

Convocatoria de ayuda a proyectos de investigación liderados por jóvenes investigadores (5ª ed., 2015)

1. Datos de identificación.

Título de la propuesta	Efecto del manejo ganadero en la diversidad y los servicios ecosistémicos proporcionados por los escarabajos coprófagos
Categoría	Consolidando la investigación
Nombre y apellidos del Beneficiario	Ana Margarida Coelho dos Santos
Datos de contacto: e-mail y teléfono	ana.margarida.c.santos@gmail.com ; 652246247
Departamento/Instituto/Grupo de Investigación/Otros	Dpto. Ciencias de la Vida (U.D. Ecología), Universidad de Alcalá
Dirección, código postal, provincia	Dpto. Ciencias de la Vida (U.D. Ecología), Facultad de Biología, Ciencias Ambientales y Química, Universidad de Alcalá, 28805 Alcalá de Henares, Madrid

2. Memoria Técnica. Actividades y resultados de investigación

2.1. Introducción (Planteamiento, objetivos y justificación)

Una de las grandes cuestiones actuales en ecología y conservación es entender cómo el cambio global puede afectar a la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. La intensidad del uso y el tipo de manejo del suelo pueden disminuir la diversidad y con ello las funciones desempeñadas por las especies excluidas de los hábitats alterados, con la consiguiente reducción en los servicios ecosistémicos. Los escarabajos coprófagos se alimentan de excremento, y al enterrarlo contribuyen a la mineralización, aireación y disponibilidad de nutrientes del suelo, por lo que son importantes actores en el funcionamiento de los ecosistemas.

En este proyecto se ha evaluado el efecto de la intensidad del uso ganadero sobre la diversidad de estos escarabajos y su eficiencia en el enterramiento del excremento en tres países pertenecientes a dos regiones biogeográficas (Brasil, España y Portugal). Más concretamente se pretendía evaluar varias hipótesis:

1. La intensidad del manejo ganadero afecta negativamente la diversidad (abundancia, biomasa, diversidad funcional y riqueza de especies) de las comunidades de escarabajos coprófagos;
2. La tasa de enterramiento de excremento por parte de los escarabajos coprófagos varía con la intensidad del manejo ganadero;
3. La abundancia, biomasa, diversidad funcional y riqueza de especies de escarabajos coprófagos está directamente relacionada con las tasas de enterramiento de excremento;
4. Las relaciones entre intensidad de manejo, diversidad de escarabajos coprófagos y enterramiento de excremento varían entre zonas templadas y tropicales debido a las diferencias en el pool de especies disponibles

2.2. Descripción de la ejecución- Metodología

Este proyecto ha sido desarrollado en pastizales con distintos niveles de intensidad de manejo ganadero (exclusión – i.e. sin uso ganadero, extensivo – baja carga ganadera, e intensivo – elevada carga ganadera) en tres países de dos zonas biogeográficas distintas:

- a) Goiás (Brasil Central) – Trabajo de campo desarrollado en Enero/Febrero de 2016, con el apoyo de dos estudiantes locales y una investigadora de la Universidade de Goiás.
- b) Alcochete, Lisboa (Portugal) – Trabajo de campo desarrollado en Mayo de 2016, con el apoyo de un estudiante de doctorado y un investigador del Museo Nacional de Ciencias Naturales.
- c) Sierra de Madrid (España) – Trabajo de campo desarrollado en Mayo/ Junio de 2016, con el apoyo de un investigador del Museo Nacional de Ciencias Naturales y varios estudiantes.

Inicialmente sólo estaba previsto hacer trabajo de campo en España y Brasil, pero se ha incluido también Portugal en los muestreos debido a que surgió la posibilidad de muestrear en una localidad de la red LTER (*Long Term Ecological Research*) gestionada por el *Center for Ecology, Evolution and Environmental Changes* (cE3c) de la Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa). En cada área se seleccionó un (en Portugal) o dos (en Brasil y en España) puntos de muestreo por clase de intensidad de manejo, hasta un total de 13 réplicas.

La metodología de campo y laboratorio que ha sido perfeccionada a lo largo del proyecto. El trabajo de campo consistía en dos fases: a) medición de las tasas de remoción de

excremento (un *proxy* de las tasas de enterramiento) aplicándose un diseño experimental en campo; y b) muestreo de las comunidades de escarabajos coprófagos. La fase de laboratorio tenía 3 fases: a) medición del peso seco del excremento; b) identificación de los especímenes; y c) medición de rasgos morfológicos.

2.2.1. Metodología de campo

a) *Experimento para la medición de las tasas de remoción de excremento*

La medición de las tasas de remoción de excremento se hizo mediante unidades experimentales y de control. Estas últimas permiten medir la pérdida de excremento por evaporación, sin la intervención de los escarabajos coprófagos. Las unidades experimentales consistían en un balde enterrado en el suelo y rellenado con tierra (Fig. 1a), mientras que las unidades de control consistían en una estructura semejante, pero protegida por una malla plástica o de tela (Fig. 1b). En ambos tipos de unidades se colocaron 300 g de excremento de vaca como cebo. Además, se obtuvo un según control, que consistió en una muestra de 300 g de excremento llevada directamente al laboratorio para medir su peso seco (ver abajo).



Figura 1. Unidades experimental (A) y control (B) utilizadas para la medición de las tasas de remoción de excremento.

El diseño experimental consistió en un transecto de 450 metros por punto de muestreo, compuestos por 10 unidades experimentales y 5 unidades de control, separadas 50 metros (Fig. 2).

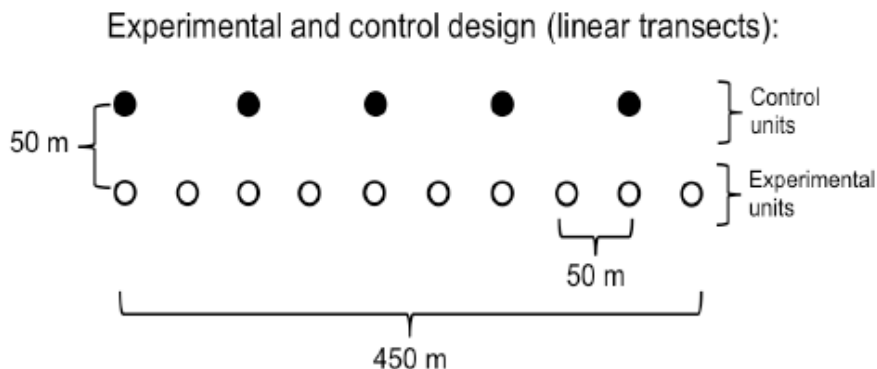


Figura 2. Diseño experimental. Los círculos blancos representan las unidades experimentales y los círculos negros las unidades de control.

Ambos tipos de unidades estuvieron expuestas a la acción de los escarabeidos de manera simultánea, a lo largo de un periodo de 48 horas, al cabo del cual se cuantificó el peso del excremento de las unidades control y el peso del excremento no removido en las unidades experimentales. Antes de proceder a esta medición, se retiraron cuidadosamente todos los pedazos de suelo o trozos de vegetación que pudieran estar pegados al excremento (Fig. 3); de esta manera se asegura que el peso final se corresponde solamente a excremento y no a otro material no deseado. Después, el excremento fue colocado en bolsas de papel y llevado al laboratorio para que medir su peso seco (ver abajo).



Figura 3. Limpieza del excremento después de su exposición durante 48 horas.

b) Muestreo de las comunidades de escarabajos coprófagos

El muestreo de las comunidades ocurrió justo después de la fase experimental. Para ello se instaló un transecto con 10 trampas de caída con cebo (Fig. 4a) en cada uno de los puntos de muestreo durante 48 horas. La disposición de las trampas fue la misma que la de las unidades experimentales (Fig. 2). Cada trampa consistió en un balde que se enterró al nivel del

suelo, y que se rellenó con agua, un poco de sal de cocina y un poco de jabón. Por encima de cada balde se colocó una malla que se sujetó al suelo, donde finalmente se colocaran 300 g de excremento de vaca. En el caso de los muestreos realizados en días lluviosos, se colocó una protección sobre la trampa (Fig. 4b), de manera a prevenir que el excremento se desintegrara y el líquido del interior del balde transbordara. Después de pasar el periodo de exposición, las trampas fueron recogidas y los especímenes encontrados han sido colocados en frascos con etanol (70-90%).



Figura 4. Trampas de caída sin (A) y con (B) protección contra la lluvia.

2.2.2. Metodología de laboratorio

a) Medición del peso seco del excremento

El excremento traído del campo fue colocado en un horno de laboratorio, y mantenido a una temperatura de 80°C durante 72 horas. Después de este periodo se pesó cada bolsa de excremento individualmente, restando el peso de la bolsa de papel.

b) Identificación de los especímenes

Todos los individuos pertenecientes a la familia Scarabaeidae (subfamilias Aphodiinae, Scarabaeinae y Geotrupidae) fueron identificados hasta el nivel de especie o morfoespecie. Esta parte del trabajo ha sido desarrollada en colaboración con especialistas de este grupo, más concretamente con Marcelo Pessoa y Cristina Araújo (ambos de la Universidade Federal de Goiás, Brasil), Fernando Vaz-de-Melo (Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil) y con Jorge Noriega y Joaquín Hortal, ambos del Museo Nacional de Ciencias Naturales (Madrid). Se creó una colección entomológica de referencia para cada país muestreado (Fig. 5).



Figura 5. Elaboración de la colección entomológica de escarabajos coprófagos de la Universidade Federal de Goiás (Brasil).

c) Medición de rasgos morfológicos

Para cada especie/morfoespecie se seleccionaron 10 individuos por unidad experimental. Para cada individuo se midieron nueve rasgos morfológicos relacionados con la remoción de excremento (ver fig. 6): longitud y ancho de la cabeza (HL y HW), del pronoto (PL y PW), altura del pronoto (PH), longitud del élitro (EL), longitud y ancho de las patas anteriores (pTL y pTW) y longitud de la pata posterior (mTL). Además, se midió la biomasa de esos 10 individuos, secándolos previamente a 80°C durante 72 horas.

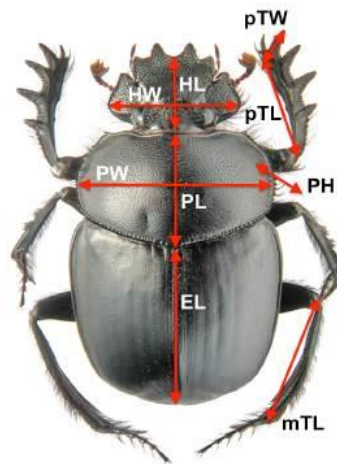


Figura 6. Ilustración de los rasgos medidos.

2.3. Resultados obtenidos (cumplimiento de objetivos)

El objetivo general de este proyecto era evaluar el efecto de la intensidad del manejo ganadero sobre la diversidad de escarabajos coprófagos y el servicio ecosistémico de enterramiento de excremento que estos proveen en dos regiones biogeográficas. Para alcanzar este objetivo era necesario ejecutar varias tareas, para las cuales se presenta una breve descripción y el estado actual de estas mismas.

1. Trabajo de campo en Brasil. Se han concluido todos los muestreos, estando ya disponibles los datos referentes al experimento de remoción de excremento. Esta tarea está concluida.
2. Trabajo de campo en la Península Ibérica. Se han concluido los muestreos en España, y se añadió un punto de muestreo más en Portugal. Están ya disponibles los datos referentes al experimento de remoción de excremento. Esta tarea sufrió algunos retrasos, ya que ha sido necesario retrasar las salidas de campo debido a las condiciones climáticas. Esta tarea está concluida.
3. Identificación de especímenes y mediciones de rasgos funcionales – Brasil. Todos los individuos han sido identificados y medidos. En total, se capturaron 887 individuos, pertenecientes a 14 especies, de las que se midieron 114 individuos (ver Tabla I). Esta tarea está concluida.

Tabla I. Listado de especies encontradas en Brasil y su abundancia. A se corresponde a la zona de Goiânia, Goiás (intensivo – latitud: 16°35'41.42"S, longitud: 49°17'10.31"O; extensivo – latitud: 16°36'10.61"S; longitud: 49°16'16.23"O), y B se corresponde a las localidades de muestreo de la zona de Nova Veneza, Goiás (intensivo – latitud: 16°19'35.44"S, longitud: 49°21'10.37"O; extensivo – latitud: 16°19'45.14"S; longitud: 49°21'40.34"O).

Especie	A - Intensivo	A - Extensivo	B - Intensivo	B - Extensivo
<i>Agamopus viridis</i>	0	14	0	1
<i>Canthidium aff. barbacenicum</i>	0	12	0	0
<i>Canthidium aff. lucidum</i>	1	34	6	6
<i>Canthidium aff. trinodosum</i>	0	0	0	1
<i>Canthidium sp. 2</i>	0	1	0	0
<i>Canthon lituratus</i>	1	42	0	0
<i>Dichotomius bos</i>	10	43	7	18
<i>Dichotomius carbonarius</i>	0	0	0	5
<i>Dichotomius cuprinus</i>	0	0	0	5
<i>Dichotomius dúvida</i>	0	0	2	11
<i>Dichotomius nesus</i>	0	4	0	3
<i>Digitonthofagus sp.</i>	9	84	0	0
<i>Onthophagus buculus</i>	3	128	0	0
<i>Trichillum externepunctatum</i>	1	432	0	3

4. Identificación de especímenes y mediciones de rasgos funcionales – Península Ibérica. Todos los individuos han sido identificados. En Portugal se capturaron 841 individuos, pertenecientes a 22 especies (ver Tabla II). En España se capturaron 4609 individuos, pertenecientes a 29 especies (ver Tabla III). Todavía no se han medido todos los individuos (aprox. 70% del total de la Península Ibérica ya están medidos), y esta es una tarea que sigue en ejecución. Este retraso se debe a que se han tenido problemas técnicos inicialmente no previstos con la lupa binocular utilizada para las mediciones, y que esa lupa está también siendo utilizada para otros proyectos, por lo que el tiempo disponible para utilizarla es limitado. Se estima que esta tarea estará terminada en Marzo de 2017.
5. Análisis de resultados. Tarea en ejecución. Como se describe abajo, los datos obtenidos en este proyecto van a hacer parte de un estudio a mayor escala y por ello todavía no tenemos todos los datos para el análisis. Se estima que esta tarea terminará en Junio/Julio de 2017.

Tabla II. Listado de especies encontradas en Portugal y su abundancia (latitud: 38°48'48.18"N; longitud: 8°48'03.73"W)

Especie	Intensivo	Extensivo	Exclusión
<i>Aphodius erraticus</i>	2	11	0
<i>Aphodius fimetarius</i>	4	279	4
<i>Aphodius foetidus</i>	8	0	0
<i>Aphodius granarius</i>	0	2	0
<i>Aphodius haemorrhoidalis</i>	8	0	0
<i>Aphodius ictericus</i>	0	1	0
<i>Aphodius lineolatus</i>	0	3	0
<i>Aphodius lividus</i>	1	0	0
<i>Aphodius plagiatus</i>	3	0	0
<i>Aphodius tersus</i>	12	5	0
<i>Bubas bison</i>	1	0	0
<i>Caccobius schreberi</i>	8	0	1
<i>Copris lunaris</i>	0	1	0
<i>Euoniticellus fulvus</i>	12	2	0
<i>Euoniticellus pallipes</i>	4	1	0
<i>Onitis belial</i>	1	0	0
<i>Onthophagus furcatus</i>	27	2	35
<i>Onthophagus opacicollis</i>	29	13	3
<i>Onthophagus punctatus</i>	0	6	25
<i>Onthophagus similis</i>	8	68	11
<i>Onthophagus taurus</i>	114	83	38
<i>Onthophagus vacca</i>	2	1	2

6. Publicación y difusión de los resultados. Tarea en ejecución. Se estima que el manuscrito resultante del trabajo desarrollado en este proyecto sea enviado a una revista de alto impacto a finales del año 2017. Se espera que el artículo se publique a lo largo de 2018. Además, se presentarán los resultados en congresos internacionales durante 2017 y 2018.

Tabla III. Listado de especies encontradas en España y su abundancia. A se corresponde a la zona de Tres Cantos, Madrid (latitud: 40°36'39.93"N; longitud: 3°40'03.17"W) y B se corresponde a la zona de Los Molinos, Madrid (latitud: 40°42'25.20"N; longitud: 4°05'23.79"W)

Especie	A - Intensivo	A - Extensivo	A - Exclusión	B - Intensivo	B - Extensivo	B - Exclusión
<i>Aphodius elevatus</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Aphodius erraticus</i>	309	11	623	0	0	0
<i>Aphodius fimetarius</i>	6	0	0	0	0	0
<i>Aphodius foetidus</i>	583	0	7	33	2	23
<i>Aphodius granarius</i>	0	0	0	0	0	0
<i>A. haemorroidalis</i>	1	2	0	0	0	0
<i>Aphodius ictericus</i>	1	10	0	0	0	1
<i>Aphodius inmundus</i>	4	0	0	0	0	0
<i>Aphodius lineolatus</i>	24	1	4	0	0	0
<i>Aphodius satellitius</i>	5	1	0	1	0	0
<i>Aphodius scrutator</i>	2	1	1	2	0	0
<i>Aphodius tersus</i>	1	0	3	0	0	0
<i>Aphodius vitellinus</i>	21	0	3	0	0	0
<i>Bubas bison</i>	2	1	0	0	0	0
<i>Bubas bubalus</i>	0	2	0	1	1	1
<i>Caccobius schreberi</i>	1	1	4	4	0	0
<i>Copris hispanus</i>	0	2	7	0	0	0
<i>Copris lunaris</i>	0	0	0	4	1	6
<i>Euoniticellus fulvus</i>	15	7	9	6	0	0
<i>Onitis belial</i>	5	0	3	0	0	0
<i>O. furcatus</i>	0	1	396	0	0	0
<i>Onthophagus lemur</i>	0	0	0	0	0	2
<i>O. joannae</i>	3	0	21	0	0	2
<i>O. opacicollis</i>	126	33	2090	0	0	0
<i>Onthophagus ovatus</i>	4	0	0	0	0	5
<i>Onthophagus similis</i>	0	0	5	4	0	15
<i>Onthophagus taurus</i>	7	9	6	12	0	8
<i>Onthophagus vacca</i>	2	21	10	7	1	48
<i>Sisyphus schaeferi</i>	0	0	0	0	0	2

Además de estos productos arriba descritos, se han también obtenido otros productos específicos, previamente discriminados en la propuesta de este proyecto. Estos son:

1. Colaboración con investigadores de las Universidades Federales de Goiás y Mato Grosso (Brasil), que han ayudado durante el trabajo de campo, identificación y medición de los escarabajos. Además, durante el desarrollo de este proyecto se ha contado con la ayuda de dos estudiantes que han obtenido formación sobre todas las etapas de este proyecto (metodología de campo y procesamiento de muestras). Se ha formado también una alumna española de grado de la Universidad Autónoma de Madrid, que realizó sus prácticas de empresa bajo la supervisión de la responsable de este proyecto, integrándose en el equipo de trabajo asociado a este proyecto. Además, los datos obtenidos en este proyecto serán incorporados en la tesis de doctorado de Jorge Ari Noriega, que ha participado en el proyecto y que está siendo co-dirigida por la responsable de este proyecto.
2. A raíz del desarrollo de este proyecto surgió la idea de ampliar la aplicación del protocolo utilizado a otras áreas biogeográficas. Así, el protocolo de campo propuesto en este proyecto ha sido perfeccionado durante la realización del mismo, y en este momento está siendo utilizado como patrón en 23 países. Los datos se utilizarán como parte de un experimento más sencillo realizado a nivel global, con más de treinta puntos muestreados hasta la fecha gracias a la colaboración con grupos de investigadores locales.

2.4. Conclusiones y valoración de la ejecución

En la actualidad se conoce poco sobre el impacto de la intensificación del uso ganadero en la diversidad de escarabajos coprófagos y el enterramiento de excremento, uno de sus servicios ecosistémicos clave. Cuando los resultados de este proyecto estén disponibles será posible conocer mejor esta problemática, principalmente si se tiene en cuenta que se está aplicando el mismo protocolo en varias zonas del globo, siendo así posible obtener una respuesta más general, y menos localizada, a las preguntas: i) La intensidad del manejo ganadero afecta negativamente la diversidad (abundancia, biomasa, diversidad funcional y riqueza de especies) de las comunidades de escarabajos coprófagos?; ii) La tasa de enterramiento de excremento por parte de los escarabajos coprófagos varía con la intensidad del manejo ganadero?; iii) La abundancia, biomasa, diversidad funcional y riqueza de especies

de escarabajos coprófagos está directamente relacionada con las tasas de enterramiento de excremento?; iv) Las relaciones entre intensidad de manejo, diversidad de escarabajos coprófagos y enterramiento de excremento varían entre zonas templadas y tropicales debido a las diferencias en el *pool* de especies disponibles?

Los resultados de este proyecto ayudarán al desarrollo de estrategias de manejo y uso ganadero a nivel mundial, que posibilitarán un incremento en los aportes de la actividad de los escarabajos coprófagos y, consecuentemente, un aumento de la sostenibilidad de estos sistemas agro-forestales.

En general, se ha cumplido con la gran mayoría de las tareas de este proyecto. Los retrasos sufridos se han debido a imprevistos que se han solucionado, y debido al hecho de que se ha decidido ampliar la aplicación de este proyecto y colaborar con varios investigadores de distintos países. Esto puede ayudar a que los resultados de este proyecto sean publicados en una revista de alto impacto.

Además, este proyecto ha también sido importante para la formación de varios estudiantes, y para la creación de colecciones entomológicas de referencia en distintos países.

Por todo esto creo que la ejecución del proyecto ha sido bastante exitosa.

2.5. Publicaciones resultantes

Por un lado, los resultados obtenidos en este proyecto se analizarán y publicarán en detalle en un manuscrito que se enviará a *Functional Ecology* (Noriega, Hortal, Cuesta & **Santos**. Effects of grazing intensity on the diversity and ecosystem services provided by dung beetles.

Además, parte de ellos serán incorporados a un trabajo colaborativo a nivel global, en que se ha repetido un experimento más simple en 34 localidades situadas en 23 países (Alemania, Argentina, Australia, Bélgica, Brasil, Canadá, Chile, Colombia, Ecuador, El Salvador, España, EEUU, Hungría, India, Italia, México, Portugal, Reino Unido, Sri Lanka, África del Sur, Tailandia, Turquía y Venezuela). A lo largo del primer semestre de 2017 se recibirán los datos que faltan, y en la segunda mitad de 2017 se preparará el manuscrito en conjunto con alrededor de 100 investigadores, donde referiremos el apoyo recibido de la AEET para la realización de este estudio. Nuestra intención es enviar este trabajo a la revista *Ecology Letters*. El título tentativo del manuscrito es el siguiente: Noriega, Hortal, et al. & **Santos**. A global assessment of the impact of grazing intensity on the ecosystem services provided by dung beetles.

Finalmente, se está preparando un informe técnico para la red LTER, que permitiría replicar este experimento en estaciones de campo de otros miembros de esta red.

2.6. Justificación financiera

Los gastos ejecutados han sobre pasado en cerca de 10% la cuantía inicialmente presupuestada de 3.000€ (ver Tabla IV). Esto se debe principalmente a los gastos que surgieron debido al muestreo realizado en Portugal. Los gastos extra se han cubierto con dinero remanente de otros proyectos.

Tabla IV. Gastos ejecutados durante el proyecto

	2016	Real (Brasil)	Euros *
Brasil	Billete de avión: Madrid - Goiânia (Brasil) - Madrid	-	889.47
	Material de campo ¹ y de laboratorio ²	603.38	138.77
	Dietas ³ - 13 días (entre 1 a 3 personas por día)	1051.02	241.74
	Transporte durante el trabajo de campo ⁴ - 13 días	2083	479.2
	Total - Brasil	-	1749.18
España y Portugal	Material de campo ¹ y de laboratorio ² - España y Portugal	-	602.13
	Transporte durante el trabajo de campo ⁴ - 12 días - España	-	174.12
	Transporte durante el trabajo de campo ⁴ - 9 días - Portugal	-	255.52
	Dietas ³ - 12 días (entre 3 a 5 personas por día) - España	-	241.48
	Dietas ³ - 9 días (entre 3 a 4 personas por día) - Portugal	-	308.19
	Total - España y Portugal	-	1581.44
	TOTAL		3,331 €

* Tasa de cambio en febrero de 2016: R\$1 = 0.23 €

¹ Material para hacer las unidades experimentales y trampas *pitfall* (barreños, alambre, redes, baldes, palas, tubos para las muestras, balanza)

² Material para el laboratorio (alfileres, cajas entomológicas, pinzas, alcohol, tubos para las muestras)

³ Dietas que cubren gastos de alimentación en el campo

⁴ Coche (alquilado en Brasil y coche propio en España y Portugal) y gasolina