



Trabajo Final de Máster

Consumo energético del ganado ovino en sus desplazamientos trashumantes de la Hoya de Huesca al Pirineo Aragonés



Autor

Carlos Betrán Casasús

Directores

Ramón J. Reiné Viñales
Olivia Barrantes Díaz

Marzo 2017



Índice

I. Resumen	i
II. Abstract	ii
III. Agradecimientos	iii
1. Introducción.....	5
1.1 La ganadería extensiva en el Pirineo aragonés.	5
1.2 La trashumancia.	8
1.3 Requerimientos energéticos de los animales.	11
1.4 Almacenamiento de energía: el estado corporal.	18
1.5 Uso de GPS y GIS para monitorización de desplazamientos del ganado en pastoreo.	20
2. Objetivos.....	24
3. Materiales y Métodos	25
3.1 Rebaños y trayectos seguidos durante la trashumancia.....	25
3.2 GPS.....	31
3.3 Programas informáticos utilizados.....	35
3.3.1 Sistema de Información Geográfica “Q-GIS”.....	35
3.3.2 Hoja de cálculo “Microsoft Excel”	36
3.3.3 Programa de análisis estadístico “SPSS”	36
3.4 Tratamiento y depuración de los datos registrados por el GPS	38
3.4.1 Transformación de los archivos “.gpx” a “.shp”	38
3.4.2 Depuración de los datos.....	39
3.4.3 Elaboración del Modelo Digital del Terreno	41
3.5 Estimación del consumo energético debido a locomoción durante el trayecto	42
3.6 Pesaje de los animales y valoración de la Condición Corporal	46
4. Resultados y discusión	50
4.1 Distancias recorridas y tiempos invertidos durante las cuatro rutas trashumantes.....	50
4.2 Comparación de métodos de estimación del consumo energético durante la trashumancia.	52

4.3 Consumos energéticos horarios en función del día de trashumancia.	54
4.4 Consumos energéticos diarios según rutas de trashumancia	56
4.5 Ritmos diarios de actividad.....	58
4.6 Evolución del peso y de la Condición Corporal de las ovejas en la trashumancia.....	63
4. Conclusiones.....	66
5. Bibliografía	67

Índice de Tablas:

Tabla 1. Estimaciones del consumo energético de la locomoción en ovejas en confinamiento y en pastoreo según diversos autores (Prieto <i>et al.</i> , 1991).....	13
Tabla 2. Coeficientes para calcular la energía neta para el mantenimiento (ENm). AFRC (1993).....	15
Tabla 3. Duración y distancia recorrida por los diferentes rebaños durante la trashumancia.....	50
Tabla 4. Datos con los que se ha trabajado: duración y distancia recorrida en días completos.....	51
Tabla 5. Comparación de los consumos diarios medios en base horaria y desviaciones estándar de los consumos energéticos de los cuatro rebaños estimados mediante los dos métodos. p= nivel de significación de la Prueba de Wilcoxon. n=número de horas comparadas en cada desplazamiento trashumante.....	52
Tabla 6. Consumo energético diario ($MJ \cdot dia^{-1}$) durante los días que dura la trashumancia y consumo medio diario ($MJ \cdot dia^{-1}$).....	56
Tabla 7. Consumo energético medio diario con sus máximos y mínimos diarios.....	56
Tabla 8. Consumo energético de las ovejas según diferentes autores para el mantenimiento y para el pastoreo (Prieto <i>et al.</i> , 1991).....	57
Tabla 9. Comparativa de peso de las ovejas entre la salida desde la Hoya de Huesca y el peso a la llegada a los pastos.....	63
Tabla 10. Resultados del análisis estadístico de la diferencia de pesos encontrada en las ovejas entre la salida desde la Hoya de Huesca hasta su llegada a los pastos (Test de Wilcoxon). n = 17.....	63

Tabla 11. Resultados de la medición de la Condición Corporal de 231 ovejas del rebaño 2 a su llegada a puerto.....64

Índice de Figuras:

Figura 1. Ovejas aprovechando los pastos de puerto durante el verano. (Autor: R. Betrán).....	6
Figura 2. Rebaño de ovejas durante la trashumancia entrando en la localidad de Huesca. (Autor: R. Betrán).....	9
Figura 3. Recorrido seguido por el rebaño número 1 ("Ruta 1").....	26
Figura 4. Recorrido seguido por el rebaño número 2 ("Ruta 2").....	27
Figura 5. Recorrido seguido por el rebaño número 3 ("Ruta 3").....	28
Figura 6. Recorrido seguido por el rebaño número 4 ("Ruta 4").....	30
Figura 7. Garmin eTrex® conectado con una batería externa para permitir autonomía de 7-9 días. (Autor: R. Betrán).....	32
Figura 8. Fundas donde se introducía el GPS y collares donde se amarraba el conjunto a la oveja. (Autor: R. Betrán).....	33
Figura 9. Conjunto amarrado a un morueco donde se realizó antes de instalarlo en un rebaño de verdad unas pruebas para ver si el aparato funcionaba correctamente y recibía la señal con precisión. (Autor: R. Betrán).....	34
Figura 10. En primer plano una oveja con un cencerro y tras ella una oveja negra con el collar-GPS. (Autor: R. Betrán).....	34
Figura 11. Interfaz del software QGIS donde se aprecia el recorrido seguido por las ovejas a su paso por la localidad de Huesca y cada uno de los puntos indica que se ha tomado un dato.....	35
Figura 12. Interfaz del software Microsoft Excel donde cada línea horizontal corresponde con los diferentes atributos de un punto tomado, desde la fecha hora hasta posición y consumo energético por diferentes métodos desde el punto anterior.....	36
Figura 13. Interfaz del software SPSS.....	37
Figura 14. Jaula para el pesaje de varias ovejas antes de partir la trashumancia, se puede observar que se pesa una oveja que lleva puesto el GPS. (Autor: R. Betrán).....	46
Figura 15. Forma de medir la Condición Corporal en ovino y Condición Corporal de las ovejas según su acumulación de grasa (Romero, 2015). Instituto de investigaciones Agropecuarias de Chile).....	48



Figura 16. Manga de manejo por la cual se pasó parte del ganado para poder realizar la medición de la Condición Corporal. (Autor: R. Betrán).....	49
Figura 17. Consumo energético horario medio en cada día de la trashumancia para cada uno de los rebaños estudiado. Letras diferentes en cada ruta indican diferencias significativas entre los promedios diarios ($p<0,005$).....	54
Figura 18. Consumo energético horario en las diferentes horas del trayecto trashumante para el rebaño 1.....	58
Figura 19. Consumo energético horario en las diferentes horas del trayecto trashumante para el rebaño 2.....	59
Figura 20. Consumo energético horario en las diferentes horas del trayecto trashumante para el rebaño 3.....	60
Figura 21. Consumo energético horario en las diferentes horas del trayecto trashumante para el rebaño 4.....	61



II. Resumen

La trashumancia es un sistema de producción animal que evita periodos críticos de la producción vegetal mediante movimientos estacionales del ganado y se realiza tradicionalmente desde la zona llana hasta la montaña al inicio de la época estival, y a la inversa al inicio del otoño.

Hasta la actualidad nunca se ha estudiado el consumo energético que tiene el ganado ovino durante este movimiento estacional.

Mediante la monitorización del rebaño, usando la tecnología GPS y los sistemas SIG y aplicando el uso de diferentes fórmulas, se ha estimado el consumo energético que tiene el ganado ovino en el desplazamiento desde el llano hasta el Pirineo aragonés.

Los objetivos de este trabajo fueron: (i) puesta a punto de un método para el cálculo del consumo energético de las ovejas en locomoción; (ii) estimar el consumo energético por locomoción que tiene el ganado ovino en sus desplazamientos trashumantes desde la Hoya de Huesca hasta el Pirineo aragonés, estudiando cuatro trayectos diferentes; (iii) analizar las diferencias diarias de los consumos por locomoción dentro de cada rebaño y relacionarlas con las características de la ruta recorrida; (iv) comparar los resultados obtenidos entre los cuatro rebaños, y relacionarlos con los manejos ganaderos; (v) estimar los ritmos de actividad diaria de las cuatro rutas; (vi) examinar la evolución del peso de las ovejas antes de la trashumancia y justo a la llegada y (vii) evaluar la evolución de la condición corporal de las ovejas antes y después de las rutas trashumantes.

Para ello, se utilizó un sistema creado ad hoc, consistente en la incorporación de un GPS comercial, modificado mediante la adición de una batería, a un collar colocado alrededor del cuello de la oveja, estando programado para registrar datos de posición para su posterior procesado mediante un SIG. Una vez obtenidos los datos de posición y tiempo se utilizó una hoja de cálculo para obtener los datos necesarios para poder aplicar las fórmulas de Clapperton (1964) y de Brockway y Boyne (1980) que estimaron el consumo energético durante la trashumancia. Además, antes de partir el rebaño 1, se realizó una medición manual de la condición corporal de una parte del rebaño y se pesaron unos determinados individuos realizando la misma operación al llegar a los pastos de montaña. Una vez obtenidos todos los datos se analizaron estadísticamente mediante el software SPSS.

Respecto a las fórmulas de consumo energético debido a la locomoción propuestas por Clapperton (1964) y por Brockway y Boyne (1980) no se han obtenido diferencias significativas entre los resultados que proporcionan ambas, pero se considera que la segunda es más precisa puesto que tiene en cuenta la velocidad de los animales durante el desplazamiento.

También se ha concluido que no existen diferencias significativas entre el consumo medio diario de los diferentes rebaños durante la subida de los rebaños a puerto, pero sí que existen diferencias diarias que ocurren por las diferentes formas de manejo de cada rebaño y por la distinta orografía por la que transitan.

Se ha hallado que el consumo energético medio diario debido a la locomoción está por encima del obtenido por la mayor parte de autores para ovino en pastoreo, suponiendo un incremento de entre un 63 y un 79% de la energía metabólica de mantenimiento (EMm).

En cuanto a los ritmos diarios de actividad se ha observado que para todos los rebaños aparecen casi todos los días dos picos de actividad, uno que se produce



por la mañana y otro por la tarde, siendo el efecto “guía” del pastor determinante para establecer los momentos y velocidades de desplazamiento.

Las ovejas durante la trashumancia pierden peso y coherentemente con este dato su condición corporal disminuye durante la subida del ganado a puerto puesto que tienen que movilizar las grasas almacenadas para soportar el consumo energético debido a la locomoción.

Palabras clave: rebaño de ovino, ruta trashumante, GPS, Sistema de Información Geográfica, consumo energético en locomoción, condición corporal.

II. Abstract

Transhumance is an animal production system that avoids critical periods of vegetation production through seasonal movements of livestock, which traditionally moves from the flat areas to the mountains at the beginning of the Summer, and the reverse way at the beginning of Autumn.

The energy consumption by sheep throughout this seasonal movement has never been studied so far.

This energy consumption because of movement has been estimated in our study, by means of monitoring sheep flocks from the lowland to the Aragonese Pyrenees by GPS, and applying GIS and different previously developed calculation methods.

Our study has been carried out based on the following goals: (i) develop a method to calculate the energy consumption of sheep in locomotion; (ii) estimate the energy consumption of sheep due to locomotion during their transhumance from the Hoya de Huesca to the Aragonese Pyrenees by studying four different flocks on four different routes; (iii) analyze the daily consumption differences in locomotion among the flocks and relate these differences to the characteristics of the route; (iv) compare the results obtained and relate them to livestock management; (v) estimate the daily activity rhythms along the four routes; (vi) examine the evolution of sheep weight prior to transhumance and just upon arrival, and (vii) evaluate the evolution of sheep body condition before and after transhumant movements.

In order to achieve the objectives, we used an *ad hoc* system incorporating a commercial GPS, a modified battery, and a collar placed around sheep's necks, programmed to record position and time data to be processed by means of a GIS. Once the position and time data were obtained, a spreadsheet was used to obtain the necessary data in order to apply the Clapperton (1964) and Brockway and Boyne (1980) methods that estimate the energy consumption during transhumance. Besides, before the flock number 1 had started the trip, we measured body condition a proportion of the flock and weighed some individuals, performing the same operation upon reaching the mountain pastures. All these data were statistically analyzed by using the SPSS software.

No significant differences were found between the results provided by Clapperton (1964) and Brockway and Boyne (1980) methods to calculate the energy consumption, but the latest is considered to be more accurate as it takes into account the speed of sheep during movement.

The study has concluded that there are no significant differences between the average daily consumption of the different flocks when moving to the mountain grasslands. But we found daily differences based on orography and the way each flock had been shepherded.



The daily energy consumption in locomotion has been found to be higher than the obtained by most authors for sheep grazing, assuming an increase between 63 and 79% of the metabolic energy of maintenance (EMm).

As for the daily rhythms of activity, two peaks of activity have been observed almost daily for each flock: one in the morning and another one in the afternoon. The "guide" effect of the shepherd has been relevant to establish the moments and speed of movement.

Sheep lose weight during transhumance and, coherently, their body condition changed as they had to use stored fats to supply the energy consumption due to locomotion.

Keywords: sheep flock, transhumant route, GPS, Geographical Information System, energy consumption due to locomotion, body condition.

III. Agradecimientos

En primer lugar quería dar gracias al Séptimo Programa Marco de la Comunidad Europea (FP7 / 2007-2013) en virtud del acuerdo de subvención n ° 289328 CANTOGETHER, mediante el cual la financiación recibida ha permitido a la obtención de los resultados que se plasman en el presente trabajo fin de máster.

En segundo lugar a mis tutores, Ramón Reiné y Olivia Barrantes, magníficos investigadores y excelentes personas sin los cuales y sin su ánimo permanente y sus ganas de trabajar no hubiera terminado el presente trabajo.

En tercer lugar a mi hermano Roberto, el cual empezó todo el trabajo, realizó la toma de datos en campo y consiguió que me involucrara en el proyecto.

Por último un especial agradecimiento a mi familia que me ha dado apoyo incondicional en la redacción del presente documento y ha sacrificado muchas horas de mi ausencia para que pudiera terminar.

1. Introducción

1.1 La ganadería extensiva en el Pirineo aragonés.

Desde hace más de 5000 años, una vez fundidos los hielos de la última glaciación, un paisaje agro-silvo-pastoral predominó en la Cordillera Pirenaica (Fillat, 2008) y sus piedemontes como fruto de la acción de herbívoros diversos -ovino, cabrío, vacuno, équidos-, y de una agricultura de subsistencia que evolucionó con el tiempo hasta que, en el siglo XV, la unidad de explotación familiar consistía en una “casa, con su pajar, campos, fenares y huertas” (Gómez, 2002). A ellos, cabe añadir extensos pastos mancomunados o puertos de varios municipios o valles, los bajantes o pastos intermedios de primavera, los boalares-dehesas de uno o varios municipios y durante la trashumancia los pastos prepirenaicos de otoñada (aborrales), más los pastos de invernada del Valle del Ebro.

Esa ganadería arraigada trashumante a lo largo de los siglos XIX y XX sufrió cambios intensos, fundamentalmente relacionados con las guerras, las repoblaciones forestales, las instalaciones hidroeléctricas, la apertura de los mercados, la industrialización, el desarrollo del turismo y las comunicaciones (Pallaruelo, 2002). Conforme avanzaba la segunda mitad del siglo XX las producciones agrarias en montaña fueron depreciándose en el mercado y la cabaña ganadera disminuyó considerablemente por lo que los ganaderos se vieron obligados a abandonar sus hogares en busca de una mejor vida en las ciudades, lo que supuso que la cultura agro-pastoral heredada generación a generación se fuera perdiendo. De hecho, la provincia de Huesca, (Pirineo y Prepirineo, sobre todo) encabezó la lista de vacíos demográficos con 400 núcleos despoblados entre los años 1955 y 1975; ahora su población sigue concentrándose en las ciudades y la densidad media de población de la provincia no pasa de 14 habitantes/km² (Acín, 1994).

El Pirineo aragonés, que tradicionalmente ha sido fuente de alimento para los diferentes tipos de ganado durante los meses estivales, tiene una superficie de 13200 km² con una altitud superior a los 400m. De esta extensión, 1026 km² son ocupados por pastos (García y Gómez, 2007) y pueden llegar a cubrir el 75% de la superficie en las cabeceras de algunos valles o en el propio Parque Nacional de Ordesa-Monte Perdido (García-González *et al.*, 2007). La ganadería ha sido la principal actividad económica del Pirineo en los últimos siglos, es decir, la entrada de dinero en las casas provenía principalmente de productos de la ganadería. Esto queda reflejado en diversos estudios realizados en la zona (p.e., Pallaruelo, 1988), en los cuales aparecen libros de cuentas de ganaderos del Pirineo aragonés.

En la actualidad, la apertura de mercados ha favorecido la reducción en el número de explotaciones y el aumento del tamaño de éstas. Asimismo, los pastos pirenaicos están caracterizados por la existencia de grandes superficies de buenos pastos estivales que sirven para alimentar una cabaña escasa. La infrautilización de los pastos de puerto, además de contribuir a un deterioro del ecosistema que es fruto de muchos siglos de pastoreo más intenso, supone el despilfarro de un recurso alimentario para el ganado que resulta atractivo para los propietarios de rebaños ajenos del espacio pirenaico y tradicionalmente estantes, aunque también lo es para propietarios de rebaños trashumantes y trasterminantes.

El uso de los pastos de puerto es mediante el pastoreo estival, ya que el resto del año se encuentran bien cubiertos de nieve o bien sin brotar. Este pastoreo viene realizándose desde hace siglos para aprovechar un recurso que ofrece la montaña y que de otra manera no podría ser aprovechado.



Figura 1. Ovejas aprovechando los pastos de puerto durante el verano. (Autor: R. Betrán)

La ganadería extensiva se enfrenta en estos momentos a una situación de particulares dificultades que, poco a poco, se han ido haciendo presentes 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 (Aparicio, 2009).

Además, la disminución del precio 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 relevo generacional, tampoco es ajeno a esta crisis (Aparicio, 2009).

También se debe señalar que las Políticas Europeas Agrarias en las últimas reformas con las decisiones tomadas no han ayudado al sector ovino de una manera efectiva. En la actualidad hay ganaderos que, sin tener ovejas, están cobrando unos 30€ por cabeza, otros ganaderos, teniendo ovejas están cobrando unos 42€/oveja y los nuevos ganaderos que se incorporaron después del 2004 están cobrando unos 12€/oveja (Orden 19 de marzo de 2015 del Departamento de Desarrollo Rural y Sostenibilidad del Gobierno de Aragón). Desde el 2008 las ayudas al ovino están totalmente desacopladas y los ganaderos históricos al menos hasta 2020 estarán cobrando 30€/oveja tengan o no ovejas, más 12€ si tienen. Desde el año 2009 al año 2015 todo ganadero nuevo no ha tenido ninguna ayuda por cabeza y fue a partir del 2015 cuando se empezó a cobrar los 12€/cabeza aproximadamente. (Aisa, 2015)

1.2 La trashumancia.

La trashumancia es un tipo de manejo del ganado caracterizado por los desplazamientos estacionales del mismo de unos pastos a otros siguiendo ciclos que se repiten anualmente. Estos ciclos consisten en pasar el verano alimentándose de los pastos pirenaicos y la temporada invernal en la tierra baja o en el Valle del Ebro. La distancia que separa los pastos estivales de los de la invernada, supera los 100 km, y con frecuencia ronda los 200 km. Por lo tanto si existe la trashumancia es porque hay diversos tipos de pastos que debido a las distintas condiciones orográficas y climáticas de los lugares en los que crecen, ofrecen posibilidades óptimas de aprovechamiento distribuidas a lo largo de diferentes estaciones del año.

Se distinguen tres formas diferentes de trashumancia (Pallaruelo, 1993):

- la trashumancia descendente donde los ganaderos que la practican tienen su residencia en los valles próximos a los puertos donde el ganado pasa el verano, de modo que los pastos de invernada se sitúan lejos del hogar familiar.
- la trashumancia ascendente se produce cuando la residencia está junto a los pastos de invierno. Este es el tipo de trashumancia característico de los grandes rebaños de ovejas extremeñas que estivan en los puertos de las montañas leonesas. En los Pirineos aragoneses este modelo apenas contaba con tradición, pero en las últimas décadas ha ganado importancia.
- el modelo conocido como trashumancia oscilante está relacionado con un tipo de ganadero cuya vivienda se encuentra en un punto intermedio entre los pastos de invernada y los de verano.



Figura 2. Rebaño de ovejas durante la trashumancia entrando en la localidad de Huesca.
(Autor: R. Betrán)

En el pasado, el censo del ganado que practicaba la trashumancia ascendente era mucho menor que el que practicaba la trashumancia descendente; resulta lógico que así fuera, los propietarios de los puertos eran los ganaderos de los valles pirenaicos quienes saturaban sus pastos estivales con sus rebaños propios por lo que apenas quedaban, por tanto, posibilidades para admitir ganados foráneos. Durante los años 70 la trashumancia se redujo, disminuyó el número de cabezas y aparecieron nuevas formas de ganadería extensiva (Fillat, 1981); en todos los valles la menor presión o la escasa variedad de herbívoros domésticos hizo disminuir la productividad de los pastos (Villar y García-Ruiz, 1976).

Sin embargo, en las últimas décadas los censos de ganado que practican la trashumancia ascendente han crecido. Las causas del crecimiento de la trashumancia ascendente deben relacionarse con dos hechos, la caída del censo de ganado de los valles pirenaicos, responsable de que muchos puertos se encuentren infrapastados y la emigración de antiguos ganaderos de los valles altos a municipios de la tierra baja (Pallaruelo, 1993).

En cuanto a la forma de realización de los desplazamientos se debe señalar que los desplazamientos "a pie" vienen sufriendo una recesión desde el siglo XIX. Desde la puesta en funcionamiento del ferrocarril hasta mediados del siglo XX, éste fue el medio de transporte más usado, pero desde los años 60, el camión lo sustituyó. Se estima que una mínima parte de los movimientos trashumantes actuales se realizan "a pie" (VVAA, 2013).

Respecto a las dificultades técnicas de la trashumancia a pie, destacan las intrusiones en las vías pecuarias (cultivos, urbanización, vertederos, campos de golf, etc.), el deficiente estado, la matorralización y estrechamiento, la señalización insuficiente de algunos tramos de las vías, y la carencia de puntos de agua para el ganado (Barrantes *et al.*, 2016).

1.3 Requerimientos energéticos de los animales.

En la producción animal, las necesidades energéticas de un animal en un momento dado pueden considerarse como la suma de las necesidades de mantenimiento y de las necesidades de producción. Estos requerimientos energéticos adquieren, en comparación con otros nutrientes, una especial importancia por ser cuantitativamente los más relevantes y por condicionar la utilización digestiva o metabolizable de los nutrientes (Mantecón y Lavín, 2000).

Las necesidades de mantenimiento y de producción son más fácilmente controlables cuando los animales son explotados en sistemas intensivos donde la alimentación y la mayor parte de los factores ambientales están controlados. Sin embargo, en sistemas donde el ganado busca el alimento mediante pastoreo libre o extensivo, el consumo energético de la actividad animal adquiere una importancia considerable en el cómputo de las necesidades globales del ganado, pero son de muy difícil control.

Las peculiaridades de cada especie animal, así como su adaptación al pasto existente en cada momento, pueden conllevar modificaciones en el comportamiento del animal en pastoreo, y en consecuencia en la ingesta de alimento (Mantecón *et al.*, 2009).

Se considera que los animales se encuentran en "mantenimiento" cuando la composición corporal permanece constante, no rinden productos como la leche o carne, y no se ven obligados a trabajar. Puesto que los animales explotados por el hombre rara vez se encuentran en este estado improductivo, puede parecer que la determinación de las necesidades nutritivas para el mantenimiento tiene, exclusivamente, interés teórico. Sin embargo, las necesidades totales de diversas especies animales, especialmente de rumiantes, se obtienen siguiendo un método factorial en que se suman las necesidades para el mantenimiento y para la producción. Por consiguiente, el conocimiento de las necesidades de mantenimiento de los animales tiene tanta importancia práctica como teórica (Mc Donald *et al.*, 1995).

La energía química contenida en los alimentos es la principal fuente de

energía de que disponen los animales para mantener su temperatura corporal, realizar sus funciones vitales y producir. El valor energético de un alimento depende de las características de ese alimento y también del tipo de animal que lo consume. Así, por ejemplo, los rumiantes pueden extraer energía de la celulosa mientras que los monogástricos no pueden hacerlo.

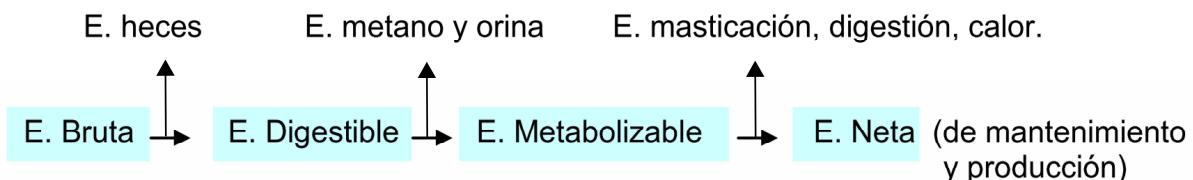
No toda la energía total o bruta (EB) que contienen los alimentos resulta realmente útil para los animales. Por eso, en el ámbito de la producción animal, suelen diferenciarse las siguientes formas de la energía:

Energía Bruta (EB): Es la energía total que proporciona un alimento.

Energía Digestible (ED): Es el resultado de restar a la EB la energía contenida en las heces.

Energía Metabolizable (EM): Es el resultado de restar a ED la energía contenida en la orina y el metano y otros gases producidos a consecuencia de la fermentación de los alimentos en el aparato digestivo. En general, es suficientemente aproximado considerar que $EM=0,82 \cdot ED$ (Muslera y Ratera, 1991)

Energía Neta (EN): Es el resultado de restar a EM la energía invertida en la masticación, digestión y otros procesos y constituye, por tanto, la fracción de energía realmente utilizable por el animal.



Cada escuela o sistema tiene sus preferencias a la hora de utilizar una u otra forma de energía. Así, el INRA (Francia) - cuyo sistema es el más ampliamente difundido en España - utiliza la energía neta (EN), mientras que los británicos suelen emplear la metabolizable (EM), y los norteamericanos, la digestible (ED). Por eso, a la hora de comparar las características de los alimentos con las necesidades de los animales, es imprescindible tener en cuenta la procedencia de los datos y las formas de energía que se manejan (San Miguel, 2006).

Es evidente que los consumos energéticos de los animales en pastoreo son notoriamente superiores a los estimados en confinamiento. En base al cálculo de la ingesta voluntaria de materia orgánica digestible (MOD), se encontraron incrementos de las necesidades energéticas de mantenimiento (EMm) en pastoreo que oscilan entre el 25 y el 100% en ganado ovino (Coop y Hill, 1962; Lambourne y Reardon, 1963; Langlands *et al.*, 1963;). Blaxter (1967)

indicó que los posibles incrementos de EMm en pastoreo se debían a errores inherentes a la determinación de la ingesta voluntaria, al estrés ambiental o a la locomoción, estimando que el incremento sobre las necesidades de mantenimiento obtenidas mediante cámaras de respirometría era del orden del 11% en ovino.

Young y Corbett (1972) desarrollaron dos métodos de estimación directa de las necesidades energéticas en pastoreo, la denominaron Técnica de Calorimetría Indirecta Móvil (Mobile Indirect Calorimetric Technique, MIC, 1969) y la Técnica de Estimación del CO₂ producido (Carbon Dioxide Entry Rate Technique, CERT, 1969). Con ambos procedimientos obtuvieron en ovino incrementos de EMm superiores en un 60-70% a las necesidades tabuladas de ovejas de similar peso vivo, valores más próximos a la mayor parte de las estimaciones basadas en los cálculos de ingesta voluntaria de MOD que a las recomendaciones de Blaxter (1967). Osuji (1974), comparó los datos de consumo energético de ovinos confinados en cámaras de respirometría con las necesidades de estos animales en pastoreo, y en base a publicaciones y estudios estimó que el incremento de EMm en pastoreo fue del 32%, asociándolo fundamentalmente a los consumos extras debidos a la locomoción.

Los resultados de todas estas investigaciones pueden verse resumidos en la siguiente tabla, donde, por un lado, aparecen las necesidades energéticas de mantenimiento del ganado ovino en confinamiento y por otro lado las necesidades de mantenimiento del ganado ovino en pastoreo (se tienen en cuenta en este punto los desplazamientos del ganado en busca de los pastos) (Prieto *et al.*, 1991).

Tabla 1. Estimaciones del consumo energético de la locomoción en ovejas en confinamiento y en pastoreo según diversos autores (Prieto *et al.*, 1991).

Consumo energético EMm (MJ·d⁻¹)		Incremento (%)	Referencia
Confinamiento	Pastoreo		
-	-	11,0	Blaxter (1967)
6,7	8,4	25,4	Langlands <i>et al.</i> (1963)
5,9	9,6-11,3	62,7-91,5	Coop y Hill (1962)
5,9	8,8	49,2	Lambourne y Reardon (1963)
-	-	60,0-70,0	Young y Corbett (1972)
5,3	7,0	32,1	Osuji (1974)

La Energía metabolizable de mantenimiento se entiende como el nivel más bajo de necesidades del metabolismo para el funcionamiento básico del cuerpo del animal. Esta tasa depende del peso corporal del animal. Históricamente se ha comparado con la función exponencial de la masa corporal. Para el caso de las ovejas se ha aplicado la función definida por Kleiber (1947):

$$Y = 70X^{0,75}$$

Donde X corresponde a la masa corporal del individuo en kg e Y corresponde a la EMm en kilocalorías por día (Robbins, 1993).

Así por ejemplo una oveja de 60 kg tiene una EMm de:

$$Y = 70 \times 60^{0,75} = 1509,077 \text{ Kcal} \cdot \text{día}^{-1} = 6,314 \text{ MJ} \cdot \text{día}^{-1}$$

En términos de Energía Neta (EN), tal y como hemos comentado anteriormente, estos valores energéticos se reducirían. La Energía Neta para mantenimiento: (ENm) es la energía neta requerida para mantener a un animal en equilibrio sin que se gane ni se pierda energía corporal (Jurgen, 1988). La fórmula de cálculo de la ENm propuesta por el IPCC (2006) en el "Guidelines for national greenhouse gas inventories" es la siguiente:

$$ENm = Cf_i \cdot (Peso)^{0,75}$$

Donde:

ENm = energía neta requerida por el animal para su mantenimiento en $\text{MJ} \cdot \text{d}^{-1}$.

Cf_i = coeficiente que varía para cada categoría de animales, como se indica en la Tabla 2) en $\text{MJ} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$

Peso = peso vivo del animal en kg.

Tabla 2. Coeficientes para calcular la energía neta para el mantenimiento (ENm). Basados en AFRC (1993)

Categoría animal	Cf _i (MJ·d ⁻¹ ·kg ⁻¹)	Comentarios
Ovinos (Corderos hasta 1 año)	0,236	Este valor puede incrementarse en un 15 % para machos enteros
Ovinos (de más de 1 año)	0,217	Este valor puede incrementarse en un 15 % para machos enteros

Así por ejemplo, para una oveja de más de un año con un peso de 60 kg, la energía neta para mantenimiento sería

$$ENm = 0,217 \times 60^{0,75} = 4,678 \text{ MJ}\cdot\text{d}^{-1}$$

Asimismo, para NRC (1985), la ENm viene especificada como:

$$ENm = 0,56 \times W^{0,75}$$

Donde:

ENm= energía neta requerida por el animal para su mantenimiento en Kcal·d⁻¹

W = peso vivo del animal en kg.

Así por ejemplo una oveja de 60 kg tiene una ENm de:

$$ENm = 56 \times 60^{0,75} = 1207,262 \text{ kcal}\cdot\text{d}^{-1} = 5,051 \text{ MJ}\cdot\text{d}^{-1}$$

Tal y como puede observarse la fórmula que ofrece IPCC 2006 y la que da NRC 1985 para el cálculo de la ENm es diferente, y si se sustituye en ellas por los mismos valores, el resultado de la ENm calculada es diferente. Se supone que la referencia más actual es la más revisada y la más recomendada para la comunidad científica.

Para la estimación de las necesidades energéticas de los animales se deben sumar las necesidades energéticas de mantenimiento, locomoción, crecimiento, producción de leche, producción de lana, etc. y se debe

considerar el estado de las ovejas, siendo muy diferentes los resultados por ejemplo si una oveja está vacía o está en el último tercio de gestación. Para ello se debe tener en cuenta que las fórmulas disponibles según los diferentes autores pueden expresar una misma necesidad en Energía Neta o en Energía Metabolizable, sólo pudiendo sumar aquellas necesidades energéticas expresadas de igual manera. Para pasar de una a otra se debe aplicar un coeficiente corrector. En el presente trabajo se ha utilizado el sistema británico, expresando los resultados en Energía Metabolizable.

En ecosistemas pastorales de montaña donde la diversidad botánica es elevada pero la densidad vegetal puede ser muy variable, los animales tienen que desplazarse distancias a veces importantes entre puntos de pastoreo, lo cual puede incrementar sus necesidades energéticas. El requerimiento energético del animal debido a la locomoción depende de la eficiencia de la distancia recorrida y de la eficiencia de la locomoción (Lachica y Aguilera, 2005).

El concepto de locomoción es un factor muy importante a la hora de realizar balances energéticos (Mendizábal, 2008). El consumo energético de la locomoción contribuye significativamente a los requerimientos energéticos de los animales que viven en libertad y han de tenerse en cuenta si se desean evaluar de modo preciso las necesidades energéticas de los animales en pastoreo (Aguilera, 2001).

Diversos han sido los autores que han propuesto fórmulas para el cálculo del consumo energético en la locomoción para el ganado ovino: Clapperton (1964) y, posteriormente, Brockway y Boyne (1980) y más recientemente Mendizábal (2008) propusieron diferentes fórmulas mediante las cuales, con la incorporación de parámetros como distancia recorrida, pendiente, velocidad y peso del animal, se podía estimar el consumo energético de los rebaños en sus desplazamientos. Estas fórmulas diferenciaban los desplazamientos verticales de subida y los de bajada, puesto que el coste energético es diferente para los dos casos. Se han usado habitualmente para movimientos del ganado dentro de los pastos y en su búsqueda del alimento en la montaña. Sin embargo, no se ha encontrado ninguna referencia bibliográfica en la que se haya estudiado el consumo energético que tiene el ganado ovino hasta que llega desde los pastos de invernada hasta los puertos de verano, es decir durante los recorridos trashumantes. Dado que durante la trashumancia entre la Hoya de Huesca y el Pirineo el ganado debe desplazarse entre 100 y

200km para llegar a los pastos de puerto en pocos días, como hipótesis de trabajo se estima que la locomoción puede suponer un nivel de consumo energético mucho mayor que el de pastoreo porque, además de tener que alimentarse, los animales deben caminar durante decenas de kilómetros diariamente hasta alcanzar el objetivo de llegar a los pastos de puerto.

También en el año 1993 CAB International en su publicación titulada Energy and Protein Requirements of Ruminants, proponía una fórmula para estimar la Energía Metabolizable consumida debido a la locomoción de ovejas que se desplazaban unos 5000 metros horizontalmente y unos 100 metros verticalmente, permanecían 12 horas de pie y realizaban 12 cambios posicionales. La fórmula es la siguiente:

$$\text{EMI} = 0,024 \times W$$

Donde:

EMI = energía metabolizable requerida para la locomoción en $\text{MJ}\cdot\text{d}^{-1}$.

W = peso vivo del animal en kg.

Así por ejemplo, para una oveja de 60 kg, la Energía metabolizable requerida por el animal para la locomoción sería $1,44 \text{ MJ}\cdot\text{d}^{-1}$.

1.4 Almacenamiento de energía: el estado corporal.

Los sistemas tradicionales extensivos de producción ovina-caprina, basados en el pastoreo, se caracterizan por variaciones estacionales en la disponibilidad cuantitativa y cualitativa de alimento. Asimismo, las necesidades nutritivas de los animales también experimentan variaciones a lo largo del ciclo productivo. En una situación ideal, si las máximas necesidades coincidiesen con la máxima disponibilidad de alimento, y ésta no fuera limitante, el problema de la nutrición ovina quedaría enormemente simplificado. Sin embargo, en muchas ocasiones, esta concurrencia de factores no existe en la explotación del ganado ovino.

Se plantea, entonces, una alternativa para corregir estos desfases entre necesidades nutritivas y disponibilidad de alimento, aparte de la suplementación, consistente en la gestión de las reservas corporales; es decir, en la posibilidad de acúmulo de reservas corporales en los momentos de mayor abundancia o menores necesidades, para posteriormente poder ser movilizadas cuando el alimento disponible no es suficiente o bien las necesidades aumentan. Es evidente que para realizar esta gestión es preciso disponer de algún método que permita una estimación de las reservas corporales, a partir de datos o valores que puedan determinarse *in vivo*, es decir, sin tener que recurrir al sacrificio de los animales.

Han sido múltiples las técnicas empleadas con este fin, entre las que podrían señalarse metodologías sencillas como la estimación a partir del peso vivo (Jagusch *et al.*, 1970; Castrillo, 1975). El peso vivo puede ser un buen predictor en los animales en crecimiento, pero puede ser muy variable debido a diferentes contenidos digestivos y presenta peores resultados en animales con un peso muy alto o elevado estado de engrasamiento. Técnicas mucho más complejas y actuales incluyen, por ejemplo, las tomografías computerizadas y los escáneres ultrasónicos (Puntilla y Nylander, 1992), cuyo elevado coste y poca movilidad del equipamiento han llevado a reconsiderar su posible aplicación real en producción animal. Otras técnicas son la medida de los espacios hídricos de difusión de un marcador, -con un alto coste y rigurosas condiciones de utilización que reducen su aplicación a trabajos experimentales muy concretos- y el estudio de los adipocitos (Robelin y Agabriel, 1986; Mendizábal *et al.*, 1993).

Mucho más sencilla, con buenos resultados e independencia del contenido digestivo, se plantea la técnica de la Condición Corporal (CC) (Frutos y Mantecón, 1994), la cual consiste en una valoración subjetiva por palpación lumbar de los animales, cuyo fin es asignar una puntuación que refleja el estado de engrasamiento de los mismos, en una escala de 0 a 5 puntos en la que las notas más altas corresponden a los animales más engrasados y las más bajas a los menos engrasados.

La elección de esta técnica para estimar la composición del animal está condicionada por factores como la precisión requerida, la disponibilidad de recursos o el coste económico. En este sentido, todos los usuarios, ya sea a nivel práctico o científico, coinciden en que se trata de un método barato, fácil si se tiene experiencia, rápido y que no precisa de ningún aparato, lo cual le hace ideal en condiciones de campo (Frutos y Mantecón, 1994).

1.5 Uso de GPS y GIS para monitorización de desplazamientos del ganado en pastoreo.

Los Sistemas de Posicionamiento Geográfico (GPS) han sido usados junto con los Sistemas de Información Geográfica (GIS) para monitorizar los movimientos de la fauna silvestre y animales domésticos y sus comportamientos (Moen *et al.*, 1996; Rutter *et al.*, 1997; Udal, 1998; Turner *et al.*, 2000; Schlecht *et al.*, 2004; Agouridis *et al.*, 2005; Ungar *et al.*, 2005).

Hasta la aparición de los GPS, las mediciones de los movimientos del ganado en el campo estaban basadas en la observación visual. Esta labor no es tan sólo ardua e intensa, sino que además puede haber errores en la apreciación del movimiento por parte del observador por fatiga o pérdida visual del ganado y también tiene la limitación de que por la noche estos no pueden ser observados.

Uno de los primeros trabajos sobre monitorización del ganado ovino fueron los realizados por Rutter *et al.* (1997) donde se utilizó 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) procedente del desastre de Chernóbil, concluyendo que la eficacia de la técnica GPS para el estudio del comportamiento de ovejas de pastoreo libre era elevada. Entre los inconvenientes de la aplicación de esta tecnología al ganado ovino destacaban el peso y tamaño de los GPS que obligaba a diseñar equipos especialmente adecuados a ellos y la relación entre el coste de los equipos y el coste de los ejemplares.

Existe abundante bibliografía científica referida a la viabilidad de la metodología como herramienta científica en diferentes ámbitos. Así, se ha trabajado sobre la aplicabilidad de esta nueva metodología y la precisión de la misma para determinar la posición de los animales, 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 *et al.* (2001) sobre la precisión comparada entre los receptores convencionales de VHF frente a los receptores GPS, se decanta claramente por estos últimos. También Moen *et al.* (1996) abunda en los estudios sobre la precisión GPS con corrección diferencial, al igual que 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 mayo del año 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 que algunos autores se han planteado la necesidad de mantener el sistema de corrección diferencial frente a prescindir del mismo. Este es el objetivo del trabajo de Janeau, *et al.* (2004), que se plantearon esta disyuntiva y concluyeron que la eliminación de la Disponibilidad Selectiva (SA) supone una mejora sustancial de la calidad de los datos, pero dejan la decisión de mantener o no el procedimiento de corrección diferencial a las necesidades de precisión de las mediciones de los investigadores según las características de los trabajos a realizar.

Otro de los problemas que han encontrado los investigadores que han abordado el trabajo con GPS ha sido la recuperación de los datos almacenados. 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. La recuperación se realiza, o bien a través de una conexión por satélite mediante el sistema ARGOS o bien a través de un sistema de conexión local (Rogers, 2001). Con este último sistema se permite el uso de una red convencional de un operador comercial, lo cual abarata considerablemente la técnica y facilita el uso a gran escala.

Aparicio *et al.* (2008) comenzaron a aplicar estos dispositivos al pastoreo del cerdo ibérico en régimen extensivo en las dehesas extremeñas para conocer el uso de los recursos en la época de montanera. Los primeros dispositivos utilizados fueron unos equipos GPS comerciales de navegación autónoma GPS, Garmin eTrex, de reducidas dimensiones a fin de que interfirieran lo mínimo posible en el normal comportamiento de los cerdos. El almacenamiento se realizaba en el mismo dispositivo y la recuperación de los mismos sólo era posible capturando nuevamente a los animales, recuperando los navegadores y descargando los datos a un ordenador portátil para su adecuado tratamiento en postprocesado. Los parámetros analizados fueron los de distancia recorrida, tiempos en 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 ortofotografías de la zona a fin de disponer de la imagen con los trayectos realizados. Dadas la dificultad del proceso de descarga, la necesaria manipulación del ganado y la limitación técnica de los equipos se buscaron otros procedimientos que permitiesen prescindir de la complejidad del manejo de unos animales que pastorean en libertad en un área relativamente grande.

Así, se analizaron las posibilidades que ofrecía la tecnología de radiofrecuencia ya que había dados muy buenos resultados en animales salvajes, pero esa tecnología estaba ya obsoleta. También se probó la tecnología RFID (Identificación por radiofrecuencia), pero se concluyó que no era aplicable para espacios abiertos, o en todo caso la infraestructura necesaria tendría un coste que lo convertiría en una técnica inviable, técnica y económicoicamente. Posteriormente se usó la aplicación conjunta de la tecnología GPS y GPRS para la trasmisión de los datos recolectados por el receptor.

Desde el inicio de las aplicaciones conjuntas se han desarrollado un considerable número de dispositivos introduciendo 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, se ha 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 animal. Con el primer dispositivo, Aparicio *et al.* (2008) consiguieron resultados alentadores, pudiendo determinar algunos parámetros como distancia recorrida, el patrón de la actividad diaria, así como el área pastoreada.

Las experiencias han sido muy abundantes en vacuno, por ejemplo, el trabajo realizado con razas autóctonas gallegas como la Caldelá y Limiá (Aparicio, 2009), se utilizó un sistema electrónico capaz de recibir la señal de satélite, almacenarla y transmitirla vía GPRS a un servidor donde era depurada, encriptada y se ponía la información a disposición del usuario. El

objetivo de estos trabajos fue la búsqueda de un sistema que permitiera la monitorización del pastoreo en libertad de los animales domésticos, vacunos, ovinos y suidos criados en régimen extensivo, a fin de contribuir a resolver algunos de los problemas a los que se enfrentan estos sectores ganaderos 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. En el Pirineo tienen mucho interés estas metodologías, pues las zonas de pasto frecuentemente están 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 eficiencia productiva y de los servicios ecosistémicos proporcionados a la sociedad. 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 de los recursos pastorales.

Por lo tanto y resumiendo podemos decir que, desde la introducción en el ámbito civil, se han realizado experiencias de aplicación de la tecnología GPS para el estudio y monitorización de diversas especies animales silvestres como renos, alces, ciervos y osos, animales marinos como atunes, aves y animales domésticos como vacas, cerdos, cabras y ovejas. En la actualidad los inconvenientes que existían en los inicios en cuanto a tamaño de los GPS y del precio de estos se han minorado con la evolución de la tecnología, podemos obtener dispositivos GPS a un precio muy razonable (menos de 200€) y con un peso que no llega a 0,5 kg, lo que es aproximadamente comparable, en el caso de las ovejas, con el peso de un cencerro.

2. Objetivos

Los objetivos del presente trabajo fueron dos:

Objetivo 1: Puesta a punto de un método para el cálculo del consumo energético de las ovejas en locomoción.

Objetivo 2: Estimar el consumo energético por locomoción que tiene el ganado ovino en sus desplazamientos trashumantes desde la Hoya de Huesca hasta el Pirineo aragonés, estudiando cuatro trayectos diferentes:

San Jorge (Hoya de Huesca) - Plan (Valle de Gistaín).

Esquedas (Hoya de Huesca) - Astún (Valle del Aragón).

Loscorrales (Hoya de Huesca) - Zuriza (Valle de Ansó).

Lascasas (Hoya de Huesca) - Ibón de Ip, Canfranc (Valle del Aragón).

Objetivos específicos:

2.1. Analizar las diferencias diarias de los consumos por locomoción dentro de cada rebaño y relacionarlas con las características de la ruta recorrida.

2.2. Comparar los resultados obtenidos entre los cuatro rebaños, y relacionarlos con los manejos ganaderos.

2.3. Estimar los ritmos de actividad diaria de las cuatro rutas.

2.4. Examinar la evolución del peso de las ovejas antes de la trashumancia y justo a la llegada.

2.5. Evaluar la evolución de la Condición Corporal de las ovejas antes y después de las rutas trashumantes.

3. Materiales y Métodos

La experiencia se realizó en la provincia de Huesca durante los meses de junio y julio de 2014, aprovechando la subida a los puertos de montaña de 4 rebaños de ganado ovino que pasaron el periodo de invernada en la tierra llana. Los recorridos se registraron mediante la colocación en dos ovejas de cada rebaño de un GPS comercial modificado *ad hoc*. A partir de los datos generados por los dispositivos se calculó el consumo energético del rebaño en cada una de las cuatro rutas seguidas.

3.1 Rebaños y trayectos seguidos durante la trashumancia

Se han estudiado las rutas trashumantes de cuatro rebaños con distinto número de cabezas, diferentes razas de ovejas, distintos recorridos y destinos y distinto número de días totales de trashumancia hasta destino. Para el estudio, siguiendo las recomendaciones de los ganaderos, se escogieron dos ovejas de cada rebaño teniendo en cuenta dos criterios fundamentales: que estuvieran acostumbradas a llevar cencerro (ya que el dispositivo GPS de monitorización se colocó en el cuello) y que su condición física y estado sanitario fuese bueno. Con la elección de dos animales por rebaño se aseguraba la toma de datos durante toda la trashumancia. Así, en caso de que alguno de los GPS dejase de funcionar, perdiese cobertura, o tuviese algún problema técnico, siempre habría otro GPS en funcionamiento que registraría los datos del desplazamiento.

El rebaño número 1, estaba compuesto por 1200 ovejas adultas, 27 moruecos, 200-220 corderas de reposición, entre 2 y 5 corderos de reposición, 60 cabras y 10 chotos. La raza predominante de ovejas era la churra tensina. Estas recorrieron el camino desde la localidad de San Jorge, donde está establecida la explotación, hasta los puertos de Plan. Partieron el viernes 30 de mayo de 2014 desde la localidad de San Jorge, el GPS se colocó el domingo 1 de junio de 2014 por la noche a las 21:27 y 38 segundos. La subida a puerto terminó el 16 de junio de 2014 a las 20 horas 15 minutos 34 segundos y se quitó el GPS en la localidad de Plan. Las ovejas recorrieron una distancia de 241,6 km (Figura 3).

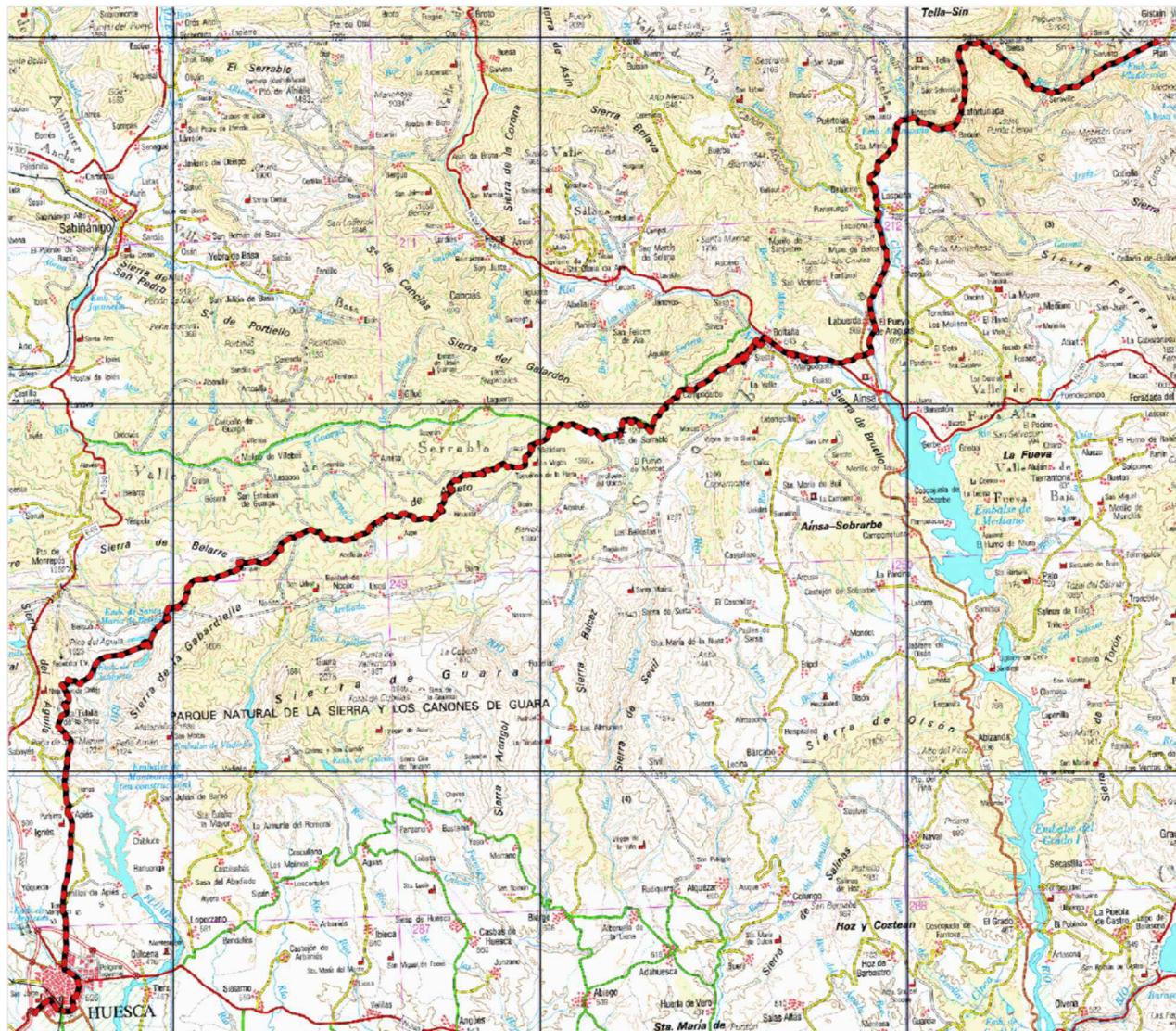


Figura 3. Recorrido seguido por el rebaño número 1 ("Ruta 1").

El rebaño número 2, se componía de 1200 ovejas adultas, 40 moruecos, 2 carneros, 200 corderas de reposición, 4-5 corderos de reposición, 70 cabras, 50 chotos y 30 cabritas. En cuanto a la raza había una mezcla entre rasa aragonesa, talaverana y roya bilbilitana. Estas ovejas recorrieron el camino desde la localidad de Lascasas hasta el Ibón de Ip, ubicado en el T.M. de Canfranc. Las ovejas partieron desde Lascasas el miércoles 18 de junio de 2014 a las 18 horas 42 minutos 26 segundos y llegaron a la localidad de Canfranc (donde se quitó el GPS) el martes 24 de junio de 2014. a las 9 horas 47 minutos y 12 segundos. Recorriendo una distancia total de 134,5 km (Figura 4).



Figura 4. Recorrido seguido por el rebaño número 2 ("Ruta 2").

El rebaño número 3, estaba compuesto por 1900 ovejas adultas, 30 moruecos, 350 corderas, 200 cabras y 14-15 chotos. La raza predominante del rebaño fue la chisqueta de las cuales habría unas 1600. Estas ovejas recorrieron el camino desde Loscorrales hasta los puertos de Zuriza en el T.M. de Ansó. Las ovejas partieron desde Loscorrales el jueves 26 de junio de 2014 a las 16 horas 18 minutos 26 segundos y llegaron a las proximidades del Camping Zuriza donde se les quitó el collar el jueves 3 de julio de 2014 a las 12 horas 27 minutos 46 segundos. Recorriendo una distancia total de 150,3 km (Figura 5).

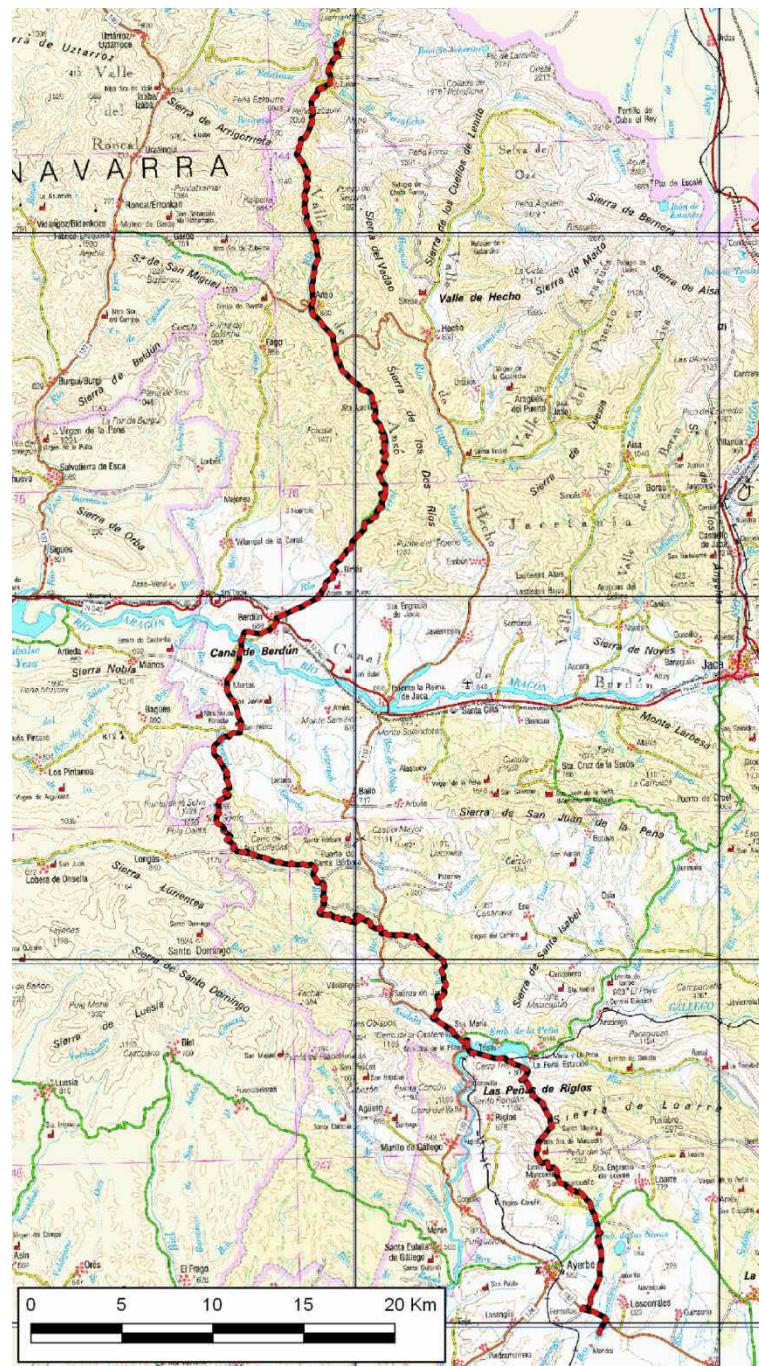


Figura 5. Recorrido seguido por el rebaño número 3 ("Ruta 3").

El rebaño número 4, se componía de 3300 ovejas adultas, 72 moruecos de los cuales sólo 20 suben a puerto, 500 corderas de reposición, siendo un rebaño homogéneo de rasa aragonesa. Estas ovejas recorrieron el camino que discurre desde la localidad de Esquedas hasta los puertos de Astún, Espelungué y Canal Roya ubicados en los T.M. de Canfranc y Jaca. Las ovejas partieron de Loscorrales a las 17 horas 14 minutos 58 segundos el viernes 4 de julio de 2014 y llegaron el 10 de julio de 2014 a las 9 horas 13 minutos 13 segundos a la zona conocida como Espelungué. Recorriendo una distancia total de 112,6 km (Figura 6).

La descripción geográfica pormenorizada de estos cuatro recorridos trashumantes, los tipos de viales utilizados y los recursos pascícolas aprovechados por el ganado en estas cuatro rutas, se describen en la memoria del Trabajo Final de Carrera elaborado por Betrán (2016) que puede considerarse el antecedente más directo del trabajo que se presenta.

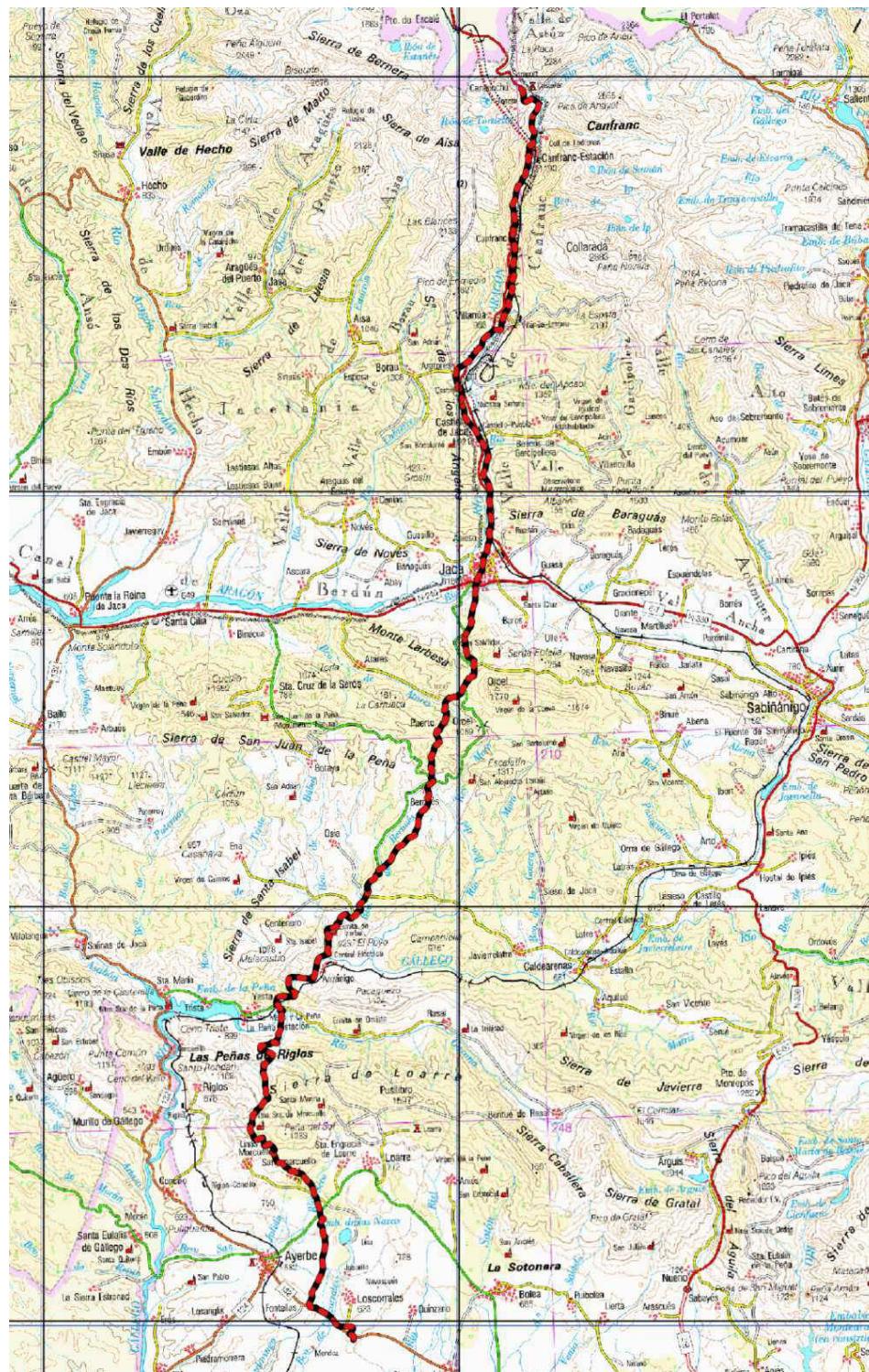


Figura 6. Recorrido seguido por el rebaño número 4 ("Ruta 4").

3.2 GPS

Para la monitorización de los datos proporcionados por los rebaños durante la trashumancia se utilizó un GPS comercial GARMIN eTrex®20. El GPS (Sistema de Posicionamiento Global) permite determinar la posición de la oveja con una alta precisión. El dispositivo funciona mediante una red de satélites en órbita alrededor de la tierra, el receptor localiza la señal de al menos cuatro de ellos y calcula automáticamente su posición.

El GARMIN eTrex®20 (Figura 7) es un dispositivo GPS de mano con 2,2 pulgadas de pantalla y 65.000 colores, una interfaz fácil de usar, y fabricado para soportar las inclemencias meteorológicas. Se seleccionó por su capacidad para soportar el polvo, la suciedad, la humedad y el agua, elementos que con toda probabilidad se podían encontrar durante la trashumancia.

Este modelo dispone del primer receptor para consumidores que puede rastrear satélites GPS y GLONASS de forma simultánea. GLONASS es un sistema desarrollado por la Federación Rusa que está totalmente operativo desde el año 2012. Al usar satélites GLONASS, el tiempo que tarda el receptor en "fijar" la posición es (de media) aproximadamente un 20 por ciento más rápido que al usar GPS y si utiliza GPS y GLONASS, el receptor tiene la capacidad de fijar la posición con 24 satélites más que con sólo GPS, por lo tanto la precisión de datos alcanzada es mucho mayor.



Figura 7. Garmin eTrex® conectado con una batería externa para permitir autonomía de 7-9 días. (Autor: R. Betrán)

El GPS se programó para que registrara la ubicación de la oveja cada 30 segundos recogiendo los datos de posición (coordenadas X, Y y Z), fecha y hora en un archivo con formato .gpx. Estos archivos aportan información de cada uno de los puntos tomados (trackpoints) como de la unión de estos (track). El GPS se programó para que hiciera un guardado automático a las 00:00 y generara un único archivo diariamente. A este dispositivo se le acopló una batería externa (Figura 7), de modo que permitiera tener una autonomía teórica de entre 7-9 días con dicho modo de programación, no obstante, para asegurar la toma correcta de datos se sustituyó todo el dispositivo (GPS y baterías) cada cuatro o cinco días dependiendo de la duración prevista de la trashumancia. El acoplamiento de las baterías se hizo mediante una metodología propia diseñada *ad hoc* bajo la asesoría del cartógrafo y

geómetra especialista D. Luis Javier Cruchaga.

Todo el sistema (GPS y batería externa) se colocó dentro de una funda de la misma marca que el GPS en la cual encajaba perfectamente el conjunto y que se abría y cerraba mediante una cremallera. Todo el conjunto se selló con cinta aislante con el fin de que en caso de lluvia sufriera menos el aparato y evitar que el GPS pudiera perderse. Este conjunto se puso en un collar hecho por un guarnicionero experimentado y se colocó en las ovejas de modo que estas no sufrieran pero que quedase bien sujeto de forma que quedase como un cencerro (Figuras 8, 9 y 10).



Figura 8. Fundas donde se introducía el GPS y collares donde se amarraba el conjunto a la oveja. (Autor: R. Betrán)



Figura 9. Conjunto amarrado a un morueco donde se realizó antes de instalarlo en un rebaño de verdad unas pruebas para ver si el aparato funcionaba correctamente y recibía la señal con precisión. (Autor: R. Betrán)



Figura 10. En primer plano una oveja con un cencerro y tras ella una oveja negra con el collar-GPS. (Autor: R. Betrán)

3.3 Programas informáticos utilizados

3.3.1 Sistema de Información Geográfica “Q-GIS”

Para el procesado de los datos registrados mediante el GPS y posterior análisis de las diferentes rutas se ha utilizado un sistema de información geográfica de código libre llamado QGIS.

El software QGIS, antes llamado Quantum GIS, es un Sistema de Información Geográfica (SIG) de código libre para plataformas GNU/Linux, Unix, Mac Os, Microsoft Windows y Android. Dicho software permite al usuario la creación de consultas interactivas, la integración, el análisis y la representación de cualquier tipo de información geográfica asociada a un determinado territorio conectando mapas con bases de datos (véase un ejemplo de una cobertura en la Figura 11).

El uso de este tipo de Sistemas de Información Geográfica facilita la visualización de los datos obtenidos en un mapa con el fin de reflejar y relacionar fenómenos geográficos de cualquier tipo, desde mapas de carreteras hasta sistemas de identificación de parcelas agrícolas o de densidad de población. Además, permiten realizar las consultas y representar los resultados en entornos web y dispositivos móviles de un modo ágil e intuitivo, con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión, conformándose como un valioso apoyo en la toma de decisiones.

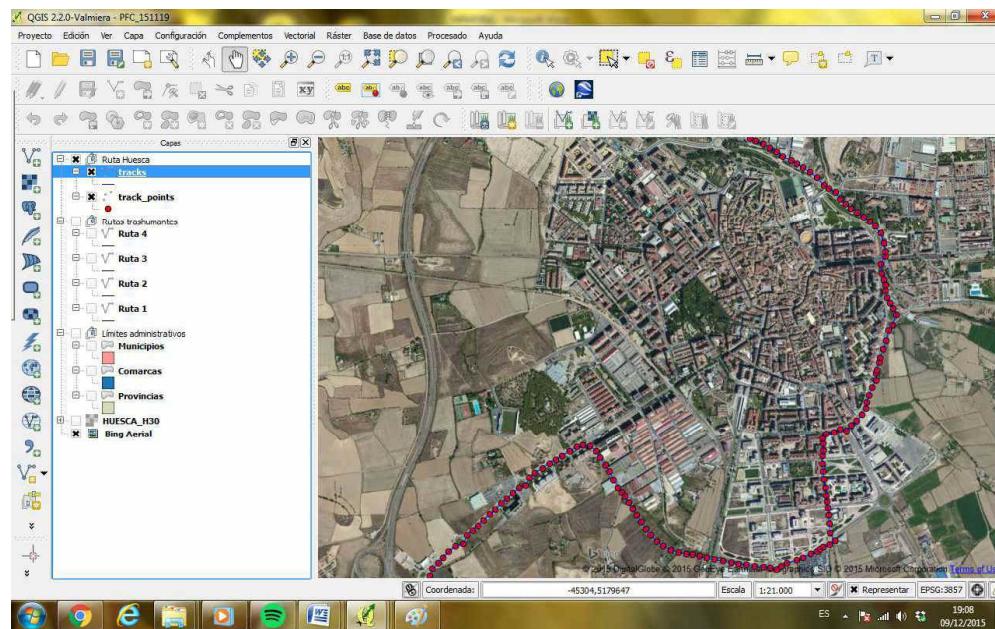


Figura 11. Interfaz del software QGIS donde se aprecia el recorrido seguido por las ovejas a su paso por la localidad de Huesca y cada uno de los puntos indica que se ha tomado un dato.



3.3.2 Hoja de cálculo “Microsoft Excel”

El software Microsoft Excel es un programa que permite manejar datos numéricos y alfanuméricos dispuestos en forma de tablas compuestas por celdas (las cuales se suelen organizar en una matriz bidimensional de filas y columnas). La celda de una hoja de cálculo es el lugar donde se pueden introducir datos como texto, números, fórmulas o instrucciones para realizar un determinado cálculo o tarea (véase un ejemplo de su utilización en nuestro trabajo en la Figura 12).

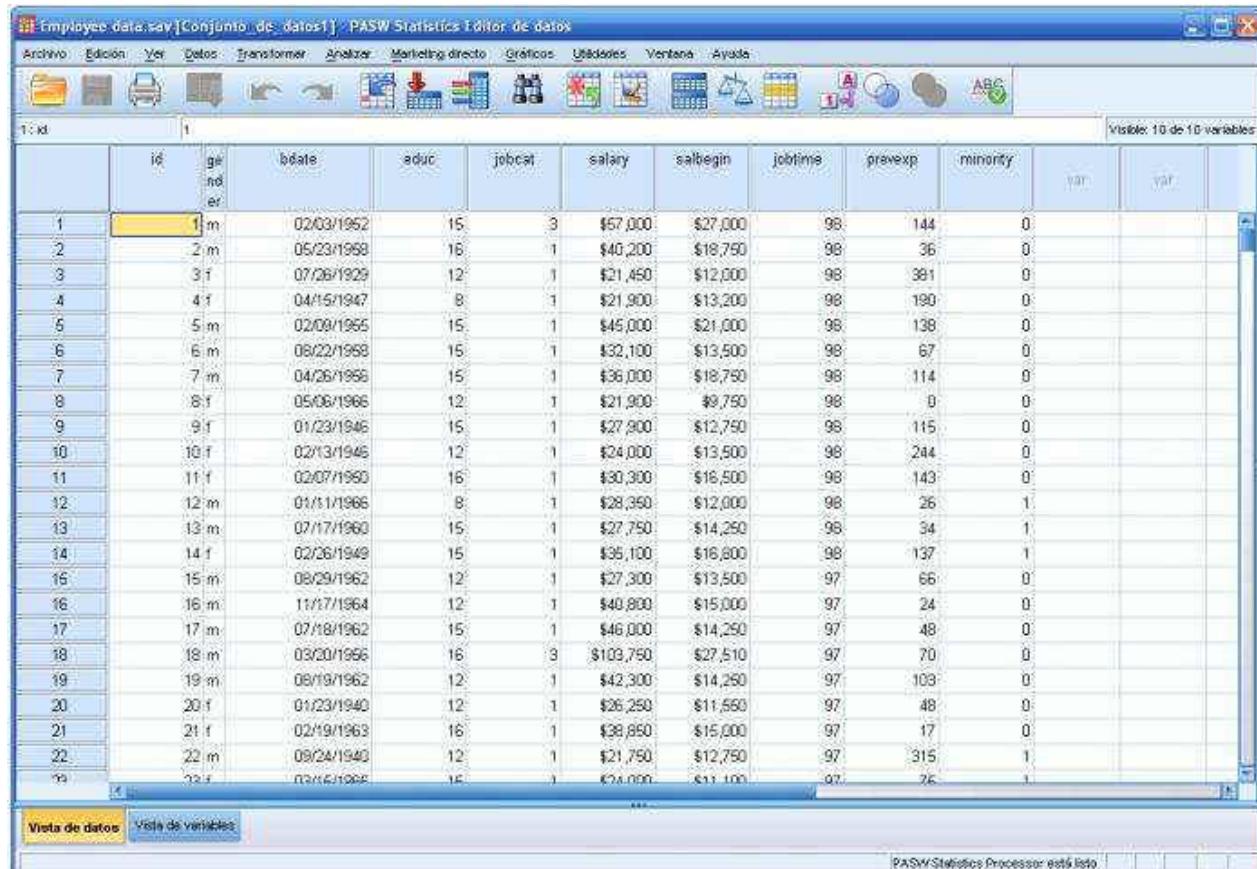
The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet titled "RUTA3P [Modo de compatibilidad] - Microsoft Excel". The table has 47 rows and multiple columns. The columns are labeled with letters A through Z. Row 1 contains column headers such as "Time", "X", "Y", "ele", "COUNT", "ORDEN", "tiempo", "Modulo distancia horizontal", "Modulo distancia absoluta", "Brockway y Boyne (1980)", "Blaperton (1964)", and "BO". Rows 2 through 47 contain data points with values ranging from 1 to 30 across these columns. The "COUNT" column shows the number of observations per row, and the "ORDEN" column shows the order of the data. The "Modulo distancia horizontal" and "Modulo distancia absoluta" columns represent calculated distances. The "Brockway y Boyne (1980)" and "Blaperton (1964)" columns represent different models or datasets. The "BO" column is also a calculated value.

Figura 12. Interfaz del software Microsoft Excel donde cada línea horizontal corresponde con los diferentes atributos de un punto tomado, desde la fecha hora hasta posición y consumo energético por diferentes métodos desde el punto anterior.

3.3.3 Programa de análisis estadístico “SPSS”

El análisis estadístico se realizó con el programa IBM SPSS Statistics versión 22.0 (IBM Corp., 2013). El software coloquialmente denominado SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*) es un programa informático que sirve para la realización de análisis estadísticos por lo que es habitual su uso en la realización de diferentes estudios de investigación. Dicho programa estadístico es de amplia utilización, ya que tiene gran capacidad para trabajar

con bases de datos complejas, así como una interfaz intuitiva que facilita su manejo (véase un ejemplo de su utilización en nuestro trabajo en la Figura 13).



	id	gender	bdate	educ	jobcat	salary	salbegin	joftime	prevexp	minority	var1	var2
1	1	m	02/03/1962	15	3	\$57,000	\$27,000	98	144	0		
2	2	m	05/23/1969	16	1	\$40,200	\$18,750	98	36	0		
3	3	f	07/26/1929	12	1	\$21,450	\$12,000	98	381	0		
4	4	f	04/15/1947	8	1	\$21,900	\$13,200	98	190	0		
5	5	m	02/09/1965	15	1	\$45,000	\$21,000	98	138	0		
6	6	m	08/22/1958	15	1	\$32,100	\$13,500	98	67	0		
7	7	m	04/26/1955	15	1	\$36,000	\$18,750	98	114	0		
8	8	f	05/06/1966	12	1	\$21,000	\$9,750	98	0	0		
9	9	f	01/23/1946	15	1	\$27,900	\$12,750	98	115	0		
10	10	f	02/13/1945	12	1	\$24,000	\$13,500	98	244	0		
11	11	f	02/07/1960	15	1	\$30,300	\$18,500	98	143	0		
12	12	m	01/11/1966	8	1	\$28,360	\$12,000	98	26	1		
13	13	m	07/17/1960	15	1	\$27,750	\$14,250	98	34	1		
14	14	f	02/26/1949	15	1	\$35,100	\$16,000	98	137	1		
15	15	m	08/29/1962	12	1	\$27,300	\$13,500	97	66	0		
16	16	m	11/17/1964	12	1	\$40,800	\$15,000	97	24	0		
17	17	m	07/18/1962	15	1	\$46,000	\$14,250	97	48	0		
18	18	m	03/20/1966	16	3	\$109,750	\$27,510	97	70	0		
19	19	m	08/19/1962	12	1	\$42,300	\$14,250	97	103	0		
20	20	f	01/23/1940	12	1	\$26,250	\$11,560	97	48	0		
21	21	f	02/19/1963	16	1	\$39,850	\$15,000	97	17	0		
22	22	m	08/24/1940	12	1	\$21,750	\$12,750	97	315	1		
23	23	f	03/16/1962	15	1	\$24,000	\$11,100	97	26	1		

Figura 13. Interfaz del software SPSS.

3.4 Tratamiento y depuración de los datos registrados por el GPS

Para cada uno de los rebaños se seleccionaron los archivos (generados diariamente) correspondientes a una de las dos ovejas, la que tuviera la ruta más completa. En el caso de que algún archivo no estuviera completo o que tuviera datos erróneos por pérdida de cobertura, se seleccionaron los archivos de la otra oveja de tal forma que se obtuviese la ruta completa.

Para el análisis de los datos obtenidos mediante el GPS se ha utilizado, como se ha expuesto en el apartado 3.3.1, el software QGIS en su versión 2.2.0 Valmiera, para ello en primer lugar se descargaron los archivos en formato *.gpx* al ordenador. Se debe señalar que el formato *.gpx* es el formato de intercambio de los GPS de mano y su sistema de coordenadas de estos archivos es el World Geodetic System 1984 (WGS 84). Este formato *.gpx* no es editable por el programa QGIS directamente por lo que para la realización del depurado de las rutas se requiere la conversión a otro formato.

3.4.1 Transformación de los archivos “*.gpx*” a “*.shp*”

Una vez seleccionados los archivos en formato *.gpx* se generó un archivo *.gml* mediante el programa QGIS en el sistema de coordenadas WGS 84. Tras la obtención de éstos, se convirtieron a formato *shapefile*, formato de edición de los Sistemas de Información Geográfica (GIS) con los que posteriormente se pudieron depurar las rutas. La conversión de los archivos en formato *.gpx* a formato *shapefile* no se realizó directamente debido a que hay pérdida de información, concretamente se pierde la fecha y hora en la que fue tomado cada uno de los puntos. Por ello, previamente se hace la conversión a formato *.gml*.

El *shapefile* es el formato vectorial estándar de intercambio de información geográfica, es decir, almacena la localización de los elementos geográficos y los atributos asociados a ellos. Es un formato multiarchivo compuesto al menos por los siguientes archivos:

*.*shp*: archivo que almacena las entidades geométricas de los objetos.

*.*shx*: archivo que almacena el índice de las entidades geométricas (puntos, líneas o polígonos).

*.dbf: archivo en el que se almacena la base de datos, la información de los atributos de los objetos.

Otro de los archivos habituales es el .prj, que almacena la información de la proyección. Al realizar la conversión se ha seleccionado el sistema *European Terrestrial Reference System 1989* (ETR89), sistema de referencia geodésico oficial en España.

3.4.2 Depuración de los datos

Una vez que se tuvieron las diferentes rutas en formato .shp y por lo tanto editables con el programa QGIS, se depuraron únicamente aquellos puntos que fueron necesarios manteniendo el resto tal y como se generaron con el GPS. Los datos se depuraron del siguiente modo:

- Se eliminaron:
 - Los datos generados antes de emprender la trashumancia. Los dispositivos se colocaban en los cercados o explotaciones donde estaban las ovejas antes de emprender su marcha
 - Los datos generados durante los desplazamientos para el cambio de los dispositivos realizados en coche. Los GPS se ponían en funcionamiento en gabinete antes de colocarlos para facilitar la labor al ganadero, comodidad, ahorrar tiempo y para asegurar la buena sujeción del sistema.
 - Los datos generados una vez que el rebaño llegaba a su destino. Los GPS se apagaban en gabinete y desde que llegaba la oveja a su destino había que cogerla, quitarle el GPS y desplazarse mediante vehículo hasta el lugar donde se apagaba.
- Se modificaron:
 - Los datos generados de forma incorrecta por falta de precisión del GPS. Durante el desplazamiento las ovejas pasaron por zonas donde la precisión de la toma de datos disminuye (zonas de sombra) al recibir la señal de menor cantidad de satélites como valles cerrados o caminos que van pegados a grandes paredes de piedra.

- Se generaron:

- Los datos no registrados por ausencia de cobertura. Por ejemplo en algunas rutas se atravesaban túneles donde la señal GPS era inexistente.
- Los datos no registrados por mal funcionamiento del GPS o de la batería. La simulación de estos puntos se realizó cada 30 minutos debido a lo laborioso que es introducir puntos cada 30 segundos. El método seguido para la generación de estos fue referenciar los puntos según la información aportada por los ganaderos teniendo en cuenta las horas de las paradas que se hicieron a almorzar, comer o descansar y la hora aproximada que estaban en puntos concretos.

Así en total, de la ruta 1 y únicamente el día 11 de la ruta, hubo que crear puntos cada media hora pues se perdió la señal un total de 12 horas en diferentes tramos del día. En total se crearon 24 puntos consultando con los pastores para conocer de primera mano la ubicación del rebaño en cada momento. Esto supone que en la ruta 1 se perdieron menos del 3,5% de los datos que se pretendían tomar.

En la ruta 2 hubo únicamente pérdida de puntos aislados, lo que se tuvo en cuenta a la hora de modelizar el consumo de energía entre dos puntos consecutivos y no se tuvo que crear ningún punto. En total la pérdida de datos supuso entorno al 2% del total.

En la ruta 3 no se tomaron datos el tercer día de la trashumancia durante unas diez horas por lo que hubo que crear 21 puntos del mismo modo que se hizo en la ruta trashumante número uno. En total la pérdida de datos supuso un 7,4% del total de los datos tomados.

Por último en la ruta número 4 no se tomó un día entero, más concretamente el tercer día de la trashumancia, para ello se modelizaron los puntos con las indicaciones de los pastores. Se considera que estas indicaciones son bastante precisas pues conocían con mucha precisión la hora de salida del rebaño, la llegada al lugar de pernocta y conocían cuando hicieron altos en el camino para descansar. La pérdida de datos supuso un 27,1%. Este porcentaje es tan alto porque la ruta trashumante duró tan sólo cinco días.

Una vez depurados los datos y obtenido el archivo .shp de cada uno de los días se unieron para generar un único archivo por ruta. Este proceso se hace mediante una herramienta de gestión de datos llamada “Combinar archivos shape en uno” que tiene el software QGIS.

Para poder comparar los consumos energéticos que tiene el ganado se han utilizado únicamente los días de los que se dispone de los datos completos, por lo que se ha eliminado el primer día (cuando se coloca el collar con el GPS) y el último (cuando se quitan los collares de las ovejas).

3.4.3 Elaboración del Modelo Digital del Terreno

La altitud obtenida mediante el GPS no es precisa, tal y como indica el fabricante de los dispositivos. Dicha circunstancia se comprobó obteniendo resultados que distaban mucho de la realidad, por lo que se decidió obtener este atributo mediante el uso de una capa que contenía el Modelo Digital del Terreno (MDT), que es un tipo de capa ráster con tamaño de celda 5x5m. Dicha capa fue descargada desde la página web del Instituto Geográfico Nacional (<http://www.ign.es>)

Para la obtención de la altitud de cada punto, se utilizó la herramienta denominada “*Point Sampling Tool*” que permite interpolar la capa vectorial de puntos (formato .shp) con la capa ráster del modelo digital del terreno (formato .asc) y así completar el archivo de puntos en formato .shp, (del cual se disponía su posición, hora y fecha) con la altitud.

Una vez hecho esto, ya se disponía de una base de datos de cada ruta descargable en formato .xls en la que aparecía la fecha, la hora y las coordenadas X, Y y Z en las que se había tomado cada punto. Posteriormente utilizando la hoja de cálculo se hizo el módulo de entre dos tríos de coordenadas de dos puntos consecutivos y de este modo se permitió conocer la distancia avanzada por cada oveja, y si esto se dividía para la diferencia de tiempo en que se habían tomado ambos puntos, se podía conocer la velocidad de estas para ese tramo.

3.5 Estimación del consumo energético debido a locomoción durante el trayecto

Una vez revisada la bibliografía científica, se ha encontrado que existen diversas fórmulas que modelizan el consumo energético de las ovejas debido al desplazamiento. Por orden cronológico se han estudiado tres fórmulas: Clapperton (1964), Brockway y Boyne (1980) y Mendizábal (2008). Con los datos obtenidos en nuestro estudio se modelizó el consumo energético debido a la locomoción con la fórmula más reciente (Mendizábal, 2008), debido a que este autor tiene en cuenta las investigaciones previas e introduce variables adicionales, que la hacen más ajustada a la realidad. Dicha fórmula tiene la siguiente expresión:

$$CI = [2,57 \cdot X^{0,684} + (1,2((70)X^{0,75})/1440) \cdot (60/V) + 6,36 - (132 - 4,8P - 0,3X) \cdot 0,0234] \cdot D$$


 Movimiento horizontal: $2,57 \cdot X^{0,684}$ + $(1,2((70)X^{0,75})/1440) \cdot (60/V)$
 Movimiento vertical: $6,36 - (132 - 4,8P - 0,3X) \cdot 0,0234$
 Coste neto por locomoción: $2,57 \cdot X^{0,684}$
 Sobrecoste derivado de la EMm y de la posición del animal levantado: $(1,2((70)X^{0,75})/1440) \cdot (60/V)$
 Movimiento vertical de subida: $6,36 - (132 - 4,8P - 0,3X) \cdot 0,0234$
 Eficiencia: $132 - 4,8P - 0,3X$
 Almacenado (km): D

Donde:

CI= EM consumida diariamente teniendo en cuenta el mantenimiento y la locomoción.

X: Peso corporal de la oveja en kg.

V: Velocidad de la oveja entre dos puntos en $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$.

P: Pendiente entre dos puntos en grados.

D: Distancia entre dos puntos en km.

Una vez introducidos los datos en la fórmula de Mendizábal (2008), tal y como se indica en dicho estudio, respetando el algoritmo y las unidades indicadas, no se obtuvieron resultados realistas, distando de unos resultados lógicos y esperables, puesto que estos difieren en un orden de cien veces superior a los esperables según la bibliografía consultada. Se concluyó que había un problema de unidades en la fórmula, pero una vez realizada la consulta al autor y tras la confirmación de que se estaban poniendo los datos en las unidades correctas, al persistir el problema, se desestimó su uso en el trabajo.

Debido a que la fórmula más reciente, que era la que se pretendía utilizar para el presente estudio, no proporcionaba resultados coherentes, se optó por analizar qué fórmula de las dos anteriormente mencionadas podía dar resultados comparables con los de la bibliografía científica y correctos, convirtiéndose esto en uno de los objetivos del presente trabajo.

Por lo tanto se utilizaron dos fórmulas diferentes para estimar el consumo energético de la locomoción de las ovejas desde la Hoya de Huesca hasta diferentes puertos del Pirineo.

El primer procedimiento (Método 1) está basado en los costes de locomoción encontrados por Clapperton (1964) en ovinos:

EM. consumida (J) = $2,47 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ (en movimiento horizontal) y $26,99 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ (en movimiento vertical ascendente). Se asumió que el coste energético del descenso era similar al del desplazamiento horizontal.

Por lo tanto, para el cálculo de la energía consumida en ir de un punto a otro consecutivo se realizó por un lado teniendo en cuenta la distancia horizontal recorrida entre esos puntos y por otro lado la distancia vertical.

a) Si entre dos puntos consecutivos se asciende se aplica la siguiente fórmula:

$$\mathbf{EM. consumida (J) = 2,47 (\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}) \cdot Dh (\text{m}) \cdot PV (\text{kg}) + 26,99 (\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}) \times Dv (\text{m}) \times PV (\text{kg})}$$

b) Si entre dos puntos consecutivos no hay aumento ni descenso de altura se aplica esta fórmula:

$$\mathbf{EM. consumida (J) = 2,47 (\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}) \times Dh (\text{m}) \times PV (\text{kg})}$$

c) Si entre dos puntos consecutivos se desciende se aplica la siguiente fórmula:

$$\mathbf{EM. consumida (J) = 2,47 (\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}) \times (Dh (\text{m}) + Dv (\text{m})) \times PV (\text{kg})}$$

Siendo:

Dh: distancia horizontal recorrida entre dos puntos consecutivos en m

Dv: distancia vertical entre dos puntos consecutivos en m

PV: peso vivo del animal en kg, donde se ha considerado un PV de 60kg.

El segundo procedimiento (método 2) consistió en la aplicación de la ecuación propuesta por Brockway y Boyne (1980) en ganado ovino:

$$\text{Coste energético (J·kg}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}) = 2,35 + 0,389P + 0,0286P^2 - 0,036V + 0,00052V^2$$

Siendo:

P: la pendiente en grados

V: la velocidad en $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$

La aplicación de esta fórmula se hizo entre cada dos puntos consecutivos tomados por el GPS cada treinta segundos.

Una vez que se obtuvo el coste energético entre dos puntos se multiplicó por el peso medio de una oveja que se consideró de 60 kg, y por la distancia entre esos dos puntos. De dicho modo se obtuvo la energía en julios consumida por el animal en la locomoción entre dos puntos consecutivos:

$$\text{EM. consumida (J)} = \text{Coste energético} \times \text{PV (kg)} \times \text{D (m)}$$

Siendo:

P: la pendiente (en grados)

V: la velocidad ($\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$)

D: la distancia real entre dos puntos consecutivos (m)

Al conocer la fecha y hora en que se habían tomado los puntos se pudo conocer cuál era el consumo de las ovejas por cada hora y por cada día que duró la trashumancia.

Para conocer si había diferencias significativas entre los resultados que da

la fórmula de Clapperton (1964) y la de Brockway y Boyne (1980) se compararon los consumos energéticos horarios para la misma hora del mismo rebaño calculado por ambos métodos y se analizaron las diferencias mediante la prueba estadística no paramétrica apareada de Wilcoxon.

Posteriormente para la comparación del consumo energético durante la misma hora en los distintos días que duraba la ruta trashumante se ha utilizado el Test de Friedman, ya únicamente para los datos del consumo energético por locomoción de la fórmula de Brockway y Boyne (1980). El Test de Friedman es una prueba no paramétrica apareada de comparación de tres o más muestras relacionadas, y se usa para comparar más de dos mediciones de rangos (medianas) y determinar que la diferencia no se debe al azar, es decir, que la diferencia sea estadísticamente significativa. En los casos para los que se encontraron diferencias significativas entre las muestras, se realizó una Comparación por Parejas de Friedman

Lo siguiente que se quería conocer era si había diferencias significativas entre el consumo energético medio diario que sufre el ganado en los diferentes rebaños para lo cual se realizó la prueba estadística no paramétrica de Kruskall Wallis.

3.6 Pesaje de los animales y valoración de la Condición Corporal

Para el presente estudio se pesaron las ovejas de un único ganadero utilizando una jaula especial procedente de las instalaciones de la Facultad de Veterinaria (Figura 14). Se hizo solamente en una de las rutas por diversos motivos, el primero es que el coste y dificultades de desplazamiento de una jaula de estas características es alto; por otro lado, a veces no fue posible sincronizar la reserva de la jaula, el alquiler del vehículo para su transporte y las previsiones de inicio de la ruta por parte del ganadero. Otro motivo es que, en ocasiones, los ganaderos evitan manejos ajenos de su rebaño que puedan motivar un estrés adicional en momentos clave como el comienzo de las rutas.

Por estos motivos se realizaron pesadas en un solo rebaño, el que siguió la Ruta 1. En el momento del inicio de la trashumancia aprovechando que el ganadero disponía de una manga de manejo para el marcaje de las ovejas se pesaron 17 ovejas y se marcaron en el lomo con spray apuntando el número de crotal. A la llegada al pueblo de Plan resultó muy trabajoso separar del rebaño estas 17 ovejas, pero una a una se fueron entresacando y se pesaron de nuevo.

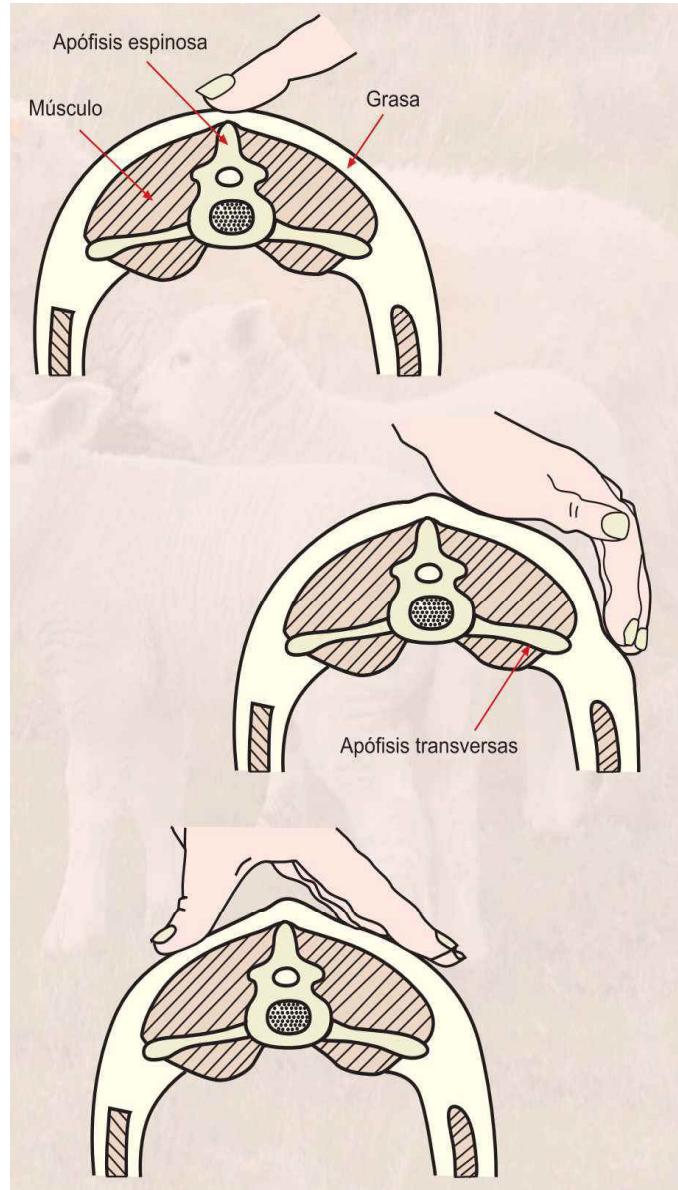
Las diferencias entre los pesos antes y después de la ruta se analizaron en el programa SPSS mediante el test no paramétrico apareado de Wilcoxon.



Figura 14. Jaula para el pesaje de varias ovejas antes de partir la trashumancia, se puede observar que se pesa una oveja que lleva puesto el GPS. (Autor: R. Betrán)

La evaluación de la Condición Corporal es una técnica que determina de forma indirecta el estado nutricional del animal. La medición se realiza mediante una palpación a nivel lumbar, que permite estimar la cantidad de grasa bajo la piel, indicando los niveles de reservas energéticas que posee el animal. Está relacionado de forma positiva con el estado de engrasamiento y se basa en el principio de que en el lomo es la última parte donde se acumula la grasa subcutánea y la primera en donde se pierde (Frutos y Mantecón, 1994).

La Condición Corporal en ovino se determina palpando las apófisis espinosas y trasversas de las vértebras lumbares con los dedos (Figura 15). La dureza de los huesos, el grosor de los músculos y el espesor de grasa deben evaluarse tocando el área del lomo, arriba y hacia atrás de la última costilla. El grado de cobertura estimado a través de la palpación se lleva a una escala de 1 a 5 puntos, donde 1 corresponde a una oveja muy flaca y 5 a una oveja sobre engrasada (Figura 16). Desde el punto de vista producción la nota de la Condición Corporal adecuada está alrededor de 3 (Romero, 2015).



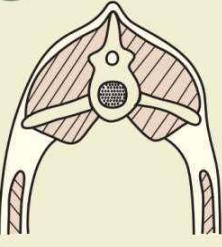
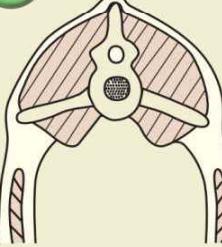
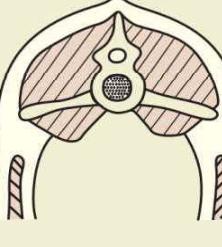
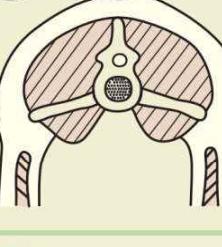
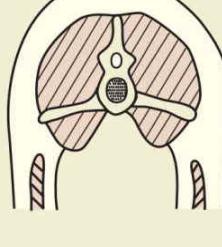
- | | |
|--|--|
|  | <p>1</p> <p>Animal con muy bajo peso.</p> <p>Piel pegada a la base la cola y pelvis.</p> <p>Vertebras lumbares fácilmente perceptibles a la vista y al tacto.</p> <p>Apófisis transversa y espinosa están aguzadas, sin nada de grasa.</p> <p>Los dedos se introducen fácilmente.</p> |
|  | <p>2</p> <p>Animal con bajo peso.</p> <p>A la palpación las apófisis están prominentes pero suaves. Sobre la pelvis se puede sentir una moderada capa de grasa.</p> <p>Los dedos penetran con cierta facilidad.</p> |
|  | <p>3</p> <p>Animal en buenas condiciones.</p> <p>La base de la cola y la pelvis se sienten con adecuada cubierta muscular y grasa.</p> <p>Las apófisis transversa y espinosa de las vertebras está redondeada</p> <p>Y los dedos se introducen con mayor presión.</p> <p>Las costillas se sienten redondeadas.</p> |
|  | <p>4</p> <p>Animal gordo</p> <p>El área de la base de la cola y la pelvis están redondeadas.</p> |
|  | <p>5</p> <p>Animal obeso</p> <p>El área de la base de la cola y la pelvis , sin angularidades no se palpan prominencias óseas.</p> <p>Apófisis espinosa de las vertebras lumbares y apófisis transversa no se detectan.</p> <p>Las costillas no se palpan ni la depresión entre ellas.</p> <p>(1 cc.corporal=7 kg)</p> |

Figura 15. Forma de medir la Condición Corporal en ovino y Condición Corporal de las ovejas según su acumulación de grasa (Romero, 2015). Instituto de investigaciones Agropecuarias de Chile.

La evaluación de la Condición Corporal permite realizar correcciones necesarias, en su caso en el manejo, para incrementar la eficiencia productiva y reproductiva de los animales según su estado fisiológico. En nuestro caso sirvió para estimar de forma indirecta el estrés corporal que podría provocar el desplazamiento trashumante en los animales.

La Condición Corporal también se realizó solo para las ovejas de la Ruta 1. No se pudo realizar en más rebaños, porque además de algunas de las dificultades ya expuestas cuando se ha hablado del pesaje, en este caso los ganaderos prefieren no estresar a los animales con la presencia de otra persona o personas diferentes al ganadero al cual están acostumbradas, puesto que con este estrés pueden sufrir abortos. Así que tanto en el momento de salida como en la llegada del ganado en las inmediaciones de la localidad de Plan se montaron mangas de manejo y una misma especialista veterinaria con experiencia en el procedimiento valoró la Condición Corporal de 397 ovejas antes de salir y 231 ovejas cuando llegaron a puerto (Figura 16). En este caso, las diferencias entre las condiciones corporales estimadas en ambos momentos, se analizaron en el programa SPSS mediante el test no paramétrico de Mann-Whitney.



Figura 16. Manga de manejo por la cual se pasó parte del ganado para poder realizar la medición de la Condición Corporal. (Autor: R. Betrán)

4. Resultados y discusión

4.1 Distancias recorridas y tiempos invertidos durante las cuatro rutas trashumantes.

La duración de la trashumancia entre La Hoya de Huesca y los pastos de puerto del Pirineo aragonés de los cuatro rebaños fue la que se observa en la Tabla 3, contando desde el momento en que las ovejas partieron hasta su llegada a los puertos de montaña.

Tabla 3. Duración y distancia recorrida por los diferentes rebaños durante la trashumancia.

Rebaño/Ruta	Salida	Llegada	Número de días completos	Distancia recorrida (km)
1	01/06/14 21:27	16/06/14 20:15	14 días 22 horas 12 minutos	240,68
2	18/09/14 18:42	24/06/14 09:47	5 días 15 horas y 5 minutos	134,53
3	26/06/14 16:18	03/07/14 12:27	6 días 20 horas 9 minutos	150,78
4	04/07/14 17:14	10/07/14 09:13	5 días 15 horas y 59 minutos	111,60

Se puede observar en la Tabla 3 que el Rebaño 1 invierte casi 15 días en la realización de la trashumancia mientras que el resto lo hacen entre 5 y 6 días, no obstante la ruta trashumante seguida por dicho rebaño es la más larga. Se ha de indicar que el ganadero propietario del rebaño 1 realiza una gestión del ganado diferente al resto pues no le interesa llegar rápidamente a los pastos estivales, sino que quiere aprovechar lo máximo los recursos que van encontrando por el camino.

Para poder comparar los consumos energéticos que tiene el ganado se han utilizado únicamente los días de los que se dispone de los datos completos, por lo que se ha eliminado el primer día (cuando se coloca el collar con el GPS) y el último (cuando se quitan los collares de las ovejas). Los resultados con los que se ha trabajado en el resto de los apartados se sintetizan en la Tabla 4.

Tabla 4. Datos con los que se ha trabajado: duración y distancia recorrida en días completos.

Rebaño	Salida	Llegada	Número de días completos	Distancia recorrida
1	02/06/14 00:00	15/06/14 23:59	14	224,36 km
2	16/09/14 00:00	23/06/14 23:59	5	117,63 km
3	27/06/14 00:00	02/07/14 23:59	6	122,32 km
4	05/07/14 00:00	09/07/14 23:59	5	92,45 km

4.2 Comparación de métodos de estimación del consumo energético durante la trashumancia.

Los resultados de la estimación del consumo horario por los métodos de Clapperton (1964) y de Brockway y Boyne (1980) para cada una de las cuatro rutas trashumantes se muestran en el Anexo nº1. En cada una de las tablas se puede observar el consumo energético expresado en MJ de cada hora y día de recorrido trashumante calculado por los dos procedimientos. Una vez obtenidos los datos de consumo energético horario por cada uno de los dos métodos se procedió a la realización de la Prueba de Wilcoxon con el consumo energético para la misma hora del mismo rebaño por los dos métodos de cálculo distintos obteniéndose los resultados que se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Comparación de los consumos diarios medios en base horaria y desviaciones estándar de los consumos energéticos de los cuatro rebaños estimados mediante los dos métodos. p= nivel de significación de la Prueba de Wilcoxon. n=número de horas comparadas en cada desplazamiento trashumante.

CONSUMO HORARIO (kJ·h ⁻¹)			n	p
Rebaño	Clapperton (1964)	Brockway y Boyne (1980)		
1	135,86 ± 182,87	160,95 ± 309,78	336	0,637
2	197,64 ± 211,49	204,52 ± 271,53	120	0,068
3	170,65 ± 213,18	185,87 ± 379,86	144	0,171
4	163,34 ± 205,43	170,01 ± 209,48	120	0,516
TOTAL	157,71 ± 198,83	174,70 ± 305,19	720	0,241

Tal y como se aprecia en la tabla anterior se concluye que no hay diferencias significativas entre los resultados que ofrecen la fórmula de Clapperton (1964) y la de Brockway y Boyne (1980), (Prueba de Wilcoxon P=0,241 para n=720). Es de resaltar también que, pese a la ausencia de diferencias estadísticas, las medias están entre un 3,48% y un 18,46% por encima en la fórmula de Brockway y Boyne.

Se debe indicar, por otro lado, que el valor mínimo de consumo horario para la fórmula de Clapperton es de 0,53 kJ y para la fórmula de Brockway y Boyne es de 0,56 kJ, esto se da en el rebaño número 4 durante el tercer día

de la trashumancia desde las 22 a las 23 h. Estos consumos horarios son tan bajos debido a que el rebaño durante la noche se encuentra descansando por lo que los movimientos que se producen son mínimos, y en muchos casos debidos al posible error que del GPS en la toma de datos. Por otro lado, el valor máximo de consumo horario para la fórmula de Clapperton (1964) es de 1201,99 kJ, mientras que según la fórmula de Brockway y Boyne (1980) es de 4097,15 kJ, esto se da en el rebaño 3 el sexto día de la trashumancia de 9 a 10 de la mañana. Estos consumos horarios son tan altos debido a que los rebaños en determinados momentos del día (cuando se suavizan las temperaturas) aprovechan para realizar la mayor parte del trayecto. Se debe comentar que el máximo consumo energético horario de la fórmula de Brockway y Boyne (1980) es tan alto en comparación con el de Clapperton (1964) porque en la primera fórmula se tiene en cuenta la velocidad de desplazamiento que en determinados momentos es muy alta. Justo en la franja horaria que hay este consumo tan elevado es debido a que las ovejas se desplazan en ese momento por carretera asfaltada; los pastores, con el fin de interrumpir mínimamente el tráfico rodado, arrean el ganado y este se desplaza durante muchos metros a una velocidad que puede llegar en algunos tramos cortos a superar los $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Este hecho hace que el valor del consumo energético en determinados momentos sea muy elevado.

Una vez realizada la comparativa de estas dos fórmulas y observando que no existen diferencias significativas entre ambas en cuanto a consumo energético horario, se ha decidido que para el resto de parámetros a analizar en el trabajo solo se usaría la fórmula de Brockway y Boyne (1980) por dos motivos: en primer lugar porque es más reciente que la de Clapperton (1964), y en segundo lugar porque tiene en cuenta los factores que más influyen en la locomoción como son la velocidad de desplazamiento del ganado, la pendiente y la distancia recorrida, mientras que Clapperton no tiene en cuenta la velocidad del ganado. Tales factores son importantes en la trashumancia. Estos mismos motivos ya fueron usados utilizados por Prieto *et al.* (1991) para la justificación de su uso en el cálculo del consumo energético del ganado caprino en pastoreo.

4.3 Consumos energéticos horarios en función del día de trashumancia.

Para la comparación del consumo energético promedio diario en base horaria de los diferentes días de trashumancia en una misma ruta se ha utilizado el Test de Friedman únicamente para los datos del consumo energético por locomoción de la fórmula de Brockway y Boyne (1980) que se pueden observar en el Anexo 2. Se pueden observar los resultados obtenidos en la Figura 17.

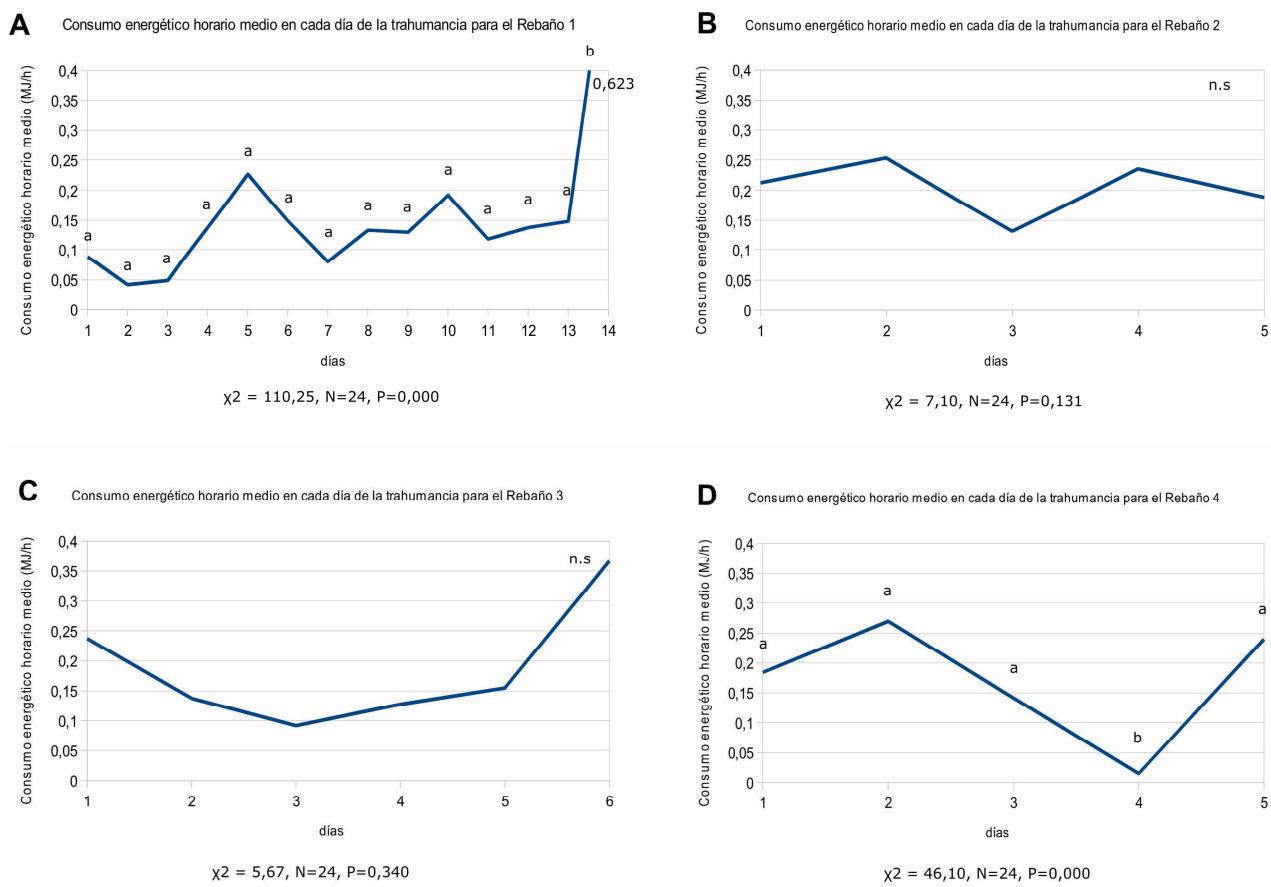


Figura 17. Consumo energético horario medio en cada día de la trashumancia para cada uno de los rebaños estudiados. Letras diferentes en cada ruta indican diferencias significativas entre los promedios diarios ($p<0,005$).

Se puede observar que al comparar para cada ganadero el consumo energético horario, de la misma hora en los diferentes días, en las rutas 2 y 3 no hay diferencias significativas, pero sí que las hay en las rutas 1 y 4. Por dicho motivo y para ver en qué días están las diferencias significativas, se ha

realizado una Comparación por Parejas de Friedman.

Los resultados que se obtienen tras el análisis de comparación por parejas de Friedman son bastante esclarecedores. Se puede observar como los ganaderos de los rebaños 2 y 3 realizan un manejo del ganado más regular en cuanto a consumo energético del ganado. Sin embargo, tanto el rebaño 1 como el 4 tienen un día diferente del resto de días de la trashumancia y es por ello que hay diferencias significativas en el consumo energético diario medio.

En la ruta 1 (Figura 17A), el ganadero debido al manejo que realiza del ganado y debido a que su objetivo no es tanto llegar a los pastos de puerto, donde les espera una gran abundancia de recursos alimenticios, como que el ganado, aunque camine menos distancia, vaya aprovechando al máximo los diferentes recursos pascícolas por los que va pasando, se obtienen valores muy diferentes de consumo energético para las diferentes horas puesto que no depende tanto de las horas en las que camina el ganado sino de los recursos pascícolas que se van encontrando las ovejas en su desplazamiento. Además, tal y como se ve en la Figura 17A, en las últimas 24 horas de trayecto es cuando mayor consumo energético tiene el rebaño, esto es debido a que ese día es el que mayor número de kilómetros recorren y que este trayecto en bastantes tramos es por carretera asfaltada, donde las ovejas van a mayor velocidad debido a que los pastores tratan de obstaculizar lo menos posible el tráfico rodado, tal y como se ha comentado en el apartado 3.10. Por otro lado, parece lógico que la velocidad de avance sea mayor en los tramos en que no hay recursos pascícolas, como es el caso de carreteras y porque las ovejas viejas son conscientes que les queda poco para llegar y van más rápido, según percepción subjetiva del ganadero.

Por otro lado, en el manejo del Rebaño 4, hay un único día diferente a los demás, este es el día número 4 donde las ovejas se dedicaron a descansar y esto es debido a que ese día de la trashumancia el ganado estuvo pastando en una zona de pastos buenos y prácticamente no avanzó.

Es decir, las diferencias significativas que se encuentran al comparar el consumo energético medio diario para los diferentes rebaños corresponden a diferentes formas de manejo del ganado, por lo tanto dependen directamente del ganadero.

4.4 Consumos energéticos diarios según rutas de trashumancia

En la Tabla 6 se presentan los consumos energéticos diarios de las cuatro rutas trashumantes y sus valores medios. Para conocer si hay diferencias significativas entre el consumo energético medio diario que sufre el ganado en los diferentes rebaños se realizó la prueba de Kruskall Wallis que no resultó significativa ($p=0,296$, $n=30$), sus resultados se observan en la tabla 7.

Tabla 6. Consumo energético diario ($\text{MJ}\cdot\text{día}^{-1}$) durante los días que dura la trashumancia y consumo medio diario ($\text{MJ}\cdot\text{día}^{-1}$).

	Rebaño 1	Rebaño 2	Rebaño 3	Rebaño 4
Dia 1	2,098	5,105	5,699	4,415
Dia 2	1,010	6,079	3,299	6,474
Dia 3	1,173	3,158	2,201	3,398
Dia 4	3,311	5,655	3,058	0,360
Dia 5	5,444	4,527	3,711	5,755
Dia 6	3,575		8,798	
Dia 7	1,903			
Dia 8	3,191			
Dia 9	3,111			
Dia 10	4,621			
Dia 11	2,831			
Dia 12	3,300			
Dia 13	3,549			
Dia 14	14,961			
Media	3,863	4,905	4,461	4,080

Tabla 7. Consumo energético medio diario con sus máximos y mínimos diarios.

MEDIA DE CONSUMO DIARIO (MJ/DIA)	N	P	Mínimo	Máximo
$4,19 \pm 2,71$	30	0,296	0,36	14,96

La media del consumo energético debido a la locomoción durante la trashumancia en los cuatro rebaños es de $4,19 \text{ MJ}\cdot\text{dia}^{-1}$. Si este dato de consumo energético debido a la locomoción, se compara con los resultados de la fórmula de Kleiber (1947) donde se indica que para una oveja de 60kg la

Tasa de Metabolismo Basal es de $6,32 \text{ MJ}\cdot\text{día}^{-1}$, supone que el consumo energético por locomoción durante la trashumancia es un 66,3% mayor que si las ovejas estuviesen estabuladas.

Prieto *et al.* (1991) recopilaron la información existente de diferentes autores respecto al consumo energético del ganado ovino estabulado-que puede asemejarse al consumo energético en mantenimiento- y respecto al consumo energético del ganado en pastoreo (Tabla 8).

Tabla 8. Consumo energético de las ovejas según diferentes autores para el mantenimiento y para el pastoreo (Prieto *et al.*, 1991).

Autor	EMm en ovejas estabuladas $\text{MJ}\cdot\text{día}^{-1}$	Incremento de EMm por pastoreo $\text{MJ}\cdot\text{día}^{-1}$
Coop y Hill (1962)	5,9	4,55
Lambourne y Reardon (1963)	5,9	2,9
Langlands <i>et al.</i> (1963)	6,7	1,7
Osuji (1974)	5,3	1,7

Se observa que el sobrecoste que tiene para las ovejas el pastoreo supone entre el 25,37% y el 77,11% de la Energía necesaria para el mantenimiento del animal. Si se comparan estos resultados con la media de los valores diarios obtenidos en el estudio realizado que es $4,19 \text{ MJ}\cdot\text{día}^{-1}$ se puede decir que esto supondría entre un 63% y un 70% de las necesidades de las ovejas en mantenimiento. Es decir que el coste energético de la trashumancia es superior al del ganado en pastoreo.

4.5 Ritmos diarios de actividad

En las Figuras 18 a 21 se ha reflejado gráficamente para cada rebaño los ritmos diarios de actividad debidos al desplazamiento indicando la separación de días.

En la Figura 18 se observa que generalmente en todos los días existen dos máximos en el consumo energético debido al desplazamiento, esto se debe al manejo que se hace. Como es verano, los pastores aprovechan las primeras y últimas horas del día para avanzar en el trayecto trashumante.

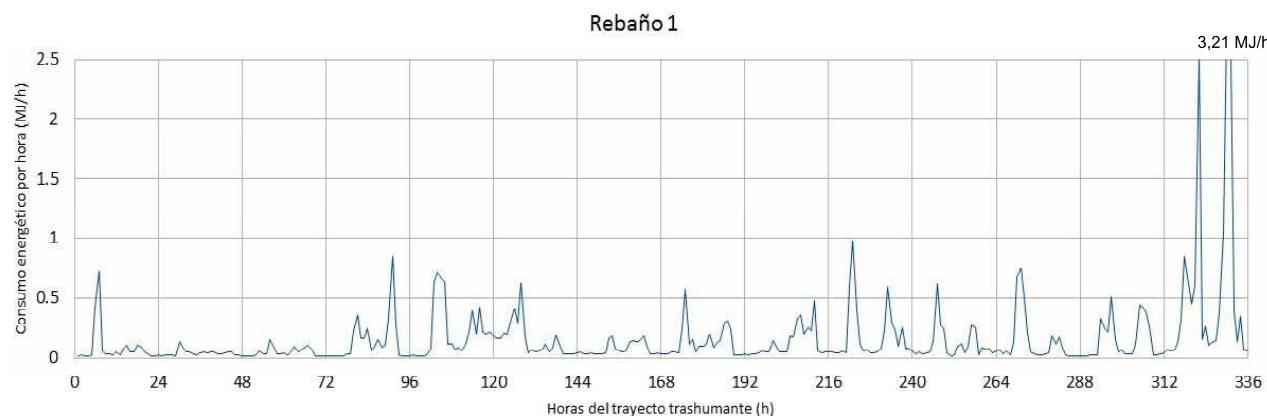


Figura 18. Consumo energético horario en las diferentes horas del trayecto trashumante para el rebaño 1.

También se observa que, tras el segundo máximo diario, existe un periodo de prácticamente nulo consumo energético, esto se debe a que las ovejas cuando llega la noche paran a descansar.

Valores de consumo energético inferiores a $0,1 \text{ MJ} \cdot \text{hora}^{-1}$, corresponden a períodos de descanso absoluto, por otro lado, valores superiores a $0,3 \text{ MJ} \cdot \text{hora}^{-1}$, corresponden a períodos con un claro predominio de la actividad de locomoción sobre la alimentación. Entre estos valores se puede considerar que la oveja además de desplazarse se alimenta. Estos serían por lo tanto los valores de referencia máximos y mínimos a partir de los cuales se puede decir que únicamente hay movimiento, únicamente hay descanso o existe movimiento pastando. Esto se deduce de la observación de las agrupaciones de los puntos en el mapa.

Si se observan con detenimiento los días 2 y 3 del recorrido se observa como los animales prácticamente no tienen un consumo energético debido a la locomoción, esto es debido al manejo del ganadero que al llegar a una zona con muy buenos pastos en la cola del embalse de Belsué, decide que las ovejas estén ahí pastando dos días para aprovechar dicho recurso forrajero.

También se observa que el último día de la trashumancia las ovejas tienen un consumo energético muy elevado, esto se debe a que las ovejas se desplazan por la carretera a una velocidad relativamente elevada; esta velocidad llega a sobrepasar en algunos tramos los $3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, siendo las velocidades más altas encontradas en las cuatro rutas estudiadas.

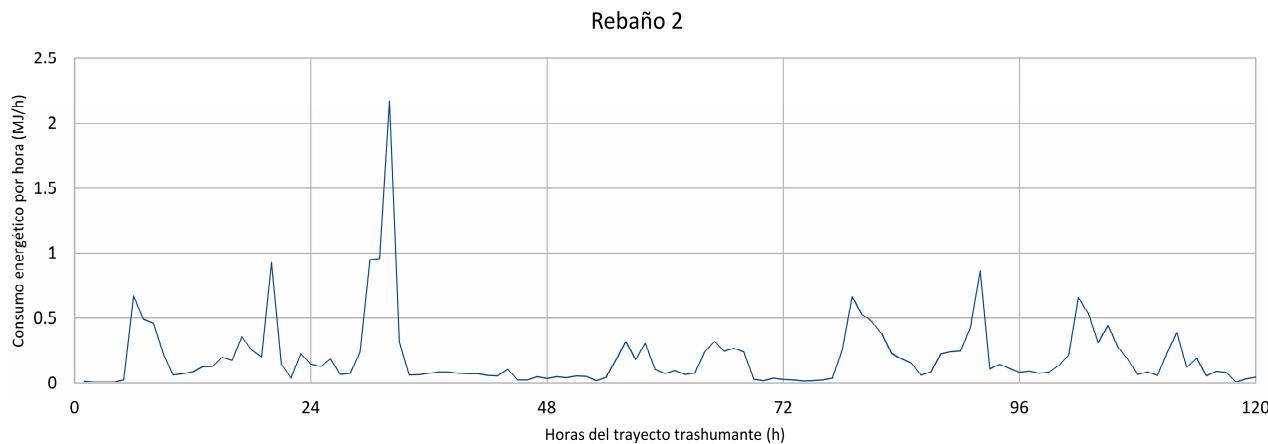


Figura 19. Consumo energético horario en las diferentes horas del trayecto trashumante para el rebaño 2.

En la Figura 19, correspondiente al rebaño 2, se puede observar que en todos los días existen dos máximos en el consumo energético debido al desplazamiento, por los mismos motivos que el rebaño 1. Pero si se observa con detenimiento, el segundo día de trayecto sólo tiene un máximo de consumo energético y este es mucho mayor que en cualquiera de los días del trayecto. Esto se debe al manejo realizado por el ganadero, éste decide que el ganado debe hacer la mayor parte del trayecto durante las primeras horas a un buen ritmo y cuando llega al final del trayecto previsto para ese día deja al ganado pastando y descansando, como se observa el segundo pico del segundo día (correspondiente a las horas de la tarde) es muy bajo, esto es debido a que la mayor parte del trayecto lo ha realizado por la mañana.

Se observa claramente cómo las ovejas durante la noche permanecen descansando con un consumo energético debido a la locomoción menor a $0,1 \text{ MJ}\cdot\text{h}^{-1}$. Por otro lado, también se aprecia que valores de consumo superiores a $0,4 \text{ MJ}\cdot\text{h}^{-1}$ corresponden a consumo energético por locomoción y valores intermedios corresponden a desplazamientos del ganado realizando pequeñas paradas para pastar.

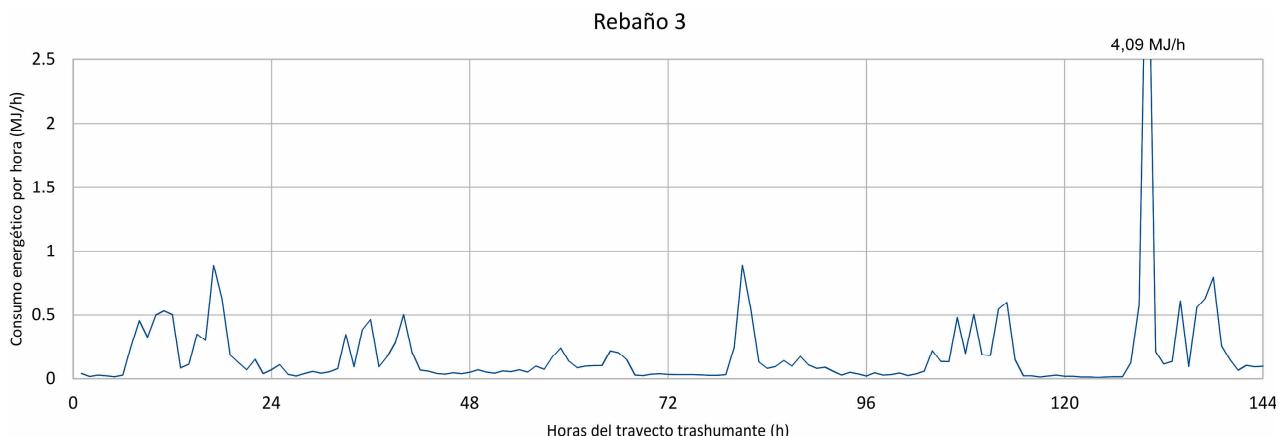


Figura 20. Consumo energético horario en las diferentes horas del trayecto trashumante para el rebaño 3.

En la Figura 20 correspondiente al rebaño 3 se pueden observar prácticamente todos los días 3 picos de consumo energético, esto se debe a que entre los máximos de consumo los ganaderos hacen dos paradas para que el ganado descance y puedan pastar. El tercer día de la trashumancia el ganado tiene un menor consumo energético debido a que el manejo que hace el ganadero ese día es diferente aprovechando los pastos por donde pasa el ganado y realizando por lo tanto un desplazamiento mucho menor.

Se observa claramente como las ovejas durante la noche permanecen descansando con un consumo energético debido a la locomoción menor a $0,1 \text{ MJ} \cdot \text{h}^{-1}$. Por otro lado, se observa que valores de consumo superiores a $0,3 \text{ MJ} \cdot \text{h}^{-1}$ corresponden a consumo energético por locomoción y valores intermedios corresponden con desplazamiento de ganado realizando pequeñas paradas para pastar.

También se observa que en el último día de la trashumancia se da el mayor valor de consumo horario con un valor de $4,09 \text{ MJ} \cdot \text{h}^{-1}$ debido a que las ovejas durante esta hora van exclusivamente por carretera avanzando mucha distancia y desplazándose a una velocidad relativamente elevada entorno a $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

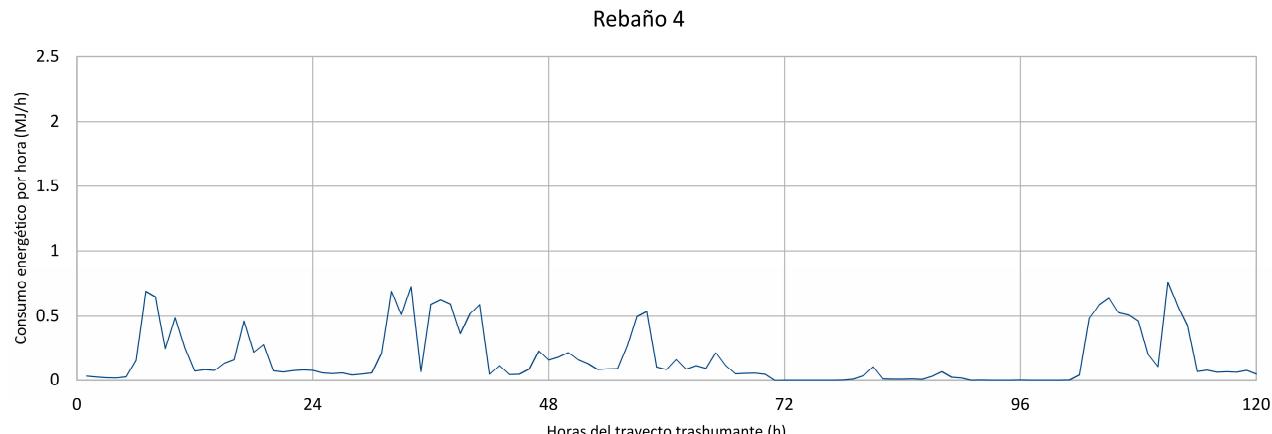


Figura 21. Consumo energético horario en las diferentes horas del trayecto trashumante para el rebaño 4.

En la Figura 21, correspondiente al rebaño 4, se pueden observar prácticamente todos los días 2 picos de consumo energético. El cuarto día de la trashumancia el ganado tiene un menor consumo energético debido a que el ganadero aprovecha unos buenos pastos existentes en las cercanías de Jaca para realizar un alto en el camino.

Se observa claramente como las ovejas durante la noche permanecen descansando con un consumo energético debido a la locomoción menor a $0,1 \text{ kJ}\cdot\text{h}^{-1}$. Por otro lado, se observa que valores de consumo superiores a $0,3 \text{ kJ}\cdot\text{h}^{-1}$ corresponden a consumo energético por locomoción y valores intermedios corresponden con desplazamiento de ganado realizando pequeñas paradas para pastar. El cuarto día de la trashumancia el consumo es muy bajo durante todo el día y podría pensarse que el ganado está descansando, esto no es así, sino que está pastando durante las primeras horas del día y las últimas cuando el calor del verano no es tan acusado pero con un desplazamiento muy pequeño debido a la abundancia de pasto.

Con la observación de todas estas gráficas se puede decir que el efecto guía del pastor en el caso de la trashumancia determina de forma clara los momentos y velocidades de desplazamiento, y por lo tanto el consumo energético de las ovejas. Esta misma conclusión fue obtenida por Mendizábal (2008).

García González *et al.* (2007), analizando los ritmos de actividad de las ovejas en un puerto del Pirineo en pastoreo libre y conducido, diferenciaron cinco tipos de actividad:

- Pastoreo estacionario: las ovejas pastan en determinadas zonas sin apenas moverse.
- Pastoreo en movimiento: las ovejas pastan mientras se desplazan de una

a otra zona.

- Desplazamiento: las ovejas se desplazan sin pastar.
- Reposo: el rebaño descansa de pie o echado, por la noche o en las horas centrales del día.
- Actividad nocturna: actividad que incluye tanto el pastoreo como el desplazamiento.

En el caso de nuestro estudio, siguiendo rutas trashumantes, se han podido llegar a distinguir tres de estas actividades:

- Desplazamiento, donde las ovejas se desplazan sin pastar (consumo mayor a $0,3\text{-}0,4 \text{ MJ}\cdot\text{h}^{-1}$)
- Reposo, donde las ovejas están prácticamente paradas, esta actividad se da por la noche o en las horas centrales del día (consumo menor a $0,1 \text{ MJ}\cdot\text{h}^{-1}$).
- Pastoreo en movimiento, donde las ovejas pastan sin dejar de desplazarse (consumo energético entre $0,1 \text{ MJ}\cdot\text{h}^{-1}$ y $0,3\text{-}0,4 \text{ MJ}\cdot\text{h}^{-1}$).

4.6 Evolución del peso y de la Condición Corporal de las ovejas en la trashumancia

En la Tabla 9 se presentan los resultados de los pesos iniciales y finales de las ovejas seleccionadas del Rebaño nº 1.

Tabla 9. Comparativa de peso de las ovejas entre la salida desde la Hoya de Huesca y el peso a la llegada a los pastos.

IDENTIFICACIÓN OVEJA	PESO SALIDA(kg)	PESO LLEGADA(kg)
Collar rojo	51	50
12689	48	47
23719	40	38
23619	39	39
25897	53	51
56468	39	38
58180	64	63
58769	49	49
72066	29	27
72092	33	33
72097	30	32
72152	24	23
72404	39	39
72476	50	49
72565	41	41
GPS 34969	60	59
GPS sin crotal	55	54

Se puede observar como en 11 de los 17 casos el peso es menor a la llegada que en la salida, es decir, pierden peso durante la trashumancia, en 5 casos el peso es el mismo a la salida que a la llegada y en un único caso el peso es mayor a la llegada que en la salida, produciéndose un aumento de peso de 2kg.

Realizando el análisis estadístico de los datos mediante el análisis de Wilcoxon, puesto que son datos apareados, peso de la misma oveja antes de emprender la trashumancia y al llegar al puerto de montaña, se han obtenido los siguientes datos expuestos en la tabla 10.

Tabla 10. Resultados del análisis estadístico de la diferencia de pesos encontrada en las ovejas entre la salida desde la Hoya de Huesca hasta su llegada a los pastos (Test de Wilcoxon). n = 17.

PESO A LA SALIDA (kg)		PESO A LA LLEGADA (kg)		SIGNIFICACION
Media	Desviación estandar	Media	Desviación estandar	
43,76	± 11,25	43,06	± 11,14	0,02

A pesar del reducido tamaño muestral, los resultados de la tabla indican diferencias significativas entre las medias, es decir que se produce una reducción significativa de 0,7 kg en el recorrido trashumante que supone una reducción de un 1,6% de su peso vivo. El resultado que se obtiene es lógico, puesto que a las necesidades de mantenimiento que tiene el animal debido a su metabolismo, se debe añadir el consumo energético por locomoción. Como las ovejas durante la trashumancia pasan una gran parte del tiempo caminando, el consumo energético aumenta debido a la locomoción; si esto se une al relativo poco tiempo que dedica el ganado a pastar, el efecto es que hay un déficit energético. Este balance energético provoca que el animal, para cubrir sus necesidades energéticas, deba movilizar su reservorio de grasa metabolizando ésta para compensar el balance. La movilización de la reserva de grasa implica una pérdida de peso del ganado, tal y como se puede comprobar en los resultados obtenidos.

Con respecto a la estimación de la Condición Corporal de las ovejas del Rebaño 1 antes de partir desde la localidad de San Jorge y tras la llegada a Plan, se puede observar en el Anexo nº 3 los resultados tabulados de las estimaciones de la Condición Corporal de las ovejas. A la salida se evaluaron 397 ovejas y cuando llegaron a la localidad de Plan se midió de nuevo este parámetro en 231 ovejas.

Para comparar las medias de Condición Corporal antes y después se realizó la prueba de Kruskall Wallis. Los resultados se muestran en la Tabla 11. En ella se puede observar cómo hay una pérdida significativa de Condición Corporal a lo largo de la ruta trashumante, de manera coherente con la disminución del peso referida.

Tabla 11. Resultados de la medición de la Condición Corporal de 231 ovejas del rebaño 2 a su llegada a puerto.

	n	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	SIGNIFICACION
SALIDA	397	3,08	± 0,56	0,000
LLEGADA	231	2,89	± 0,50	

La media de la Condición Corporal a la salida tiene un valor de 3,08 y a la llegada de 2,89. Estadísticamente los resultados de las mediciones a la salida y a la llegada son significativamente diferentes siendo menor la Condición Corporal a la llegada por lo que se puede concluir que el estado corporal de las ovejas se reduce con la actividad física debida al desplazamiento de las ovejas a puerto. Como se ha mencionado, ello es coherente con la pérdida de peso encontrada: la energía proporcionada por el pasto consumido por las ovejas durante la trashumancia no compensa las pérdidas de peso por el

consumo energético debido al desplazamiento, por lo que las ovejas deben movilizar grasas acumuladas para equilibrar el balance energético. Respecto a la Condición Corporal de 3,08 a 2,89, ambos valores están próximos a 3, valor de condición óptima según Frutos y Mantecón (1994). Por otro lado, el ganado llega a pastos de puerto de alta calidad y disponibilidad, por lo que es esperable una recuperación de su Condición Corporal en un breve espacio de tiempo. De hecho, en encuestas realizadas a cinco ganaderos trashumantes, éstos indicaron que, aunque las ovejas " pierden" en general con el desplazamiento, recuperan Condición Corporal al llegar a destino con cierta rapidez, en unos 7 a 15 días (datos no publicados).

4. Conclusiones

- 1.- Con respecto a los modelos de consumo energético debido a la locomoción propuestas por Clapperton (1964) y por Brockway y Boyne (1980) no hay diferencias significativas entre los resultados que proporcionan ambas, pero se considera que la metodología de Brockway y Boyne (1980) es más precisa, puesto que tiene en cuenta, además de otros factores, la velocidad de los animales durante el desplazamiento.
- 2.- No se observaron diferencias significativas entre el consumo energético medio diario debido a locomoción entre los cuatro rebaños estudiados durante la subida de los rebaños a puerto, pero se observaron diferencias de los consumos horarios medios en función del día de trashumancia en dos de los rebaños estudiados. Lo que se atribuye a las diversas formas de manejo de cada rebaño y a las características de las rutas por las que transitan.
3. El consumo energético medio diario debido a la locomoción fue de $4,19 \text{ MJ dia}^{-1}$, por encima de la mayor parte de los valores obtenidos por diversos autores para ovino en pastoreo y supone un incremento de entre un 63 y un 79% de las necesidades de Energía Metabolizable de mantenimiento (EMm) en estabulación.
- 4.- En cuanto a los ritmos diarios de actividad se observa que para todos los rebaños aparecen casi todos los días dos picos de actividad, uno que se produce por la mañana y otro por la tarde. Esto se debe a que al subir las ovejas a los puertos en verano se aprovechan las horas más frescas del día para avanzar en la ruta. Los tipos de actividad encontrados han sido tres: el desplazamiento, donde las ovejas se desplazan sin pastar, el reposo, donde las ovejas están prácticamente paradas y el pastoreo en movimiento, donde las ovejas pastan sin dejar de desplazarse.
- 5.- El efecto "guía" del pastor determina de forma clara los momentos y velocidades de desplazamiento, los ritmos de cada actividad y, por tanto, el consumo energético debido a locomoción de las ovejas durante la trashumancia.
- 6.- Las ovejas pierden peso en los días que dura la trashumancia, esto es debido a que el consumo energético debido a la locomoción es mayor que el aporte energético debido a los nutrientes que proporcionan los pastos que van consumiendo durante la ruta. Coherenteamente con esta pérdida de peso, la Condición Corporal disminuye durante la subida del ganado a puerto, puesto que movilizan las reservas grasas almacenadas para soportar el consumo energético suplementario debido a la locomoción.

5. Bibliografía

Acín, J.L. 1994. Las otras lluvias. Pueblos deshabitados del Alto Aragón. Ibercaja, 120 pp. Zaragoza, España.

Aisa, F. 2015. La reforma de la PAC, cambios, virtudes y defectos. ASAJA, 30 pp. Zaragoza.

Agricultural and Food Research Council (AFRC).1993. Energy and Protein Requirements of Ruminants (An Advisory Manual Prepared by the AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients), Wallingford, CABI.

Agouridis C.T., Stombaugh T.S., Workman S.R., Koostra B.K., Edwards D.R. and Vanzant E.S., 2005. Suitability of a gps collar for grazing studies. *Transactions of the ASAE*, 47(4): 1321–1329.

Aguilera, F.J. 2001. Aportaciones al conocimiento de la nutrición energética de pequeños rumiantes, con particular referencia al ganado caprino. Archivos de Zootecnia, vol. 50, núm. 192, pp 565-596.

Aparicio, M.A., Justo, J.R., Lama, J.J., Adán, S., Fernández, M., López, C., Rivero, C.J. y Rois, D. 2008. VI Congreso Ibérico sobre Recursos Genéticos Animales; 18-20 Septiembre; Lisboa.

Aparicio, M.A. 2009. Los sistemas extensivos y las nuevas tecnologías. Ganaderia, 60: 191-200.

Barrantes, O., Reiné, R., Blasco, I., Betrán, R., Olaizola, A., Mora, JL; Ramo, M., Ferrer, C. 2016. Transhumant GPS tracked sheep flocks from lowlands to highlands in Spain: grazing resources use and difficulties of walking/herding. Options Méditerranéennes (in press).

Blaxter, K.L. 1967. *The Energy Metabolism of Ruminants*. Hutchinson, London, pp. 110-112.

Betrán, R. 2016. Vías pecuarias y recursos pascícolas en rutas trashumantes de ovino de la Hoya de Huesca al Pirineo Aragonés. (Memoria Trabajo Final de Carrera). Universidad de Zaragoza.

Brockway, J.M. and Boyne, A.W. 1980. The energy cost for sheep of walking on gradients. In: *Proc. 8th Int. Symp. Energy Metabolism*. L. E. Mount (Ed.) European Association for Animal Production. Publication Nº26 London and Boston.:Butterworths, pp. 449-453.

CAB International, 1993. Energy and Protein Requirements of Rumians. Ed: B.R. Cottrill. Pp. 23-25.

Castrillo, O. 1975. La composición corporal de los corderos de raza Churra y su evolución en el transcurso del crecimiento. *Anales de la Facultad de Veterinaria de León*, 21, 205-277.

Clapperton, 1964. The energy metabolism of sheep walking on the level and on gradients. *British Journal of Nutrition* 18, 47-54.

Coop, I.E. and Hill M.K. 1962. The energy requirements of sheep for maintenance and gain. 2. Grazing sheep. *Journal of Agricultural Science* 58: 187-199.

Fillat, F. 1981. De la trashumancia a las nuevas formas de ganadería extensiva. *Estudio de los Valles de Ansó, Hecho y Benasque*. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Madrid, 571 pp.

Fillat, F. 2008. Bosquejo histórico de la actividad pastoril en el Pirineo. En: *Pastos del Pirineo* (F. Fillat, R. García-González, D. Gómez y R. Reiné, eds.). CSIC y Diputación de Huesca, 25-35, Huesca.

Frutos, P. y Mantecón A.R. 1994. Condición Corporal en el ganado ovino y caprino. Sanidad y producción en el ovino-caprino. Colegio de Veterinarios de Zamora.

García, M.B. y Gómez, D. 2007. Flora del Pirineo Aragonés. Patrones espaciales de biodiversidad y su relevancia para la conservación. *Pirineos*, 162, 71-88.

García-González, R., Reiné, R., Pérez, S., Gartzia, M. y Gómez, D. 2007. Comportamiento de ovinos en pastoreo libre y guiado por pastor en un puerto pirenaico. Los sistemas forrajeros: entre la producción y el paisaje. Vitoria-Gasteiz. Neiker: SEEP 07 Reunión científica, 400-407.

Gómez C. 2002. Caracterización sociológica de las zonas de montaña. El caso del Pirineo aragonés. Actas del XV Simposio de Cooperativismo y Desarrollo Rural: CEDERUL, pp.:11-42. Morillo de Tou, Huesca.

Haller, R. and Filli Fy Imfeld, S. 2001. Evaluation of GPS-Technology for tracking mountain ungulates: VHF-Transmitters or GPS-collar. In: *Tracking animal with GPS*. Aberdeen.

IBM Corp. 2013. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0. Armonk, NY: IBM Corp.

IPCC (2006) "Guidelines for national green house gas inventories".

Janeau, G., Adrados, C., Joachim, J., Gendner, J. and Pepin D. 2004. Performance of differential GPS collars in temperate mountain forest. *Comptes Rendus Biologies* 327, 1143-1149.

Jagusch K.T., Norton, B.W. and Warker, D.M. (1970). Body composition studies with the milk-fed lamb. I. Chemical composition and calorific content of the body and organs of newly-born lambs. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 75, 273-277.

Jurgen, M.H. 1988. *Animal Feeding and Nutrition*, Sixth Edition, Kendall/Hunt Publishing Company Dubuque, Iowa, U.S.A.

Kleiber, M. 1947 Body size and metabolic rate. *Physiol. Rev.* 27, 511-541.

Lachica M. and Aguilera J.F. 2005. Review article. Energy expenditure of walk in grassland for small ruminants. *Small Ruminant Research* 59, 105-121.

Lambourne, L.J. and Reardon, T.F. 1963. Effect of environment on the maintenance requirements of Merino wethers. *Australian Journal of Agricultural Research*. 14: 272-292.

Langlands, J.P., Corbett, J.L., Mc Donald, I. and Reid, G.W. 1963. Estimates of the energy required for maintenance by adult sheep. *Anim. Prod.* 5: 1-9.

Mantecón, A.R. y Lavin, P. 2000. Significado de la medida del gasto energético de la actividad física para el desarrollo de sistemas extensivos de producción animal.

Mendizábal, J.A., Purroy A., Soret, B., Horcada, A., Arana A., Lizaso, G. y Mendizábal, F.J. 1993. Tamaño y número de adipocitos de corderos de raza Lacha y Rasa Aragonesa. *ITEA*, vol. extra IZ, 84-86.

Mendizábal M. 2008. Análisis de los factores determinantes del uso de pastos de montaña por herbívoros domésticos y su aplicación en modelos de gestión sostenible para el País Vasco. Tesis Doctoral. Universidad del País Vasco. Leioa.

Mc Donald P., Edwards R.A., Greenhalgh J.F.D y Morgan C.A. 1995. *Nutrición animal* 5º ed. New York. Ed.Acribia 322-326.

Microsoft Office 2010. Excel for Windows.

Moen, R., J. Pastor, Y. Cohen, and C. C. Schwartz. 1996. Effects of moose movement and habitat use on GPS collar performance. *J. Wildl. Manage.* 60 (3): 659-668.

Muslera, E.; Ratera, C. 1991. *Praderas y forrajes*. Mundi-Prensa. Madrid.

NRC, 1985. *Nutrient Requirements of Sheep*, sixth ed. National Academy Press, Washington, DC.

Osuji, P.O. 1974. The physiology of eating and the energy expenditure of the ruminant at pasture. *J. Range Manage.* 27 (6):437-443.

Pallaruelo, S. 1988. Pastores del Pirineo. Ministerio de Cultura. Madrid. 1-37

Pallaruelo, S. 1993. Cuadernos de la Trashumancia, nº 6: Pirineo Aragonés. ICONA. Madrid.

Pallaruelo, S. 2002. Las huellas del hombre en el paisaje. En Aragón, un país de montañas, 213-257 Co. J. L. ACÍN, F. LAMPRE. Prames. Zaragoza (España).

Prieto, C., Somlo, R., García Barroso, F. y Boza J. 1991. Estimación del gasto energético del caprino en la Comarca de Andarax (Almería). I. El costo de la locomoción. *Archivos de Zootecnia*, 40: 55-72.

Puntilla, M.J. and Nylander A. (1992). Possibilities to predict body composition from live animals in pure and cross-bred finnsheep. 43rd Annual Meeting of E.A.A.P. Madrid.

Rempel, R., Rodgers A. and Abraham, K. 1995. Performance of a GPS animal location system under boreal forest canopy. *The Journal of Wildlife Management* 59, 543-551.

Robbins C.T. 1993. Wildlife feeding and nutrition. Academic Press. London.

Robelin, J. et AGABRIEL, J., 1986. Estimation de l'état d'engraissement des bovins vivants à partir de la taille des cellules adipeuses. *Bulletin Technique CRZV*. Theix, INRA, 66, 37-41.

Rogers, A.R. 2001. Tracking animals with GPS: The first 10 years. *Tracking animals with GPS*. Aberdeen.

Romero, O. 2015 Evaluación de la Condición Corporal y edad de los ovinos. Instituto de investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura, Temuco-Chile. INIA, 79.

Rutter, S.M., Beresford N. A. and Roberts, G. 1997. Use of GPS to identify the grazing areas of hill sheep. *Computers and Electronics in Agric.* 17: 177-188.

San Miguel A., 2006. Fundamentos de Alimentación y Nutrición del ganado. Alimentación y Nutrición del ganado. Universidad Politécnica de Madrid.

Schlecht, E., Hulsebusch, C., Mahler, F. and Becker, K. 2004. The use of differentially corrected global positioning system to monitor activities of cattle at pastures. *J. Applied animal Behaviour Sci.* 85:185-202.

Turner, L., Udal, M., Larson, B. and Shearer, S. 2000. Monitoring cattle behavior and pasture use with GPS and GIS. Canadian Journal of Animal Science. 80(3):405-413.

Udal, M.C. 1998. GPS tracking of cattle on pasture. M.S. Thesis. Lexington, Ky.: University of Kentucky.

Ungar, E.D., Henkin, Z., Gutman, M., Dolev, A., Genizi, A. and Ganskopp, D. 2005. Interference of animal activity from GPS collar data on free-ranging cattle. Rangeland Ecology and Management. 58 (3): 256-266.

Villar, L. y García-Ruiz, J.M., 1976. Explotación del territorio y evolución de pastos en dos valles del Pirineo occidental. Publicaciones del Centro Pirenaico de Biología Experimental, 8: 143-163.

VVAA, 2013. La trashumancia en España. Libro Blanco. Ed. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Secretaría General Técnica, Centro de Publicaciones. 128 pp.

Young, B.A. and Corbett, J.L. 1972. Maintenance energy requirement of grazing sheep in relation to herbage availability. I. Calorimetric estimates. Australian Journal of Agricultural Research 23(1):57-76.



ANEXOS

*Vías pecuarias y recursos pascícolas en rutas trashumantes
de ovino de la Hoya de Huesca al Pirineo Aragonés*



**ANEXO I: Gasto energético horario (MJ/h)
según las fórmulas de Brockway y Boyne
(1980) y de Clapperton (1964)**

*Consumo energético del ganado ovino en sus
desplazamientos trashumantes de la Hoya de
Huesca al Pirineo Aragonés*

Anejo 1. Gasto energético horario (MJ/h) según las fórmulas de Brockway y Boyne (1980) y de Clapperton (1964)

1. Rebaño 1.....	2
2. Rebaño 2.....	5
3. Rebaño 3.....	6
4. Rebaño 4.....	7

1. Rebaño 1.

Rebaño 1		
Día y hora	Brockway y Boyne (1980)	Clapperton (1964)
Día 1 de 00:00 a 01:00	0,018963	0,021099
Día 1 de 01:00 a 02:00	0,020114	0,022869
Día 1 de 02:00 a 03:00	0,015383	0,017360
Día 1 de 03:00 a 04:00	0,017058	0,019128
Día 1 de 04:00 a 05:00	0,019760	0,022208
Día 1 de 05:00 a 06:00	0,425515	0,379367
Día 1 de 06:00 a 07:00	0,725241	0,644848
Día 1 de 07:00 a 08:00	0,062796	0,077600
Día 1 de 08:00 a 09:00	0,031603	0,038730
Día 1 de 09:00 a 10:00	0,029878	0,036297
Día 1 de 10:00 a 11:00	0,024636	0,027480
Día 1 de 11:00 a 12:00	0,047793	0,063076
Día 1 de 12:00 a 13:00	0,021671	0,024420
Día 1 de 13:00 a 14:00	0,082547	0,066769
Día 1 de 14:00 a 15:00	0,105871	0,113295
Día 1 de 15:00 a 16:00	0,051871	0,063767
Día 1 de 16:00 a 17:00	0,055026	0,070841
Día 1 de 17:00 a 18:00	0,106167	0,107787
Día 1 de 18:00 a 19:00	0,096797	0,128802
Día 1 de 19:00 a 20:00	0,051102	0,059687
Día 1 de 20:00 a 21:00	0,029860	0,027527
Día 1 de 21:00 a 22:00	0,014866	0,015456
Día 1 de 22:00 a 23:00	0,016293	0,017913
Día 1 de 23:00 a 00:00	0,027241	0,020852
Día 2 de 00:00 a 01:00	0,016641	0,016323
Día 2 de 01:00 a 02:00	0,021458	0,017680
Día 2 de 02:00 a 03:00	0,028224	0,022876
Día 2 de 03:00 a 04:00	0,025319	0,021319
Día 2 de 04:00 a 05:00	0,018334	0,018042
Día 2 de 05:00 a 06:00	0,135940	0,162447
Día 2 de 06:00 a 07:00	0,090278	0,121852
Día 2 de 07:00 a 08:00	0,048012	0,063996
Día 2 de 08:00 a 09:00	0,048145	0,054916
Día 2 de 09:00 a 10:00	0,031611	0,038927
Día 2 de 10:00 a 11:00	0,027866	0,033410
Día 2 de 11:00 a 12:00	0,046244	0,057671
Día 2 de 12:00 a 13:00	0,048947	0,062810
Día 2 de 13:00 a 14:00	0,043106	0,051540
Día 2 de 14:00 a 15:00	0,055417	0,063340
Día 2 de 15:00 a 16:00	0,050002	0,062283
Día 2 de 16:00 a 17:00	0,037125	0,047499
Día 2 de 17:00 a 18:00	0,031771	0,039237
Día 2 de 18:00 a 19:00	0,043110	0,053669
Día 2 de 19:00 a 20:00	0,052773	0,072423
Día 2 de 20:00 a 21:00	0,053577	0,061167
Día 2 de 21:00 a 22:00	0,021701	0,023405
Día 2 de 22:00 a 23:00	0,020378	0,022094
Día 2 de 23:00 a 00:00	0,013615	0,014182
Día 3 de 00:00 a 01:00	0,014309	0,015681
Día 3 de 01:00 a 02:00	0,016258	0,017322
Día 3 de 02:00 a 03:00	0,014188	0,015537
Día 3 de 03:00 a 04:00	0,026639	0,032193
Día 3 de 04:00 a 05:00	0,061468	0,060144
Día 3 de 05:00 a 06:00	0,031742	0,039484
Día 3 de 06:00 a 07:00	0,034731	0,035253
Día 3 de 07:00 a 08:00	0,151781	0,055273
Día 3 de 08:00 a 09:00	0,085137	0,060509
Día 3 de 09:00 a 10:00	0,030549	0,034931
Día 3 de 10:00 a 11:00	0,036702	0,038010
Día 3 de 11:00 a 12:00	0,040711	0,032877
Día 3 de 12:00 a 13:00	0,027733	0,031325
Día 3 de 13:00 a 14:00	0,054687	0,065521
Día 3 de 14:00 a 15:00	0,100900	0,130143
Día 3 de 15:00 a 16:00	0,055750	0,074201
Día 3 de 16:00 a 17:00	0,067153	0,086832
Día 3 de 17:00 a 18:00	0,085279	0,104492
Día 3 de 18:00 a 19:00	0,105368	0,102254
Día 3 de 19:00 a 20:00	0,073616	0,067795
Día 3 de 20:00 a 21:00	0,014174	0,016215
Día 3 de 21:00 a 22:00	0,012692	0,013300
Día 3 de 22:00 a 23:00	0,017170	0,019054
Día 3 de 23:00 a 00:00	0,013778	0,015322

Rebaño 1		
Día y hora	Brockway y Boyne (1980)	Clapperton (1964)
Día 4 de 00:00 a 01:00	0,013309	0,014519
Día 4 de 01:00 a 02:00	0,010489	0,011649
Día 4 de 02:00 a 03:00	0,014318	0,015466
Día 4 de 03:00 a 04:00	0,014253	0,014483
Día 4 de 04:00 a 05:00	0,016403	0,017080
Día 4 de 05:00 a 06:00	0,032698	0,023194
Día 4 de 06:00 a 07:00	0,032592	0,030196
Día 4 de 07:00 a 08:00	0,231917	0,222023
Día 4 de 08:00 a 09:00	0,354938	0,376405
Día 4 de 09:00 a 10:00	0,162611	0,105903
Día 4 de 10:00 a 11:00	0,159497	0,079249
Día 4 de 11:00 a 12:00	0,243118	0,090214
Día 4 de 12:00 a 13:00	0,063924	0,060413
Día 4 de 13:00 a 14:00	0,099896	0,068484
Día 4 de 14:00 a 15:00	0,151475	0,118701
Día 4 de 15:00 a 16:00	0,086324	0,098295
Día 4 de 16:00 a 17:00	0,103782	0,106762
Día 4 de 17:00 a 18:00	0,328526	0,344235
Día 4 de 18:00 a 19:00	0,847283	0,777665
Día 4 de 19:00 a 20:00	0,275058	0,236009
Día 4 de 20:00 a 21:00	0,021637	0,024889
Día 4 de 21:00 a 22:00	0,016404	0,017838
Día 4 de 22:00 a 23:00	0,014590	0,016279
Día 4 de 23:00 a 00:00	0,015495	0,017606
Día 5 de 00:00 a 01:00	0,019626	0,022722
Día 5 de 01:00 a 02:00	0,015568	0,018146
Día 5 de 02:00 a 03:00	0,017433	0,019429
Día 5 de 03:00 a 04:00	0,018877	0,020696
Día 5 de 04:00 a 05:00	0,020213	0,023236
Día 5 de 05:00 a 06:00	0,078775	0,073648
Día 5 de 06:00 a 07:00	0,639904	0,550422
Día 5 de 07:00 a 08:00	0,708571	0,525833
Día 5 de 08:00 a 09:00	0,661492	0,513253
Día 5 de 09:00 a 10:00	0,635787	0,566396
Día 5 de 10:00 a 11:00	0,114495	0,093174
Día 5 de 11:00 a 12:00	0,117968	0,059235
Día 5 de 12:00 a 13:00	0,074918	0,037793
Día 5 de 13:00 a 14:00	0,085282	0,039474
Día 5 de 14:00 a 15:00	0,059677	0,063240
Día 5 de 15:00 a 16:00	0,113487	0,094516
Día 5 de 16:00 a 17:00	0,219410	0,304299
Día 5 de 17:00 a 18:00	0,400208	0,265087
Día 5 de 18:00 a 19:00	0,203240	0,116441
Día 5 de 19:00 a 20:00	0,422258	0,207265
Día 5 de 20:00 a 21:00	0,215463	0,065290
Día 5 de 21:00 a 22:00	0,204429	0,049115
Día 5 de 22:00 a 23:00	0,216266	0,048431
Día 5 de 23:00 a 00:00	0,180855	0,044711
Día 6 de 00:00 a 01:00	0,164437	0,045520
Día 6 de 01:00 a 02:00	0,167327	0,042926
Día 6 de 02:00 a 03:00	0,208630	0,040844
Día 6 de 03:00 a 04:00	0,203406	0,047036
Día 6 de 04:00 a 05:00	0,326407	0,158798
Día 6 de 05:00 a 06:00	0,411218	0,405509
Día 6 de 06:00 a 07:00	0,292534	0,520933
Día 6 de 07:00 a 08:00	0,626207	0,578648
Día 6 de 08:00 a 09:00	0,170427	0,166620
Día 6 de 09:00 a 10:00	0,040600	0,048724
Día 6 de 10:00 a 11:00	0,070062	0,079204
Día 6 de 11:00 a 12:00	0,049152	0,044659
Día 6 de 12:00 a 13:00	0,061203	0,060473
Día 6 de 13:00 a 14:00	0,074631	0,073571
Día 6 de 14:00 a 15:00	0,114069	0,122059
Día 6 de 15:00 a 16:00	0,049966	0,050948
Día 6 de 16:00 a 17:00	0,085928	0,095460
Día 6 de 17:00 a 18:00	0,187926	0,233478
Día 6 de 18:00 a 19:00	0,101796	0,096717
Día 6 de 19:00 a 20:00	0,032300	0,037838
Día 6 de 20:00 a 21:00	0,029128	0,033937
Día 6 de 21:00 a 22:00	0,030279	0,035701
Día 6 de 22:00 a 23:00	0,034579	0,036589
Día 6 de 23:00 a 00:00	0,042937	0,046655



Rebaño 1		
Día y hora	Brockway y Boyne (1980)	Clapperton (1964)
Día 7 de 00:00 a 01:00	0,048020	0,058764
Día 7 de 01:00 a 02:00	0,036724	0,043245
Día 7 de 02:00 a 03:00	0,035824	0,041903
Día 7 de 03:00 a 04:00	0,044458	0,047264
Día 7 de 04:00 a 05:00	0,034347	0,040895
Día 7 de 05:00 a 06:00	0,035404	0,040500
Día 7 de 06:00 a 07:00	0,037789	0,042877
Día 7 de 07:00 a 08:00	0,039053	0,046870
Día 7 de 08:00 a 09:00	0,167592	0,204561
Día 7 de 09:00 a 10:00	0,183811	0,180167
Día 7 de 10:00 a 11:00	0,076070	0,094531
Día 7 de 11:00 a 12:00	0,064885	0,075084
Día 7 de 12:00 a 13:00	0,047801	0,060122
Día 7 de 13:00 a 14:00	0,057057	0,068915
Día 7 de 14:00 a 15:00	0,134651	0,169212
Día 7 de 15:00 a 16:00	0,146660	0,179882
Día 7 de 16:00 a 17:00	0,133059	0,154351
Día 7 de 17:00 a 18:00	0,147234	0,154865
Día 7 de 18:00 a 19:00	0,186365	0,187301
Día 7 de 19:00 a 20:00	0,099433	0,101821
Día 7 de 20:00 a 21:00	0,036651	0,042287
Día 7 de 21:00 a 22:00	0,036857	0,040483
Día 7 de 22:00 a 23:00	0,038716	0,044998
Día 7 de 23:00 a 00:00	0,034516	0,038518
Día 8 de 00:00 a 01:00	0,033210	0,037635
Día 8 de 01:00 a 02:00	0,033903	0,035911
Día 8 de 02:00 a 03:00	0,053572	0,067384
Día 8 de 03:00 a 04:00	0,048310	0,056006
Día 8 de 04:00 a 05:00	0,046269	0,059299
Día 8 de 05:00 a 06:00	0,237103	0,222850
Día 8 de 06:00 a 07:00	0,577143	0,398786
Día 8 de 07:00 a 08:00	0,112881	0,106371
Día 8 de 08:00 a 09:00	0,158572	0,175516
Día 8 de 09:00 a 10:00	0,048534	0,050656
Día 8 de 10:00 a 11:00	0,095755	0,067829
Día 8 de 11:00 a 12:00	0,097505	0,058867
Día 8 de 12:00 a 13:00	0,118742	0,152505
Día 8 de 13:00 a 14:00	0,202059	0,073074
Día 8 de 14:00 a 15:00	0,093476	0,070325
Día 8 de 15:00 a 16:00	0,129903	0,121072
Día 8 de 16:00 a 17:00	0,144360	0,169159
Día 8 de 17:00 a 18:00	0,292714	0,229245
Día 8 de 18:00 a 19:00	0,316631	0,327451
Día 8 de 19:00 a 20:00	0,240695	0,207645
Día 8 de 20:00 a 21:00	0,023347	0,026917
Día 8 de 21:00 a 22:00	0,021082	0,022764
Día 8 de 22:00 a 23:00	0,027547	0,027737
Día 8 de 23:00 a 00:00	0,037825	0,029810
Día 9 de 00:00 a 01:00	0,022196	0,019422
Día 9 de 01:00 a 02:00	0,036613	0,030424
Día 9 de 02:00 a 03:00	0,035930	0,027689
Día 9 de 03:00 a 04:00	0,043258	0,028382
Día 9 de 04:00 a 05:00	0,064899	0,036895
Día 9 de 05:00 a 06:00	0,054213	0,035223
Día 9 de 06:00 a 07:00	0,051695	0,031376
Día 9 de 07:00 a 08:00	0,142412	0,167031
Día 9 de 08:00 a 09:00	0,100524	0,104903
Día 9 de 09:00 a 10:00	0,055151	0,062263
Día 9 de 10:00 a 11:00	0,054510	0,064470
Día 9 de 11:00 a 12:00	0,050047	0,053338
Día 9 de 12:00 a 13:00	0,183183	0,197887
Día 9 de 13:00 a 14:00	0,171459	0,097780
Día 9 de 14:00 a 15:00	0,327393	0,108113
Día 9 de 15:00 a 16:00	0,354505	0,169005
Día 9 de 16:00 a 17:00	0,196168	0,152381
Día 9 de 17:00 a 18:00	0,253558	0,260957
Día 9 de 18:00 a 19:00	0,226911	0,198273
Día 9 de 19:00 a 20:00	0,482307	0,513381
Día 9 de 20:00 a 21:00	0,060010	0,070753
Día 9 de 21:00 a 22:00	0,038977	0,045294
Día 9 de 22:00 a 23:00	0,050451	0,059379
Día 9 de 23:00 a 00:00	0,054360	0,067644

Rebaño 1		
Día y hora	Brockway y Boyne (1980)	Clapperton (1964)
Día 10 de 00:00 a 01:00	0,051771	0,065642
Día 10 de 01:00 a 02:00	0,045246	0,056843
Día 10 de 02:00 a 03:00	0,046741	0,058416
Día 10 de 03:00 a 04:00	0,057915	0,074633
Día 10 de 04:00 a 05:00	0,045844	0,057930
Día 10 de 05:00 a 06:00	0,598302	0,550405
Día 10 de 06:00 a 07:00	0,982523	0,811986
Día 10 de 07:00 a 08:00	0,395331	0,436829
Día 10 de 08:00 a 09:00	0,119149	0,141100
Día 10 de 09:00 a 10:00	0,064787	0,077952
Día 10 de 10:00 a 11:00	0,071399	0,086180
Día 10 de 11:00 a 12:00	0,042389	0,049010
Día 10 de 12:00 a 13:00	0,047091	0,058660
Día 10 de 13:00 a 14:00	0,049251	0,058750
Día 10 de 14:00 a 15:00	0,077504	0,086057
Día 10 de 15:00 a 16:00	0,231112	0,234871
Día 10 de 16:00 a 17:00	0,592881	0,633099
Día 10 de 17:00 a 18:00	0,293542	0,327512
Día 10 de 18:00 a 19:00	0,239951	0,251300
Día 10 de 19:00 a 20:00	0,097979	0,104980
Día 10 de 20:00 a 21:00	0,254514	0,092116
Día 10 de 21:00 a 22:00	0,078449	0,034695
Día 10 de 22:00 a 23:00	0,077665	0,042157
Día 10 de 23:00 a 00:00	0,060081	0,037518
Día 11 de 00:00 a 01:00	0,037110	0,031954
Día 11 de 01:00 a 02:00	0,051027	0,028573
Día 11 de 02:00 a 03:00	0,029522	0,021031
Día 11 de 03:00 a 04:00	0,041942	0,020954
Día 11 de 04:00 a 05:00	0,052874	0,059404
Día 11 de 05:00 a 06:00	0,136185	0,147961
Día 11 de 06:00 a 07:00	0,615820	0,636386
Día 11 de 07:00 a 08:00	0,275368	0,418521
Día 11 de 08:00 a 09:00	0,249343	0,423112
Día 11 de 09:00 a 10:00	0,043389	0,159700
Día 11 de 10:00 a 11:00	0,017045	0,017030
Día 11 de 11:00 a 12:00	0,027503	0,029946
Día 11 de 12:00 a 13:00	0,102883	0,153054
Día 11 de 13:00 a 14:00	0,115879	0,144527
Día 11 de 14:00 a 15:00	0,042705	0,145489
Día 11 de 15:00 a 16:00	0,095995	0,231258
Día 11 de 16:00 a 17:00	0,275484	0,102244
Día 11 de 17:00 a 18:00	0,255431	0,060544
Día 11 de 18:00 a 19:00	0,021358	0,027382
Día 11 de 19:00 a 20:00	0,093392	0,081148
Día 11 de 20:00 a 21:00	0,068238	0,063420
Día 11 de 21:00 a 22:00	0,082158	0,042735
Día 11 de 22:00 a 23:00	0,040302	0,024760
Día 11 de 23:00 a 00:00	0,059944	0,038574
Día 12 de 00:00 a 01:00	0,069261	0,036590
Día 12 de 01:00 a 02:00	0,034095	0,026439
Día 12 de 02:00 a 03:00	0,062665	0,034884
Día 12 de 03:00 a 04:00	0,024454	0,025599
Día 12 de 04:00 a 05:00	0,135285	0,158062
Día 12 de 05:00 a 06:00	0,672259	0,661285
Día 12 de 06:00 a 07:00	0,753764	0,799884
Día 12 de 07:00 a 08:00	0,494130	0,640131
Día 12 de 08:00 a 09:00	0,213553	0,260398
Día 12 de 09:00 a 10:00	0,049456	0,064505
Día 12 de 10:00 a 11:00	0,031690	0,036034
Día 12 de 11:00 a 12:00	0,019685	0,022944
Día 12 de 12:00 a 13:00	0,025445	0,030192
Día 12 de 13:00 a 14:00	0,033626	0,038450
Día 12 de 14:00 a 15:00	0,039901	0,050933
Día 12 de 15:00 a 16:00	0,179477	0,173215
Día 12 de 16:00 a 17:00	0,114677	0,105378
Día 12 de 17:00 a 18:00	0,171609	0,151655
Día 12 de 18:00 a 19:00	0,091836	0,126451
Día 12 de 19:00 a 20:00	0,019666	0,022575
Día 12 de 20:00 a 21:00	0,016263	0,017463
Día 12 de 21:00 a 22:00	0,017072	0,019701
Día 12 de 22:00 a 23:00	0,012356	0,013519
Día 12 de 23:00 a 00:00	0,017943	0,020310

Rebaño 1		
Día y hora	Brockway y Boyne (1980)	Clapperton (1964)
Día 13 de 00:00 a 01:00	0,013868	0,015276
Día 13 de 01:00 a 02:00	0,013727	0,014552
Día 13 de 02:00 a 03:00	0,021929	0,016714
Día 13 de 03:00 a 04:00	0,020747	0,015664
Día 13 de 04:00 a 05:00	0,028542	0,036243
Día 13 de 05:00 a 06:00	0,329069	0,380927
Día 13 de 06:00 a 07:00	0,250014	0,471995
Día 13 de 07:00 a 08:00	0,219986	0,495191
Día 13 de 08:00 a 09:00	0,507702	0,493640
Día 13 de 09:00 a 10:00	0,158590	0,208688
Día 13 de 10:00 a 11:00	0,054103	0,064447
Día 13 de 11:00 a 12:00	0,067179	0,098290
Día 13 de 12:00 a 13:00	0,035899	0,044558
Día 13 de 13:00 a 14:00	0,032883	0,038983
Día 13 de 14:00 a 15:00	0,031254	0,037117
Día 13 de 15:00 a 16:00	0,119105	0,169692
Día 13 de 16:00 a 17:00	0,445590	0,298162
Día 13 de 17:00 a 18:00	0,422600	0,443507
Día 13 de 18:00 a 19:00	0,378474	0,410998
Día 13 de 19:00 a 20:00	0,267677	0,277021
Día 13 de 20:00 a 21:00	0,025139	0,028281
Día 13 de 21:00 a 22:00	0,024343	0,026586
Día 13 de 22:00 a 23:00	0,033875	0,032914
Día 13 de 23:00 a 00:00	0,047146	0,036847
Día 14 de 00:00 a 01:00	0,074740	0,057440
Día 14 de 01:00 a 02:00	0,063320	0,036769
Día 14 de 02:00 a 03:00	0,0711733	0,053008
Día 14 de 03:00 a 04:00	0,136620	0,068030
Día 14 de 04:00 a 05:00	0,321830	0,248832
Día 14 de 05:00 a 06:00	0,846928	0,703869
Día 14 de 06:00 a 07:00	0,617062	0,582103
Día 14 de 07:00 a 08:00	0,452924	0,433211
Día 14 de 08:00 a 09:00	0,604075	0,607168
Día 14 de 09:00 a 10:00	2,518468	1,092101
Día 14 de 10:00 a 11:00	0,153341	0,198763
Día 14 de 11:00 a 12:00	0,261903	0,266146
Día 14 de 12:00 a 13:00	0,105103	0,126415
Día 14 de 13:00 a 14:00	0,136493	0,132664
Día 14 de 14:00 a 15:00	0,142545	0,137498
Día 14 de 15:00 a 16:00	0,380694	0,297683
Día 14 de 16:00 a 17:00	1,053426	0,789603
Día 14 de 17:00 a 18:00	2,806677	1,148622
Día 14 de 18:00 a 19:00	3,207545	0,902597
Día 14 de 19:00 a 20:00	0,390397	0,171676
Día 14 de 20:00 a 21:00	0,132773	0,128463
Día 14 de 21:00 a 22:00	0,352308	0,264141
Día 14 de 22:00 a 23:00	0,073173	0,079427
Día 14 de 23:00 a 00:00	0,056796	0,070286

Rebaño 2.

Rebaño 2		
Día y hora	Brockway y Boyne (1980)	Clapperton (1964)
Día 1 de 00:00 a 01:00	0,018625	0,021437
Día 1 de 01:00 a 02:00	0,014113	0,016081
Día 1 de 02:00 a 03:00	0,013456	0,015065
Día 1 de 03:00 a 04:00	0,013006	0,014299
Día 1 de 04:00 a 05:00	0,029257	0,036022
Día 1 de 05:00 a 06:00	0,669607	0,660304
Día 1 de 06:00 a 07:00	0,491659	0,594648
Día 1 de 07:00 a 08:00	0,465187	0,556876
Día 1 de 08:00 a 09:00	0,232264	0,281535
Día 1 de 09:00 a 10:00	0,063933	0,085301
Día 1 de 10:00 a 11:00	0,071590	0,095466
Día 1 de 11:00 a 12:00	0,087763	0,110569
Día 1 de 12:00 a 13:00	0,124945	0,143231
Día 1 de 13:00 a 14:00	0,129737	0,155183
Día 1 de 14:00 a 15:00	0,203004	0,259803
Día 1 de 15:00 a 16:00	0,178180	0,225778
Día 1 de 16:00 a 17:00	0,358662	0,436533
Día 1 de 17:00 a 18:00	0,254542	0,287735
Día 1 de 18:00 a 19:00	0,207029	0,255900
Día 1 de 19:00 a 20:00	0,928393	0,826875
Día 1 de 20:00 a 21:00	0,145770	0,131952
Día 1 de 21:00 a 22:00	0,041410	0,038721
Día 1 de 22:00 a 23:00	0,230659	0,079485
Día 1 de 23:00 a 00:00	0,150527	0,071128
Día 2 de 00:00 a 01:00	0,128917	0,052942
Día 2 de 01:00 a 02:00	0,190829	0,065666
Día 2 de 02:00 a 03:00	0,066803	0,040664
Día 2 de 03:00 a 04:00	0,075086	0,048995
Día 2 de 04:00 a 05:00	0,243727	0,096994
Día 2 de 05:00 a 06:00	0,950937	0,789774
Día 2 de 06:00 a 07:00	0,960390	0,883422
Día 2 de 07:00 a 08:00	2,176072	0,627356
Día 2 de 08:00 a 09:00	0,318842	0,349361
Día 2 de 09:00 a 10:00	0,063439	0,086007
Día 2 de 10:00 a 11:00	0,065314	0,085196
Día 2 de 11:00 a 12:00	0,075309	0,105855
Día 2 de 12:00 a 13:00	0,086568	0,119072
Día 2 de 13:00 a 14:00	0,085406	0,118924
Día 2 de 14:00 a 15:00	0,075638	0,083305
Día 2 de 15:00 a 16:00	0,071298	0,097855
Día 2 de 16:00 a 17:00	0,071509	0,060881
Día 2 de 17:00 a 18:00	0,059365	0,058024
Día 2 de 18:00 a 19:00	0,056240	0,064890
Día 2 de 19:00 a 20:00	0,106878	0,112593
Día 2 de 20:00 a 21:00	0,029582	0,026569
Día 2 de 21:00 a 22:00	0,028546	0,029185
Día 2 de 22:00 a 23:00	0,052292	0,038597
Día 2 de 23:00 a 00:00	0,040255	0,033287
Día 3 de 00:00 a 01:00	0,051558	0,033139
Día 3 de 01:00 a 02:00	0,044107	0,025690
Día 3 de 02:00 a 03:00	0,057331	0,029188
Día 3 de 03:00 a 04:00	0,053800	0,028708
Día 3 de 04:00 a 05:00	0,023216	0,026401
Día 3 de 05:00 a 06:00	0,045680	0,030344
Día 3 de 06:00 a 07:00	0,182119	0,231016
Día 3 de 07:00 a 08:00	0,322455	0,527560
Día 3 de 08:00 a 09:00	0,185381	0,428137
Día 3 de 09:00 a 10:00	0,308776	0,343717
Día 3 de 10:00 a 11:00	0,107444	0,124393
Día 3 de 11:00 a 12:00	0,074127	0,103189
Día 3 de 12:00 a 13:00	0,097338	0,139580
Día 3 de 13:00 a 14:00	0,067356	0,090243
Día 3 de 14:00 a 15:00	0,077057	0,105630
Día 3 de 15:00 a 16:00	0,243483	0,268637
Día 3 de 16:00 a 17:00	0,323431	0,352437
Día 3 de 17:00 a 18:00	0,248786	0,345401
Día 3 de 18:00 a 19:00	0,270062	0,303051
Día 3 de 19:00 a 20:00	0,242418	0,300206
Día 3 de 20:00 a 21:00	0,034206	0,025000
Día 3 de 21:00 a 22:00	0,024484	0,021526
Día 3 de 22:00 a 23:00	0,040728	0,025911
Día 3 de 23:00 a 00:00	0,032380	0,027584

Rebaño 2		
Día y hora	Brockway y Boyne (1980)	Clapperton (1964)
Día 4 de 00:00 a 01:00	0,028763	0,021709
Día 4 de 01:00 a 02:00	0,021364	0,018726
Día 4 de 02:00 a 03:00	0,023085	0,020099
Día 4 de 03:00 a 04:00	0,028609	0,025839
Día 4 de 04:00 a 05:00	0,041014	0,027545
Día 4 de 05:00 a 06:00	0,259327	0,281290
Día 4 de 06:00 a 07:00	0,664941	0,734302
Día 4 de 07:00 a 08:00	0,529533	0,601960
Día 4 de 08:00 a 09:00	0,475295	0,543869
Día 4 de 09:00 a 10:00	0,380045	0,420080
Día 4 de 10:00 a 11:00	0,232618	0,230962
Día 4 de 11:00 a 12:00	0,192184	0,222211
Día 4 de 12:00 a 13:00	0,157831	0,189820
Día 4 de 13:00 a 14:00	0,062548	0,068059
Día 4 de 14:00 a 15:00	0,085822	0,098746
Día 4 de 15:00 a 16:00	0,228929	0,261177
Día 4 de 16:00 a 17:00	0,245097	0,113098
Día 4 de 17:00 a 18:00	0,250550	0,223097
Día 4 de 18:00 a 19:00	0,427732	0,512737
Día 4 de 19:00 a 20:00	0,865501	0,733350
Día 4 de 20:00 a 21:00	0,109869	0,059952
Día 4 de 21:00 a 22:00	0,145952	0,085513
Día 4 de 22:00 a 23:00	0,113880	0,052390
Día 4 de 23:00 a 00:00	0,084618	0,071984
Día 5 de 00:00 a 01:00	0,092829	0,059170
Día 5 de 01:00 a 02:00	0,074838	0,062391
Día 5 de 02:00 a 03:00	0,086376	0,048859
Día 5 de 03:00 a 04:00	0,138484	0,077798
Día 5 de 04:00 a 05:00	0,221521	0,099215
Día 5 de 05:00 a 06:00	0,659948	0,642756
Día 5 de 06:00 a 07:00	0,538694	0,626130
Día 5 de 07:00 a 08:00	0,312890	0,374638
Día 5 de 08:00 a 09:00	0,444111	0,458382
Día 5 de 09:00 a 10:00	0,280558	0,355021
Día 5 de 10:00 a 11:00	0,189981	0,193337
Día 5 de 11:00 a 12:00	0,067679	0,085078
Día 5 de 12:00 a 13:00	0,085807	0,102998
Día 5 de 13:00 a 14:00	0,059549	0,074233
Día 5 de 14:00 a 15:00	0,236201	0,290077
Día 5 de 15:00 a 16:00	0,390897	0,496119
Día 5 de 16:00 a 17:00	0,123051	0,147225
Día 5 de 17:00 a 18:00	0,194087	0,220871
Día 5 de 18:00 a 19:00	0,056699	0,067956
Día 5 de 19:00 a 20:00	0,091981	0,055485
Día 5 de 20:00 a 21:00	0,082520	0,043511
Día 5 de 21:00 a 22:00	0,014169	0,015625
Día 5 de 22:00 a 23:00	0,036663	0,042807
Día 5 de 23:00 a 00:00	0,047398	0,047153

Rebaño 3.

Rebaño 3		
Día y hora	Brockway y Boyne (1980)	Clapperton (1964)
Día 1 de 00:00 a 01:00	0,040581	0,052296
Día 1 de 01:00 a 02:00	0,016516	0,017158
Día 1 de 02:00 a 03:00	0,027272	0,035040
Día 1 de 03:00 a 04:00	0,021857	0,026281
Día 1 de 04:00 a 05:00	0,014495	0,017180
Día 1 de 05:00 a 06:00	0,028047	0,036547
Día 1 de 06:00 a 07:00	0,248936	0,279233
Día 1 de 07:00 a 08:00	0,455801	0,528466
Día 1 de 08:00 a 09:00	0,324421	0,456229
Día 1 de 09:00 a 10:00	0,499149	0,479128
Día 1 de 10:00 a 11:00	0,532554	0,420330
Día 1 de 11:00 a 12:00	0,502522	0,524210
Día 1 de 12:00 a 13:00	0,082988	0,082052
Día 1 de 13:00 a 14:00	0,111028	0,155931
Día 1 de 14:00 a 15:00	0,349018	0,567887
Día 1 de 15:00 a 16:00	0,297455	0,500352
Día 1 de 16:00 a 17:00	0,888328	0,719987
Día 1 de 17:00 a 18:00	0,630414	0,399612
Día 1 de 18:00 a 19:00	0,181382	0,162479
Día 1 de 19:00 a 20:00	0,123330	0,049175
Día 1 de 20:00 a 21:00	0,068464	0,043454
Día 1 de 21:00 a 22:00	0,148168	0,046085
Día 1 de 22:00 a 23:00	0,038588	0,026422
Día 1 de 23:00 a 00:00	0,067828	0,034400
Día 2 de 00:00 a 01:00	0,107374	0,045883
Día 2 de 01:00 a 02:00	0,033782	0,023568
Día 2 de 02:00 a 03:00	0,021368	0,018370
Día 2 de 03:00 a 04:00	0,040477	0,024910
Día 2 de 04:00 a 05:00	0,055277	0,032603
Día 2 de 05:00 a 06:00	0,041223	0,027487
Día 2 de 06:00 a 07:00	0,052948	0,038960
Día 2 de 07:00 a 08:00	0,077912	0,051450
Día 2 de 08:00 a 09:00	0,346476	0,283651
Día 2 de 09:00 a 10:00	0,091613	0,098718
Día 2 de 10:00 a 11:00	0,385380	0,446580
Día 2 de 11:00 a 12:00	0,463443	0,530201
Día 2 de 12:00 a 13:00	0,092116	0,101087
Día 2 de 13:00 a 14:00	0,169815	0,150497
Día 2 de 14:00 a 15:00	0,282683	0,302957
Día 2 de 15:00 a 16:00	0,503746	0,531810
Día 2 de 16:00 a 17:00	0,203590	0,116691
Día 2 de 17:00 a 18:00	0,066555	0,079292
Día 2 de 18:00 a 19:00	0,056845	0,042651
Día 2 de 19:00 a 20:00	0,039500	0,027454
Día 2 de 20:00 a 21:00	0,034166	0,035395
Día 2 de 21:00 a 22:00	0,046142	0,049045
Día 2 de 22:00 a 23:00	0,037636	0,034072
Día 2 de 23:00 a 00:00	0,048816	0,041922
Día 3 de 00:00 a 01:00	0,067595	0,054405
Día 3 de 01:00 a 02:00	0,051174	0,039410
Día 3 de 02:00 a 03:00	0,040937	0,031611
Día 3 de 03:00 a 04:00	0,060190	0,038193
Día 3 de 04:00 a 05:00	0,054680	0,037736
Día 3 de 05:00 a 06:00	0,068038	0,043946
Día 3 de 06:00 a 07:00	0,051407	0,043877
Día 3 de 07:00 a 08:00	0,096142	0,124515
Día 3 de 08:00 a 09:00	0,071020	0,145708
Día 3 de 09:00 a 10:00	0,167645	0,203897
Día 3 de 10:00 a 11:00	0,238562	0,226992
Día 3 de 11:00 a 12:00	0,133152	0,171427
Día 3 de 12:00 a 13:00	0,083951	0,169507
Día 3 de 13:00 a 14:00	0,096000	0,124562
Día 3 de 14:00 a 15:00	0,100623	0,124782
Día 3 de 15:00 a 16:00	0,100899	0,121794
Día 3 de 16:00 a 17:00	0,214573	0,121794
Día 3 de 17:00 a 18:00	0,200171	0,264047
Día 3 de 18:00 a 19:00	0,145635	0,162029
Día 3 de 19:00 a 20:00	0,028315	0,032628
Día 3 de 20:00 a 21:00	0,024087	0,028418
Día 3 de 21:00 a 22:00	0,034733	0,040877
Día 3 de 22:00 a 23:00	0,038843	0,045693
Día 3 de 23:00 a 00:00	0,032374	0,036942

Rebaño 3		
Día y hora	Brockway y Boyne (1980)	Clapperton (1964)
Día 4 de 00:00 a 01:00	0,030418	0,033669
Día 4 de 01:00 a 02:00	0,031270	0,035861
Día 4 de 02:00 a 03:00	0,030614	0,035707
Día 4 de 03:00 a 04:00	0,029997	0,034970
Día 4 de 04:00 a 05:00	0,025930	0,029712
Día 4 de 05:00 a 06:00	0,026689	0,029909
Día 4 de 06:00 a 07:00	0,030920	0,036340
Día 4 de 07:00 a 08:00	0,243867	0,264661
Día 4 de 08:00 a 09:00	0,890740	0,807418
Día 4 de 09:00 a 10:00	0,549057	0,547426
Día 4 de 10:00 a 11:00	0,126886	0,141115
Día 4 de 11:00 a 12:00	0,079459	0,106756
Día 4 de 12:00 a 13:00	0,093752	0,120939
Día 4 de 13:00 a 14:00	0,138571	0,174230
Día 4 de 14:00 a 15:00	0,096943	0,105058
Día 4 de 15:00 a 16:00	0,171186	0,154066
Día 4 de 16:00 a 17:00	0,105589	0,127889
Día 4 de 17:00 a 18:00	0,078787	0,100995
Día 4 de 18:00 a 19:00	0,087765	0,084059
Día 4 de 19:00 a 20:00	0,056162	0,036510
Día 4 de 20:00 a 21:00	0,027215	0,017944
Día 4 de 21:00 a 22:00	0,048891	0,034044
Día 4 de 22:00 a 23:00	0,036046	0,022606
Día 4 de 23:00 a 00:00	0,020790	0,018830
Día 5 de 00:00 a 01:00	0,044890	0,027848
Día 5 de 01:00 a 02:00	0,027732	0,025292
Día 5 de 02:00 a 03:00	0,031254	0,032648
Día 5 de 03:00 a 04:00	0,044193	0,031139
Día 5 de 04:00 a 05:00	0,024875	0,023315
Día 5 de 05:00 a 06:00	0,036074	0,030062
Día 5 de 06:00 a 07:00	0,056853	0,039919
Día 5 de 07:00 a 08:00	0,217144	0,296526
Día 5 de 08:00 a 09:00	0,132319	0,191379
Día 5 de 09:00 a 10:00	0,130495	0,116753
Día 5 de 10:00 a 11:00	0,480507	0,594042
Día 5 de 11:00 a 12:00	0,195889	0,269466
Día 5 de 12:00 a 13:00	0,505000	0,596269
Día 5 de 13:00 a 14:00	0,184190	0,218785
Día 5 de 14:00 a 15:00	0,178072	0,198930
Día 5 de 15:00 a 16:00	0,547570	0,509400
Día 5 de 16:00 a 17:00	0,602307	0,524643
Día 5 de 17:00 a 18:00	0,146657	0,203414
Día 5 de 18:00 a 19:00	0,022953	0,026237
Día 5 de 19:00 a 20:00	0,021999	0,026718
Día 5 de 20:00 a 21:00	0,013714	0,015119
Día 5 de 21:00 a 22:00	0,020812	0,024801
Día 5 de 22:00 a 23:00	0,026809	0,031944
Día 5 de 23:00 a 00:00	0,018790	0,020458
Día 6 de 00:00 a 01:00	0,018544	0,021196
Día 6 de 01:00 a 02:00	0,013202	0,015138
Día 6 de 02:00 a 03:00	0,013042	0,014377
Día 6 de 03:00 a 04:00	0,010569	0,011390
Día 6 de 04:00 a 05:00	0,012605	0,013613
Día 6 de 05:00 a 06:00	0,014947	0,015909
Día 6 de 06:00 a 07:00	0,015840	0,017811
Día 6 de 07:00 a 08:00	0,119720	0,103790
Día 6 de 08:00 a 09:00	0,579661	0,659917
Día 6 de 09:00 a 10:00	4,097151	1,201990
Día 6 de 10:00 a 11:00	0,209552	0,220002
Día 6 de 11:00 a 12:00	0,113296	0,133551
Día 6 de 12:00 a 13:00	0,131772	0,138510
Día 6 de 13:00 a 14:00	0,612675	0,677336
Día 6 de 14:00 a 15:00	0,093417	0,118922
Día 6 de 15:00 a 16:00	0,562037	0,653745
Día 6 de 16:00 a 17:00	0,631329	0,647084
Día 6 de 17:00 a 18:00	0,792602	0,749346
Día 6 de 18:00 a 19:00	0,255666	0,230728
Día 6 de 19:00 a 20:00	0,148433	0,145749
Día 6 de 20:00 a 21:00	0,064800	0,062695
Día 6 de 21:00 a 22:00	0,101737	0,098297
Día 6 de 22:00 a 23:00	0,091399	0,119089
Día 6 de 23:00 a 00:00	0,094366	0,097143

Rebaño 4.

Rebaño 4		
Día y hora	Brockway y Boyne (1980)	Clapperton (1964)
Día 1 de 00:00 a 01:00	0,032591	0,035458
Día 1 de 01:00 a 02:00	0,026362	0,020735
Día 1 de 02:00 a 03:00	0,020296	0,021950
Día 1 de 03:00 a 04:00	0,019135	0,015525
Día 1 de 04:00 a 05:00	0,027305	0,030507
Día 1 de 05:00 a 06:00	0,151730	0,212944
Día 1 de 06:00 a 07:00	0,684115	0,671755
Día 1 de 07:00 a 08:00	0,642105	0,643586
Día 1 de 08:00 a 09:00	0,246164	0,327675
Día 1 de 09:00 a 10:00	0,485771	0,658019
Día 1 de 10:00 a 11:00	0,247270	0,264610
Día 1 de 11:00 a 12:00	0,070146	0,096360
Día 1 de 12:00 a 13:00	0,080980	0,115431
Día 1 de 13:00 a 14:00	0,075662	0,108057
Día 1 de 14:00 a 15:00	0,130558	0,143786
Día 1 de 15:00 a 16:00	0,157917	0,161390
Día 1 de 16:00 a 17:00	0,460034	0,502130
Día 1 de 17:00 a 18:00	0,217731	0,293566
Día 1 de 18:00 a 19:00	0,274898	0,310461
Día 1 de 19:00 a 20:00	0,071729	0,052358
Día 1 de 20:00 a 21:00	0,064214	0,045986
Día 1 de 21:00 a 22:00	0,073638	0,054287
Día 1 de 22:00 a 23:00	0,078723	0,061965
Día 1 de 23:00 a 00:00	0,075477	0,044423
Día 2 de 00:00 a 01:00	0,056021	0,048793
Día 2 de 01:00 a 02:00	0,051150	0,036477
Día 2 de 02:00 a 03:00	0,057406	0,033028
Día 2 de 03:00 a 04:00	0,041576	0,026704
Día 2 de 04:00 a 05:00	0,047635	0,037137
Día 2 de 05:00 a 06:00	0,057131	0,032290
Día 2 de 06:00 a 07:00	0,208466	0,328640
Día 2 de 07:00 a 08:00	0,684475	0,647594
Día 2 de 08:00 a 09:00	0,512403	0,505888
Día 2 de 09:00 a 10:00	0,718230	0,627322
Día 2 de 10:00 a 11:00	0,067039	0,085783
Día 2 de 11:00 a 12:00	0,586103	0,528356
Día 2 de 12:00 a 13:00	0,618566	0,567756
Día 2 de 13:00 a 14:00	0,586809	0,655399
Día 2 de 14:00 a 15:00	0,363598	0,278797
Día 2 de 15:00 a 16:00	0,517806	0,419076
Día 2 de 16:00 a 17:00	0,584538	0,431256
Día 2 de 17:00 a 18:00	0,046235	0,036734
Día 2 de 18:00 a 19:00	0,111552	0,063397
Día 2 de 19:00 a 20:00	0,043925	0,033937
Día 2 de 20:00 a 21:00	0,046211	0,035511
Día 2 de 21:00 a 22:00	0,084383	0,041119
Día 2 de 22:00 a 23:00	0,225630	0,121973
Día 2 de 23:00 a 00:00	0,157093	0,071112
Día 3 de 00:00 a 01:00	0,179534	0,068183
Día 3 de 01:00 a 02:00	0,213844	0,097118
Día 3 de 02:00 a 03:00	0,158952	0,057462
Día 3 de 03:00 a 04:00	0,126814	0,058783
Día 3 de 04:00 a 05:00	0,082614	0,054467
Día 3 de 05:00 a 06:00	0,087265	0,053745
Día 3 de 06:00 a 07:00	0,089891	0,123119
Día 3 de 07:00 a 08:00	0,266299	0,282989
Día 3 de 08:00 a 09:00	0,496328	0,402146
Día 3 de 09:00 a 10:00	0,533599	0,445973
Día 3 de 10:00 a 11:00	0,102209	0,121376
Día 3 de 11:00 a 12:00	0,082224	0,086522
Día 3 de 12:00 a 13:00	0,159768	0,141671
Día 3 de 13:00 a 14:00	0,085929	0,086349
Día 3 de 14:00 a 15:00	0,110956	0,102953
Día 3 de 15:00 a 16:00	0,090449	0,104798
Día 3 de 16:00 a 17:00	0,212193	0,198044
Día 3 de 17:00 a 18:00	0,114160	0,103109
Día 3 de 18:00 a 19:00	0,049982	0,055627
Día 3 de 19:00 a 20:00	0,052638	0,052325
Día 3 de 20:00 a 21:00	0,054489	0,061323
Día 3 de 21:00 a 22:00	0,046027	0,047968
Día 3 de 22:00 a 23:00	0,000534	0,000562
Día 3 de 23:00 a 00:00	0,000862	0,001040

Rebaño 4		
Día y hora	Brockway y Boyne (1980)	Clapperton (1964)
Día 4 de 00:00 a 01:00	0,000747	0,000786
Día 4 de 01:00 a 02:00	0,000636	0,000669
Día 4 de 02:00 a 03:00	0,002095	0,002574
Día 4 de 03:00 a 04:00	0,001400	0,001481
Día 4 de 04:00 a 05:00	0,001627	0,002241
Día 4 de 05:00 a 06:00	0,003008	0,003889
Día 4 de 06:00 a 07:00	0,010345	0,016628
Día 4 de 07:00 a 08:00	0,034729	0,049473
Día 4 de 08:00 a 09:00	0,103898	0,116144
Día 4 de 09:00 a 10:00	0,011531	0,010761
Día 4 de 10:00 a 11:00	0,010269	0,020636
Día 4 de 11:00 a 12:00	0,010505	0,010875
Día 4 de 12:00 a 13:00	0,011451	0,008006
Día 4 de 13:00 a 14:00	0,008604	0,009855
Día 4 de 14:00 a 15:00	0,029953	0,058949
Día 4 de 15:00 a 16:00	0,065415	0,048926
Día 4 de 16:00 a 17:00	0,023734	0,055601
Día 4 de 17:00 a 18:00	0,019085	0,082819
Día 4 de 18:00 a 19:00	0,001430	0,002645
Día 4 de 19:00 a 20:00	0,003874	0,003988
Día 4 de 20:00 a 21:00	0,000859	0,001657
Día 4 de 21:00 a 22:00	0,001065	0,002197
Día 4 de 22:00 a 23:00	0,000856	0,001161
Día 4 de 23:00 a 00:00	0,003089	0,003195
Día 5 de 00:00 a 01:00	0,002276	0,002433
Día 5 de 01:00 a 02:00	0,001645	0,001664
Día 5 de 02:00 a 03:00	0,000742	0,001145
Día 5 de 03:00 a 04:00	0,002250	0,002220
Día 5 de 04:00 a 05:00	0,002438	0,002523
Día 5 de 05:00 a 06:00	0,041457	0,054672
Día 5 de 06:00 a 07:00	0,482107	0,552597
Día 5 de 07:00 a 08:00	0,582187	0,655442
Día 5 de 08:00 a 09:00	0,630477	0,588874
Día 5 de 09:00 a 10:00	0,524791	0,548823
Día 5 de 10:00 a 11:00	0,508175	0,555550
Día 5 de 11:00 a 12:00	0,460311	0,528412
Día 5 de 12:00 a 13:00	0,197363	0,198281
Día 5 de 13:00 a 14:00	0,104077	0,138096
Día 5 de 14:00 a 15:00	0,753339	0,561446
Día 5 de 15:00 a 16:00	0,576978	0,623846
Día 5 de 16:00 a 17:00	0,426713	0,263727
Día 5 de 17:00 a 18:00	0,066846	0,071232
Día 5 de 18:00 a 19:00	0,077376	0,065443
Día 5 de 19:00 a 20:00	0,061384	0,053719
Día 5 de 20:00 a 21:00	0,065917	0,059679
Día 5 de 21:00 a 22:00	0,062517	0,063507
Día 5 de 22:00 a 23:00	0,076055	0,056007
Día 5 de 23:00 a 00:00	0,047255	0,048445



**ANEXO II: Gasto energético (MJ/h)
debido a la locomoción para las diferentes
horas del trayecto según Brockway y
Boyne (1980)**

*Consumo energético del ganado ovino en sus
desplazamientos trashumantes de la Hoya de
Huesca al Pirineo Aragonés*

Anejo 2. Gasto energético (MJ/h) debido a la locomoción para las diferentes horas del trayecto según Brockway y Boyne (1980) para los diferentes rebaños

1. Rebaño 1.....	2
2. Rebaño 2.....	2
3. Rebaño 3.....	3
4. Rebaño 4.....	3

1. Rebaño 1.

	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13	Día 14
00:00-01:00	0,018963	0,016641	0,014309	0,013309	0,019626	0,164437	0,048020	0,033210	0,022196	0,051771	0,037110	0,069261	0,013868	0,074740
01:00-02:00	0,020114	0,021458	0,016258	0,010489	0,015568	0,167327	0,036724	0,033903	0,036613	0,045246	0,051027	0,034095	0,013727	0,063320
02:00-03:00	0,015383	0,028224	0,014188	0,014318	0,017433	0,208630	0,035824	0,053572	0,035930	0,046741	0,029522	0,062665	0,021929	0,071733
03:00-04:00	0,017058	0,025319	0,026639	0,014253	0,018877	0,203406	0,044458	0,048310	0,043258	0,057915	0,041942	0,024454	0,020747	0,136620
04:00-05:00	0,019760	0,018334	0,061468	0,016403	0,020213	0,326407	0,034347	0,046269	0,064899	0,045844	0,052874	0,135285	0,028542	0,321830
05:00-06:00	0,425515	0,135940	0,031742	0,032698	0,078775	0,411218	0,035404	0,237103	0,054213	0,598302	0,136185	0,672259	0,329069	0,846928
06:00-07:00	0,725241	0,090278	0,034731	0,032592	0,639904	0,292534	0,037789	0,577143	0,051695	0,982523	0,615820	0,753764	0,250014	0,617062
07:00-08:00	0,062796	0,048012	0,151781	0,231917	0,708571	0,626207	0,039053	0,112881	0,142412	0,395331	0,275368	0,494130	0,219986	0,452924
08:00-09:00	0,031603	0,048145	0,085137	0,354938	0,661492	0,170427	0,167592	0,158572	0,100524	0,119149	0,249343	0,213553	0,507702	0,604075
09:00-10:00	0,029878	0,031611	0,030549	0,162611	0,635787	0,040600	0,183811	0,048534	0,055151	0,064787	0,043389	0,049456	0,158590	2,518468
10:00-11:00	0,024636	0,027866	0,036702	0,159497	0,114495	0,070062	0,076070	0,095755	0,054510	0,071399	0,017045	0,031690	0,054103	0,153341
11:00-12:00	0,047793	0,046244	0,040711	0,243118	0,117968	0,049152	0,064885	0,097505	0,050047	0,042389	0,027503	0,019685	0,067179	0,261903
12:00-13:00	0,021671	0,048947	0,027733	0,063924	0,074918	0,061203	0,047801	0,118742	0,183183	0,047091	0,102883	0,025445	0,035899	0,105103
13:00-14:00	0,082547	0,043106	0,054687	0,099896	0,085282	0,074631	0,057057	0,202059	0,171459	0,049251	0,115879	0,033626	0,032883	0,136493
14:00-15:00	0,105871	0,055417	0,100900	0,151475	0,059677	0,114069	0,134651	0,093476	0,327393	0,077504	0,042705	0,039901	0,031254	0,142545
15:00-16:00	0,051871	0,050002	0,055750	0,086324	0,113487	0,049966	0,146660	0,129903	0,354505	0,231112	0,095995	0,179477	0,119105	0,380694
16:00-17:00	0,055026	0,037125	0,067153	0,103782	0,219410	0,085928	0,133059	0,144360	0,196168	0,592881	0,275484	0,114677	0,445590	1,053426
17:00-18:00	0,106167	0,031771	0,085279	0,328526	0,400208	0,187926	0,147234	0,292714	0,253558	0,293542	0,255431	0,171609	0,422600	2,806677
18:00-19:00	0,096797	0,043110	0,105368	0,847283	0,203240	0,101796	0,186365	0,316631	0,226911	0,239951	0,021358	0,091836	0,378474	3,207545
19:00-20:00	0,051102	0,052773	0,073616	0,275058	0,422258	0,032300	0,099433	0,240695	0,482307	0,097979	0,093392	0,019666	0,267677	0,390397
20:00-21:00	0,029860	0,053577	0,014174	0,021637	0,215463	0,029128	0,036651	0,023347	0,060010	0,254514	0,068238	0,016263	0,025139	0,132773
21:00-22:00	0,014866	0,021701	0,012692	0,016404	0,204429	0,030279	0,036857	0,021082	0,038977	0,078449	0,082158	0,017072	0,024343	0,352308
22:00-23:00	0,016293	0,020378	0,017170	0,014590	0,216266	0,034579	0,038716	0,027547	0,050451	0,077665	0,040302	0,012356	0,033875	0,073173
23:00-00:00	0,027241	0,013615	0,013778	0,015495	0,180855	0,042937	0,034516	0,037825	0,054360	0,060081	0,059944	0,017943	0,047146	0,056796

2. Rebaño 2.

	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
00:00-01:00	0,018625	0,128917	0,051558	0,028763	0,092829
01:00-02:00	0,014113	0,190829	0,044107	0,021364	0,074838
02:00-03:00	0,013456	0,066803	0,057331	0,023085	0,086376
03:00-04:00	0,013006	0,075086	0,053800	0,028609	0,138484
04:00-05:00	0,029257	0,243727	0,023216	0,041014	0,221521
05:00-06:00	0,669607	0,950937	0,045680	0,259327	0,659948
06:00-07:00	0,491659	0,960390	0,182119	0,664941	0,538694
07:00-08:00	0,465187	2,176072	0,322455	0,529533	0,312890
08:00-09:00	0,232264	0,318842	0,185381	0,475295	0,444111
09:00-10:00	0,063933	0,063439	0,308776	0,380045	0,280558
10:00-11:00	0,071590	0,065314	0,107444	0,232618	0,189981
11:00-12:00	0,087763	0,075309	0,074127	0,192184	0,067679
12:00-13:00	0,124945	0,086568	0,097338	0,157831	0,085807
13:00-14:00	0,129737	0,085406	0,067356	0,062548	0,059549
14:00-15:00	0,203004	0,075638	0,077057	0,085822	0,236201
15:00-16:00	0,178180	0,071298	0,243483	0,228929	0,390897
16:00-17:00	0,358662	0,071509	0,323431	0,245097	0,123051
17:00-18:00	0,254542	0,059365	0,248786	0,250550	0,194087
18:00-19:00	0,207029	0,056240	0,270062	0,427732	0,056699
19:00-20:00	0,928393	0,106878	0,242418	0,865501	0,091981
20:00-21:00	0,145770	0,029582	0,034206	0,109869	0,082520
21:00-22:00	0,041410	0,028546	0,024484	0,145952	0,014169
22:00-23:00	0,230659	0,052292	0,040728	0,113880	0,036663
23:00-00:00	0,150527	0,040255	0,032380	0,084618	0,047398



3. Rebaño 3.

	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6
00:00-01:00	0,040581	0,107374	0,067595	0,030418	0,044890	0,018544
01:00-02:00	0,016516	0,033782	0,051174	0,031270	0,027732	0,013202
02:00-03:00	0,027272	0,021368	0,040937	0,030614	0,031254	0,013042
03:00-04:00	0,021857	0,040477	0,060190	0,029997	0,044193	0,010569
04:00-05:00	0,014495	0,055277	0,054680	0,025930	0,024875	0,012605
05:00-06:00	0,028047	0,041223	0,068038	0,026689	0,036074	0,014947
06:00-07:00	0,248936	0,052948	0,051407	0,030920	0,056853	0,015840
07:00-08:00	0,455801	0,077912	0,096142	0,243867	0,217144	0,119720
08:00-09:00	0,324421	0,346476	0,071020	0,890740	0,132319	0,579661
09:00-10:00	0,499149	0,091613	0,167645	0,549057	0,130495	4,097151
10:00-11:00	0,532554	0,385380	0,238562	0,126886	0,480507	0,209552
11:00-12:00	0,502522	0,463443	0,133152	0,079459	0,195889	0,113296
12:00-13:00	0,082988	0,092116	0,083951	0,093752	0,505000	0,131772
13:00-14:00	0,111028	0,169815	0,096000	0,138571	0,184190	0,612675
14:00-15:00	0,349018	0,282683	0,100623	0,096943	0,178072	0,093417
15:00-16:00	0,297455	0,503746	0,100899	0,171186	0,547570	0,562037
16:00-17:00	0,888328	0,203590	0,214573	0,105589	0,602307	0,631329
17:00-18:00	0,630414	0,066555	0,200171	0,078787	0,146657	0,792602
18:00-19:00	0,181382	0,056845	0,145635	0,087765	0,022953	0,255666
19:00-20:00	0,123330	0,039500	0,028315	0,056162	0,021999	0,148433
20:00-21:00	0,068464	0,034166	0,024087	0,027215	0,013714	0,064800
21:00-22:00	0,148168	0,046142	0,034733	0,048891	0,020812	0,101737
22:00-23:00	0,038588	0,037636	0,038843	0,036046	0,026809	0,091395
23:00-00:00	0,067828	0,048816	0,032374	0,020790	0,018790	0,094366

4. Rebaño 4.

	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
00:00-01:00	0,032591	0,056021	0,179534	0,000747	0,002276
01:00-02:00	0,026362	0,051150	0,213844	0,000636	0,001645
02:00-03:00	0,020296	0,057406	0,158952	0,002095	0,000742
03:00-04:00	0,019135	0,041576	0,126814	0,001400	0,002250
04:00-05:00	0,027305	0,047635	0,082614	0,001627	0,002438
05:00-06:00	0,151730	0,057131	0,087265	0,003008	0,041457
06:00-07:00	0,684115	0,208466	0,089891	0,010345	0,482107
07:00-08:00	0,642105	0,684475	0,266299	0,034729	0,582187
08:00-09:00	0,246164	0,512403	0,496328	0,103898	0,630477
09:00-10:00	0,485771	0,718230	0,533599	0,011531	0,524791
10:00-11:00	0,247270	0,067039	0,102209	0,010269	0,508175
11:00-12:00	0,070146	0,586103	0,082224	0,010505	0,460311
12:00-13:00	0,080980	0,618566	0,159768	0,011451	0,197363
13:00-14:00	0,075662	0,586809	0,085929	0,008604	0,104077
14:00-15:00	0,130558	0,363598	0,110956	0,029953	0,753339
15:00-16:00	0,157917	0,517806	0,090449	0,065415	0,576978
16:00-17:00	0,460034	0,584538	0,212193	0,023734	0,426713
17:00-18:00	0,217731	0,046235	0,114160	0,019085	0,066846
18:00-19:00	0,274898	0,111552	0,049982	0,001430	0,077376
19:00-20:00	0,071729	0,043925	0,052638	0,003874	0,061384
20:00-21:00	0,064214	0,046211	0,054489	0,000859	0,065917
21:00-22:00	0,073638	0,084383	0,046027	0,001065	0,062517
22:00-23:00	0,078723	0,225630	0,000534	0,000856	0,076055
23:00-00:00	0,075477	0,157093	0,000862	0,003089	0,047255



ANEXO III: Condición Corporal de ovejas del rebaño 1 al partir y al llegar a los puertos de montaña tras la trashumancia

*Consumo energético del ganado ovino en sus
desplazamientos trashumantes de la Hoya de
Huesca al Pirineo Aragonés*



Anejo 3. Condición Corporal de ovejas del rebaño 1 al partir y al llegar a los puertos de montaña tras la trashumancia.

1. Condición Corporal antes de comenzar la trashumancia.....2
2. Condición Corporal al finalizar la trashumancia.....3

1. Condición Corporal antes de comenzar la trashumancia

MEDICIÓN DE LA CC ANTES DE PARTIR									
Id.Oveja	CC	Id.Oveja	CC	Id.Oveja	CC	Id.Oveja	CC	Id.Oveja	CC
56412	2,75	58071	3,25	72151	2,25	72535	2,75	72481	2,5
58769	3,25	66420	3	72585	4	72045	2,25	12704	2,25
58180	4	12710	2,75	68994	2,75	25895	3,25	61130	3
23719	3,25	24426	2,75	23738	2,75	72105	2,75	72401	3
56468	3,25	12668	2,25	32963	2,25	23711	4	34995	3
12689	2,1	61146	2,75	72411	2,75	72510	3	72030	2,75
72565	3,25	12716	3,25	34914	3,5	74635	2,5	72160	2,75
72476	3,25	23682	2,5	23675	2,75	23704	3	61166	3,5
23619	3	72500	2,75	23698	3,5	23684	4,25	66421	4
72097	2,75	34182	2,75	23649	2,75	74601	3,25	25828	3,5
72092	3	10890	3,25	23664	3	23742	4	58169	3,25
72066	2,75	24038	3,25	24069	3	23632	3	34152	3
72404	3	23628	3	72070	2,5	72162	2,75	34932	3
72152	3,25	24089	2,75	72492	3,25	61131	3,25	23784	2,75
72114	2,5	10846	3	72110	3	74639	4,25	23708	2,75
25897	3	34980	3,25	23741	2,75	34036	3	10666	3,5
34909	4,25	72442	2,25	72580	3	59906	3,75	72414	3,5
12786	2,75	66418	4	72484	2,5	58110	2,75	61172	2,75
23768	3,25	59964	3	23727	3	34813	2,25	74642	2,75
23681	3,25	72593	3,25	72515	3,25	74621	2,75	50903	3
74630	3,25	23672	3	73138	2,75	10888	3	23701	2,5
72084	3	74652	2,75	32939	3	72514	2,5	23637	3,5
24072	3,5	58195	3	72080	2,5	24022	3	34801	4,5
72444	4	72071	2,75	23618	2,75	24431	1,75	52060	2,5
25821	3,75	34973	2,75	23752	3,25	24036	4	72134	2,75
26395	4,5	23705	4	23728	2,75	23779	3	72579	3
72595	3,25	24074	4	2974	4	23762	3	23749	3
72445	3,25	24443	3,25	72173	2,75	12631	2,5	23776	2,75
34938	4	58107	2,5	23655	2,5	23640	3	34920	3,25
72589	2,75	74620	2,75	72402	3,25	25837	4	72546	3,25
23762	4	72485	2,75	74604	2,25	23699	3,75	72544	3,5
61155	4	74620	2,75	23758	3,25	23685	3,5	72520	3,5
74618	2,25	32988	3,5	72550	2,5	23668	3,25	10891	4
72479	4	23783	3,25	66486	4	59067	3,25	24059	2,5
74640	3,75	72059	3	72499	3	59195	3	12703	2,75
23781	3,25	72474	2,5	23789	3	24429	2,75	74638	2,75
23743	2,75	72106	2,75	24427	3,5	24037	3,25	61167	2,75
72029	3	74660	2,5	23771	3,75	84117	1,5	58108	2,25
23667	3	23621	2,75	72137	2,5	23625	2,5	23759	2,25
23709	3	34980	3	12787	3,25	58016	2,5	23716	2,75
gps	4	72598	4	25820	4	72423	2,75	34968	3,5
34969 gps	2,25	84123	2,5	23715	3	72472	2,5	72502	2,75
24024	4	61151	4	23693	3	32919	3	72539	4
12702	2,75	58069	3	23663	3	72119	2,75	84111	2,5
72082	2,25	72103	2,75	72432	2,25	23697	2,5	72037	2,25
61163	4	72167	2,5	72408	2,75	25832	2,75	72170	2,5
34965	3,75	34181	4	34844	4	72425	3,75	34951	4
77061	3	25805	4	72447	3,25	24434	3	24048	3,5
25802	3	84171	2,5	3360	3,25	59775	2,75	97258	4
74650	3	72603	3,5	72486	3	72040	3	50822	2,75
61143	4	24436	4	72139	2,75	72434	2,5	72417	2,75
72090	3,75	58186	2,75	24438	3	23790	2,75	72407	3
72534	4	24008	2,75	24019	3,5	23741	3	32086	2,75
72549	3,3	23744	2,75	24018	4	56709	2,75	72497	2,75
24443	2,25	24056	4,5	74615	3,25	72057	2	24437	3
25876	4	58074	3,5	24009	2,75	57960	3	72505	3,5
73780	3,75	34923	4,25	61168	3	32936	3,25	72516	2,25
72120	3	24100	3,5	23769	3,5	55555	3,25	72477	2,25
59959	2,75	25822	3,25	72509	2,75	66429	3	59917	2,5
61157	4	34997	2,5	72599	3,25	74606	3,25	72538	3,5
72493	3,25	84167	4	72567	3,25	72506	2,5	23782	2,75
72607	3	74641	3,25	25884	4	25865	3,5	23792	3,25
23635	2,25	23691	2,25	74603	3,25	72498	2,25	72073	2,5
3321	1,75	72563	2,5	24098	2,75	84188	1,5	24439	2,25
22148	2,75	72528	3,25	72116	3	72034	2,5	72526	4
72406	3,5	61149	2,5	72100	2,5	10661	2,75	25809	2,25
72597	4,5	72396	3,5	61156	2,25	74626	3,25	23645	3
72451	2,5	34990	3	25842	2,75	23791	2,75	23633	3
72494	3,75	97265	3,5	23692	3	84126	3,5	4661	2,5
34955	2,75	72560	3,25	72572	3	72428	3	34804	3,5
72466	4	61148	3,75	72610	4	72472	3,25	23629	2,75
74658	3,25	25858	3,25	6865	3	68978	2,75	61137	3,5
24016	3,75	34994	3,5	23726	3,5	3035	3	24048	3,5
23700	3	24069	2,75	23770	2,75	72471	3,75	72438	4
72576	4	72424	2,75	23772	2,75	32971	3,5	97278	2,75
25861	3,5	72027	2,5	74655	3,25	23622	3	61141	3
59986	1,25	32917	2,75	25854	4	23687	3,25	12745	2
23653	2,75	84146	2,5	72415	4	23706	3,5	23746	3
61147	3,5	72488	3,5	23703	3	34947	3,25	24020	2,25
3352	4	72485	3,5						

TOTAL OVEJAS ESTUDIADAS: 397

MEDIA DE LAS MEDICIONES DE CC: 3,08



2. Condición Corporal al finalizar la trashumancia

MEDICIÓN DE LA CC A LA LLEGADA A PUERTO					
Id.Oveja	CC	Id.Oveja	CC	Id.Oveja	CC
97225	2,75	25813	3	72174	2
72099	2,75	72066	2,75	72415	3,5
72455	2,75	72604	2,5	97279	3,25
12711	2,5	23756	3,25	56468	3,5
72099	2,5	50607	2,25	72412	3
72452	3,5	25850	3	46468	3,25
72470	3,5	72595	2,75	26763	3
72055	2,5	71154	3,75	74643	3
25839	3,25	72029	2,5	72131	2,75
72591	2,75	74625	3,5	74608	2,75
72557	3	74657	3,5	61163	2,75
72152	2,5	72417	3,25	23686	2,5
72150	2,75	22515	3,25	72045	2,5
3417	2,25	72517	4	84143	2,75
72454	2	25824	4	72578	4
72109	2,5	72394	2,5	74626	3,25
72410	3,25	78180	3,75	72522	3,5
23619	3,25	25857	3,25	23787	2,5
24430	3	36418	3,5	62908	2,25
72479	3,25	12730	2,75	61152	2,5
57960	2,5	72101	2	74647	3,25
61130	3	72409	4	72491	2,5
24009	3	6865	3,5	28571	2,25
58419	3,25	72409	3,25	72142	2,25
24048	4	25745	2,75	72056	2,5
72166	2,5	61170	3	72129	2,25
57961	2,5	84150	2,25	72414	3,25
58030	2,75	84156	2,75	72157	2,75
58746	2,25	24435	2,25	76491	3,25
23648	2,5	72081	2,25	24088	3,25
72062	2,75	72090	2,75	72585	3,25
72518	2,5	64160	2,75	72170	2,25
72122	3	34968	3,25	72412	2,75
74636	3,5	59964	2,5	23656	2,75
72086	2,5	52494	3,25	23752	2,75
24434	3,25	25890	2,25	24439	2,25
59256	3,5	24010	2,25	58047	2
72072	2,75	23677	2,5	23736	2,5
23713	2,5	74623	3,25	72137	2
72084	2,75	23771	3,5	25826	3,25
74634	3	72609	3,75	72070	2,25
54466	2,25	72046	2,5	72610	3,5
23682	2,5	23727	3,5	25567	3,25
72105	2,5	72582	4	57910	3,25
3201	2,5	72405	3,25	23784	3,5
58752	3,5	23725	2,5	71440	3,5
57908	3	23618	2,75	72040	2,25
72027	2,25	72571	3,75	72594	3
53719	3,25	24045	3	23631	2,75
72156	2,5	23728	2,75	72411	2,75
72497	2,25	24024	3,5	72063	2,25
72490	2,5	50808	3	61141	3,25
72169	2,5	23678	2,5	72424	3
74486	2,5	72443	2,75	23775	2,75
3030	3	72138	3	23712	2,75
3295	2,25	72505	3,5	23774	2,75
72497	2,75	72505	3,5	72419	2
72024	3,5	66417	2,5	72396	2,75
72480	2,75	72512	3,5	74610	3,25
72502	2,75	23791	2,5	24087	3,25
2945	3,25	72401	3,25	72491	3
51157	3	97280	2,75	74653	3,25
72104	2,75	72541	3,25	72598	3
72033	2,5	72397	2,25	72512	3,25
72478	1,25	72559	3	23696	2,5
72499	3	24050	2,75	72463	2,25
24074	3,5	25825	2,25	97261	2,75
2443	2,5	72471	3,5	71470	2,25
72536	3	72467	3,75	72574	3
72112	3	61134	3,75	26630	3,25
72473	2,5	12717	3	23150	2,75
72108	2,25	23694	2,5	72537	3
70621	1,25	72446	3,25	23649	3,25
72072	2,75	72529	3,25	56468	3,25
26349	3,25	72516	2,5	72404	2,75
72403	3,5	72588	4	61142	3,25
72416	3,5	72044	2,5	34973	2,75
TOTAL OVEJAS ESTUDIADAS: 231					
MEDIA DE LAS MEDICIONES DE CC: 2,89					

