

ESTUDIO DEL EFECTO DEL USO DE ANTIPARASITARIOS EN EL GANADO VACUNO EXTENSIVO SOBRE LA BIODIVERSIDAD DEL SUELO EN LAS RESERVAS DE LA BIOSFERA CANTÁBRICAS

OAPN1-22I: INFORME FINAL

El presente estudio ha sido financiado por el OAPN del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

COORDINADOR

José R. Verdú

I.U.I. CBIO, Universidad de Alicante



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

SEPTIEMBRE 2022



EQUIPO DE INVESTIGACIÓN

Dr. José Ramón Verdú Faraco (coordinador) (I.U.I. CIBIO, Universidad de Alicante)

Dra. Vieyle Cortez Gallardo (I.U.I. CIBIO, Universidad de Alicante)

Dra. Rocío Rosa García (SERIDA, Asturias)

Dr. Francisco Sánchez Piñero (Universidad de Granada)

Dra. Rosa Menéndez Martínez (University of Lancaster)

ESTUDIO DEL EFECTO DEL USO DE ANTIPARASITARIOS EN EL GANADO VACUNO EXTENSIVO SOBRE LA BIODIVERSIDAD DEL SUELO EN LAS RESERVAS DE LA BIOSFERA CANTÁBRICAS

INTRODUCCIÓN

La ganadería extensiva realizada con razas autóctonas adoptando unas técnicas zootécnicas adecuadas es un agente diversificador del paisaje de las áreas de montaña de la Península Ibérica, y especialmente de las áreas naturales protegidas entre las que se incluyen las Reservas de la Biosfera y los Parques Nacionales. No obstante, en los últimos años hemos observado un deterioro de los agroecosistemas en los que llama la atención, entre otros indicadores, la acumulación de los excrementos sin degradar del ganado en el suelo y la disminución de la calidad de los pastos. Una de las causas principales de este fenómeno es la disminución de las poblaciones de coleópteros coprófagos en estos ecosistemas debido al uso rutinario e indiscriminado de los antiparasitarios alopáticos ecotóxicos. La incorrecta utilización de algunos de estos fármacos veterinarios ha provocado en los últimos 20-30 años el declive de los insectos coprófagos que son fundamentales para el correcto funcionamiento del ecosistema.

Las áreas naturales protegidas de España no han quedado exentas de este grave problema. Por ejemplo, en algunos Parques Nacionales hemos podido estimar un descenso de más del 70-80% en el estado de salud del proceso de degradación y descomposición de los excrementos del ganado. Por lo tanto, es urgente conocer el estado de salud actual de los ensambles de coleópteros coprófagos en las áreas naturales protegidas, ya que deben seguir considerándose reservorios de Biodiversidad en los que la actividad ganadera extensiva debe seguir siendo un agente diversificador del paisaje y no una actividad que amenaza con la extinción local de numerosas especies de insectos coprófagos encargados del reciclaje de la materia orgánica.

Considerando lo expuesto anteriormente, el objetivo principal, en este estudio, fue realizar una evaluación del estado de salud y la biodiversidad (invertebrados) del suelo en parcelas utilizadas por la ganadería extensiva en Reservas de la Biosfera cantábricas. Basándonos en la información aportada por la Asociación para la recuperación de la raza bovina Mantequera Leonesa (en adelante ARML), se seleccionaron siete fincas de estudio que se categorizaron en dos grupos: fincas en las que los animales no se han tratado con ivermectina al menos en los últimos 2 años y que en el caso de aplicar un tratamiento antiparasitario, se ha realizado con antiparasitarios alopáticos de baja toxicidad (e.g. albendazol); y b) fincas con animales

tratados con antiparasitarios alopáticos de alta toxicidad (e.g. ivermectina), entre otros alopáticos de baja toxicidad. Dada la generalizada aplicación de compuestos antiparasitarios alopáticos, fue imposible encontrar fincas que nunca se hayan utilizado antiparasitarios de ningún tipo o al menos en los últimos 25 años. Únicamente pudo seleccionarse una finca perteneciente a la ARML en la que nunca se ha utilizado ivermectina, aunque la actividad ganadera sólo se remonta a los dos últimos años, por lo que no podemos contemplarla como una finca con una larga historia de ganadería extensiva. Para simplificar las agrupaciones de las fincas, hablaremos de "fincas verdes" en el caso de que no usen ivermectina (grupo "a"), y "fincas rojas", las que de manera rutinaria y desde hace años siguen utilizando ivermectina (grupo "b").

Los objetivos específicos fueron:

- Analizar la comunidad de invertebrados de los pastizales utilizados por las ganaderías en estudio.
- Plantear alternativas farmacológicas específicas o planes de manejo para estas ganaderías que prevengan las infestaciones parasitarias evitando el uso de productos como la ivermectina.
- Documentar los cambios que se produzcan en los animales de las ganaderías y en las comunidades de invertebrados de los pastizales.
- Elaborar un protocolo de seguimiento sencillo con conclusiones para los ganaderos que les ayuden a tomar decisiones sobre los tratamientos antiparasitarios a realizar en sus rebaños.

SELECCIÓN DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO

El estudio se realizó en parcelas de pastoreo de pastizales en Reservas de la Biosfera de la Provincia de León. No obstante, dada la inexistencia de suficientes fincas ganaderas que no usen ivermectina en sus campañas de desparasitación en las fincas ganaderas ubicadas dentro de las Reservas de la Biosfera de la Provincia de León, se seleccionaron dos fincas ganaderas fuera de sus límites geográficos. Dichas fincas, pertenecientes igualmente a socios de la ARML, se seleccionaron teniendo en cuenta la composición faunística de escarabeidos coprófagos para que fuera similar que la existente en el resto de fincas seleccionadas. Este criterio es necesario para poder realizar los análisis comparativos sin cometer sesgos biogeográficos significativos.

La información de las fincas ganaderas se obtuvo a través de Benedicto González Yagüe de la ARML. En la Tabla 1 aparece la descripción básica de las fincas seleccionadas indicando en colores la categorización de las fincas con base al uso de antiparasitarios, tal y como se ha indicado anteriormente.

Tabla 1. Descripción de las fincas ganaderas de estudio. Ver Anexo I para visualizar la ubicación geográfica de las parcelas de estudio.

Nombre de referencia y categorización en función del tipo de desparasitación	Socio ARML	Reserva de la Biosfera	Localidad y Ayto. del lugar de estiva	Altitud	Historial de desparasitaciones (aportado por el ganadero)	COMPUESTOS
La Vega de Pobladura y Sena	Fernando Chacón Honrado	Si	Pobladura/Sena de Luna	1100-1200 m	A todos los individuos anualmente cipermetrina. Individual y puntualmente Ivomec. Abendazol a los terneros sistemático.	Cipermetrina + ivermectina + albendazol
La Bueriza (Lago de Babia)	Miguel Ángel, Jesús Fernández Quirós	Si	Lago de Babia. Cabrillanes	1500 m	Ivermectina	Uso de ivermectina
Fasgarón (Murias de Paredes)	David García Mallo	SI	Murias de Paredes	1400-1700 m	Virmamec inyectable(Ivermectina)	Uso de ivermectina
Suca Cabrón (La Vega de Robledo)	Roberto González	Si	La Vega de Robledo//Sena de Luna	1100-1700 m	Closamectin (closantel + ivermectina)	closantel + ivermectina
El Regueral (Rabanal de Luna)	Flor León Martín	SI	Rabanal de Luna//Sena de Luna	1100-1800 m.	El rebaño lleva más de cuatro años sin desparasitar con ivermectina. El lugar de estiva lleva dos años con el ganado. No obstante, este año hay 6 caballos tratados con Equalan (ivermectina y praziquantel).	sin ivermectina (vacas); con ivermectina (caballos)
Monte del Bosque (Valdealcón-Gradefes)	Benedicto González Yagüe	No	Valdealcón/Gradefes	880-830 m	El rebaño lleva más de cuatro años sin desparasitar con ivermectina. El lugar de estiva lleva 25 años sin ganado.	sin ivermectina
Peña del Gato (Brañuelas)	David Rodríguez Morcuende	No	Brañuelas	1112 m	Cinco años sin ivermectina. En años alternos Albendazol y Closantel	Albendazol + closantel

METODOLOGÍA UTILIZADA

1.- Determinación del proceso de degradación del excremento del ganado por la fauna coprófaga

Se analizó el proceso de enterramiento, disgregación y relocalización del excremento del ganado por la fauna coprófaga a lo largo del tiempo. Para ello, en cada finca ganadera, se colocaron seis réplicas de excrementos de vaca (1.2 kg) expuestos a la colonización de la fauna coprófaga y tres réplicas de excrementos de vaca tapados por una malla de nylon para impedir la colonización de fauna coprófaga y por tanto actuando como controles (Figura 1A y B). Tras 15 días de exposición se midió el porcentaje de eficiencia o de salud del proceso ecológico de descomposición y reciclaje de la materia orgánica mediante la diferencia de peso seco entre los excrementos expuestos y los controles. Para evitar sesgos en el contenido hídrico de los excrementos, todas las muestras se secaron en una estufa a 60 °C durante 24 horas antes de ser pesadas en una balanza de precisión. Adicionalmente se realizaron fotografías de cada muestra de excremento que nos permitió observar visualmente el proceso de disgregación y enterramiento de los excrementos.

2.- Análisis de biodiversidad de coleópteros coprófagos

Se determinaron las especies pertenecientes a las familias Aphodiidae, Geotrupidae y Scarabaeidae, y las abundancias. La identificación se realizó *in situ* para poder liberar tras el estudio todos los ejemplares en el mismo lugar de estudio. Únicamente en algunos casos de especies más complejas de determinar en el campo se procedió a su determinación en el laboratorio seleccionando el número de ejemplares mínimo y conservándolos en alcohol al 70% hasta su estudio con la lupa binocular.

Para ello se seleccionaron un número entre 10 y 22 excrementos en cada finca ganadera con un tiempo de exposición entre 24 y 48 horas que aseguraba la colonización completa de la fauna coprófaga. Se extrajeron *in vivo* todos los escarabeidos coprófagos anotando sus abundancias. Este método se utilizó también para poner a punto un método de seguimiento de biodiversidad de la fauna coprófaga que será explicado en el apartado correspondiente.

3.- Análisis de la emisión de gases de efecto invernadero (CH₄ y CO₂) de los excrementos del ganado en función del grado de descomposición por parte de la fauna coprófaga

Para medir la emisión de gases de efecto invernadero se seleccionó la finca de El Regueral (Rabanal de Luna) como finca de referencia dentro de la Reserva de la Biósfera de los Valles de Omaña y Luna. Para ello se dispusieron en el suelo ocho réplicas de excrementos de vaca (1.2 kg) expuestos a la colonización de la fauna coprófaga y ocho réplicas de excrementos de vaca tapados por una malla de nylon para impedir la colonización de fauna coprófaga actuando como controles. En el tiempo cero (nada más colocar los excrementos) se realizaron las primeras medidas de emisión de CO₂ y CH₄. La segunda medida se realizó tras 24 horas de exposición. En los mismos tiempos se cuantificaron la emisión de CO₂ del suelo (sin excremento) para eliminar el efecto de la respiración del suelo. Las medidas se realizaron en tiempo real utilizando un analizador de gases de efecto invernadero ultraportátil (UGGA-GGA300, LGR™) que mediante un sistema OA-ICOS permite una precisión en ppb para las medidas de CO₂ y CH₄. Para las medidas en el campo de los GEI emitidos por los excrementos se utilizará una cámara estática diseñada expresamente por el equipo de investigación con 30.4 litros de capacidad y 40 cm de diámetro (Figura 1).

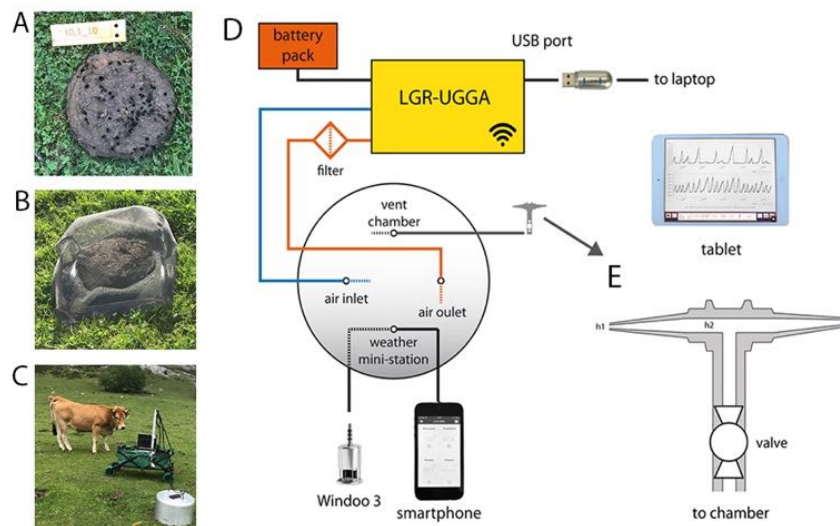


Figura 1. Diseño de muestreo de gases de efecto invernadero: A) Excremento expuesto a la colonización de los insectos coprófagos; B) excrementos cubiertos con una malla de nylon utilizados como control; C) medida a tiempo real de la emisión de CH₄ y CO₂ en excrementos de ganado mediante un analizador ultraportátil (LGR-UGGA-GGA300) y una cámara estática adaptada; D y E) diseño esquemático del equipamiento para análisis a tiempo real de la emisión de CH₄ y CO₂ en campo.

RESULTADOS OBTENIDOS

1. Degradación del excremento del ganado y análisis de biodiversidad de coleópteros coprófagos

1.1. Finca La Vega de Pobladura y Sena.

El porcentaje de degradación y enterramiento del excremento fue del 2.21%, siendo por tanto **extremadamente bajo**.

Se encontraron un total de 8 especies de coleópteros coprófagos pertenecientes a las familias Aphodiidae (7 especies) y Scarabaeidae (1 especie). Es de destacar la ausencia de especies pertenecientes a la familia Geotrupidae, así como la ausencia de otras especies de Scarabaeidae pertenecientes al género *Onthophagus* que deberían estar presentes. En general se observa un reparto desproporcionado de los grupos funcionales y taxonómicos, con un número de especies muy bajo respecto a la comunidad (ensamble) de escarabeidos coprófagos de referencia (ver Anexo II).

Otro resultado negativo es la relación del número de individuos por excremento obtenida, ya que pone de manifiesto la imposibilidad por parte de la fauna coprófaga actual de degradar y reciclar la materia orgánica producida actualmente por el ganado en forma de excrementos. Estos resultados concuerdan con la extremadamente baja tasa de degradación de excremento observada en esta finca ganadera.

Por lo tanto, con base en los resultados obtenidos, la presente finca cuenta con una biodiversidad de coleópteros coprófagos **muy baja e insuficiente** para poder degradar los excrementos del ganado.

Tabla 2. Relación de especies y abundancias (N) de coleópteros coprófagos observada y relación de número de individuos promedio por excremento obtenida en finca ganadera de La Vega de Pobladura y Sena.

Especies	N total	N/excremento
Aphodiidae	71	3.94
<i>Acrossus depressus</i>	5	0.28
<i>Ammoecius frigidus</i>	1	0.06
<i>Aphodius fimetarius</i>	9	0.50
<i>Bodilopsis rufa</i>	1	0.06
<i>Coprimorphus scrutator</i>	22	1.22
<i>Otophorus haemorrhoidalis</i>	24	1.33
<i>Teuchestes fossor</i>	9	0.50
Scarabaeidae	3	0.17
<i>Copris lunaris</i>	3	0.17
Total general	74	4.11

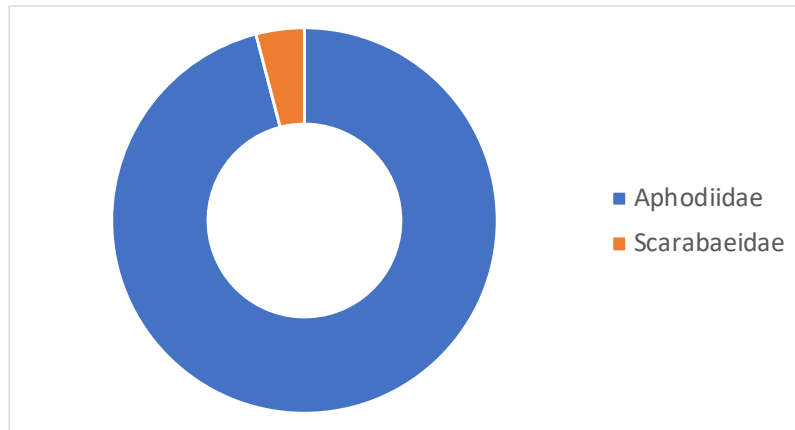


Figura 2. Composición proporcional de cada una de las familias de coleópteros coprófagos observados en la Finca La Vega de Pobladura y Sena.

1.2. Finca La Bueriza (Lago de Babia)

El porcentaje de degradación y enterramiento del excremento fue del 1.88%, siendo por tanto **extremadamente bajo**.

Se encontraron un total de 11 especies de coleópteros coprófagos pertenecientes a las familias Aphodiidae (9 especies) y Scarabaeidae (2 especies). Es de destacar, al igual que en caso anterior, la ausencia de especies pertenecientes a la familia Geotrupidae, así como la ausencia de otras especies de Scarabaeidae pertenecientes al género *Copris* y *Euoniticellus*, que deberían estar presentes. En general se observa un reparto desproporcionado de los grupos funcionales y taxonómicos, con un número de especies muy bajo respecto a la comunidad (ensamble) de escarabeidos coprófagos de referencia (ver Anexo II) así como un número de individuos muy bajo.

Otro resultado muy negativo es la relación del número de individuos por excremento obtenida, ya que pone de manifiesto la incapacidad actual de degradar y reciclar la materia orgánica producida actualmente por el ganado en forma de excrementos por parte de la fauna coprófaga observada. Estos resultados concuerdan con la extremadamente baja tasa de degradación de excremento observada en esta finca ganadera.

Por lo tanto, con base en los resultados obtenidos, la presente finca cuenta con una biodiversidad de coleópteros coprófagos **muy baja e insuficiente** para poder degradar los excrementos del ganado.

Tabla 3. Relación de especies y abundancias (N) de coleópteros coprófagos observada y relación de número de individuos promedio por excremento obtenida en la Finca La Bueriza (Lago de Babia).

Especies	N total	N/excremento
Aphodiidae	167	7.59
<i>Acrossus rufipes</i>	2	0.09
<i>Ammoecius elevatus</i>	1	0.05
<i>Aphodius fimetarius</i>	16	0.73
<i>Aphodius foetens</i>	1	0.05
<i>Bodilopsis rufa</i>	26	1.18
<i>Colobopterus erraticus</i>	30	1.36
<i>Coprimorphus scrutator</i>	43	1.95
<i>Otophorus haemorrhoidalis</i>	42	1.91
<i>Teuchestes fossor</i>	6	0.27
Scarabaeidae	2	0.09
<i>Onthophagus ovatus</i>	1	0.05
<i>Onthophagus vacca</i>	1	0.05
Total general	169	7.68

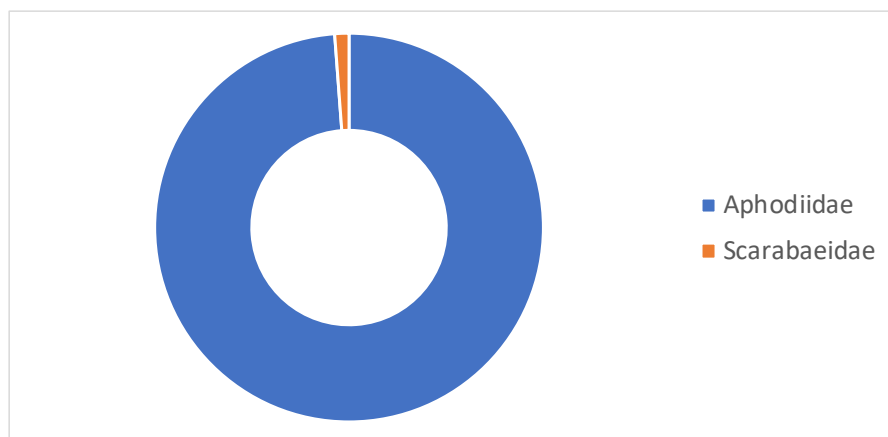


Figura 3. Composición proporcional de cada una de las familias de coleópteros coprófagos observados en la Finca La Bueriza (Lago de Babia).

1.3. Finca Fasgarón (Muria de Paredes)

El porcentaje de degradación y enterramiento del excremento fue del 5.87%, siendo por tanto **extremadamente bajo**.

Se encontraron un total de 9 especies de coleópteros coprófagos pertenecientes a las familias Aphodiidae (6 especies), Geotrupidae (1 especie) y Scarabaeidae (2 especies). En este caso, hay representantes de las tres familias de coleópteros coprófagos, no obstante, la ausencia de otras especies del género *Onthophagus*, que deberían estar presentes, pone de manifiesto la muy baja biodiversidad encontrada. En general se observa un reparto desproporcionado de los grupos funcionales y taxonómicos, con un número de especies muy bajo respecto a la comunidad (ensamble) de escarabeidos coprófagos de referencia (ver Anexo II) así como un número de individuos extremadamente bajo, especialmente de los grupos funcionales enterradores de excremento.

Del mismo modo, la relación del número de individuos por excremento obtenida fue muy baja, mostrando la incapacidad actual de degradar y reciclar la materia orgánica producida actualmente por el ganado en forma de excrementos por parte de la fauna coprófaga observada. Estos resultados concuerdan con la extremadamente baja tasa de degradación de excremento observada en esta finca ganadera.

Por lo tanto, con base en los resultados obtenidos, la presente finca cuenta con una biodiversidad de coleópteros coprófagos **muy baja e insuficiente** para poder degradar los excrementos del ganado.

Tabla 4. Relación de especies y abundancias (N) de coleópteros coprófagos observada y relación de número de individuos por excremento obtenida en la Finca Fasgarón (Muria de Paredes).

Especies	N total	N/excremento
Aphodiidae	88	4.89
<i>Aphodius fimetarius</i>	5	0.28
<i>Aphodius foetens</i>	2	0.11
<i>Bodilopsis rufa</i>	51	2.83
<i>Coprimorphus scrutator</i>	9	0.50
<i>Otophorus haemorrhoidalis</i>	12	0.67
<i>Teuchestes fossor</i>	9	0.50
Geotrupidae	5	0.28
<i>Geotrupes stercorarius</i>	5	0.28
Scarabaeidae	2	0.11
<i>Euoniticellus fulvus</i>	1	0.06
<i>Onthophagus stylocerus</i>	1	0.06
Total general	95	5.28

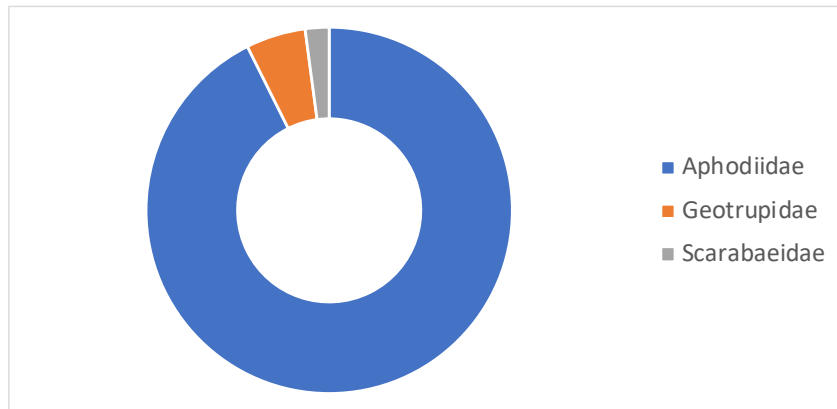


Figura 4. Composición proporcional de cada una de las familias de coleópteros coprófagos observados en la Finca Fasgarón (Muria de Paredes).

1.4. Finca Suca Cabrón (La Vega de Robledo)

El porcentaje de degradación y enterramiento del excremento fue del 4.27%, siendo por tanto **extremadamente bajo**.

Se observaron un total de 10 especies de coleópteros coprófagos pertenecientes a las familias Aphodiidae (7 especies), Geotrupidae (1 especie) y Scarabaeidae (2 especies). Es de destacar, al igual que en caso anterior, la ausencia de más especies pertenecientes al género *Onthophagus* que deberían estar presentes si tenemos en cuenta que, en condiciones normales, deberíamos encontrar potencialmente hasta 5 especies sólo de este género. Tampoco se observa la especie *Copris lunaris* que es buen indicador de calidad. En general, se observa un reparto desproporcionado de los grupos funcionales y taxonómicos, con un número de especies muy bajo respecto a la comunidad (ensamble) de escarabeidos coprófagos de referencia (ver Anexo II) así como un número de individuos muy bajo.

Otro resultado muy negativo es la relación del número de individuos por excremento obtenida, ya que pone de manifiesto la incapacidad actual de degradar y reciclar la materia orgánica producida actualmente por el ganado en forma de excrementos por parte de la fauna coprófaga observada. Estos resultados concuerdan con la extremadamente baja tasa de degradación de excremento observada en esta finca ganadera.

Por lo tanto, con base en los resultados obtenidos, la presente finca cuenta con una biodiversidad de coleópteros coprófagos **muy baja e insuficiente** para poder degradar los excrementos del ganado.

Tabla 5. Relación de especies y abundancias (N) de coleópteros coprófagos observada y relación de número de individuos por excremento obtenida en la Finca Suca Cabrón (La Vega de Robledo).

Especies	N total	N/excremento
Aphodiidae	116	7.73
<i>Acrossus depressus</i>	1	0.07
<i>Agrilinus constans</i>	1	0.07
<i>Aphodius fimetarius</i>	5	0.33
<i>Aphodius foetidus</i>	14	0.93
<i>Coprimorphus scrutator</i>	75	5.00
<i>Otophorus haemorrhoidalis</i>	13	0.87
<i>Teuchestes fossor</i>	7	0.47
Geotrupidae	1	0.07
<i>Geotrupes stercorarius</i>	1	0.07
Scarabaeidae	2	0.13
<i>Euoniticellus fulvus</i>	1	0.07
<i>Onthophagus ruficapillus</i>	1	0.07
Total general	119	7.93

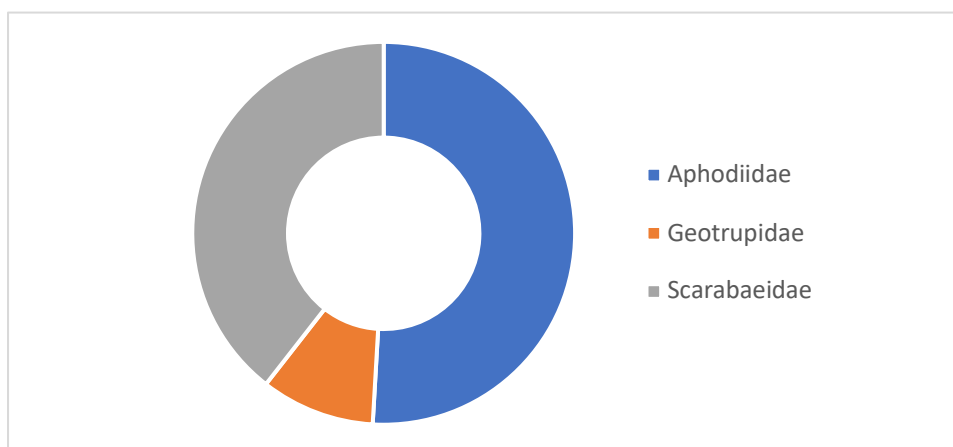


Figura 5. Composición proporcional de cada una de las familias de coleópteros coprófagos observados en la Finca Suca Cabrón (La Vega de Robledo).

1.5. Finca El Regueral (Rabanal de Luna)

El porcentaje de degradación y enterramiento del excremento fue del 5.0%, siendo por tanto **extremadamente bajo**.

Se encontraron un total de 10 especies de coleópteros coprófagos pertenecientes a las familias Aphodiidae (7 especies) y Geotrupidae (3 especies). En este caso, no hay representantes de las familias Scarabaeidae lo que demuestra un empobrecimiento de la fauna coprófaga muy relevante y preocupante. Sin embargo, es de destacar la existencia de las tres especies de Geotrupidae potencialmente posibles, lo que es buen resultado, aunque sus abundancias son en estos momentos muy bajas. En general se observa un reparto desproporcionado de los grupos funcionales y taxonómicos, con un número de especies muy bajo respecto a la comunidad (ensamble) de escarabeidos coprófagos de referencia (ver Anexo II) así como un número de individuos extremadamente bajo, especialmente de los grupos funcionales enterradores de excremento.

Del mismo modo, la relación del número de individuos por excremento obtenida fue muy baja, mostrando la incapacidad actual de degradar y reciclar la materia orgánica producida actualmente por el ganado en forma de excrementos por parte de la fauna coprófaga observada. Estos resultados concuerdan con la muy baja tasa de degradación de excremento observada en esta finca ganadera.

Por lo tanto, con base en los resultados obtenidos, la presente finca cuenta con una biodiversidad de coleópteros coprófagos **muy baja e insuficiente** para poder degradar los excrementos del ganado.

Tabla 6. Relación de especies y abundancias (N) de coleópteros coprófagos observada y relación de número de individuos por excremento obtenida en la Finca El Regueral (Rabanal de Luna).

Especies	N total	N/excremento
Aphodiidae	120	6.67
<i>Acrossus depressus</i>	4	0.22
<i>Acrossus rufipes</i>	6	0.33
<i>Aphodius fimetarius</i>	13	0.72
<i>Bodilopsis rufa</i>	3	0.17
<i>Coprimorphus scrutator</i>	52	2.89
<i>Otophorus haemorrhoidalis</i>	13	0.72
<i>Teuchestes fossor</i>	29	1.61
Geotrupidae	17	0.94
<i>Anoplotrupes stercorosus</i>	8	0.44
<i>Geotrupes stercorarius</i>	5	0.28
<i>Trypocopris pyrenaeus</i>	4	0.22
Total general	137	7.61

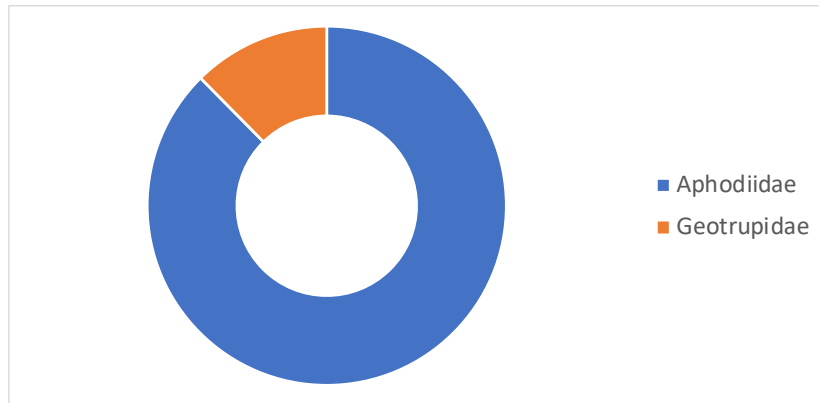


Figura 6. Composición proporcional de cada una de las familias de coleópteros coprófagos observados en la Finca El Regueral (Rabanal de Luna).

1.6. Finca Monte del Bosque (Valdealcón-Gradefes)

El porcentaje de degradación y enterramiento del excremento fue del 6.43%, siendo por tanto **muy bajo**.

Se encontraron un total de 17 especies de coleópteros coprófagos pertenecientes a las familias Aphodiidae (6 especies), Geotrupidae (1 especie) y Scarabaeidae (10 especies). En este caso, hay representantes de las tres familias de coleópteros coprófagos, presentando el género *Onthophagus* un total de 7 especies además de la presencia de otras especies indicadoras de buena calidad como *Copris lunaris*. En general se observa un reparto proporcionado de los grupos funcionales y taxonómicos, con un número de especies bastante aproximado a la comunidad (ensamble) de escarabeidos coprófagos de referencia (ver Anexo II). Se echa en falta alguna especie más de Geotrupidae aunque se ha observado la presencia fuera de los muestreos de *Anoplotrupes stercorosus* lo que aumentaría la diversidad del ensamble. A pesar de haberse observado una diversidad (número de especies) bastante aceptable, las abundancias observadas no son altas.

La relación del número de individuos por excremento obtenida fue moderada-baja, mostrando la incapacidad actual de degradar y reciclar la mayor parte de la materia orgánica producida actualmente por el ganado en forma de excrementos por parte de la fauna coprófaga observada. Aun así, se ha observado buena actividad de algunas especies consideradas grandes enterradores de excrementos y buenos indicadores de calidad como es el caso de *Copris lunaris*. Estos resultados concuerdan con la baja tasa

de degradación de excremento observada en esta finca ganadera aunque hay que destacar que es la mejor observada durante el estudio.

Por lo tanto, con base en los resultados obtenidos, la presente finca cuenta con una biodiversidad de coleópteros coprófagos **media pero insuficiente** en estos momentos para poder degradar los excrementos del ganado.

Tabla 7. Relación de especies y abundancias (N) de coleópteros coprófagos observada y relación de número de individuos por excremento obtenida en la Finca Monte del Bosque (Valdealcón-Gradefes).

Especies	N total	N/excremento
Aphodiidae	121	12.10
<i>Acanthobodilus immundus</i>	4	0.40
<i>Aphodius fimetarius</i>	2	0.20
<i>Calamosternus unicolor</i>	1	0.10
<i>Colobopterus erraticus</i>	2	0.20
<i>Otophorus haemorrhoidalis</i>	111	11.10
<i>Teuchestes fossor</i>	1	0.10
Geotrupidae	1	0.10
<i>Sericotrupes niger</i>	1	0.10
Scarabaeidae	107	10.70
<i>Cheironitis hungaricus</i>	1	0.10
<i>Copris lunaris</i>	4	0.40
<i>Euoniticellus fulvus</i>	70	7.00
<i>Onthophagus fracticornis</i>	1	0.10
<i>Onthophagus furcatus</i>	3	0.30
<i>Onthophagus opacicollis</i>	1	0.10
<i>Onthophagus ovatus</i>	6	0.60
<i>Onthophagus similis</i>	8	0.80
<i>Onthophagus taurus</i>	3	0.30
<i>Onthophagus vacca</i>	10	1.00
Total general	229	22.90

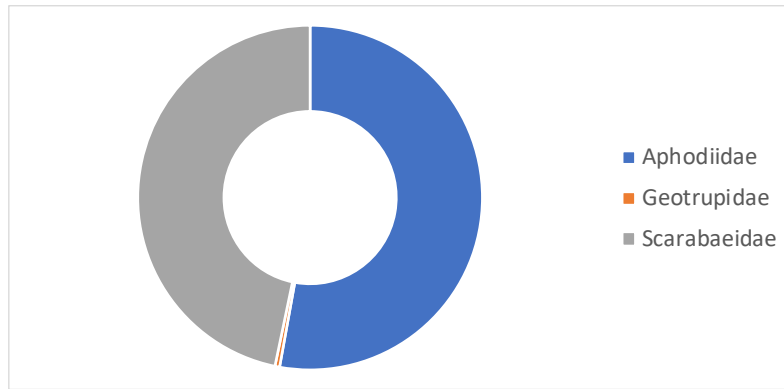


Figura 7. Composición proporcional de cada una de las familias de coleópteros coprófagos observados en la Finca Monte del Bosque (Valdealcón-Gradefes).

1.7. Finca Peña del Gato (Brañuelas)

El porcentaje de degradación y enterramiento del excremento fue del 6.42%, siendo por tanto **muy bajo**.

Se encontraron un total de 15 especies de coleópteros coprófagos pertenecientes a las familias Aphodiidae (7 especies), Geotrupidae (3 especies) y Scarabaeidae (5 especies). En este caso, como en el caso anterior, hay representantes de las tres familias de coleópteros coprófagos, presentando la familia Geotrupidae un total de 3 especies de elevado potencial enterrador de excremento. Además, hay que destacar la presencia de otras especies indicadoras de buena calidad como las pertenecientes al género *Onthophagus*. En general se observa un reparto muy proporcionado de los grupos funcionales y taxonómicos, con un número de especies bastante aproximado a la comunidad (ensamble) de escarabeidos coprófagos de referencia (ver Anexo II). Se echa en falta alguna especie más de Scarabaeidae que aumentaría la diversidad del ensamble. Como en el caso anterior, a pesar de haberse observado un número de especies bastante aceptable, las abundancias observadas no son muy altas.

La relación del número de individuos por excremento obtenida fue moderada-baja, mostrando la incapacidad actual de degradar y reciclar la mayor parte de la materia orgánica producida actualmente por el ganado en forma de excrementos por parte de la fauna coprófaga observada. Aun así, se ha observado buena actividad de algunas especies consideradas grandes enterradores de excrementos y buenos indicadores de calidad como es el caso de *Geotrupes ibericus*. Estos resultados concuerdan con la baja tasa de degradación de excremento observada en esta finca ganadera.

Por lo tanto, con base en los resultados obtenidos, la presente finca cuenta con una biodiversidad de coleópteros coprófagos **media pero insuficiente** en estos momentos para poder degradar los excrementos del ganado.

Tabla 8. Relación de especies y abundancias (N) de coleópteros coprófagos observada y relación de número de individuos por excremento obtenida en la Finca Peña del Gato (Brañuelas).

Especies	N total	N/excremento
Aphodiidae	111	6.53
<i>Ammoecius frigidus</i>	3	0.18
<i>Aphodius fimetarius</i>	48	2.82
<i>Bodilopsis rufa</i>	6	0.35
<i>Colobopterus erraticus</i>	1	0.06
<i>Coprimorphus scrutator</i>	9	0.53
<i>Otophorus haemorrhoidalis</i>	34	2.00
<i>Teuchestes fossor</i>	10	0.59
Geotrupidae	21	1.24
<i>Geotrupes ibericus</i>	16	0.94
<i>Geotrupes stercorarius</i>	4	0.24
<i>Trypocopris pyrenaicus</i>	1	0.06
Scarabaeidae	86	5.06
<i>Euoniticellus fulvus</i>	49	2.88
<i>Onthophagus opacicollis</i>	16	0.94
<i>Onthophagus similis</i>	19	1.12
<i>Onthophagus stylocerus</i>	1	0.06
<i>Onthophagus taurus</i>	1	0.06
Total general	218	12.82

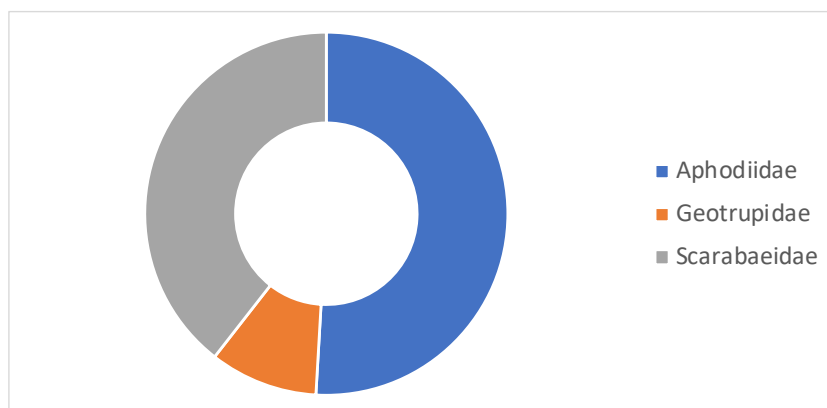


Figura 8. Composición proporcional de cada una de las familias de coleópteros coprófagos observados en la Finca Peña del Gato (Brañuelas).

2. Tasa de emisión de gases de efecto invernadero (CH₄ y CO₂) de los excrementos del ganado en función del grado de descomposición por parte de la fauna coprófaga

Los resultados muestran que la tasa de emisión de CO₂ de los excrementos control (sin acción de la fauna coprófaga) fue similar a la de los excrementos expuestos a la acción de los insectos coprófagos (Figura 9; $F = 0.75$; d.f. = 1; $P = 0.394$). La similitud de las tasas de emisión de CO₂ a las 24 horas de exposición demuestra que la acción de los coleópteros coprófagos existentes en la finca de referencia (Finca El Regueral) no es suficiente para disgregar y enterrar el excremento suficiente para que se observe una reducción en dicha emisión.

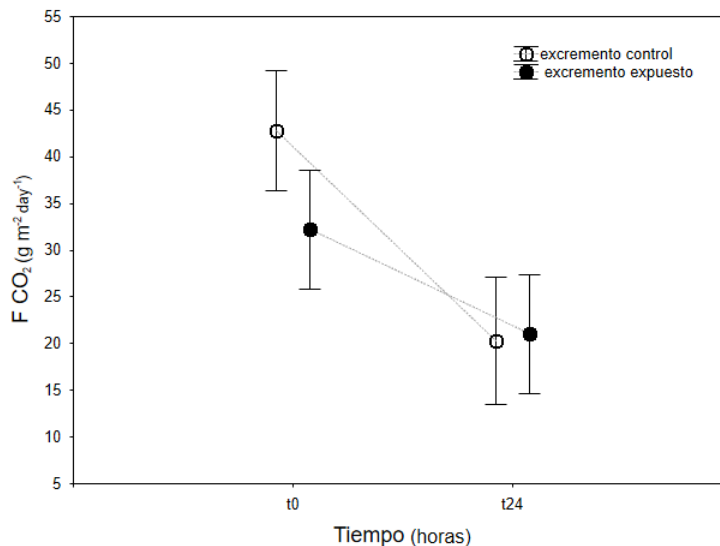


Figura 9. Tasa de emisión de CO₂ de los excrementos del ganado en condiciones de exposición y exclusión de fauna coprófaga.

Respecto a la emisión de CH₄, los resultados obtenidos son similares a los obtenidos con el CO₂ (Figura 10; $F = 0.36$; d.f. = 1; $P = 0.555$). La fauna coprófaga tampoco es suficiente para airear los excrementos mediante su acción disgregadora y de enterramiento para hacer disminuir la tasa de emisión de metano de los excrementos después de 24 horas. La disminución de la emisión del metano se debe únicamente a la desecación del excremento por la radiación solar.

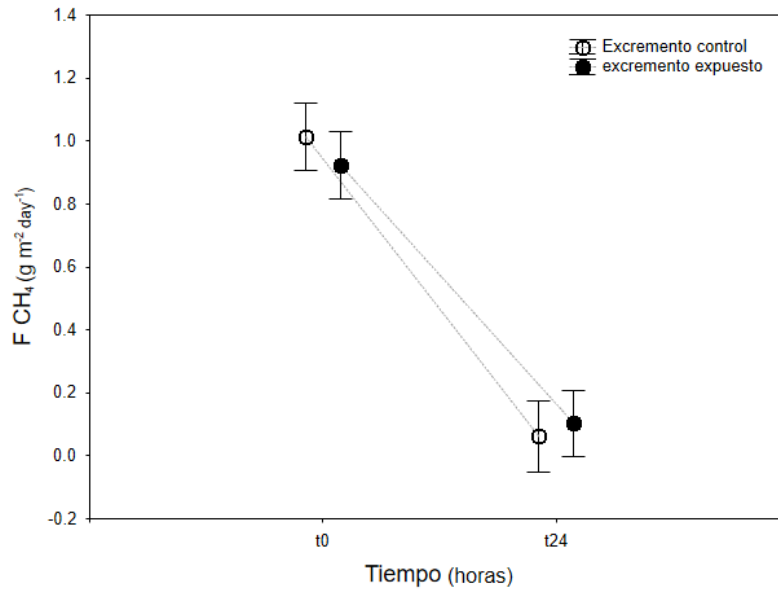


Figura 10. Tasa de emisión de CH₄ de los excrementos del ganado en condiciones de exposición y exclusión de fauna coprófaga.

DISCUSIÓN GENERAL

Los resultados obtenidos muestran en general una biodiversidad de coleópteros coprófagos muy baja, así como de sus poblaciones. La selección de los dos tipos de categoría de las fincas en función del tipo de saneamiento animal en lo que respecta a los antiparasitarios utilizados ha mostrado que las fincas con uso de ivermectina prolongado en el tiempo (fincas rojas) presentan menor número de especies, poblaciones más reducidas y un reparto de los grupos funcionales y taxonómicos más desproporcionado (Figura 11). No obstante, aunque se observa una mayor diversidad en las “fincas verdes”, podemos observar que están lejos de considerarse ensambles de coleópteros coprófagos bien establecidos. Tanto la riqueza de especies como el número de individuos de las especies por excremento distan mucho de lo que debería encontrarse en unas condiciones saludables de conservación del ecosistema. Para comprobar este deterioro y empobrecimiento, podemos comparar la diversidad y estado poblacional con las obtenidas en un estudio anterior realizado en Quirós (Asturias) en 2014 por el equipo de investigación, bajo la coordinación de la Dra. Rocío Rosa García del SERIDA (ver Anexo II). En este estudio realizado en un área caracterizada por el uso moderado de ivermectina, se observaron un total de 35 especies de coleópteros coprófagos superando notablemente el número de especies y el número de individuos por excremento observado en el presente estudio.

Uno de los resultados que demuestran el efecto negativo del uso rutinario y preventivo de antiparasitarios alopáticos, especialmente de ivermectina, durante los últimos 20-30 años, es la desaparición y disminución de las poblaciones de las especies pertenecientes a la familia Scarabaeidae. En un buen estado de conservación, lo esperable sería encontrar buenas poblaciones de varias especies de *Onthophagus*. Sin embargo, en las fincas estudiadas se ha podido comprobar que las pocas especies que han sido observadas presentan poblaciones muy depauperadas. Uno de las causas de que sean las especies de la familia Scarabaeidae unas de las más susceptibles a verse perjudicadas por la toxicidad de la ivermectina, y de otros compuestos alopáticos, es que presentan reducción ovárica, por lo que en lugar de presentar un par de ovarios con numerosas ovariolas, como es característico de los Aphodiidae, las especies pertenecientes a la familia Scarabaeidae presentan un solo ovario con una sola ovariola, lo que implica una tasa de reproducción reducida.

En el área de estudio, por lo tanto, se han observado dos de los indicadores más evidentes del efecto a largo plazo del uso de antiparasitarios alopáticos altamente tóxicos, como son la reducción poblacional primero y, posteriormente, la extinción local de las especies más susceptibles.

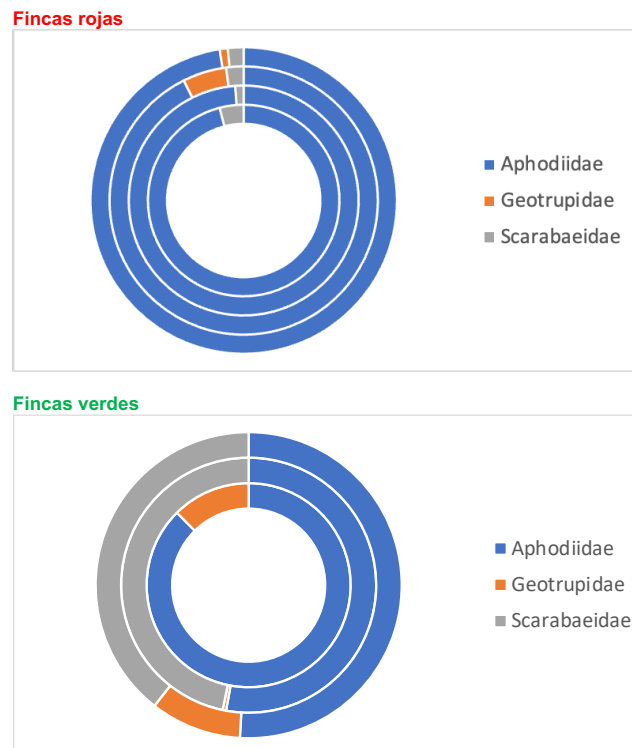


Figura 11. Composición proporcional de cada una de las familias de coleópteros coprófagos observados en las denominadas "fincas rojas" (con uso de ivermectina) y "fincas verdes" (sin uso de ivermectina).

La deficiente diversidad de coleópteros coprófagos observada explica que las tasas de degradación del excremento hayan sido extremadamente bajas, lo que conlleva unas implicaciones ecosistémicas y ambientales muy negativas. Es conocida la función de los coleópteros coprófagos como disgregadores, enterradores y dispersores de excremento, según el grupo funcional, pero además hay que destacar su papel en el aireamiento del suelo, la dispersión secundaria de semillas, la incorporación de nutrientes a distintas profundidades, la disminución de huevos de ectoparásitos (dípteros principalmente) y endoparásitos (nemátodos principalmente), disminución en la emisión de gases de efecto invernadero por los excrementos del ganado, entre otras. Por lo tanto, la disminución de sus poblaciones y la extinción local de sus especies puede tener repercusiones muy perjudiciales en el estado de salud del agroecosistema. Las tasas de degradación de los excrementos en las “fincas rojas” han sido entre el 1.9 al 4.3%, y entre el 5.0 y el 6.4% en las “fincas verdes”, lo que significa que, en todos los casos, el porcentaje de excremento que queda en la superficie del suelo sin degradar es superior al 90% (ver Figura 12). Resulta ser una tasa de degradación extremadamente baja comparada con las observadas en otros estudios que hemos realizado en áreas de montaña del norte peninsular, incluso en áreas con alta influencia de uso de ivermectina en las que las tasas de degradación eran por lo general superiores al 15% (P.N. Picos de Europa; P.N. Ordesa y Monte Perdido; Verdú 2019, Verdú *et al.* 2021).



Figura 12. Fotografía cenital en la que se observa la notable acumulación de excrementos “momificados” sin degradar en el pastizal.

CONCLUSIÓN

El estado de conservación actual de las fincas ganaderas estudiadas desde el punto de vista del estado de salud de la comunidad coprófaga es muy deficiente. Existen diferencias en la diversidad entre las denominadas “fincas rojas” y “fincas verdes” por lo que es evidente que el uso de la ivermectina durante años ha producido una acelerada pérdida de biodiversidad que ha ido en detrimento del buen funcionamiento del agroecosistema. Este resultado se hace aun más patente si realizamos la comparación con el ensamble de coleópteros coprófagos modelo (Anexo II) que nos ha servido como referencia para este estudio. La baja diversidad encontrada se correlaciona con las extremadamente bajas tasas de degradación del excremento del ganado, así como las elevadas tasas de emisión de gases de efecto invernadero (CO₂ y CH₄) emitidos por los excrementos del ganado.

La ausencia de numerosas especies esperables pertenecientes a la familia Scarabaeidae y Geotrupidae, en algunas de las fincas, y el estado actual de sus poblaciones, pone de manifiesto que el uso de ivermectina, y otros compuestos alopáticos de alta toxicidad, pueden ser los responsables del estado depauperado de la comunidad coprófaga estudiada. Se han detectado especies que pueden servir de indicadores de calidad del agroecosistema (e.g. *Copris lunaris*, *Onthophagus stylocerus*, *Trypocopris pyrenaeus*), y como tales, podrían ser utilizadas como bioindicadores en un futuro proyecto de “Recuperación y seguimiento de la biodiversidad de la comunidad coprófaga en las Reservas de la Biosfera” estudiadas.

El aspecto más positivo del estudio ha sido el gran interés y participación de los ganaderos de la ARML. Los ganaderos de las fincas estudiadas eran conscientes del problema que ha causado el uso de fármacos veterinarios ecotóxicos en los conocidos comúnmente como “escarabajos peloteros”, y la repercusión que tiene su disminución y desaparición en la calidad del pasto y en general del agroecosistema. Algunos de ellos, desde hace unos pocos años, han eliminado del tratamiento rutinario el uso de la ivermectina y aunque aún es muy pronto para sacar conclusiones robustas, las fincas donde tienen su ganado servirán de testigo de los cambios que se produzcan en los próximos años. Todos los ganaderos con los que hemos trabajado estuvieron muy interesados en realizar un seguimiento del estado de conservación de la comunidad coprófaga que de manera simplificada pudieran realizar ellos mismos con la supervisión de los investigadores. Por lo tanto, considerando los resultados obtenidos y conociendo la sensibilidad de los ganaderos se hace necesaria la realización de un proyecto de seguimiento que permita establecer las medidas a adoptar para evitar primero la pérdida de diversidad y calidad del agroecosistema, y segundo, recuperar las poblaciones de

las especies de coleópteros coprófagos que han sufrido los efectos ecotóxicos de los residuos de los fármacos veterinarios utilizados en las últimas tres décadas.

RECOMENDACIONES y PROPUESTAS

Ante las evidencias científicas observadas de que los compuestos alopáticos altamente ecotóxicos, especialmente la ivermectina por su uso generalizado, provocan un serio riesgo para la biodiversidad y el medio ambiente, deben adoptarse las medidas de vigilancia y previsión necesarias para primero frenar el daño causado por esta mala *praxis* y segundo para recuperar la biodiversidad perdida y restaurar los servicios ecosistémicos que los grupos de animales y plantas afectados desempeñaban antes del impacto.

En líneas generales se propone:

1. Fomentar la ganadería extensiva con razas autóctonas adaptadas al agroecosistema

Es necesario realizar un modelo zootécnico que se fundamente en el pastoreo rotacional o móvil que evite el sobrepastoreo de zonas concretas. Estas acciones contribuyen a una disminución en el uso de fármacos antiparasitarios alopáticos. En el presente proyecto hemos trabajado con la ARML cuyo fundamento es recuperar a la raza Mantequera Leonesa, por lo que se trata de un comienzo idóneo para aplicar las propuestas que puedan mejorar el estado actual del agroecosistema estudiado.
Agentes involucrados: ganaderos y administración.

2. Uso racional de antiparasitarios alopáticos

Se recomienda eliminar el uso de la ivermectina y otros compuestos alopáticos de elevada toxicidad de modo rutinario, periódico y preventivo. El uso de estos compuestos debe quedar limitado a casos particulares e indicados tras una diagnosis previa de parasitosis observada por el veterinario. En estos casos, los animales desparasitados con compuestos alopáticos ecotóxicos deben estabularse durante el tiempo de eliminación de los residuos ecotóxicos y sus excrementos controlarse para evitar que puedan estar disponibles por la fauna coprófaga.

La limitación y control del uso de antiparasitarios alopáticos ecotóxicos debe realizarse a todo el ganado del área de interés, incluido el ovino, equino, caprino, etc., ya que los coleópteros coprófagos explotan los excrementos de todos ellos y

por lo tanto igualmente liberan residuos tóxicos en sus heces que pueden llegar a la cadena trófica.

Además, desde un punto de vista geográfico, es relevante considerar el efecto de la matriz del paisaje en el contexto del tipo de saneamiento animal. Brevemente, el efecto de las fincas circundantes a una finca concreta, en lo que respecta a la diversidad de la comunidad de insectos coprófagos, es muy importante, por lo que no sería muy efectivo que una finca ganadera implemente un saneamiento libre de residuos ecotóxicos si las fincas circundantes y dominantes en el paisaje no lo hacen del mismo modo.

Agentes involucrados: ganaderos, veterinarios y administración (dado que estamos en Reservas de la Biosfera debería controlarse el uso de compuestos médico-veterinarios que están afectando directamente a la Biodiversidad).

3. Realización de pruebas coproparasitológicas de control de posibles parasitosis en el ganado.

Estas pruebas deben ser como mínimo bianuales (antes de cada periodo de saneamiento) y realizadas por un laboratorio certificado. Las muestras fecales son fáciles de recoger y pueden ser enviadas en condiciones controladas para su análisis. Esto permitirá hacer un manejo dirigido a cada situación concreta y a medio-largo plazo realizar una mejora genética con aquellos descendientes que muestren una mejor resistencia a las parasitosis observadas.

A modo de ejemplo, hemos realizado pruebas coproparasitológicas en todas las fincas estudiadas (ver Anexo III). Hemos podido comprobar que, en todas las fincas estudiadas, el ganado no presenta niveles de parásitos que requieran un tratamiento de desparasitación, por lo que no se justifica la necesidad de realizar desparasitaciones convencionales preventivas, tal y como se viene haciendo de manera rutinaria y periódica.

Agentes involucrados: ganaderos, veterinarios y administración (la administración podría dar ayudas para cubrir los gastos de estos análisis, que no representan un elevado coste, y pueden tener una elevada repercusión positiva dentro de las Reservas de la Biosfera).

4. Utilización de compuestos antiparasitarios derivados de extractos de plantas (Fitoterapia).

Existen compuestos derivados de plantas alternativos al uso de los compuestos alopatícos de alta toxicidad. La mayoría de ellos se comercializan de diversas maneras (bloques de sal, suplemento alimenticio en microgranulado, tinturas madre, etc.). Actualmente algunos de ellos, como es el caso del timol, el carvacrol, el

cinamaldehído, y los componentes principales del aceite de ajo, se están analizando para conocer su posible ecotoxicidad hacia los coleópteros coprófagos, pudiendo conocerse muy pronto su inocuidad hacia este grupo de insectos. Estos compuestos que se suelen utilizar como suplemento alimenticio ayudan a controlar los ectoparásitos y endoparásitos. No obstante, como se indicó en el punto 1, en caso de que fuera necesario, se podría realizar un tratamiento curativo con compuestos alopáticos a aquellos animales que se les diagnostique una parasitosis, siempre que se realice de manera controlada evitando que los residuos tóxicos lleguen a la fauna coprófaga.

Agentes involucrados: ganaderos y veterinarios.

5. Realización de investigación sobre el estado y seguimiento de la Biodiversidad del suelo en fincas ganaderas en Reservas de la Biosfera.

En la Red de Reservas de la Biosfera, así como en la de Parques Nacionales, es necesario que todas las actividades ganaderas que se desarrollan dentro de sus áreas de naturales protegidas promuevan la conservación de la biodiversidad, y por lo tanto se sugiere:

5.1. Promover desde la OAPN la investigación de los efectos de los productos médico-veterinarios potencialmente ecotóxicos administrados al ganado en las áreas naturales protegidas.

El equipo de investigación que presenta este informe tiene evidencias sobre la pérdida de biodiversidad en varios Parques Nacionales y Reservas de la Biosfera debido al uso de antiparasitarios altamente ecotóxicos. Este grave problema medioambiental debería ser investigado en el resto de Parques Nacionales, al igual que en el resto de Reservas de la Biosfera con ganadería extensiva ya que se desconoce el alcance actual de los efectos producidos por el uso de los antiparasitarios alopáticos ecotóxicos.

5.2. Realizar proyectos de investigación del estado y el seguimiento de la biodiversidad del suelo.

Con la información necesaria y realizando talleres de capacitación se pueden implementar pruebas de seguimiento mediante el uso de bioindicadores contrastados por los investigadores en el campo. Algunas de estas pruebas han sido puestas a punto en las fincas ganaderas estudiadas por el equipo de investigación, llegando a establecer unas fichas preliminares de evaluación rápida y diagnóstico del estado de conservación de la fauna coprófaga. Dichas fichas son simplificaciones que se correlacionan correctamente con los trabajos de campo realizados y se pretende que,

con una capacitación sencilla, el personal no especializado en la investigación del grupo, como por ejemplo los ganaderos, la guardería de las áreas naturales protegidas, los veterinarios, los agentes forestales, etc., puedan realizar dichas evaluaciones de una manera relativamente sencilla y rápida. En el Anexo IV se adjunta una metodología preliminar que próximamente podría ser utilizada como una herramienta de evaluación y gestión en las fincas ganaderas estudiadas y en otras pertenecientes a la ARML de las que conocemos el interés de los ganaderos en realizar el estudio. Obviamente, la ficha que se adjunta sólo está adaptada a la composición faunística de la zona de estudio, por lo que en cada región biogeográfica debería adaptarse una ficha diferente.

Agentes involucrados: administración.

6. Exigir cambios en las fichas técnicas de los compuestos médico-veterinarios comercializados que contengan ivermectina.

Las evidencias científicas ya publicadas sobre la ecotoxicidad de la ivermectina hacia la fauna coprófaga y el riesgo medioambiental que supone su uso son más que suficientes para que la Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios (AEMPS) modifique la información recogida en las fichas técnicas de los más de 70 fármacos comercializados en España que contienen esta molécula. A modo de ejemplo, de los cuatro fármacos que sabemos que son utilizados en las fincas ganaderas estudiadas (IVOME[®], VIRBAME[®], EQVALAN[®], y CLOSAMECTIN[®]), sólo en la ficha técnica de uno de ellos (CLOSAMECTIN[®]) se hace mención al efecto negativo hacia los insectos del estiércol, aunque dicha información sigue siendo vaga e incompleta.

El veterinario y el ganadero deben conocer todos los detalles técnicos sobre los efectos negativos de la ivermectina, problemas de resistencia, ecotoxicidad, bioacumulación en insectos coprófagos, perdurabilidad en el suelo, etc. Dicha información es necesaria para informar de su impacto negativo en su uso como tratamiento preventivo y que, aun limitando su uso a tratamientos curativos, estos deben realizarse cumpliendo los tiempos de espera para que el excremento quede libre de residuos de ivermectina y que, durante este proceso, los animales tratados deban estar confinados adecuadamente para que los excrementos no estén disponibles para los insectos coprófagos.

Agentes involucrados: administración.

7. Aplicación de la normativa sobre protección medioambiental.

La Ley 1246/2008, de 18 de Julio, por la que se regula el procedimiento de autorización de los medicamentos veterinarios fabricados industrialmente, obliga a

que las fichas técnicas de dichos fármacos incluyan las medidas a aplicar para evitar impactos medioambientales. Asimismo, considerando la aplicación del Principio de Responsabilidad Medioambiental, que contempla el Real Decreto 1/2015, las empresas farmacéuticas que comercializan con fármacos que contienen ivermectina no están cumpliendo la obligación de garantizar la seguridad medioambiental. Son las empresas las que en el momento de la autorización de la producción y la comercialización del fármaco deben realizar los estudios pertinentes sobre los potenciales efectos negativos de los principios activos del fármaco hacia el medio ambiente.

A nivel europeo, la Unión Europea en la Directiva 2009/9/EC (*COMMISSION DIRECTIVE 2009/9/EC of 10 February 2009 amending Directive 2001/82/EC of the European Parliament and of the Council on the Community code relating to medicinal products for veterinary use*), así como en el reciente Reglamento (UE) 2019/6, se requieren evaluaciones de riesgo ambiental para todos los fármacos veterinarios, así como la obligación de realizar pruebas farmacológicas, toxicológicas y de residuos y seguridad de todos los fármacos veterinarios, y la obligación de tener en cuenta las recomendaciones científicas de la Agencia Europea de Medicamentos (EMA) para minimizar el riesgo de contaminación cruzada y diseminación de estos productos en el medio ambiente y la transmisión no intencionada a animales no objetivo.

A pesar de estas normativas, en la actualidad, el daño ambiental que se ha producido en el agroecosistema después de más de 20-30 años de uso de fármacos antiparasitarios ecotóxicos, como la ivermectina, es extremadamente grave, como se ha podido constatar en las fincas ganaderas estudiadas, así como en otras áreas naturales protegidas de España. Dada la gravedad del problema, no podemos esperar a que dichas fichas técnicas se actualicen adecuadamente conforme a los avances científicos publicados. Por lo que se hace necesaria de manera urgente una iniciativa de farmacovigilancia dentro de los límites de las áreas naturales protegidas y especialmente en las Reservas de la Biosfera y los Parques Nacionales de España.

Agentes involucrados: administración.

El presente estudio ha sido financiado por el OAPN del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

Los investigadores agradecen la gran ayuda prestada por todos los ganaderos miembros de la Asociación para la recuperación de la raza bovina Mantequera Leonesa, especialmente a Benedicto González Yagüe.

Informe final OAPN1-22I

Firmado:

Alicante, 19 de septiembre de 2022

José R. Verdú (coordinador)

Anexo I. Ubicación de las fincas ganaderas de estudio.

1. La Vega de Pobladura de Sena:

Latitud: 42°55'18.11"N

Longitud: 5°55'53.60"O



2. La Bueriza:

Latitud: 42°58'5.39"N Longitud: 6°10'56.83"O



3. *Fasgarón (Murias de Paredes)*:

Latitud: 42°51'56.70"N

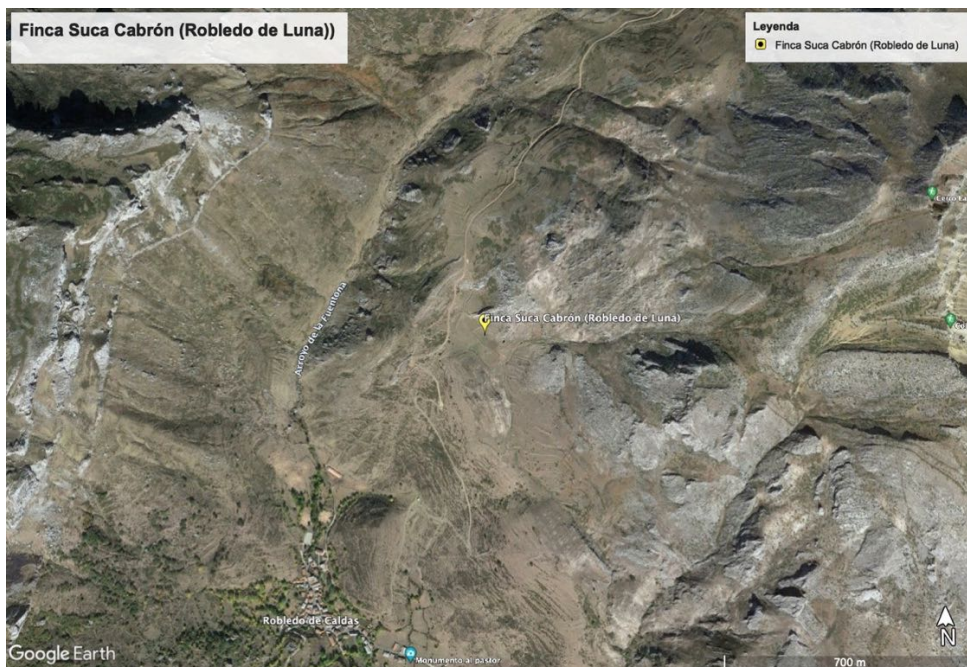
Longitud: 6°14'2.17"O



4. *Suca Cabrón (Robledo de Luna)*:

Latitud: 42°56'41.46"N

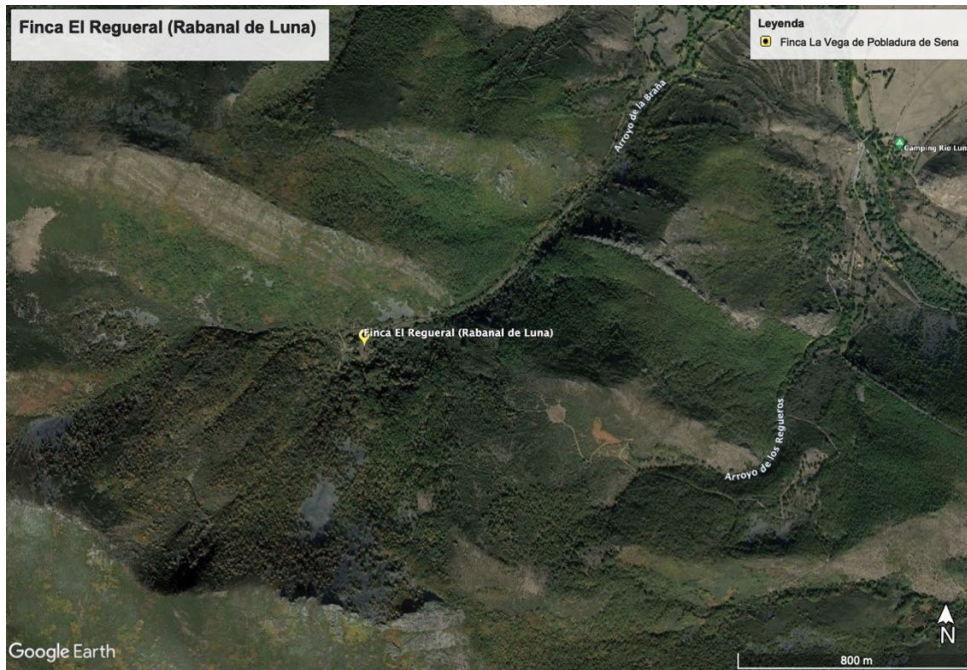
Longitud: 5°54'29.14"O



5. *El Regueral (Rabanal de Luna)*:

Latitud: 42°54'54.21"N

Longitud: 5°59'2.06"O



6. *Monte del Bosque (Valdealcón-Gradefes)*:

Latitud: 42°40'15.79"N

Longitud: 5°16'35.86"O



7. Peña del Gato (Brañuelas):

Latitud: 42°39'0.88"N

Longitud: 6°14'6.98"O



Anexo II. Listado de especies de coleópteros coprófagos y relación individuos/trampa obtenidos en un ensamble modelo de referencia. Localidad: Quirós (Asturias)

Especies	N/trampa
Aphodiidae	
<i>Acrossus depressus</i>	2.2
<i>Acrossus rufipes</i>	18.7
<i>Agolius bonvouloiri</i>	2.4
<i>Agrilinus ater</i>	1.0
<i>Amidorus obscurus</i>	6.9
<i>Ammoecius frigidus</i>	1.0
<i>Aphodius fimetarius</i>	1.0
<i>Aphodius foetidus</i>	1.0
<i>Bodilopsis rufa</i>	1.2
<i>Calamosternus granarius</i>	1.0
<i>Colobopterus erraticus</i>	1.0
<i>Esymus pusillus</i>	1.0
<i>Euorodalus coenosus</i>	1.0
<i>Oromus alpinus</i>	1.7
<i>Otophorus haemorrhoidalis</i>	5.6
<i>Parammoecius corvinus</i>	1.0
<i>Planolinoides borealis</i>	6.5
<i>Rhodaphodius foetens</i>	1.0
<i>Teuchestes fossor</i>	2.8
<i>Volinus sticticus</i>	1.0
Geotrupidae	
<i>Anoplotrupes stercorosus</i>	1.0
<i>Geotrupes stercorarius</i>	1.0
<i>Trypocropris pyrenaicus</i>	2.3
<i>Typhaeus typhoeus</i>	1.0
Scarabaeidae	
<i>Caccobius schreberi</i>	1.0
<i>Copris lunaris</i>	1.0
<i>Euoniticellus fulvus</i>	1.0
<i>Onthophagus coenobita</i>	3.2
<i>Onthophagus fracticornis</i>	1.0
<i>Onthophagus illyricus</i>	1.1
<i>Onthophagus ovatus</i>	14.3
<i>Onthophagus similis</i>	4.3
<i>Onthophagus stylocerus</i>	1.0
<i>Onthophagus taurus</i>	6.0
<i>Onthophagus vacca</i>	1.0

Anexo III. Examen coproparasitológico cuantitativo (Mc Master) de las fincas ganaderas estudiadas.

Finca ganadera	Fecha	Resultado
La Vega de Pobladura y Sena		
Muestra 1	30/07/22	Negativo
Muestra 2	30/07/22	15 huevos de strongílidos/g
Muestra 3	30/07/22	15 huevos de paramfistómidos/g
La Bueriza (Lago de Babia)		
Muestra 1	29/07/22	Negativo
Muestra 2	29/07/22	Negativo
Muestra 3	29/07/22	Negativo
Fasgarón (Murias de Paredes)		
Muestra 1	28/07/22	Negativo
Muestra 2	28/07/22	15 huevos de strongílidos/g
Muestra 3	28/07/22	Negativo
Suca Cabrón (La Vega de Robledo)		
Muestra 1	30/07/22	Negativo
Muestra 2	30/07/22	Negativo
Muestra 3	30/07/22	Negativo
El Regueral (Rabanal de Luna)		
Muestra 1	29/07/22	Negativo
Muestra 2	29/07/22	Negativo
Muestra 3	29/07/22	Negativo
Monte del Bosque (Valdealcón-Gradefes)		
Muestra 1	31/07/22	Negativo
Muestra 2	31/07/22	Negativo
Muestra 3	31/07/22	Negativo
Finca Peña del Gato (Brañuelas)		
Muestra 1	28/07/22	Negativo
Muestra 2	28/07/22	Negativo
Muestra 3	28/07/22	Negativo

Límite de detección: 15 huevos/g de nematodos, trematodos o cestodos; 50 ooquistes de coccidios/g.

Valores de referencia orientativos (strongílidos): infestación baja: <50; moderada: 50-500; alta: >500.

Anexo IV. Protocolo para el estudio del seguimiento de la biodiversidad y del estado de salud del ensamble de coleópteros coprófagos en agroecosistemas de ganadería extensiva en las Reservas de la Biosfera cantábricas

1. Categorización del ensamble de especies y su diversidad funcional a partir de niveles de actividad funcional, presencia y abundancia de especies indicadoras.

- 1.1. Se utilizará una ficha modelo adaptada a la composición de especies del ensamble del área de estudio. Para ello, contamos con la experiencia previa del equipo de investigación gracias a los numerosos estudios de biodiversidad y biogeografía realizados. No obstante, las especies indicadoras se validarán por los investigadores en el campo para asegurarnos de su inclusión en el ensamble.
- 1.2. Se seleccionarán de 10 a 30 excrementos de ganado vacuno con al menos 24 h de exposición y un máximo de 72 h (en cada caso se explicará cómo identificar los excrementos dentro de ese rango de tiempo desde la deposición).
- 1.3. En primer lugar, se realizará una fotografía cenital con una escala determinada (Figura 1). Se identificarán y contarán el número de montones de tierra, tanto en los bordes como en el interior del contorno del excremento. La información se anotará en la tabla adjunta.
- 1.4. A continuación, se dará vuelta al excremento y se anotará el número de galerías (ver Figura 2) siguiendo las indicaciones de la ficha que se adjunta (Figura 3). Con base en esta información se le adjudicará un nivel cualitativo de actividad funcional al excremento.
- 1.5. Durante el taller científico-técnico de formación se recogerán en un bote de colecta todos los ejemplares de coleópteros coprófagos para identificarlos siguiendo las indicaciones simplificadas de la ficha modelo. Una vez realizado el taller, e identificadas las especies, los evaluadores podrán utilizar las fichas de las especies para su identificación en el campo (se adjuntan fichas modelo de identificación de dos especies: Figuras 4 y 5).
- 1.6. Por último, el evaluador dará para cada excremento una categoría de calidad en lo que respecta a la diversidad funcional observada y la


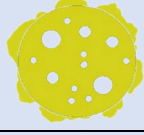
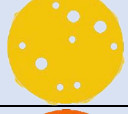


abundancia y presencia de las especies indicadoras. Las abundancias se indicarán utilizando letras mayúsculas en el caso de abundancias por encima del promedio de referencia y minúsculas cuando las abundancias observadas sean inferiores a los promedios usados como referencia (ver Tabla1). Por ejemplo, un excremento con actividad funcional media podría indicarse de diversas maneras en función de las abundancias observadas: 3C+D+E; 3c+D+E; 3c+d+e, etc.

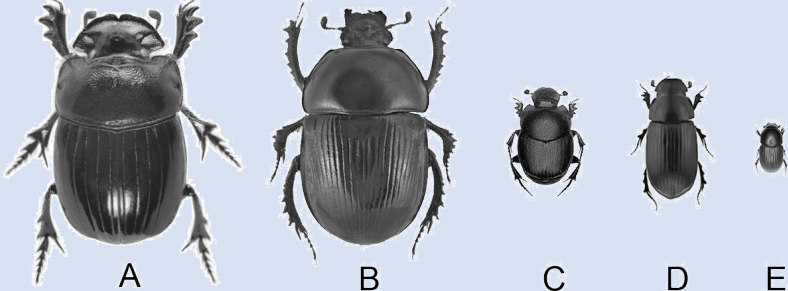


Figura 1. Fotografía cenital de un excremento de vaca expuesto entre 24 y 48 horas.



Figura 2. Fotografía de un excremento de vaca en el que se observan los orificios de enterramiento producidos por diversas especies de coleópteros coprófagos.

Actividad funcional	Descripción	Vista excremento + suelo	Coleópteros
Óptima (4)	Actividad enterradora muy alta por escarabajos grandes (> 1 cm orificios) + medios-pequeños (1 cm > orificios > 0,5 cm) + pequeños (orificios < 0,5 cm) + endocópridos talla mediana y pequeña abundantes que provocan elevada disgregación horizontal.		A + B + C + D + E
Alta (3)	Actividad enterradora alta por escarabajos grandes (> 1 cm orificios) + medios-pequeños (1 cm > orificios > 0,5 cm) + pequeños (orificios < 0,5 cm) + endocópridos talla mediana y pequeña abundantes que provocan elevada disgregación horizontal.		B + C + D + E
Media (2)	Actividad enterradora por especies de media-pequeña talla (1 cm > orificios > 0,5 cm) + pequeña talla (orificios < 0,5 cm) + escarabajos endocópridos de mediana y pequeña talla que provocan imperceptible disgregación horizontal.		C + D + E
Baja (1)	Actividad endocóprida únicamente por escarabajos de mediana talla (orificios < 0,5 cm) + escarabajos endocópridos de pequeña talla que no provocan disgregación horizontal.		D + E
Sin actividad (0)	No se detectan orificios en el suelo ni en el excremento. Excremento intacto.		∅



A B C D E

Figura 3. Ficha modelo para la determinación del nivel de actividad funcional y estado de salud del ensamble de coleópteros coprófagos adaptada al ensamble de las Reservas de las Biósfera cantábricas.

Tabla 1. Modelo de tabla para la toma de datos de campo.

Referencia finca:

Fecha:

Hora:

Excreta nº	Conteo galerías¹	Nivel actividad funcional²	Coleópteros³	Observaciones⁴

¹ Indicar número de galerías excavadas de cada tamaño siguiendo las descripciones de la ficha modelo.² Indicar el nivel (óptima-alta-media-baja-sin actividad).³ Indicar el número de individuos encontrados dentro de cada nivel de indicador (A-E).⁴ Indicar el número de fotografía si corresponde.

2. Análisis de la degradación del excremento (a realizar por el equipo de investigación).

Se depositarán en el suelo 6 muestras de excrementos de 1.2 kg separadas 5-10 metros entre ellas. Al mismo tiempo se colocarán 6 muestras de excremento (muestras control) cubiertas con una malla de nylon que evitará la colonización de insectos a la muestra. Las muestras descubiertas serán colonizadas por la comunidad coprófaga de cada área de estudio permitiendo la degradación natural del excremento y su incorporación al suelo. Pasados 15 días se recogerán todas las muestras y en el laboratorio se desecarán en estufas a 80 °C durante 72 h para deshidratarlas. Transcurrido este tiempo se procederá a pesar en una balanza la masa de excremento final para calcular el porcentaje de excremento intacto que no fue disgregado ni enterrado.

Geotrupes stercorarius (Linnaeus, 1758)

Descripción: escarabajo cavador de talla grande (1,5–2,6 cm) con elevada capacidad enterradora de excremento. Excava de tres a cuatro galerías en las que entierra unos 30-50 g de excremento/galería compactado de forma cilíndrica (3 cm diámetro/10 cm largo). Especies parecidas para comparar: *Geotrupes ibericus*. Otras especies relacionadas: *Trypocopris pyrenaeus*, *Anoplotrupes stercorosus*.



Tamaño real

Figura 4. Ejemplo de ficha de identificación de *Geotrupes stercorarius*.

Coprimorphus scrutator (Herbst, 1789)

Descripción: escarabajo endocóprido de talla grande (1,0–1,5 cm) dentro de los afodinos. Suele realizar galerías en los excrementos fáciles de identificar por su diámetro y suelen encontrarse en la base de los excrementos o enterrados en los 2 primeros centímetros del suelo junto con excremento disgregado. La puesta la realizan en la interfase excremento-suelo sin realizar galerías bien definidas. Especies parecidas para comparar: *Rhodaphodius foetens*. Otras especies relacionadas: *Aphodius fimetarius*.



Tamaño real

Figura 5. Ejemplo de ficha de identificación de *Coprimorphus scrutator*.

