test of a GPS location system for moose alces under scandinavian boreal conditions. *Wildl Biol*. 1997;3:39–43.
6. Janeau G, Adrados CH, Joachim J, Gendner JP, Pépin D. Performance of differential GPS collars in temperate mountain forest. *C R Biol*. 2004:327. doi: 10.1016/j.crv.2004.07.014.
7. Janeau G, Angibault JM, Cargnelutti B, Joachim J, Pépin D, Spitz F. Le Global Positioning System (GPS) et son utilisation (en mode différentiel) chez les grands

- mammifères: principes, précision, limites, contraintes et perspectives. *Arvicola Actes Amiens*. 1998;97:19–24.
8. Moen R, Pastor J, Cohen Y, Schwartz CC. Effects of moose movement and habitat use on GPS collar performance. *J Wildl Manag*. 1996;60:659–68.
 9. Rempel RS, Rodgers AR. Effects of differential correction on accuracy of a GPS animal location system. *J Wildl Manage*. 1997;61(2):525–30.
 10. Rodgers A, Anson P. Animal-borne GPS: tracking the habitat. *GPS World*. 1994;5:20–32.
 11. Akesson S. Tracking fish movement in the ocean. *TREE*. 2002;17(2):56–7.
 12. Bloch BA, Dewar H, Farwell CH, Prince ED. A new satellite technology for tracking the movements of Atlantic bluefin tuna. *Ecology*. 1998;95:9384–9.
 13. Magnusson J. An assessment of Atlantic bluefin tuna. Washington, DC (US): National Academy Press. 1994.
 14. Metcalfe JD, Arnold GP. Tracking fish with electronic tags. *Nature*. 1997;387:665–6.
 15. Steiner I, Burgi C, Werffeli S, Dellomo G, Valenti P, Troster G, et al. A GPS logger and software for analysis of homing in pigeons and small mammals. *Physiol Behav*. 2000;71(5):589–96. doi: 10.1016/S0031-9384(00)00409-1.
 16. Hebenbrock M, Due M, Holzhausen H, Sass A, Stadler P, Ellendorff F. A new tool to monitor training and performance of sport horses using Global Positioning System (GPS) with integrated GSM capabilities. *Dtsch Tierarztl Wochenschr*. 2005;112(7):262–5.
 17. Cibils A, Peinetti R, Clifton G, Rial P, González L. Desarrollo de un método para estudiar el comportamiento ovino en condiciones de pastoreo extensivo mediante el uso de posicionadores satelitales. En: Gonzalez L, Iglesias RO, Cibils OA, editores. *Campo experimental Potrok Aike. Resultado de 15 años de labor técnica*. Provincia de Santa Cruz (AR): Estación Experimental Agropecuaria Santa Cruz Convenio INTA; 2005. p. 93–5.
 18. Hulbert IAR, Wyllie J, Waterhouse A, French J, McNulty D. A note on the circadian rhythm and feeding behaviour of sheep fitted with a lightweight GPS collar. *Appl Anim Behav Sci*. 1998;60:359–64.
 19. Rutter SM, Beresford SA, Roberts G. Use of GPS to identify the grazing areas of hill sheep. *Comput Electron Agric*. 1997;17:177–88.
 20. Aparicio MA. Aplicación de las nuevas tecnologías a la montanera del cerdo ibérico. Conferencia de ingreso en la Real Academia de Ciencias Veterinarias de España. Madrid (ES): Real Academia de Ciencias Veterinarias de España. 2005. p. 70.
 21. Bailey DW, Keil MR, Rittenhouse LR. Research observation: daily movement patterns of hill climbing and bottom dwelling cows. *J Range Manage*. 2004;57:20–8. doi: 10.2307/4003950.
 22. Bailey DW, van Wagoner HC, Weinmeister R. Individual animal selection has the potential to improve uniformity of grazing on foothill rangeland. *Rangeland Ecol Manag*. 2006;59:351–8. doi: 10.2111/04-165R2.1.
 23. Barbari M, Conti L, Koostra BK, Masi G, Sorbetti F, Workman SR. The use of global positioning and geographical information systems in the management of extensive cattle grazing. *Biosystems Engineering*. 2006;95(2):271–80. doi: 10.1016/j.biosystemseng.2006.06.012.

24. Brosh A, Henkin Z, Ungar ED, Dolev A, Orlov A, Yehuda Y, et al. Energy cost of cows grazing activity: use of the heart rate method and the Global Positioning System for direct field estimation. *J Anim Sci.* 2006;84:1951–67. doi: 10.2527/jas.2005-315.
25. Brosh A, Henkin Z, Ungar ED, Dolev A, Shabtay A, Orlov A, et al. Energy cost of activities and locomotion of grazing cows: a repeated study in larger plots. *J Anim Sci.* 2010;88:315–23. doi: 10.2527/jas.2009-2108.
26. Fehmi JS, Laca EA. A note on using a laser-based technique for recording of behaviour and location of free-ranging animals. *Appl Anim Behav Sci.* 2001;71:335–9.
27. Ganskopp D. Manipulating cattle distribution with salt and water in large arid-land pastures: a GPS/GIS assessment. *Appl Anim Behav Sci.* 2001;73:251–62.
28. Ganskopp D, Cruz R, Johnson DE. Least-effort pathways? A GIS analysis of livestock trails in rugged terrain. *Appl Anim Behav Sci.* 2000;68:179–90.
29. Henkin Z, Ungar ED, Dolev A. Foraging behaviour of beef cattle in the hilly terrain of a Mediterranean grassland. *Rangeland J.* 2012;34:163–72. doi: 10.2527/jas2013-6996.
30. Hunt LP, Petty S, Cowley R, Fisher A, Ash AJ, MacDonald N. Factors affecting the management of cattle grazing distribution in Northern Australia: Preliminary observations on the effect of paddock size and water points 1. *The Rangeland Journal.* 2007;29:169–79. doi: 10.1071/RJ07029.
31. Putfarken D, Dengler J, Lehmann S, Härdtle W. Site use of grazing cattle and sheep in a large-scale pasture landscape: A GPS/GIS assessment. *Appl Anim Behav Sci.* 2008;111:54–67. doi: 10.1016/j.applanim.2007.05.012.
32. Schlecht E, Hülsebuch CH, Mahler F, Becker K. The use of differentially corrected Global Positioning System to monitor activities of cattle at pastures. *Applied Animal Behaviour Science.* 2004;85:185–202. doi: 10.1016/j.applanim.2003.11.003.
33. Sickel H, Ihse M, Norderhaug A, Sickel M. 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. *Landsc Urban Plan.* 2004;67:67–77. doi: 10.1016/S0169-2046(03)00029-X.
34. Turner LW, Udal MC, Larson BT, Shearer SA. Monitoring cattle behaviour and pasture use with GPS and GIS. *Can J Anim Sci.* 2000;80:405–13.
35. Ungar ED, Henkin Z, Gutman M, Dolev A, Genizi A, Ganskopp D. Interference of animal activity from GPS collar data on free-ranging cattle. *Rangeland Ecol Manag.* 2005;58:256–66.
36. Nyamurekung'e S, Cibils A, Estell R, Gonzalez A, Roacho-Estrada O, Rodriguez-almeida FA. Movement and spatial proximity patterns of rangeland-raised raramuri criollo cow-calf pairs. *J Anim Sci.* 2016;94:5–39. doi: 10.2527/jam2016-0089.
37. Ghribi B y Logrippo L. Understanding GPRS: The GSM Packet Radio Service. *Computer Networks.* 2000;34:763–79.
38. Gaudio VR, Sánchez JM, Boissou MF. Influence de la réduction d'espace sur le comportement agonistique des taureaux. *Biol Behav.* 1987;12:239–44.
39. Liu T, Green AR, Rodríguez LF, Ramirez BC, Shike DW. Effects of number of animals monitored on representations of cattle group movement characteristics and spatial occupancy. *Plos One.* 2015;10(2):113–7. doi: 10.1371/journal.pone.0113117.

40. Ganskopp D, Bohnert D. Do pasture-scale nutritional patterns affect cattle distribution on rangelands? *Rangeland ecology & management*. 2006;59(2):189–96. doi.org/10.2111/04-152R1.1.
41. Ganskopp D, Johnson D. GPS error in studies addressing animal movements and activities. *Rangeland ecology & management*. 2007;60(4):350–58. doi.org/10.2111/1551-5028(2007)60[350:GEISAA]2.0.CO;2.
42. Woodside GJ. Rocky mountain elk (*Cervus elaphus nelson*) behavior and movement in relation to lunar phases. [Corvallis, Oregon (US)]: Oregon State University; 2010.
43. Harris NR, Johnson DE, George MR, Mcdougald NK. The effect of topography, vegetation, and weather on cattle distribution at the San Joaquin experimental range, California. USDA Forest Service Gen Tech Rep. 2002;184:53–63.
44. IBM Corp. IBM SPSS Statistics for Windows. 21.0. Armonk, NY. 2012.
45. Frost AR, Schofield CP, Beulah SA, Mottram TT, Lines JA, Wathes CM. A review of livestock monitoring and the need for integrated systems. *Comput Electron Agric*. 1997;17:139–59.
46. Gaillard JM, Hebblewhite M, Loison A, Fuller M, Powell R, Basille M, et al. Habitat-performance relationships: finding the right metric at a given spatial scale. *Phil Trans R Soc B*. 2010;365:2255–65. doi: 10.1098/rstb.2010.0085.
47. Schlecht E, Hiernaux P, Kadaoure I, Hulsebusch C, Mahler F. A spatio-temporal analysis of forage availability and grazing and excretion behaviour of herded and free grazing cattle, sheep and goats in Western Niger. *Agric Ecosyst Environ*. 2006;226–42. doi: 10.1016/j.agee.2005.09.008.
48. Mohr CO. Table of equivalent populations of North American small mammals. *American Midland Naturalist*. 1947;37:223–49.
49. Barbari M. Planning individual showering systems for pregnant sows in dynamic group [PPT]. *Livestock environment VII – Proceedings of the seventh international symposium*. Beijing (CN). 2005. p. 130–7.
50. Purroy UA. Desarrollo integral del ganado de lidia. En: Buxadé CC, editor. *Producciones equinas y de ganado de lidia*. Zootecnia: bases de producción animal; Madrid (ES): Mundi-Prensa, 1996. p. 333–43.
51. De Miguel JM, Rodríguez MA, Gómez Sal A. Selección de hábitat y distribución territorial de un grupo de vacas en ambiente de dehesa. En: Bellot J, editor. *Jornadas sobre las bases ecológicas para la gestión en ecosistemas terrestres*. Zaragoza (ES): CIHEAM; 1989. p. 299–303. (Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens n. 3.
52. Bailey DW. Identification and creation of optimum habitat conditions for livestock. *Rangeland Ecol Manag*. 2005;58:109–18. doi: 10.2111/03-147.1.
53. Purroy UA. Comportamiento del toro de lidia: en el campo, en el ruedo. Pamplona, Navarra (ES): Universidad Pública de Navarra; 2003.
54. Reppert JN. Forage preference and grazing habits of cattle at the Eastern Colorado range station. *J Range Manage*. 1960;13:58–65.
55. Sneva FA. Behavior of yearling cattle on Eastern Oregon range. *J Range Manage*. 1970;23:155–8.
56. Senft RL, Rittenhouse LR, Woodmansee RG. Factors influencing selection of resting sites by cattle on the shortgrass steppe. *J Range Manage*. 1985;38:295–9.
57. Wilson MA. Distribution and behavior of cattle grazing riparian pastures. [Corvallis, Oregon (US)]: Oregon State University; 2011.

58. Dolev A, Henkin Z, Brosh A, Yehuda Y, Ungar ED, Shabtay A et al. Foraging behavior of two cattle breeds, a whole-year study: II. Spatial distribution by breed and season. *J Anim Sci.* 2014;92:758–66. doi: 10.2527/jas.2013-6996.
59. Findlay JD. The effects of temperature, humidity, air movement and solar radiation on the behaviour and physiology of cattle and other farm animals: a review of existing knowledge. Glasgow (UK): Hannah Dairy Research Institute; 1950.
60. Houpt KA. Domestic animal behaviour for veterinarians and animal scientist. 5th ed. Iowa (US): Wiley-Blackwell; 2011.
61. Cory VL. Activities of livestock on the range. *Tex. Agr. Exp. Sta. Bul.* 1927;367:44–92.
62. Aparicio TMA, Vargas GJ, Atkinson A. Las nuevas tecnologías y la montanera del cerdo ibérico. *Mundo Ganadero.* 2006;186:42–8.