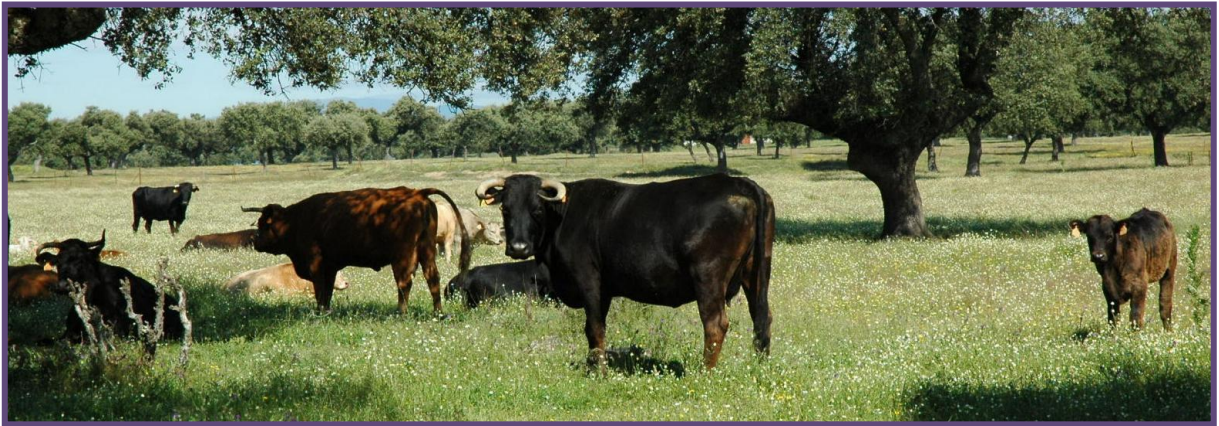


Alternativas de cultivo para producción de materias destinadas a la alimentación animal en ganadería ecológica



Madrid, 2012



MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

Edita:

© Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
Secretaría General Técnica
Centro de Publicaciones

Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado:

<http://publicacionesoficiales.boe.es/>

NIPO: 280-12-074-4

Coordinación: Subdirección General de Calidad Diferenciada y Agricultura Ecológica,
Dirección General de la Industria Alimentaria (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente)

PROYECTO AEG08-021-C4-3

EQUIPO PARTICIPANTE

COORDINACIÓN PRINCIPAL:

Centro de Agricultura Ecológica y de Montaña. CAEM. INIA
María Ramos García.

PERSONAL INVESTIGADOR:

Centro de Agricultura Ecológica y de Montaña. CAEM. INIA
Carmen Aza Barrero
Paz García Moreno

Centro de Ciencias Medio Ambientales. CCMA. CSIC. Finca Experimental La Higuera.
Carlos Lacasta Dutoit
José Ramón Vadillo Vallejo
Luis Martín de Eugenio Cid
José María Gómez Camacho

C.I.A. El Dehesón del Encinar. Junta de Comunidades de Castilla La Mancha.
Celia López Carrasco
Patricia Juárez

Consejería de Agricultura. Junta de Comunidades de Castilla La Mancha
Ramón Meco Murillo
Carmelo García Romero

Consejería de Agricultura y Desarrollo Rural. Junta de Extremadura
Jose Luis Reyes.

Dpto de Tecnología de los Alimentos. INIA

Vicente Cañeque Martínez
María Teresa Díaz Díaz-Chirón
Olga Pérez López

Dpto. Producción Animal. Facultad de Veterinaria. Universidad Complutense de Madrid.

Jesús de la Fuente

Dpto. Producción Animal. Facultad de Veterinaria. Universidad de León.

M^º José Ranilla

Escuela de Ingenierías Agrarias. Universidad de Extremadura

Juana Labrador Moreno

Instituto de Investigaciones Agrarias. CSIC

Mercedes Fernández-Pascual
Beatriz Ruiz-Diez

ÍNDICE

1. Introducción	5
2. Objetivos	6
3. Actividades y resultados del proyecto	7
3.1. Caracterización de pastos y potencialidad productiva de una dehesa con ganadería ecológica de vacuno en el norte de Cáceres	7
3.1.1. Descripción del ensayo.....	7
3.1.2. Resultados	8
3.2. Ensayos con leguminosas de grano en dos localidades de Extremadura y Castilla La Mancha	10
3.2.1. Ensayo en finca experimental La Higuera-CSIC	10
3.2.1.1. Descripción del ensayo	10
3.2.1.2. Resultados	11
3.2.2. Ensayo en finca El Calamón (La Morera, Badajoz).....	18
3.2.2.1 Descripción del ensayo.....	18
3.2.2.2 Resultados	19
3.2.3 Determinaciones de calidad nutricional de leguminosas de grano	21
3.2.4 Evaluación de la nodulación y aislamiento de rizobios	23
3.3. Ensayos con diferentes manejos de ganado ecológico y evaluación de la calidad de la carne	25
3.3.1. Ensayos con ganado ovino.....	25
3.3.1.1 Primer experimento (2009). Efecto del sistema de crianza sobre la composición de ácidos grasos de la carne.....	25
3.3.1.2 Segundo experimento (2010). Efecto de la alimentación y el sexo en el acabado de corderos ecológicos	28
3.3.2. Ensayos con ganado vacuno.....	31
4. Conclusiones	34
5. Agradecimientos	36
6. Publicaciones y otros trabajos de difusión de los resultados	37

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas que encuentra la ganadería ecológica y los fabricantes de piensos ecológicos es la disponibilidad de materia prima para alimentación animal en cantidad y calidad. A pesar de la gran superficie de cereales ecológicos producidos en España, la mayor parte de esta superficie está dedicada a especies que no se corresponden con las necesidades de alimentación animal (una gran parte es trigo duro), escaseando de manera importante las especies proteaginosas y el maíz. Esta circunstancia lleva a depender de la importación de materias primas ecológicas de otros países que hacen subir de manera importante el precio de los piensos y en ocasiones disminuir su calidad, llegando a ser un factor limitante para la conversión a este sistema de producción de muchas explotaciones ganaderas (es de especial relevancia en el caso de la avicultura, con unas necesidades muy específicas de alimentación). Esta circunstancia no escapa a la problemática que afecta al sistema mundial de producción y comercialización de materias primas para piensos.

La excelente aptitud de la ganadería extensiva ligada a sistemas silvopastorales de nuestros ecosistemas se ve limitada por la falta de piensos ecológicos y el precio de los mismos. Sin embargo, la potencialidad para producir estas especies de manera local y acorde a las necesidades del sector ganadero ecológico, aún pequeño, hace pensar que sería viable ensayar alternativas de cultivo destinadas a un suministro adecuado. Algunas de las regiones de mayor desarrollo de la ganadería ecológica, como Castilla La Mancha o Extremadura, poseen graves problemas de abastecimiento de piensos ecológicos.

El proyecto que aquí se describe se concibió con la finalidad de contribuir en la búsqueda de soluciones para este problema mediante dos vías: estudiar los manejos más eficientes en el uso de los recursos alimentarios disponibles y abaratar los piensos ecológicos mediante el empleo de materias primas cercanas, como son las leguminosas de grano tradicionales de nuestros ambientes. La dificultad de encontrar y poder asumir los costes de los piensos ecológicos ha hecho que a lo largo de los años que ha durado el proyecto, el cultivo de leguminosas ecológicas en España se ha visto incrementado de 5.011 ha (2008) a 39.367 ha (2010). Estos datos y algunas observaciones directas hechas en granjas ecológicas a través de este proyecto indican que los agricultores y ganaderos comienzan a plantearse la autoproducción de leguminosas como fuente proteica para su ganadería. A pesar de que es un dato interesante que permitirá diversificar las rotaciones de cultivos extensivos de secano ecológicos, el uso de leguminosas aún sigue pautas aleatorias y cambiantes y no está en absoluto consolidado. La propia naturaleza de las leguminosas, su alta dependencia de las condiciones climáticas en los secanos y las consecuencias del cambio global hacen necesaria la contribución científica para orientar a los productores ecológicos sobre cómo cultivarlas de la forma más eficiente posible.

Las dos regiones en las que se han realizado los estudios pueden servir de ejemplo de lo que está ocurriendo en otros lugares. Extremadura, con una cabaña ganadera ecológica de 10.892 cabezas de vacuno de carne (103 explotaciones) y 65.051 de ovino de carne (90 explotaciones), apenas produce 3.704 ha de cereal y 110,5 ha de leguminosas, entre las que se encuentran también las destinadas a consumo humano. La falta de comercialización de las canales en el mercado ecológico desincentiva a los productores a realizar un esfuerzo, cambios y mejoras en las materias primas que usan para su ganadería. En Castilla la Mancha la situación actual es más favorable para poder pensar en una producción local de alimentos para la cabaña ganadera que ostenta (49 explotaciones de vacuno de carne, 2 vacuno de leche, 83 de ovino carne, 9 de ovino leche, 40 de caprino de carne y 10 de leche). La producción de cultivos herbáceos en esta región ha aumentado considerablemente y, en particular, el cultivo de las leguminosas secas se ha incrementado de 2.807 ha (2008) a 23.270 ha (2010).

2. OBJETIVOS

El proyecto ha integrado diferentes disciplinas de trabajo en torno a la alimentación animal. Los objetivos concretos que se plantearon en el proyecto fueron:

- ✘ OBJETIVO 1. Diagnosticar la potencialidad de Extremadura y la zona centro Peninsular para producir materias primas locales para alimentación animal en ganadería ecológica.
- ✘ OBJETIVO 2. Diversificar la oferta de materias primas disponibles para alimentación animal ecológica mediante el ensayo de diferentes rotaciones de cereales y leguminosas u otras especies de interés para los piensos en la región del centro peninsular.
- ✘ OBJETIVO 3. Recuperar el cultivo de las proteaginosas locales.
- ✘ OBJETIVO 4. Integrar a los agricultores ecológicos, empresas y asociaciones del sector para adecuar los ensayos a las necesidades reales.
- ✘ OBJETIVO 5. Facilitar experiencias que puedan ser trasladables a otras regiones con la misma problemática.

Objetivos a los que se añadió posteriormente otro:

- ✘ OBJETIVO 6. Identificar manejos ganaderos eficientes en función del régimen de alimentación empleado y que generen productos de alta calidad.

Para la consecución de los objetivos se desarrollaron las siguientes actividades:

Objetivos 1, 2 y 3

- Caracterización de pastos y potencialidad productiva de una dehesa con ganadería ecológica de vacuno en el norte de Cáceres.
- Ensayos con leguminosas de grano en dos localidades de Extremadura y Castilla La Mancha
 - Ensayo en la Finca experimental La Higuera
 - Ensayo en la finca El Calamón (La Morera, Badajoz).
 - Determinaciones de calidad nutricional de las leguminosas de grano.
 - Evaluación de la nodulación y aislamiento de rizobios.

Objetivos 4 y 5

- Dos de las experiencias se realizaron en fincas de productores ecológicos particulares, La producción del pienso experimental se realizó en una fábrica de piensos ecológicos situada en Mérida. Se hicieron contactos con productores y con el Servicio de Agricultura Ecológica de la Junta de Extremadura, así como visitas a explotaciones.
- Actividades de transferencia: publicaciones y visitas a los ensayos.

En la finca La Higuera se han realizado numerosas visitas a los ensayos de leguminosas de grano con participación de técnicos, investigadores, agricultores, estudiantes de ingenierías agrarias (Universidad de Castilla La Mancha),

Objetivo 6

- Ensayos con diferentes manejos de ganado ecológico y evaluación de la calidad de la carne
 - Ensayos con ganado ovino.
 - Ensayos con ganado vacuno

3. ACTIVIDADES Y RESULTADOS DEL PROYECTO

3.1 Caracterización de pastos y potencialidad productiva de una dehesa con ganadería ecológica de vacuno en el norte de Cáceres (grupo CAEM).

Durante los años 2009, 2010 y 2011 se realizó la caracterización y estudio de la cantidad y calidad de los pastos que alimentan a los terneros ecológicos en un sistema silvopastoral manejado (y certificado) bajo pautas de producción ecológica durante más de una década. El objetivo es identificar la potencialidad productiva de las explotaciones de dehesa de la zona para realizar producción ecológica en comparación con otras dehesas similares. Esta actividad complementó la valoración de la alimentación de los terneros ecológicos empleados para la experiencia realizada por el equipo de Tecnología de los alimentos (INIA) al proporcionar datos de productividad y calidad del pasto.

3.1.1. Descripción del ensayo

El ensayo se ha realizado en una finca agroganadera, situada en el término de Oliva de Plasencia (Cáceres), orientada al cebo de terneros y posterior venta de carne ecológica. En concreto, en dos parcelas donde los animales pasan la mayor parte de su vida en régimen de semilibertad o extensivo alimentándose de la hierba fresca que producen estos pastos y recibiendo aportes suplementarios de ensilado, heno, paja de cereal y pienso ecológicos. Ambas parcelas, físicamente separadas por un camino, se utilizan distintamente para los terneros machos o hembras. Cuentan con una superficie total de 44 ha que se subdividieron en cuatro zonas según la vegetación, pendiente y altitud:

- Charca. Es la zona de menor altitud por lo que recoge la escorrentía originada en las partes altas de las parcelas. Carente de arbolado, su vegetación son pastos que casi permanentemente aparecen inundados por la acumulación de agua represada.
- Zona media. Terreno de pendiente suave con arbolado de encinas adeshadas y baja densidad de arbustos y matorral alto y bajo.
- Zona alta. Desde donde se produce la migración de materiales edáficos por la acción del viento y el agua hacia zonas colindantes de menor altura. Junto a los pastos, su vegetación está formada por arbolado de encinas adeshado muy disperso donde la presencia de matorral es escasa.
- Zona alta-media. Orografía determinada por la presencia de un curso de agua estacional. El arbolado formado únicamente por encinas adeshadas que, en el caso de la parcela de machos, es acompañado por alta proporción de arbustos y matorral.

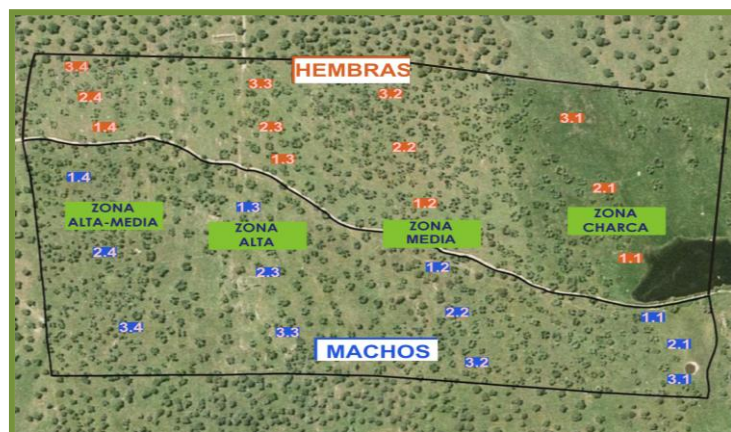


Figura 1. Localización de los puntos de muestreo de pastos.

La figura 1 representa el esquema del diseño utilizado donde se indica la localización de las tres repeticiones para cada una de las zonas de ambas parcelas. Este diseño se ha mantenido a lo largo de tres años: 2009, 2010 y 2011, realizando 4 muestreos al año de biomasa mensual (de marzo a junio) para evaluar la producción de materia vegetal herbácea disponible, y 1 muestreo en el mes de mayo para la descripción florística de los pastos. El muestro del mes mayo es enviado al Laboratorio Agroalimentario y Análisis de Residuos de Extremadura, en Cáceres, donde se realizan las determinaciones analíticas de calidad (ver apartado de ganado vacuno). En los años 2008 y 2009 se enviaron muestras al Departamento de producción animal de la Universidad de León donde se practicaron analíticas para evaluar la digestibilidad in vitro con líquido ruminal.

Los datos meteorológicos han sido cedidos por La Agencia Estatal de Meteorología, Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino.

3.1.2. Resultados

Se estudiaron las variables edáficas y meteorológicas que afectaron a las parcelas de ensayo. Las precipitaciones anuales para 2009 en la zona norte de Cáceres fueron de 813 mm, un 66% del la precipitación media histórica y la temperatura media anual de la zona fue de 16,6 °C. En 2010 las precipitaciones anuales acumularon 1.572 mm, aproximadamente un 28% más de la precipitación media histórica. La temperatura media anual de la zona fue de 13,9 °C. Los datos de 2011 todavía no se encuentran a nuestra disposición en el momento de elaboración de este informe.

Las parcelas presentan suelos ácidos (pH 4,85-5,77) de textura franco-arenosa en las zonas media y regato, y arenosos-franco en la charca y la zona alta. La cantidad de materia orgánica oxidable varía de unas zonas a otras: el 2,5% en la charca (con máximos de 3,9%), el 1,5% en la zona alta y el 1% en la media y el regato. El contenido en nitrógeno (N de Dumas) es el 0,15% para ambas parcelas en la zona charca y en la zona alta de la parcela de hembra, mientras que para el resto es del 0,07%.

Disponibilidad de biomasa vegetal

Se han podido identificar dos momentos productivos generales para ambas parcelas durante los tres años de muestreo (figura 2). Las zonas altas y medias presentan su máxima oferta herbácea en el mes de abril y las zonas charca y regato en el mes de junio. Claramente, los resultados evidencian que la zona con mayor productividad herbácea (kg/ha) es la charca sobre todo el año 2011 cuando la oferta media para el mes de junio es de 5.129,27 kg/ha.

Si se observa la figura 2, vemos cómo el año 2009 fue especialmente seco en primavera, llegando a agostarse el pasto a finales de mayo y produciendo unas cantidades muy inferiores a las de los otros dos años. Ese año, momento en que se desarrolló la experiencia con los terneros ecológicos, hubo que dar cantidades suplementarias de pienso superiores a las habituales en esta explotación (que normalmente goza de una autosuficiencia de pasto y heno bastante elevada).

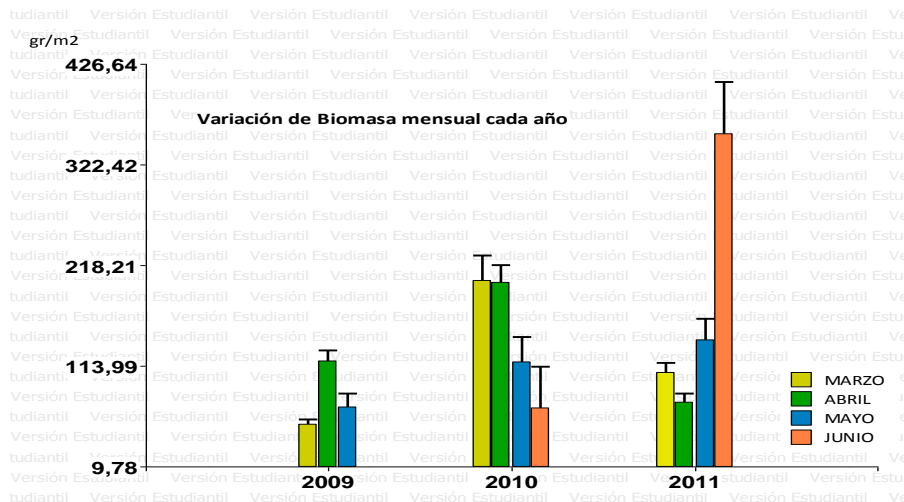


Figura 2. Variación anual de la biomasa media mensual (gr/m²) y su error estándar

2011 es el año con mayor producción debido al corte de junio, le sigue 2010 con los muestreos de marzo y abril muy productivos

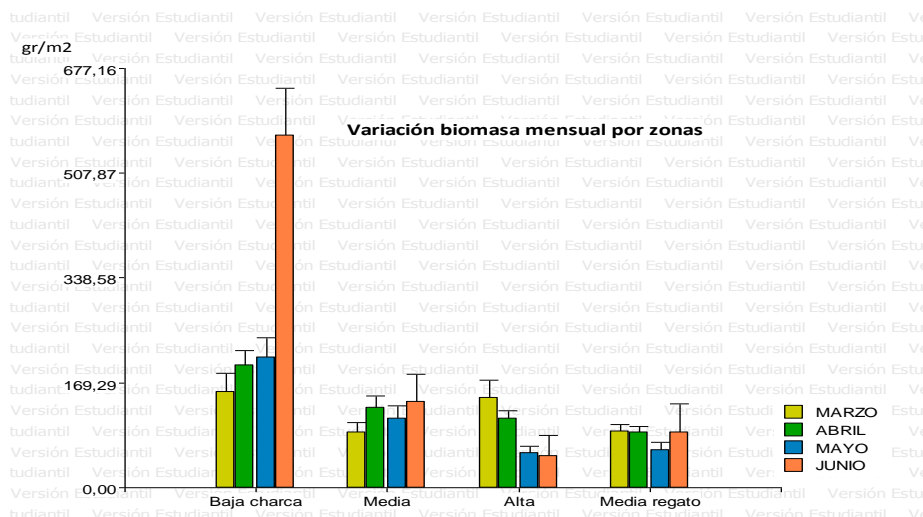


Figura 3. Variación la biomasa media mensual (gr/m²) por zonas y su error estándar

Por zonas, la más productiva para todos los meses es la baja de la charca (figura 3), destacando el muestreo de junio con más del doble de la producción de mayo para la misma zona. En ésta junto con las zonas medias suceden subidas mensuales que culminan en un junio con mucha hierba. En la zona alta no ocurre así, la máxima producción se da a principios de primavera y el mes de junio se reduce a más de la mitad la disponibilidad de hierba para los animales.

Composición florística

La diversidad de la flora que compone los pastos objeto de este estudio puede considerarse variable en función del año, tanto en el número de especies como en la abundancia de las mismas, aunque destaca la presencia significativa de algunas leguminosas pertenecientes a los géneros *Ornithopus sp* y *Trifolium sp*, las gramíneas de los géneros *Lolium sp*, *Bromus sp* y *Vulpia sp*, así como algunas las boragináceas y juncáceas.

3.2 Ensayos con leguminosas de grano en dos localidades de Extremadura y Castilla La Mancha.

3.2.1. Ensayo en Finca experimental La Higuera-CSIC (Santa Olalla, Toledo) (Grupo de CCMA-CSIC, Junta de Castilla La Mancha, Centro Investigaciones Agrarias-CSIC).

3.2.1.1. Descripción del ensayo

Se han seleccionado un total de 9 especies de leguminosas con aptitud pienso con un rango de adaptación agroclimática amplio. Conseguir una mejor competencia de estas especies frente a las adventicias es uno de los objetivos que se plantearon al comienzo del proyecto y por ello se han propuesto tres tratamientos diferentes para valorar su grado de eficacia. Las especies y variedades sembradas han sido:

- Veza común (*Vicia sativa* L.) var. Senda.
- Alberjón (*Vicia narbonensis* L.)
- Algarroba (*Vicia articulata* Hornem)
- Habín (*Vicia faba* L. ssp. *minor*)
- Guisante (*Pisum sativum* L.) var. Cartouche
- Garbanzo (*Cicer arietinum* L.). Var. Amelia
- Yeros (*Vicia ervilia* L.). Var. Moro
- *Vicia villosa*. var Villana. (sólo sembrada en 2009 y 2010).



El cultivo se ha desarrollado durante tres campañas 2008-2009, 2009-2010 y 2010-2011 en esta finca que cuenta con más de 15 años de experiencia de ensayo con rotaciones ecológicas de cultivos extensivos de secano en clima semiárido y otros experimentos de larga duración.

Se ha sembrado cada leguminosa bajo tres tratamientos diferentes para evaluar la competencia con las adventicias:

Figura 4. Foto aérea de la finca La Higuera

1. Siembra en líneas agrupadas que permita la escarda entre grupos de líneas con cultivador cuando el cultivo está desarrollando (figura 5)
2. Siembra de la leguminosa en mezcla con cereal (cebada en todos los casos).
3. Manejo testigo, sembrando la leguminosa sola con el sistema tradicional a chorrillo en líneas a 15 cm.



Figura 5. Siembra de algarrobas en líneas agrupadas en La Higuera

En esta explotación se ha introducido el experimento por duplicado: en un caso sobre cebada como cultivo anterior y en otro caso sobre girasol. De esta manera se ha podido evaluar el efecto de la rotación.

No se ha realizado fertilización orgánica con objetivo de favorecer el desarrollo de los nódulos de *Rizhobium sp.*,

Se han tomado datos agronómicos que comprenden la nascencia, fructificación, floración, producción de biomasa, % de cobertura y rendimiento en grano. Además se ha hecho una caracterización de las especies adventicias presentes en cada cultivo y su evolución. Por último, se han analizado los parámetros de calidad nutricional de las leguminosas en cada manejo. Las muestras se han llevado a analizar al Laboratorio Agroalimentario de la Junta de Extremadura (Cáceres).

3.2.1.2. Resultados

La campaña 2008-2009 fue seca (390 mm). Solo el mes de octubre superó la media de precipitación mensual. A mediados de marzo se noto el déficit hídrico y en el mes de mayo empezaron a secarse todos los cultivos, que dieron producciones muy por debajo de los valores medios.

El aumento gradual de la temperatura en estos últimos años (cambio climático) ha sido manifiesto en los meses de marzo, mayo y junio. Es en las temperaturas mínimas medias donde mejor se aprecia este aumento sobre todo en los meses de mayo y junio y a partir de 1993 y 1995 respectivamente, las medias de las mínimas han aumentado sus valores entre 2 y 3 °C (Fig. 6).

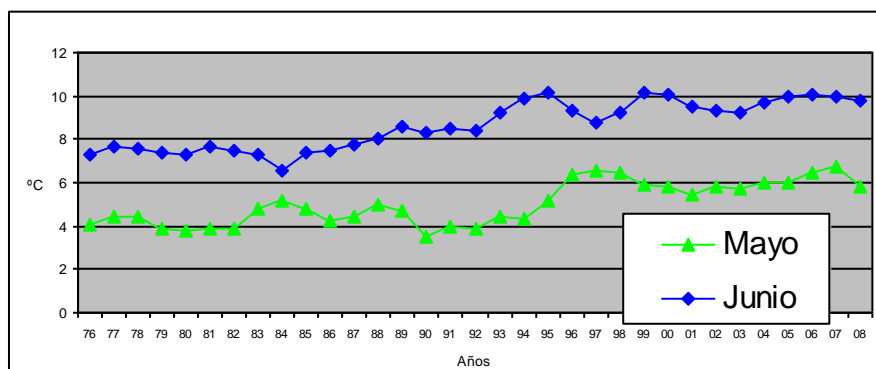


Fig. 6.- Evolución de las temperaturas medias de las mínimas (medias móviles de 3 años) de dos meses, donde se observa el aumento de las temperaturas en los últimos años.

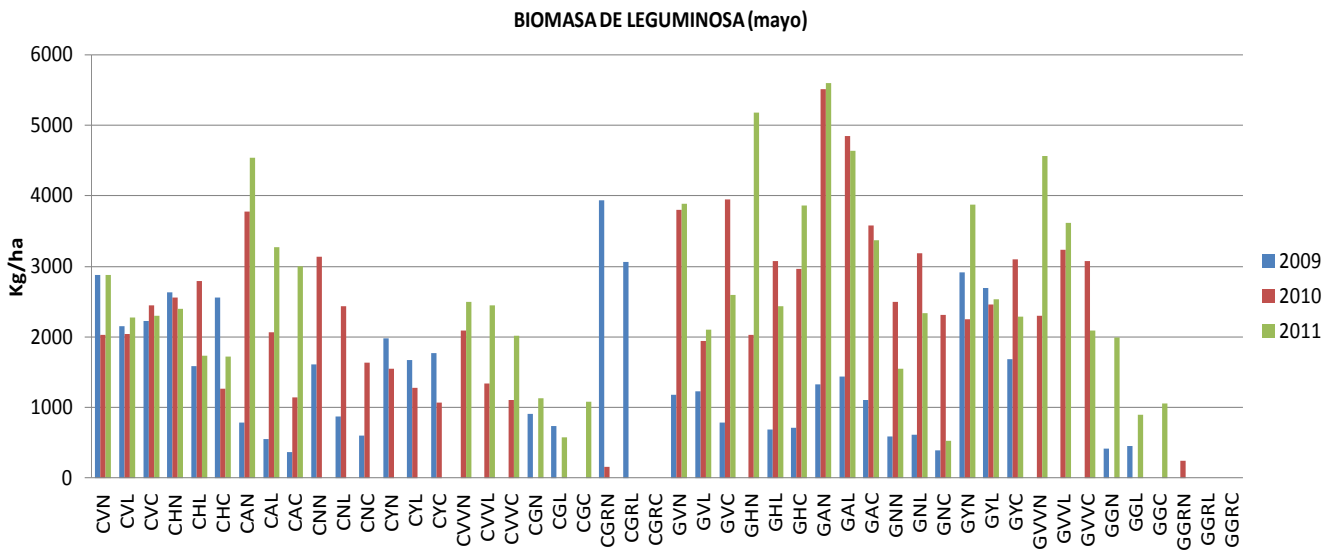
Contrariamente, el 2009-2010 fue un año agrícola húmedo (615 mm). Las altas precipitaciones en invierno desde el 21 de diciembre al 5 de marzo (355 mm), produjeron problemas de lavado de nitratos, asfixia radicular y que no se pudieran realizar la siembra de guisantes y los tratamientos de escarda, y la siembra de los garbanzos hubo que retrasarla a finales de marzo. Los cultivos más beneficiados ante esta situación ambiental fueron las leguminosas que gracias a la simbiosis con las bacterias del grupo *Rhizobium sp.* pudieron obtener nitrógeno y las colocó en una situación de ventaja frente a los demás cultivos y flora arvense y, si no hubiera sido por las precipitaciones en el momento de la recolección en el mes de junio que tumbaron la cosecha e hicieron que se perdiera mucho grano, se hubiera obtenido una muy buena cosecha de estos cultivos. Aún así los rendimientos superaron los 1000 kg/ha. Los cereales han tenido rendimientos en general por debajo de los valores medios.

Finalmente la campaña 2010-2011 fue un año pluviométrico que se encuentra en valores medios (483 mm). La nascencia de todos los cultivos fue buena. Las temperaturas de primavera estuvieron por encima de los valores medios. Dentro de las leguminosas las que mejor comportamiento mostraron y, por tanto, mayor rendimiento fueron los habines.

Producción de biomasa y grano.

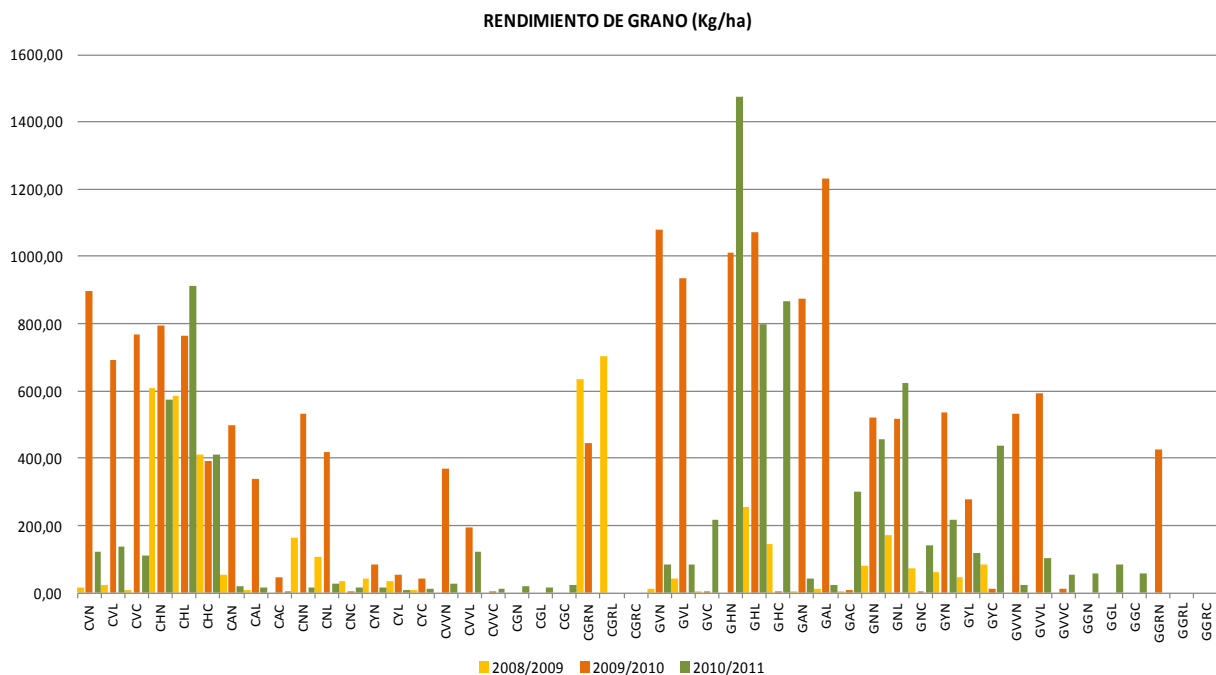
El desarrollo de las leguminosas sobre la rotación de girasol ha sido mejor que sobre cebada, debido a la mejora de estructura en el suelo ejercida por los sistemas radiculares del girasol, la menor extracción de nitratos por parte de éste frente al cereal y las labores de otoño-primavera para la siembra del girasol que afectan a las hierbas de germinación de otoño-invierno. Aunque no siempre un mayor desarrollo de biomasa implica un mayor rendimiento, como ha ocurrido para algunas especies en 2011 (mayor biomasa media) respecto a 2010 (mejores rendimientos medios).

En las figuras 7 y 8 puede observarse la producción de biomasa y grano para las leguminosas cultivadas tras cebada y tras girasol, donde se aprecia la diferencia productiva en función de la rotación empleada. También puede observarse que los habines y las vezas han destacado por encima de otras especies tanto en la producción de biomasa como de grano.



Nomenclatura: Cultivadas tras cebada van precedidas de la letra "C" y de "G" tras girasol. Respecto a la leguminosa cultivada: N (V.narbonensis), G (guisante), GR (garbanzo), Y (yeros), H (habines), V (veza), VV (V. villosa) y A (algarrobas). La última letra indica el tratamiento normal (N), en líneas (L) o con cebada (C) Ej: CVN corresponde a la veza (V) cultivada tras cebada con el tratamiento en siembra normal

Fig. 7. Producción de biomasa en el mes de mayo (materia seca) de leguminosas cultivadas tras cebada y tras girasol para tres campañas de cultivo en La Higuieruela.



Nomenclatura: Cultivadas tras cebada van precedidas de la letra “C” y de “G” tras girasol. Respecto a la leguminosa cultivada: N (V.narbonensis), G (guisante), GR (garbanzo), Y (yeros), H (habines), V (veza), VV (V. villosa) y A (algarrobas). La última letra indica el tratamiento normal (N), en líneas (L) o con cebada (C) Ej: CVN corresponde a la veza (V) cultivada tras cebada con el tratamiento en siembra normal

Figura 8. Rendimiento de grano de leguminosas cultivadas tras cebada y tras girasol en cultivo ecológico durante tres campañas en La Higuera.

Recubrimiento de hierbas adventicias y biodiversidad encontrada.

En los 3 años de seguimiento de la flora arvense ha habido 117 especies repartidas en 27 familias botánicas, **habiendo aumento de las hierbas según pasan los años** (17-22-35% de recubrimiento). Se ha observado un **menor recubrimiento en las leguminosas que van detrás de cebada** en los años 09-10 y 10-11, aunque con matices para cada cultivo. Las familias con mayor número de especies han sido las Compuestas con 27 especies, Gramíneas con 16, Leguminosas con 9, y las Umbelíferas con 7. (Tabla 1). La mayoría de las familias a excepción de las Compuestas y las Gramíneas, tienen una presencia testimonial y no causan problemas importantes de competencia pero generan biodiversidad. Las especies más problemáticas han sido *Lolium rigidum* Gaudi, *Anacyclus clavatus* (Desf.) Per, y *Galium tricornutum* Dandy. Las compuestas tienen menor incidencia en los cultivos de leguminosas que van detrás de cebada y son las especies de hierbas que hacen que haya menor recubrimiento de hierbas.

2010 es el año con más especies. 2011 el año con mayor recubrimiento de hierbas y menor número de especies. La rotación de leguminosa detrás de cereal es la que tiene menor recubrimiento de cereal en las parcelas donde se combina la cebada y la leguminosa, debido al poder supresor de la cebada. El año 2009 es el año con menor recubrimiento de leguminosa, debido a factores meteorológicos. El año 2010 el cereal debido al exceso de precipitaciones de invierno se desarrolló mal, no pudiendo actuar ni como competidor de malas hierbas ni como tutor de la leguminosa.

Tabla 1. Recubrimiento del suelo (%) de leguminosas, cebada y especies adventicias (Mh) en el total de parcelas del ensayo.

Año	Rotación	Recubrimiento medio del experimento			Nº	Nº	Familias más importantes en especies							
		Legum	Cebada	Mh	espe	fami	Compuestas		Gramíneas		Leguminosas		Umbelíferas	
		(%)	(%)	(%)	cies	lias	espe	Recub	espe	Recub.	espe	Recub.	espe	Recub.
08-09	Girasol	34,47	32,50	18,70	64	18	16	6,41	12	8,64	2	1,01	5	0,21
	Cebada	47,11	25,00	14,34	68	23	17	1,73	12	7,02	3	0,00	4	0,94
	Total o media	40,79	28,46	16,52	81	23	21	4,07	14	8,98	3	0,20	6	0,13
09-10	Girasol	75,94	9,00	24,58	76	23	20	7,07	10	11,20	6	0,01	5	0,70
	Cebada	65,67	5,20	20,15	80	24	20	1,07	11	10,30	4	0,01	5	1,91
	Total o media	70,80	6,45	22,37	95	24	25	4,56	12	10,83	7	0,01	5	1,28
10-11	Girasol	68,10	37,86	37,97	67	19	20	15,09	9	18,06	2	1,70	6	1,40
	Cebada	68,48	17,48	30,80	54	21	12	9,49	8	15,54	1	0,01	6	1,04
	Total o media	68,19	26,00	34,68	74	21	22	15,29	9	17,47	2	1,53	7	1,38
Media experimento		59,93	20,31	24,52	118	27	27	6,29	16	10,65	9	0,22	7	0,68
Media rotación con girasol		58,93	28,06	27,61	100			8,69		11,73				
Media rotación con cebada		59,30	15,50	20,92	98			3,67		9,26				
Especies más importantes								Anacyclus clavatus		Lolium rigidum		Vicia sativa L.		Torilis nodosa

Hay una **diversidad en el experimento por encima de la media** ya que el 75 % de cobertura de malas hierbas está formado por **8** especies, mientras que en los experimentos paralelos en la misma finca en la agricultura convencional el 75% de malas hierbas está compuesta normalmente por 5 especies. Como ya se ha dicho, el recubrimiento de malas hierbas va aumentando según van pasando los años, aunque todavía los valores de recubrimiento están dentro de valores donde la pérdida de productividad de las leguminosas es tolerable.

La hierba dominante, *Lolium rigidum* Gaudin, es independiente de la rotación y representa casi el 30% del recubrimiento del total de hierbas. Si se considera el cultivo anterior a las leguminosas se observa que las compuestas *Anacyclus clavatus* (Desf.) y *Chamaemelum mixtum* (L.) All. están más relacionadas con la rotación donde el girasol precede a la leguminosa.

El cultivo que presentó más hierbas fueron los habines (30% de recubrimiento por hierbas) que a su vez fueron los más productivos, lo que indica que **las hierbas en una rotación bien diseñada no ejercen demasiada competencia**. La algarroba ha sido el cultivo con más especies (82).

Resumen de Observaciones por especie

VEZA

La cebada asociada a la leguminosa ejerce una disminución del recubrimiento de hierbas en los valores medios debido a la competencia, que también ejerce sobre el rendimiento de la leguminosa. La siembra en líneas agrupadas ejerce una disminución del recubrimiento de hierba del 5% sobre las parcelas en las que se siembra sola la leguminosa, pero no se manifiesta en un aumento de los rendimientos, lo que indica que la densidad de hierba no es suficientemente importante para generar pérdidas de rendimiento. No hay diferencia en el control de las hierbas más importantes por el uso de los diferentes tratamientos de siembra.



Figura 9. VEZA (*Vicia sativa* L.)

El número de especies encontrado en cada tratamiento está comprendido entre 25 y 35 especies, habiéndose identificado a lo largo de los tres años 72 especies.

Cuando se siembran cultivos con el mismo ciclo de otoño-verano el *Lolium* se convierte en la hierba dominante. Hay que recordar que el experimento donde se ha establecido este ensayo estaba sometido a una rotación de siete hojas donde se alternaban ciclos vegetativos, en el caso de las leguminosas que van detrás de girasol el ciclo vegetativo se rompe.

Como en todas las leguminosas, los rendimientos están muy determinados por la pluviometría. De los tres años solo en la campaña 2009-2010 la meteorología fue propicia para la producción de grano de veza. Entre los diferentes manejos ensayados el sistema de líneas agrupadas es el menos recomendable bien porque si el año es bueno o hay lluvias fuertes al final de campaña se tumba muy fácilmente y hace difícil su recolección. Con respecto a los otros dos tratamientos depende de los años. Si el año es lluvioso en otoño - invierno las leguminosas tienen ventaja sobre el cereal y éste entonces cumple con la función de competir con la hierba y servir de tutor, si el invierno es seco y la primavera lluviosa el cereal tiene excesivas ventajas y puede asfixiar a la leguminosa.

HABINES.

La cebada sembrada asociada con los habines produce una disminución del recubrimiento de hierba similar a las líneas agrupadas, un 7% menos de recubrimiento en los valores medios.

En el año 2009, e igual que pasa en la veza que se sembró sobre cereal, las hierbas que son las importantes de median en el experimento tuvieron muy poca incidencia. No se aprecia un aumento de las hierbas según van pasando los años como ocurre en el cultivo de veza. El número de especies en cada tratamiento está comprendido entre 22 y 37 especies, habiéndose identificado a lo largo de los tres años 76 especies asociadas al cultivo de habín.



Figura 10. HABINES (*Vicia faba* L. ssp. *minor*)

Anacyclus clavatus (Desf.) Per., tiene una mayor presencia en el cultivo de habines en la rotación con girasol que con la cebada. En *Lolium* no se nota el efecto rotación como ocurría en el cultivo de veza. El *Galium*, a diferencia de lo que ocurre en el cultivo de veza, no es una especie muy importante en el cultivo de habines (tercer lugar), con una mayor presencia en la rotación con cebada (efecto ciclo rotación). En el caso de los habines no es importante la siembra en líneas agrupadas o con cereal, incluso este último la competencia que ejerce sobre el cereal perjudica más que beneficia y el efecto de la rotación aquí incluso es más visible, por lo que el manejo que mejor funciona es la siembra tradicional (solos). Los habines detrás de girasol funcionan mejor que detrás de cebada por los mismos motivos anteriormente explicados.

ALGARROBA

La cebada asociada a la leguminosa, ejerce una disminución del recubrimiento de hierba en los valores medios a excepción del año 2011 sobre rotación con cebada. La siembra en líneas agrupadas ejerce una disminución del recubrimiento de hierba del 7% sobre las parcelas en las que se siembra sola la leguminosa.

La asociación con el cereal y la siembra en líneas agrupadas parecen tener un efecto sobre la diversidad de adventicias ya que las tres y cinco principales especies tienen un mayor recubrimiento en estos manejos. El problema es que sin tutor la algarroba no se puede recoger por que se tumba sobre todo si llueve cuando ya está fructificada, sobre todo en líneas agrupadas el problema es mayor ya que la distancia entre líneas no permite sujetarse entre ellas



Figura 11. ALGARROBA (*Vicia articulata* Hornem)

Aquí también se aprecia un aumento de las hierbas según van pasando los años. El número de especies en cada tratamiento está comprendido entre 21 y 37 especies, habiéndose identificado a lo largo de los tres años 82 especies

Igual que ocurre con la veza, son las causas meteorológicas determinan enormemente los rendimientos, inclusive las precipitaciones en el momento de la cosecha. Quitando el primer año (2009) los otros dos hubo una buena producción de biomasa (medida a primeros de mayo). En la algarroba la siembra con cebada es un seguro para las lluvias de última hora ya que la siembra en líneas agrupadas favorece el encamado, por lo que no se recomienda. La rotación con girasol es más productiva.

VICIA NARBONENSIS

En este caso también se ha observado que la cebada asociada a la leguminosa, ejerce una disminución del recubrimiento de hierba en los valores medios. La siembra en líneas agrupadas ejerce una disminución del recubrimiento de hierba del 13% sobre las parcelas en las que se siembra sola, pero que no se manifiesta en un aumento de los rendimientos



Figura 12. ALBERJÓN (*Vicia narbonensis* L.)

El número de especies en cada tratamiento está comprendido entre 21 y 33 especies, habiéndose identificado a lo largo de los tres años 78 especies, habiéndose encontrado mayor diversidad en el manejo de líneas agrupadas.

Lolium rigidum Gaudin y *Anacyclus clavatus* (Desf.). han sido las hierbas con más presencia de media en el cultivo de *V. narbonensis*, tal y como ocurre con las anteriores.

Lo que se ha comentado para otras leguminosas sirve para la *Vicia narbonensis*. Son las causas meteorológicas las que determinan los rendimientos, que quitando el primer año (2009) los otros dos hubo una buena producción de biomasa (medida a primeros de mayo), la rotación con girasol es más productiva y que por ser una especie con tallo no rastrero la siembra sola es la mejor opción cuando la rotación es eficaz en el control de las adventicias.

YEROS

En el año 2009 hubo poca hierba porque se sembró a finales de diciembre mientras que el año 2011 y sobre la rotación con cebada había tanta hierba que se enterró antes de que semillaran y se dejó una muestra para tomar producción. Las tres hierbas más importantes han sido *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Lolium rigidum* Gaudin y *Chamaemelum mixtum* (L.) All., pero ha habido gran diversidad tanto por rotación como por manejo.

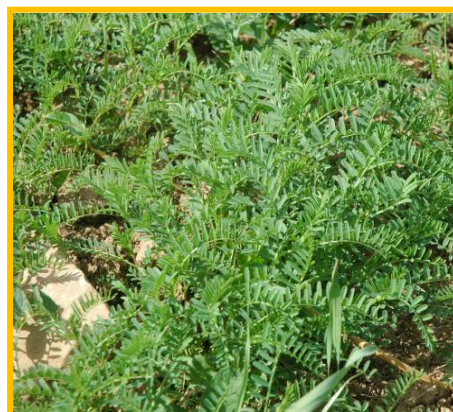


Figura 13. YEROS (*Vicia ervilia* L.)

En líneas generales los yeros no han funcionado con éxito en La Higuera, un año por problemas meteorológicos, el 2009, y los otros dos por falta de buena fructificación, aunque el recubrimiento de biomasa de leguminosa era aceptable. Los rendimientos medios están por debajo de los 200 kg/ha cuando se siembran solos.

VICIA VILLOSA

Comenzó a sembrarse en la campaña 2009/2010 para ver su desarrollo comparativo con las demás y su comportamiento en estas condiciones. La *Vicia villosa* es una planta de otoño que compete muy bien con las hierbas.

Las dos hierbas más importantes han sido *Lolium rigidum* Gaudin y *Convolvulus arvensis* L. Aunque es una leguminosa que vegeta muy bien y produce buena cantidad de materia seca, necesita un ciclo más largo para granar correctamente y no se adapta a estos ambientes, por lo que la producción de grano fue escasa.



Figura 14. VEZA VILLOSA (*Vicia villosa*)

Las condiciones meteorológicas para realizar a tiempo las siembras y escardas, así como algunos problemas de ataques de conejos impidieron el correcto desarrollo de guisantes y garbanzos. Aunque se ha observado que los garbanzos en rotación de 7 hojas no presentan problemas de hierbas.

3.2.1. Ensayo del comportamiento agronómico de leguminosas grano en la finca El Calamón (La Morera, Badajoz). (Grupo CAEM, Centro Investigaciones Agrarias-CSIC, Universidad de Extremadura, Junta de Extremadura).

3.2.2.1. Descripción del ensayo

En ensayo se realizó en una finca agro-ganadera de producción ecológica (figura 15) destinada al cultivo de cereales para la alimentación de la propia ganadería de vacuno, también ecológica. La parcela de ensayo tiene 4,45ha (con dos hojas para rotar los dos años de proyecto). Los propietarios, de la Empresa Valdecarras, participan en las labores propias del cultivo. Durante la última década en la parcela de ensayo no se ha desarrollado una rotación constante, sino que se han alternado varios años de cereal de invierno (cebada o avena) con algún año de descanso y en alguna ocasión se han cultivado habines. Por ello, la presencia de adventicias encontradas es muy superior a la que había en la Finca La Higuera, donde se había seguido un diseño rotacional para el control de hierbas. El suelo es de textura franco, pH neutro, no salino y con materia orgánica <2%.

En las campañas 2008/2009 y 2009/2010 se emplearon las mismas leguminosas y tratamientos que los expuestos para la finca La Higuera, exceptuando la *Vicia villosa* y añadiendo el Altramuz azul (*Lupinus angustifolius*) var.Zapatón en 2008 y el Altramuz blanco (*L.albus*). var. Multolupa, en 2009, ambas variedades cedidas por la Finca Experimental La Orden. El cultivo anterior sobre el que se hizo la siembra es la cebada.

Se tomaron los mismos parámetros agronómicos y de calidad descritos para las leguminosas de la Finca La Higuera.

En 2009, como actividad complementaria, se colaboró con la Dra. Mercedes Fernández Pascual, del Instituto de Ciencias Agrarias (Centro de Ciencias Medioambientales del CSIC) para el muestreo de las leguminosas en busca de nódulos de *Rhizobium sp* y la determinación de las cepas encontradas. El interés del aislamiento y la caracterización de cepas de *Rhizobium sp* (bacteria que se asocia en simbiosis a las raíces de la leguminosa) reside fundamentalmente en su posible utilización como inoculantes para cultivos de leguminosas. El uso de inoculantes elimina la utilización de fertilizantes nitrogenados que pueden producir contaminación de suelos y aguas y son nocivos para la salud tanto humana como ambiental.



Figura 15. Parcelas de ensayo en la finca El Calamón

3.2.2.2 Resultados

Al igual que en la finca La Higuera, las condiciones climáticas han sido uno de los principales condicionantes del desarrollo de los cultivos habiéndose presentado 2 años climatológicamente opuestos. Esto viene a corroborar que serán necesarios más años de cultivo para generar la información suficiente.

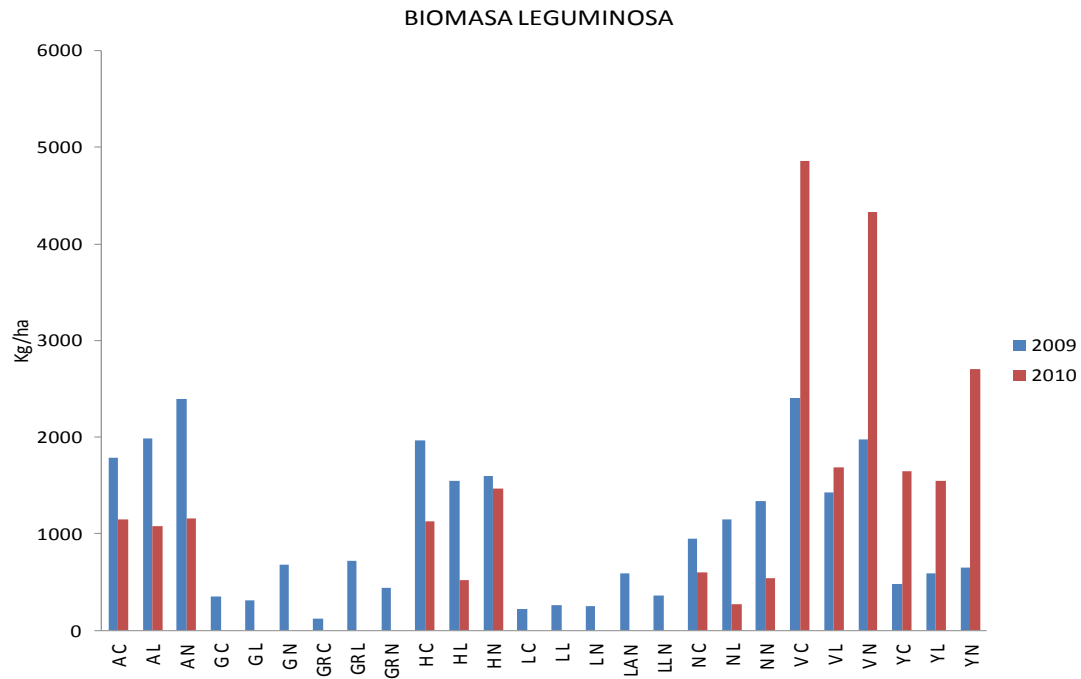
La campaña 2008/2009 tuvo un invierno lluvioso y una primavera muy calurosa y seca, que fue especialmente desfavorable para el cultivo de las leguminosas de grano, por lo que los rendimientos no superaron los 1.200 Kg/ha en el mejor de los casos y los 100 Kg/ha en el peor, pese a que el desarrollo de la planta y la floración de casi todas las especies fue buena. Al contrario que la campaña anterior, en 2009/2010 el año se caracterizó por un invierno y una primavera muy lluviosos y varias parcelas sufrieron problemas de encharcamiento, aunque en términos generales la producción de forraje fue mucho mayor que la campaña anterior debido a la disponibilidad de agua, lo que también ha beneficiado a las adventicias las hierbas que han tenido una gran presencia superando el porcentaje de recubrimiento del suelo frente al de la leguminosa en muchos casos.

Las parcelas de altramuces en ambas campañas apenas prosperaron debido al bajo porcentaje de germinación, mala nascencia y poco vigor. Además de las cuatro parcelas de repetición de *L.angustifolius* (2009) y *L. albus* (2010), en 2009 se sembraron un par de líneas de *L. luteus* y *L. albus* para multiplicación de semilla. Pero tampoco prosperaron.

Si observamos las figuras 16 y 17 vemos que, salvo excepciones, el tratamiento que mejor se ha comportado en términos de producción de biomasa y de competencia con las adventicias ha sido el testigo, también denominado siembra "normal". Si analizamos las medias totales del experimento las líneas agrupadas y el tratamiento de siembra normal del primer año son los manejos más exitosos debido al control que realizan sobre las adventicias, al contrario que la asociación de las leguminosas con cebada aunque haya sido descrita por algunos autores para el control de flora arvense (Hauggaard-Nielsen et al. 2001). En términos porcentuales del total de biomasa producida en las parcelas (leguminosa +adventicias +cebada), las vezas y yeros tuvieron unos porcentajes de biomasa entre el 50% y 75% superando a las otras especies donde los porcentajes fueron menores, sobre todo en el caso de la *V. narbonensis* que no superó el 17 % de la biomasa total de las parcelas.

Para el rendimiento en grano, los yeros y las vezas han destacado sobre los demás. Teniendo en cuenta que el porcentaje de proteína bruta acumulado por la veza está en torno al 30%, hace de ésta una especie interesante a cultivar en esta región. Para éste parámetro, no ha destacado el manejo testigo, sino que han variado según la especie, oscilando entre los 1.537 kg/ha de los yeros testigo a los 126 kg/ha de la *Vicia narbonensis*, también en el manejo testigo.

En términos generales, los yeros sembrados solos y las vezas, solas o con cebada, parecen las especies más interesantes para esta localización seguidos algarrobas y de habines (solos o con cebada), aunque serían necesarios varios ciclos de cultivo más para corroborar estos resultados ya que se ha tratado de dos años pluviométricos opuestos y alejados de las medias históricas.



Nomenclatura: la especie va indicada por la letra inicial: N (*V.narbonensis*), G (guisante), GR (garbanzo), Y (yeros), H (habines), V (veza), L (*Lupinus angustifolius*), LA (*Lupinus albus*), LL (*lupinus luteus*) y A (algarrobas). La última letra indica el tratamiento normal (N), en líneas (L) o con cebada (C) Ej: VN corresponde a la veza (V) cultivada con el tratamiento en siembra normal

Figura 16. Producción de biomasa de leguminosas en dos años de cultivo en La Morera.

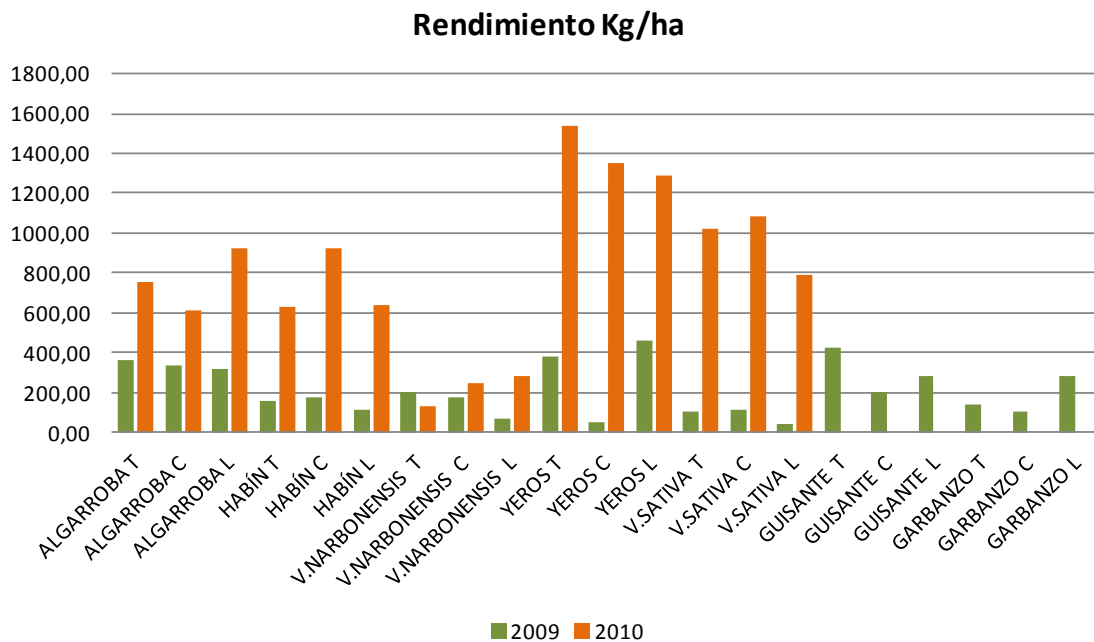


Fig. 17. Producción comparada de grano para 2 campañas de cultivo de leguminosas en La Morera.

3.2.2. Determinaciones de calidad nutricional de las leguminosas de grano (grupo CAEM, Universidad de León y Laboratorio Agroalimentario de la Junta de Extremadura)

Se han analizado muestras de forraje y de grano de las leguminosas cultivadas en las dos fincas de ensayo para determinar los parámetros de calidad y su potencial como fuente proteica en los piensos y harinas ecológicas.

Para el parámetro de proteína bruta en grano (figura 18), podemos observar que los valores entran dentro de los medios para cada especie, aunque se observan ciertas diferencias entre las leguminosas cultivadas en la rotación con cebada (C) frente a la de girasol (G) en la Finca la Higuera así como diferencias entre fincas a la hora de acumular la proteína en el caso de los habines, algarrobas y garbanzos. En ambos casos destaca la veza como especie con mayor porcentaje de proteína (en torno al 30% de media), junto al altramuz azul cultivado en El Calamón.

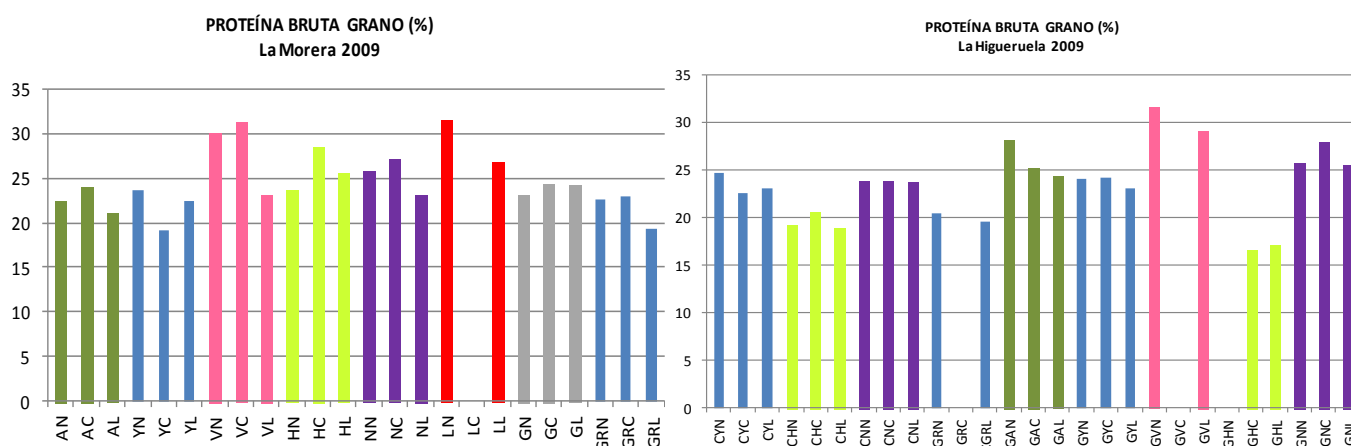


Figura 18. Porcentaje de proteína bruta de leguminosas grano (2009) en la Finca el Calamón (La Morera, Badajoz) y en Finca la Higuera (Santa Olalla, Toledo).

Ante la escasa disponibilidad en la literatura de datos sobre la calidad nutricional de materias cultivadas bajo manejo ecológico, se consideró interesante colaborar con el equipo de la Dra. M^a José Ranilla (Departamento de Producción Animal de la Universidad de León) para analizar las leguminosas del ensayo aprovechando la técnica de evaluación de la digestibilidad con líquido ruminal puesta a punto por este equipo según la técnica descrita por Goering y Van Soest (1970), siguiendo la modificación metodológica propuesta por Ankom Technology Corporation.

Los resultados obtenidos para muestras de forraje en verde de las leguminosas cultivadas en el Calamón se observan en la Tabla 2.

Tabla 2. Análisis de calidad de forraje de leguminosas cultivadas bajo manejo ecológico en el año 2009 en la Finca El Calamón (La Morera, Badajoz).

ESPECIE	TRATAMIENTO	PB (%)	FND (%)	FAD (%)	LIGNINA (%)	LIG/FND	Digestibilidad de la Materia seca	Digestibilidad verdadera de la Materia seca
Algarroba	1	14,25	30,08	18,44	4,08	13,55	75,59	83,52
Algarroba	2	13,21	34,17	21,07	4,63	13,55	73,84	80,80
Algarroba	3	14,48	35,59	21,63	5,19	14,59	74,90	81,07
Yeros	1	15,83	27,63	16,77	4,44	16,06	81,18	88,75
Yeros	2	15,78	26,44	16,41	3,90	14,76	80,69	87,36
Yeros	3	16,02	24,85	16,03	5,01	20,15	82,61	88,49
Vicia sativa	1	15,28	42,35	25,65	5,55	13,11	67,12	77,28
Vicia sativa	2	16,53	46,12	30,54	6,86	14,88	66,91	76,29
Vicia sativa	3	15,42	40,71	24,81	5,73	14,08	68,02	78,43
Habines	1	16,12	42,13	27,43	9,08	21,55	70,43	80,56
Habines	2	15,59	46,15	29,62	6,25	13,54	69,67	77,39
Habines	3	16,34	41,55	23,67	5,46	13,14	72,82	81,64
Vicia narbonensis	1	14,68	40,51	23,72	6,10	15,07	69,72	79,64
Vicia narbonensis	2	14,32	44,77	29,04	7,55	16,86	66,15	74,53
Vicia narbonensis	3	13,67	44,67	24,62	5,69	12,74	68,95	78,01
Lupinus angustifolius	1	12,81	32,70	20,07	3,46	10,57	75,37	83,35
Lupinus angustifolius	2	13,77	32,50	20,64	2,81	8,64	73,47	82,92
Lupinus angustifolius	3	14,46	44,14	27,52	3,68	8,34	72,73	78,67
Guisantes	1	19,41	28,56	18,11	2,63	9,22	81,29	88,07
Guisantes	2	16,82	25,66	16,53	2,19	8,53	83,28	89,32
Guisantes	3	18,35	25,41	15,62	2,07	8,16	82,92	90,29
Garbanzos	1	14,51	37,35	25,15	6,11	16,35	72,54	77,46
Garbanzos	2	14,57	35,70	23,22	5,41	15,16	75,82	81,32
Garbanzos	3	15,69	36,49	24,54	6,16	16,88	74,12	79,18

Tratamiento: 1 siembra leguminosa sola, 2 siembra con cebada; 3 en líneas agrupadas.
 PB (proteína bruta); FB (fibra bruta); FAD (fibra ácido detergente); FND (fibra neutro detergente)

3.2.3. Evaluación de la nodulación y aislamiento de rizobios (*Instituto de Investigaciones Agrarias. CSIC*)

Aunque no era una actividad contemplada inicialmente en el proyecto se consideró interesante complementar la información del comportamiento de las leguminosas estudiando la capacidad de nodulación con bacterias nitrificantes presentes de forma natural en los campos de ensayo, ver la diversidad de las mismas y su viabilidad como posibles cepas inoculantes para posteriores estudios. Por ello, se colaboró con las Dras. Mercedes Fernández-Pascual y Beatriz Ruiz-Díez, del Instituto de Investigaciones Agrarias del CSIC.

En las especies introducidas en los ensayos de la Finca el Calamón (La Morera, Badajoz), se aislaron las bacterias formadoras de nódulos. Fueron aisladas 8 bacterias posibles "rizobiales" (Kuykendall 2005): HA-6 (proveniente de *V.narbonensis*), LG-6 (de *Lupinus angustifolius*), HB-6 (de habines), VB-6 (de *Vicia bengalensis*, presente como adventicia en el cultivo), LL-6 (de *Lupinus luteus*), V-6 (de *Veza sativa*), Y-6 (de yerros) y M-6 (de alfalfa presente como adventicia en el cultivo). En una segunda fase se caracterizaron las bacterias fenotípica y genotípicamente, obteniéndose los siguientes resultados:

Caracterización fenotípica:

- Crecimiento lento: aparición de colonias a los 6-7 días. Cepas: LL-6, LG-6.
- Crecimiento intermedio: colonias a los 4-5 días. Cepa: M-6
- Crecimiento rápido: colonias a los 2-3 días. Cepas: HA-6, Hb-6, VB-6, V-6, Y-6.

Caracterización genotípica:

La caracterización genética para la identificación bacteriana a nivel específico se realizó mediante la aplicación de métodos de Biología Molecular. La determinación de su identificación a nivel de género y especie fue por secuenciación directa de la subunidad 16S del DNA ribosómico (Ruiz-Díez et al., 2009)

Los resultados de las caracterizaciones se exponen en la Tabla 3.

De las 8 cepas bacterianas aisladas 6 pertenecen a la especie *Rhizobium leguminosarum* *bv. viceae*, 2 son *Bradyrhizobium canariense* y la última es *Sinorhizobium medicae*.

Tabla 3. Identificación molecular de los rizobios procedentes de la Finca El Calamón (La Morera, Badajoz).

Cepa	*Genbank (nº acceso)	Alineamiento (dNTPs)	Cepa más próxima ¹ (Genbank)	Homología ¹ (%)	Identificación Genética ²
HA-6		1430	<i>Rhizobium leguminosarum</i> ALM-2, DQ660316	100	<i>Rhizobium leguminosarum</i> <i>bv. viceae</i>
LG-6		1444	<i>Bradyrhizobium canariense</i> SEMIA928, FJ390904	100	<i>Bradyrhizobium canariense</i>
HB-6		1436	<i>R. leguminosarum</i> ALM-2, DQ660316	100	<i>Rhizobium leguminosarum</i> <i>bv. viceae</i>
VB-6		1436	<i>R. leguminosarum</i> ALM-2, DQ660316	99.9	<i>Rhizobium leguminosarum</i> <i>bv. viceae</i>
LL-6		1414	<i>B. canariense</i> Sp-1, EU420083	100	<i>B. canariense</i>
V-6		1436	<i>R. leguminosarum</i> LPB0205, GQ863505	99.9	<i>Rhizobium leguminosarum</i> <i>bv. viceae</i>
Y-6		1433	<i>Rhizobium</i> sp. ORS 1462, AY500265	99.7	<i>Rhizobium leguminosarum</i> <i>bv. viceae</i>
M-6		1387	<i>Sinorhizobium</i> <i>medicae</i> WSM419, CP000738	99.9	<i>Sinorhizobium medicae</i>

¹ Especie, cepa y nº del Genbank de la bacteria más próxima

² Porcentaje calculado con la secuencia más próxima de las bases de datos del Genbank

³ Obtenida por comparación con la secuencia de la cepa tipo más próxima

3.3 Ensayos con diferentes manejos de ganado ecológico y evaluación de la calidad de la carne (*Grupos Dpto. de Tecnología de los alimentos-INIA, CIA Finca El Dehesón del Encinar-Junta de Castilla La Mancha y Dpto. Producción Animal-U. Complutense de Madrid*)

3.3.1 ENSAYOS CON GANADO OVINO.

3.3.1.1. Primer experimento (2009). Efecto del sistema de crianza sobre la composición en ácidos grasos de la carne.

El consumidor demanda cada vez más alimentos sanos, nutritivos y con buenas características organolépticas que permitan mejorar su calidad de vida. La grasa es uno de los componentes más importantes que afectan al valor nutritivo de la carne y a sus características organolépticas. La carne de ovino en nuestro país presenta generalmente un contenido elevado de grasas saturadas ligado en parte al sistema intensivo de crianza que se utiliza. Estas grasas saturadas dan lugar a problemas en la alimentación humana ya que aumentan el nivel de colesterol en sangre. Existe sin embargo la posibilidad de reducir el contenido en estos ácidos grasos saturados mediante el empleo de sistemas de alimentación más extensivos que debido al mayor contenido en ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) de los pastos permite aumentar su nivel en la grasa de la carne.

En la producción ecológica los corderos deben permanecer en pastoreo una parte de su periodo de engorde que puede ser más o menos largo pudiendo llegar a la totalidad del mismo en zonas donde se dispone de pasto. La calidad del pasto sin embargo varía sensiblemente con la zona y la época del año, lo que afecta a la calidad final de la carne.

En el presente trabajo se estudiaron diversos sistemas de producción de carne de ovino en producción ecológica variando el tiempo de permanencia de los animales en pastoreo así como el periodo de lactancia.

Metodología

Se utilizaron un total de 48 corderos nacidos como simples procedentes de un rebaño de ovejas de raza Talaverana existente en la finca experimental "El Dehesón del Encinar" donde fueron criados los corderos hasta su sacrificio. La finca es una dehesa mediterránea con parcelas de pastos y otros aprovechamientos certificados en ecológico, localizada en el Término Municipal de Oropesa (Toledo). A partir de los 10 días de nacimiento, los corderos salieron al pasto con sus madres durante el día teniendo a disposición un pienso ecológico de iniciación. A partir de los 35 días de vida se hicieron 4 lotes al azar de la siguiente forma:

1. Lote 1: los corderos permanecieron con la madre hasta el sacrificio manteniéndose en pastoreo y con acceso a un pienso de cebo.
2. Lote 2: los corderos se destetaron a los 45 días de edad y se cebaron en el aprisco con pienso de cebo y paja a voluntad.
3. Lote 3: destete a los 45 días de edad y cebo en pastoreo con pienso de cebo y paja a voluntad hasta el sacrificio.
4. Lote 4: destete a los 60 días de edad y cebo en aprisco con pienso de cebo y paja a voluntad hasta el sacrificio.

El pienso de cebo estaba constituido por ingredientes ecológicos con un contenido en proteína bruta sobre materia seca del 14,5%.

El pastoreo de los corderos se realizó con las madres hasta el destete sobre parcelas de 1 ha de superficie con una producción controlada al comienzo de pastoreo de 3800 kg de MS/ha siendo su composición a base de 55% de leguminosas, 20% de especies introducidas como *Trifolium subterraneum* L., y *T. resupinatum*, el 35% de tréboles autóctonos como *T. ceernum* Brot., *T. campestre* Schreb y *T. tomentosum* L., 13% de gramíneas (*Lolium multiflorum* Lam y *Vulpia* sp.) y el resto diversas especies como *Anthemis mixta* L., *Cerastium glomeratum* Thuill, *Spergula arvensis* L., *Erodium moschatum*

L., *Silene gallica* L. y *Plantago lagopus* L. La composición en ácidos grasos del pasto y del pienso se indica en la tabla 4.

Tabla 4. Composición en ácidos grasos del pienso de cebo y del pasto (%).

Ácidos Grasos	Pienso	Pasto de Abril	Pasto de Mayo	Pasto de Junio
Mirístico (C14:0)	0,29	1,24	1,74	1,67
Palmítico (C16:0)	15,29	26,15	27,84	27,16
Esteárico (C18:0)	4,98	10,30	12,68	13,69
Oléico (C18:1)	33,82	15,98	11,67	12,01
Linoléico (C18:2)	41,50	14,79	28,88	33,08
Linolénico (C18:3)	3,85	26,11	9,07	5,60
EPA (C20:5)	-	0,22	0,65	0,64
DHA (C22:6)	-	0,60	0,95	-
n6/n3	10,78	0,55	2,71	5,30

Los corderos se pesaron semanalmente controlándose en el mismo periodo el consumo de pienso. El sacrificio fue realizado en matadero pesándose la canal caliente y fría. Estas fueron trasladadas a la planta piloto del INIA en donde se procedió al estudio de la canal y de la carne. El engrasamiento se determinó según el sistema Europeo en una escala del 1 al 4 (Reglamento (CEE) nº 461/93).

El músculo *longissimus dorsi* se diseccionó y se tomó una muestra del mismo que fue congelada hasta su posterior análisis para ácidos grasos. La grasa fue extraída según el método descrito por Hanson y Olley (1963).

Resultados

Los datos de crecimiento, rendimiento a la canal y engrasamiento figuran en la tabla 5. Los tratamientos no afectaron al peso de sacrificio que fue de 25,62 kg como media pero sí en cambio al crecimiento que fue inferior en el lote 3 (228 g/día) que fue cebado en el pasto respecto al resto de los lotes (270,03g/día). Los corderos pertenecientes al lote 3 necesitaron por ello un mayor tiempo para ser acabados ya que no fueron capaces de compensar con el consumo de pienso el menor valor energético del pasto. Respecto al rendimiento a la canal, este fue superior en los corderos criados por la madre (49,6 %) en relación al resto de tratamientos (44,9 % de media), como consecuencia del menor desarrollo de su aparato digestivo debido a que el consumo de leche se mantuvo hasta el sacrificio y el consumo de pienso fue inferior al de los otros lotes.

El engrasamiento de la canal estuvo relacionado con el consumo de energía ya que fue menor en el lote 3 cebado en pastoreo como consecuencia del bajo valor energético del pasto.

Tabla 5. Pesos, crecimiento, rendimiento a la canal y engrasamiento.

	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4	CME	Sign.
Peso sacrificio (kg)(PVS)	25,33	25,75	25,62	25,79	0,82	ns
Crecimiento (g/día)	272,6	270,0	228,3	267,5	30,9	ns
Rendimiento canal (%)	49,61a	44,83b	45,17b	45,67b	3,68	***
Engrasamiento(puntuación)	2,89a	2,84a	2,36b	2,67a	0,13	**

Sign.: Significación del modelo; ns: P>0,05; ***P<0,001; **P<0,01; CME: cuadrado medio del error; a, b: Letras diferentes dentro de la misma fila indican diferencias significativas entre las media.; Rendimiento canal: Peso canal fría/PVSx100.

La composición en ácidos grasos de la grasa intramuscular de la carne figura en la Tabla 6. Se observa en general un aumento en la proporción de grasa saturada en los corderos que permanecieron con la madre como consecuencia del mayor contenido en estos ácidos grasos en la leche materna (Velasco *et al.*, 2001), siendo menor la proporción en los destetados a los 60 días e intermedios en los otros lotes. El mayor representante de estos ácidos grasos fue el ácido palmítico (C16:0) que también fue inferior en los animales destetados tardíamente (lote 4). Este ácidos graso juega un papel importante en el aumento del colesterol (Moloney *et al.*, 2001). Por el contrario, los ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) son más bajos en el lote 1, siendo más elevados en los destetados tardíamente (lote 4)

Respecto al contenido total en ácidos grasos PUFA es mayor en los lotes 3 y 4 por lo que este último tratamiento sería mejor desde el punto de vista de la salud del consumidor. La proporción más baja se presenta en los corderos de pienso lo que era de esperar por su menor contenido en linoléico (C18:3) ya que no consumieron pasto en su fase de engorde y también de forma especial en los que permanecieron con la madre que aunque consumieron poco pienso también tomaban la leche de la madre con un bajo contenido en estos ácidos grasos. Son estos corderos por lo tanto los que presentan peor calidad de la grasa desde el punto de vista nutritivo.

La relación n6/n3 es buena en todos los tratamientos, es decir inferior a 4 como se recomienda (Department of Health, 1994) aunque aumenta en los corderos cebados con pienso hasta valores de 3,5 que podemos considerarlo también como bueno sobre todo si lo comparamos con otros estudios de cebo intensivo en que los valores de esta relación aumentan hasta 8 (Díaz *et al.*, 2005) y superiores.

Por el contrario los ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) predominan en los destetados tardíamente (lote 4). Son estos corderos por lo tanto los que presentan mejor calidad de la grasa desde el punto de vista de la salud del consumidor.

Tabla 6. Composición en ácidos grasos de la carne (%).

Ácidos grasos	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4	CME	Sign.
C14:0	5,92a	4,62b	4,65b	5,24b	0,5238	**
C16:0	24,64a	23,83b	22,43b	14,53b	4,312	***
C18:0	11,79a	8,85b	9,29b	12,50a	1,323	***
C18:1	37,30a	38,56a	37,17a	42,55b	7,434	***
C18:2	7,31a	8,92b	9,95b	9,87b	4,12	**
C18:3	1,94a	1,49b	2,02a	1,96a	0,0994	**
EPA	1,31a	1,30a	1,60a	1,55a	0,159	ns
DPA	1,07a	1,07a	1,27a	1,37a	0,107	ns
SFA	44,78a	40,20b	38,86b	35,29c	6,358	***
MUFA	39,70a	42,69b	40,96ab	45,30c	7,131	***
PUFA	14,56a	16,74ab	19,24b	18,79b	8,189	***
PUFA/MUFA	0,33a	0,42b	0,50c	0,54c	0,0087	***
n6/n3	2,36a	3,48c	2,98b	2,90b	0,342	***
n3	4,33ab	4,86a	4,91b	4,88b	0,834	*
n6	10,23a	12,87b	14,33b	13,91b	5,816	***

Sign.: Significación del modelo; ns: P>0,05; ***P<0,001; **P<0,01; *P<0,05; CME: cuadrado medio del error; a, b, c: Letras diferentes dentro de la misma fila indican diferencias significativas entre las medias.

Los resultados encontrados estarían relacionados con la evolución de la composición en ácidos grasos del pasto que se indica en la tabla 1 en donde se observa una variación brusca en dicha composición entre el pasto de abril y el de mayo y junio, fundamentalmente por el ácido linoléico (C18:3) que pasa del 26,11 % al 5,6 %. Es por lo tanto importante que el cebo se realice con pastos de primavera frescos ya que el pasto más seco hace que se pierda una parte importante en los ácidos grasos omega 3 que condicionará la composición final de la carne.

3.3.1.2. Segundo experimento (2010). Efectos de la alimentación y el sexo en el acabado de corderos ecológicos.

La composición de la grasa del cordero está muy ligada al tipo de alimentación que reciben los animales. En nuestro país, el cebo del cordero se realiza tradicionalmente ligado al empleo de piensos, aportados a voluntad en este periodo, lo que favorece el aumento en el contenido de ácidos grasos saturados de su carne.

Los sistemas de producción ecológica favorecen, por el contrario, el empleo de pastos con el mínimo aporte de piensos, dando lugar a carnes de mejor calidad con el menor contenido en ácidos saturados y mayor en poliinsaturados, que favorecen la salud del consumidor, (Díaz *et al.*, 2005). A su vez, el empleo del pasto, al reducir sensiblemente la utilización de piensos, contribuye a reducir el coste de producción, ya que el precio de los piensos ecológicos se ha elevado sustancialmente en los últimos años.

Las diferencias importantes existentes en el engrasamiento y en la calidad de la grasa entre sexos, hacen a su vez importante conocer las mismas. Por ello, en el presente trabajo, se estudiaron dos sistemas de acabado de corderos: pastoreo ecológico suplementado con pienso o alimentación en el aprisco con pienso complementado con un heno de pradera, ambos suplementos producidos también ecológicamente. El estudio se ha completado estudiando en ambos sistemas el efecto del sexo.

Metodología

Se utilizaron un total de 84 corderos, 46 procedentes de partos simples y 38 de partos dobles, de un rebaño de ovejas de raza Talaverana del CIA “El Dehesón del Encinar”, donde fueron criados hasta su sacrificio. A partir de los 10 días del nacimiento los corderos salieron al pasto con sus madres, durante el día, teniendo a libre disposición el pienso utilizado en el cebo. A los 60 días de vida se destetaron todos los corderos, haciéndose cuatro lotes al azar, dos de machos y dos de hembras con un número semejante de animales procedentes de parto simple o doble. Los tratamientos realizados a partir de entonces fueron los siguientes:

Lote 1. Machos criados hasta el sacrificio en pastoreo con acceso a un pienso de cebo.

Lote 2. Machos criados hasta el sacrificio en cebadero con pienso de cebo y heno de pradera (éste suministrado en un 10% del consumo de pienso).

Lote 3. Hembras criadas hasta el sacrificio en pastoreo con acceso a un pienso de cebo.

Lote 4. Hembras criadas hasta el sacrificio en cebadero con acceso a un pienso de cebo y heno de pradera (éste suministrado en un 10% del consumo de pienso).

El pienso de cebo, estaba constituido por ingredientes ecológicos (51% cebada, 17% trigo, 7% harina de girasol, 20% guisantes, 2% salvado y 3% suplemento vitamínico–mineral). El heno procedía de una pradera de secano sembrada anteriormente, con una mezcla de las especies citadas en el experimento anterior.

El pastoreo de los corderos, se realizó sobre dos praderas similares de 1,5 ha. Para estimar la oferta de hierba en cada una de las parcelas y su evolución a lo largo de la

primavera, se realizaron muestreos semanales en 12 puntos por parcela. La oferta de hierba al comienzo del pastoreo fue 1100 kg de MS/ha.

Los corderos se pesaron semanalmente, controlándose en el mismo período el consumo de pienso y de heno. El sacrificio fue realizado en un matadero cuando los corderos llegaron a un peso vivo de 26 kg los machos y 24 kg las hembras, pesándose las canales calientes y frías.

Los ácidos grasos de la hierba de las praderas, el heno de pradera y el pienso, fueron determinados según el método propuesto por Pritam *et al.* (1988).

Resultados

En la Tabla 7, figuran los datos de composición en ácidos grasos del pasto durante el periodo en que los corderos permanecieron en el mismo, ya sea con las madres (abril), o en el periodo de acabado (mayo-junio), así como la proporción en ácidos grasos del heno y el concentrado.

Tabla 7. Composición en ácidos grasos (%) del pasto herbáceo, concentrado y heno de pradera, utilizados en la experiencia.

	Pasto herbáceo					Pienso	Heno
	05/04/2010	26/04/2010	10/05/2010	24/05/2010	07/06/2010		
14:0	0,33	1,04	0,99	0,89	0,66	0,38	1,23
16:0	13,07	16,27	17,15	18,60	20,46	19,76	25,54
18:0	1,34	2,14	1,77	2,13	3,24	3,05	3,48
SFA	23,32	25,94	29,91	27,00	29,38	27,56	42,65
18:1	3,25	6,88	5,25	9,02	15,80	15,53	7,56
MUFA	4,93	8,45	6,91	10,16	16,37	15,53	7,89
18:2	17,23	20,35	19,81	25,14	38,50	51,74	18,64
18:3	49,69	40,95	39,32	33,81	11,54	4,66	29,36
EPA	0,13	0,18	0,20	0,34	0,34	-	-
DPA	0,53	0,81	0,87	0,77	1,03	-	-
PUFA	67,94	62,64	60,56	60,41	51,56	56,39	48,00
MUFA/SFA	0,21	0,36	0,24	0,38	0,56	0,56	0,18
PUFA/SFA	2,95	2,63	2,06	2,28	1,77	2,05	1,13
n3	50,35	41,94	40,39	34,92	12,91	4,66	29,36
n6	17,58	20,70	20,17	25,49	38,64	51,74	18,64
n6/n3	0,35	0,49	0,50	0,73	2,99	11,11	0,64

SFA: Ácidos Grasos Saturados. MUFA: Ácidos Grasos EPA: Ácido Eicosapentaenóico (C20:5n3). DPA: Ácido Docosapentaenóico (C22:5n3). n3: omega 3. Monoinsaturados. PUFA: Ácidos Grasos Poliinsaturados. CLA: Ácidos Linoléico Conjugado (isómero cis-9, trans-11 C18:2). n6: omega 6.

Es de destacar, que según va avanzando el tiempo desde el comienzo de la experiencia, los ácidos grasos saturados aumentan, alcanzando el valor más elevado (29%) desde mediados de mayo a mediados de junio, período que corresponde con el cebo de los corderos. El ácido graso que presenta un mayor aumento es el palmítico, que resulta perjudicial para la salud (Moloney *et al.*, 2001). Los monoinsaturados evolucionan de la misma forma alcanzando el máximo en el mes de junio, con un 16,4%. Los poliinsaturados, por el contrario, disminuyen en el período estudiado, pasando el linoléico de un 49,7% a un 11,5%, aumentando en cambio el linoleico, aproximándose de esta forma su composición a la del pienso de cebo. Resultados semejantes han sido obtenidos en un trabajo anterior (Cañeque *et al.*, 2010). La oferta de hierba y su evolución a lo largo del experimento se indican en la Figura 20 para las parcelas de machos (P2) y hembras (P3).

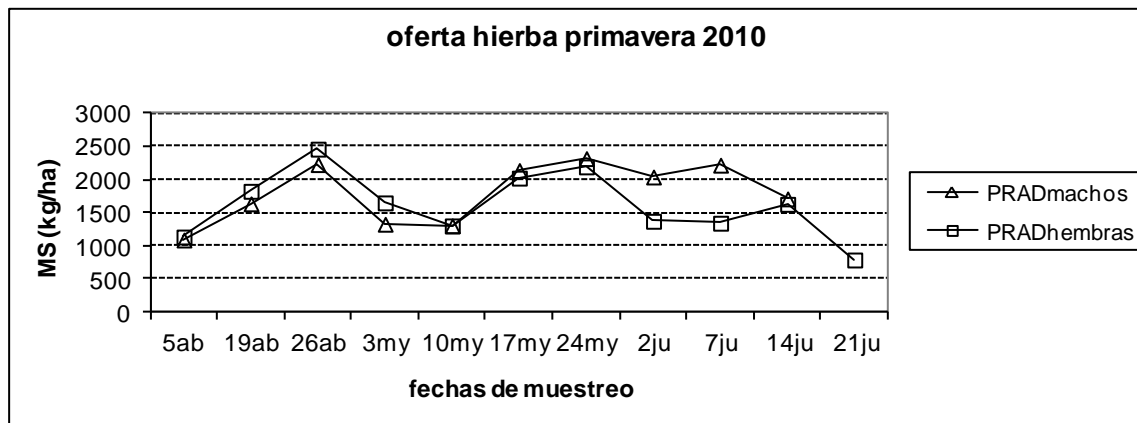


Figura 20. Oferta de hierba en las parcelas en pastoreo a lo largo de la experiencia.

Respecto al crecimiento de los corderos (Tabla 8), en el período de cebo existe una interacción ya que los machos en pastoreo crecieron más que los del aprisco (241,8 g/día frente a 225,26 g/día, respectivamente) y en cambio, las hembras crecieron más en aprisco (160 g/día) que en pastoreo (137,9 g/día).

Con relación a los datos de las canales, el peso de las mismas fue mayor en los machos (11,4 kg en frío) frente a las hembras (10,6 kg), aunque el rendimiento en frío de la canal fue superior en las hembras (45,13%) frente a los machos (44,56%). Respecto al sistema de crianza, los animales de pastoreo presentaron un rendimiento a la canal más bajo (44,01%) que los criados en aprisco (44,80%), como era de esperar, por su mayor desarrollo del aparato digestivo.

El consumo de pienso por cordero figura en la Tabla 8, siendo mayor en los corderos de pastoreo (31,1 kg) que en los de aprisco (28,37 kg), aunque estos últimos tomaron, además, 16,3 kg de heno de pradera. Respecto al sexo, los machos consumieron más que las hembras.

Tabla 8. Crecimiento en g/día (g/d) y consumo en kg/cordero (kg/c) de pienso y heno según el sistema de alimentación y el sexo de los corderos.

		Machos		Hembras	
		Aprisco	Pasto	Aprisco	Pasto
Crecimiento (g/d)	Nacimiento-Sacrificio	219.3	225.7	201.8	194.8
	Destete-Sacrificio	225.2	241.8	157.6	137.9
Consumo total (kg/c)	Concentrado	34.14	40.88	22.6	21.31
	Heno de pradera	17.88	.	14.74	.

Tabla 9. Composición en ácidos grasos (%) y vitamina E (mg/kg_{carne}) de la carne.

	Sistema de alimentación		Sexo		A	S	A x S
	Pastoreo	Concentrado	Machos	Hembras			
DL- α -tocopherol	2.31	0.62	1.19	1.74	***	**	**
Ácidos grasos							
SFA	38.77	39.38	38.83	39.32	ns	ns	ns
MUFA	35.68	38.54	39.13	35.58	*	**	ns
PUFA	25.56	22.08	22.04	25.10	*	*	ns
16:0	21.21	22.17	22.05	21.46	*	ns	ns
18:1	32.61	35.56	35.92	32.73	*	**	ns
18:2	12.43	10.13	10.69	11.62	**	ns	ns
18:3	2.13	1.65	1.67	2.04	**	**	ns
20:5 _{n3}	1.58	1.30	1.25	1.59	ns	*	ns
22:5 _{n3}	1.75	1.55	1.52	1.75	ns	*	ns
22:6 _{n6}	0.91	0.84	0.79	0.93	ns	*	ns
n3	6.36	5.34	5.23	6.32	*	*	ns
n6	18.65	16.24	16.33	18.23	*	ns	ns
n6/n3	2.94	3.07	3.16	2.89	ns	ns	ns

A: Sistema de alimentación; S: sexo; A x S: interacción Sistema de alimentación x Sexo; Nivel de significación: ns, no significativo; *, $P < 0.05$; **, $P < 0.01$; ***, $P < 0.001$.

Los efectos del sistema de cebo y del sexo sobre la composición en ácidos grasos y en vitamina E del músculo *longissimus* se indican en la tabla 9.

Existe un efecto del sistema de cebo ($P < 0,01$) y del sexo ($P < 0,05$) sobre el contenido en vitamina E de la carne siendo mayor en los animales en pastoreo respecto de los que permanecen en aprisco (2,31mg/kg carne frente a 0,62) a pesar de la disminución brusca del contenido en vitamina E del pasto. El nivel de vitamina E alcanzado en pastoreo está próximo al recomendado (Álvarez *et al.*, 2008) para una buena conservación de la carne. Las hembras presentan también un mayor contenido en vitamina E que los machos aunque existe una interacción con el tipo de alimentación en pastoreo, ya que, en las hembras hay un mayor contenido que en los machos.

Respecto a los ácidos grasos, se produce un mayor contenido de los monoinsaturados en los corderos que reciben concentrado, quizás debido al elevado contenido en ácido oleico del pienso (Cañeque *et al.*, 2011) siendo mayor también en los machos respecto a las hembras.

Los PUFA están, en general, afectados por el sistema de alimentación, aumentando en los animales de pastoreo, debido a su mayor contenido en el pasto. Dentro de los PUFA, es de destacar el mayor contenido en los animales de pastoreo del ácido linolénico por la alta riqueza en el pasto, aunque disminuye sensiblemente con el tiempo. Los ácidos grasos de cadena larga son mayores en los que pastan aunque, en este caso, las diferencias no son significativas. El sexo afecta al contenido en el ácido linolénico, siendo mayor en las hembras.

3.3.2 ENSAYOS CON GANADO VACUNO

La producción ecológica de vacuno es difícil de llevar a cabo en muchas regiones de nuestro país ya que no se dispone de pastos naturales durante largos periodos de tiempo debido a la concentración de lluvias y a la variabilidad anual de las mismas. Por ello es necesario alargar el periodo de suministro de pienso en los años de baja pluviometría, en especial en la fase de acabado, lo que encarece enormemente la producción, debido al elevado coste del pienso de soja ecológica.

En este trabajo se ha estudiado la posibilidad de sustituir la soja ecológica como fuente proteica del pienso, por leguminosas grano, también ecológicas pero de menor coste, considerando el efecto que puede presentar en la calidad de la carne. El estudio se ha realizado en machos y hembras por el desigual comportamiento observado en ambos sexos en cuanto a crecimiento, consumo y por su efecto sobre la calidad de la carne debido al mayor engrasamiento que presentan las hembras.

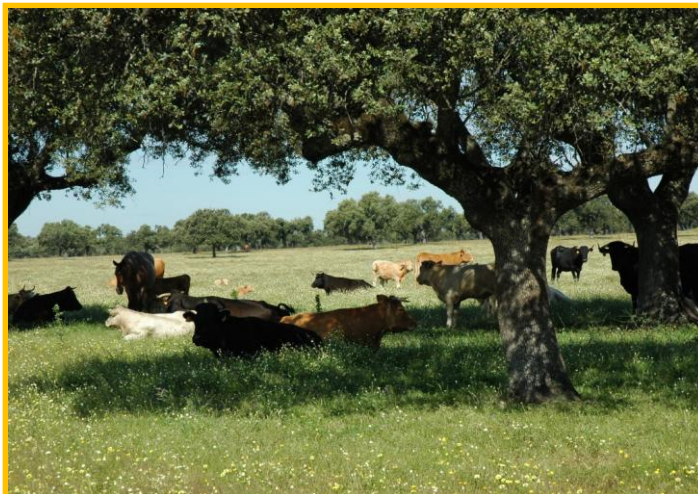


Figura 21. Ganado vacuno en la finca ecológica “Casablanca” (Cáceres)

Metodología

El ensayo se realizó en el año 2009 con el ganado ecológico de Enrique Vega, ganadero ecológico, en la finca Casablanca, situada en el término de Oliva de Plasencia, al norte de la provincia de Cáceres (Figura 21). Es la misma explotación donde también se realizó la actividad de seguimiento de pastos. Se utilizaron un total de 38 animales, 20 hembras y 18 machos que fueron controlados desde el destete que tuvo lugar a los 170Kg de peso vivo en los machos y 155Kg en las hembras con una edad de 222 y 210 días respectivamente. Ambos sexos se mantuvieron en parcelas separadas pastoreando en pasto natural suplementado con pienso ecológico hasta el acabado en que se hicieron los lotes experimentales, dos para cada sexo y recibieron ambos sexos los piensos ecológicos que se indican en la tabla 10 con un contenido medio de un 15% de proteína bruta. Los terneros se mantuvieron en cebo durante 115 días en estabulación libre hasta que fueron llegando al peso de sacrificio que fue de 550Kg en los machos y 455Kg en las hembras, aportando los piensos a voluntad con un 10% de paja. Al sacrificio se pesó la canal en caliente y se procedió al despiece a las 24 horas tomándose una muestra de lomo de la media canal izquierda que comprendió las costillas 6ª a 10ª torácicas. La muestra fue envasada a vacío y madurada durante 10 días conservándose posteriormente congelada hasta la toma de muestras que se hizo según se indica en Sañudo *et al* (2005).

Tabla 10. Composición de las dietas experimentales.

	Pienso soja	Pienso leguminosas	Pasto natural
Cereales (%)	75	52.9	-
Guisantes (%)	-	18	-
Algarrobas (%)	-	10.0	-
Harina de soja (44%)	8.5	-	-
Harina de girasol (30%)	7	9	-
Otros componentes (%)	9.5	10.1	-
Contenido en grasa	6.0	5.8	1,7
Ácidos grasos:			
Saturados	42.2	25.8	43.1
Monoinsaturados	33.8	40.0	8.3
Poliinsaturados	21.8	30.3	48.5
w3	1.7	1.9	28.5

Los análisis de calidad de carne se hicieron según la metodología indicada en Sañudo y Cañeque (2005). Los resultados se analizaron como un modelo factorial 2x2 considerando como factores el sistema de alimentación y el sexo, utilizando el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS 9.0. Se utilizó el test de comparación de medias de Student Newman-Keuls.

Resultados

Los resultados se indican en la tabla 11. El crecimiento en el periodo del cebo fue semejante para ambos sistemas de alimentación (1,3Kg/día) como señalan Ben Salen y Fraj (2006) siendo mayor para machos (1,47Kg/día) que para las hembras (1,15Kg/día). El rendimiento a la canal presenta efecto del sistema de alimentación ($P<0,05$), siendo mayor en el caso del pienso de leguminosas, y del sexo ($P<0,01$), obteniéndose mayores valores en las hembras (59,1%) que en los machos (57,1%). Este valor es semejante al encontrado en las razas Avileña y Morucha (Alberti *et al.*, 1997) aunque sacrificados a un peso menor (450Kg).

No se aprecian diferencias significativas en el pH ni en la capacidad de retención de agua, para ninguno de los dos factores estudiados. La humedad de la carne de las hembras sí es significativamente ($P<0,01$) menor que la de los machos.

Tabla 11. Datos productivos y de calidad de carne.

	Sist. de alimentación		Sexo		SEM	A	S	A x S
	Soja	Leguminosas	Machos	Hembras				
Datos productivos:								
Peso al sacrificio (Kg)	496,2	505,7	550,8	455,6	10,46	ns	***	ns
Crec. cebo (Kg/día)	1,30	1,30	1,47	1,15	0,04	ns	***	ns
Canal caliente (Kg)	284,3	298,3	325,2	260,0	7,21	ns	***	ns
Rendto. Canal ² (%)	57,21	58,8	57,0	59,1	0,64	*	**	ns
Calidad de la carne:								
Humedad (%)	73,0	72,6	73,5	72,3	0,37	ns	**	ns
CRA (%)	68,30	66,54	68,51	66,18	1,30	ns	ns	ns
pH	5,5	5,5	5,4	5,5	0,02	ns	ns	ns
Grasa intra (%)	2,9	2,3	1,8	3,3	0,36	ns	**	ns
Color:								
L*	31,23	31,7	29,79	32,71	1,33	ns	*	ns
a*	14,87	15,26	15,22	14,93	0,67	ns	ns	*
b*	16,53	17,26	16,14	17,45	0,41	ns	**	ns
Metamioglobina (%)	5,0	8,55	3,28	9,32	1,51	*	***	ns
Textura ¹ (Kg)	4,6	4,9	5,7	4,0	0,43	ns	***	*
Ácidos grasos (%):								
Saturados	46,02	44,35	45,07	45,36	0,92	ns	ns	ns
Monoinsaturados	42,8	41,22	37,85	45,37	1,17	ns	***	ns
Poliinsaturados	11,21	14,43	17,10	9,30	1,55	*	***	ns

¹Carga máxima (Warner-Bratzler). CRA: Capacidad de retención de agua. L*: luminosidad. a*: índice de rojo. b*: índice de amarillo. SEM: Error Estándar de la Medía. A: Sistema de alimentación. S: sexo. A x S: interacción. Nivel de significación: ns, no significativo; *, $P < 0,05$; **, $P < 0,01$; ***, $P < 0,001$.

El valor L* o luminosidad estuvo afectado por el sexo ($P<0,05$). Las diferencias pueden ser debidas al contenido en grasa intramuscular, que es mayor en las hembras, ya que valores superiores a 2,5% aumentan la reflectancia de la luz dando lugar a un aspecto más claro de la carne (Barton-Gade, 1981). El valor de b*, también afectado por el sexo ($P<0,001$), podría

estar relacionado con los componentes amarillos de la grasa, lo que justificaría el valor más alto de las hembras. La metamioglobina, aunque afectada por el sexo ($P < 0,001$) y por la alimentación ($P < 0,001$) presenta valores bajos muy inferiores al valor de 20 en que puede empezar a ser rechazada por algunos consumidores (Mac Dougall D.B. 1982).

La textura presenta una interacción entre los factores estudiados ($P < 0,05$) aunque se mantiene un valor más elevado para los machos, lo que se correspondería con una carne más tierna para las hembras, como ha encontrado Savell *et al.*, 1987, que lo atribuyen a su mayor contenido en grasa, al prevenir el mayor engrasamiento el acortamiento por el frío Sañudo *et al.* 1997)

El contenido de vitamina E no presentó diferencias entre tratamientos aunque su valor medio (0,84mg/Kg de músculo) es superior al encontrado en un cebo tradicional debido a que todavía queda un residuo del largo periodo que permanecieron los terneros en pastoreo. El valor encontrado es próximo a 1,2mg/Kg que se considera como mejorante de la estabilidad del color (Claeys *et al.*, 1998).

Respecto a la deposición en ácidos grasos el efecto es debido al sexo para los ácidos grasos monoinsaturados que son mayores en las hembras (45,4 frente a 37,8% de los machos) lo que se corresponde con la idea general de que a mayor engrasamiento, mayor contenido en ácidos grasos monoinsaturados (Cuvelier *et al.* 2005). Los ácidos grasos poliinsaturados estuvieron afectados por la alimentación ($P < 0,05$) aumentando en los animales que reciben leguminosas por el mayor contenido de estas en estos ácidos grasos. También estuvieron afectados por el sexo ($P < 0,01$), siendo superiores en los machos por el mayor contenido en ácido linoleico.

4. CONCLUSIONES

Mediante los trabajos realizados se ha obtenido información valiosa sobre la mejora de la gestión de las explotaciones ganaderas ecológicas, el manejo de las leguminosas grano en agricultura ecológica y la valorización de la calidad de los productos provenientes de la ganadería ecológica (carne). Las conclusiones más concretas obtenidas de los experimentos desarrollados se resumen a continuación:

Producción de pastos y leguminosas en Extremadura y Castilla La Mancha.

- ✘ La variabilidad en las condiciones meteorológicas ha determinado la producción anual de hierba en la parcela de ensayo, tanto en cantidad como en el momento de máxima producción. Cuando la primavera es seca se puede adelantar hasta un mes este momento. La oferta de hierba de alguna zona es tan alta que puede valorarse realizar un manejo diferente como la siega y henificado. En líneas generales, estos pastos están compuestos por un elenco florístico potencial de mucha calidad para la alimentación del ganado rumiante.
- ✘ En las condiciones de la Finca la Higuera producen más biomasa seca y grano las leguminosas que van sembradas solas que cuando se siembra en líneas agrupadas o con cebada. Cuando la leguminosa es rastrera (veza y algarroba) la recolección se hace difícil por lo que se recomienda ponerla con cebada para que sirva de tutor, aunque no sea el manejo más productivo. Las otras especies se recomienda sembrarlas solas porque cuando hay una buena rotación se minimizan los problemas de las hierbas y no es necesaria la siembra en líneas agrupadas. Cuando van detrás de girasol en la rotación normalmente producen más biomasa y grano debido a la mejora de estructura en el suelo ejercida por los sistemas radiculares del girasol, la menor extracción de nitratos por parte de éste frente al cereal y las labores de otoño-primavera para la siembra del girasol que afectan a las hierbas de germinación de otoño-invierno. Por especies, la más exitosa han

sido los habines, seguido de los garbanzos. La especie con mayor recubrimiento del suelo es la *V. villosa* y la que menos el garbanzo y los habines. Los rendimientos de todas las especies son bajos en estas rotaciones de secano. Las causas han sido las condiciones meteorológicas, como el déficit hídrico, los inviernos lluviosos, o las tormentas al final del ciclo. Esta situación se verá agravada en los próximos años por el cambio climático, donde tanto el déficit como las lluvias extremas se prevén más frecuentes. El recubrimiento de malas hierbas ha aumentado a lo largo de los años de ensayo de las leguminosas, lo que hace necesario el correcto diseño de la rotación y aumentar el conocimiento de su manejo como cultivo principal en la alternativa.

- ✘ En El Calamón las especies que mejor han funcionado son veza, yeros, algarrobas y habines (por ese orden). No se ha visto el poder supresor de hierbas en la mezcla con cebada que se ha observado en la Higuera. El tratamiento más exitoso, a la vez que se dio en la Higuera, ha sido el testigo (siembra de la leguminosa sola) excepto en las vezas y las algarrobas que mostraron mejores resultados con cebada por su facilidad de recolección y por ser los más productivos.
- ✘ La diversidad de rizobios aislados de leguminosas cultivadas en la Finca El Calamón (La Morera, Badajoz) no es muy alta, habiéndose encontrado tres especies diferentes: *R. leguminosarum* *bv. viceae*, *Bradyrhizobium canariense* y *Sinorhizobium medicae*. Las diferentes cepas de estas especies son efectivas sobre sus correspondientes leguminosas por lo que podrían ser usadas como inoculantes en futuras siembras.
- ✘ Respecto a la calidad de las leguminosas se ha contribuido a generar información, hasta ahora escasa, para materias cultivadas bajo manejo ecológico. En la proteína bruta del grano los valores obtenidos están dentro de los medios para cada especie, aunque se observan ciertas diferencias entre manejos y entre fincas. Destaca la veza como especie con mayor porcentaje de proteína, así como los altramuces cultivados en El Calamón. La veza es una de las especies ensayadas más interesantes en esta finca porque, a la vez que muestra buen comportamiento productivo sembrándola asociada al cereal, es la que mayor porcentaje de proteína acumula.
- ✘ De cara a la investigación de futuro, la adaptación a situaciones climáticas cambiantes de las leguminosas de grano en ambientes semiáridos se equipara a otros problemas del cultivo, como la competencia con las hierbas, y nos plantea retos como el diseño de rotaciones con la leguminosa como cultivo principal. La finalización del ciclo (hasta grano maduro) viene acompañado de la disminución de nitrógeno para la siguiente cosecha y el aumento de las hierbas acompañantes.

Ensayos con ovino.

- ✘ Los corderos criados con las madres hasta el sacrificio presentan un mejor rendimiento a la canal aunque su carne es menos adecuada para el consumidor desde el punto de vista de la salud. El destete a los 60 días mejora las características nutritivas de los ácidos grasos de la carne en relación con los destetados a los 45 días o los no destetados.
- ✘ La composición química del pasto disminuye en proteína de abril a junio pasando de 16,8% a 9,35% aumentando en cambio la FND de 50,3% a 72,73% lo que nos indica una pérdida importante de su calidad.
- ✘ Las características del pasto herbáceo, evaluado por su composición en ácidos grasos, se mantienen durante el periodo de lluvias en abril y mayo, pero varían bruscamente en junio, con el periodo seco, reduciéndose en gran medida los ácidos grasos n3 y en especial, el linoléico, por lo que sería necesario finalizar el cebo en pastoreo antes de la llegada de la época de sequía.

- ✘ Los trabajos realizados no han sido afectados por el sistema de engorde (pastoreo o aprisco), pero sí lo han sido por el sexo, mejorando el rendimiento a la canal en las hembras, que presentan además un mejor crecimiento en el aprisco respecto al pasto, al contrario que los machos.
- ✘ La calidad de la carne, medida por su contenido en ácidos grasos, mejora en los corderos que consumen pasto hasta el sacrificio por su mayor contenido en PUFA, en especial de ácido linolénico, y ácidos grasos de cadena larga. También la carne de las hembras mejora de igual forma respecto de los machos.

Ensayos con vacuno

- ✘ Es posible realizar el cebo de terneros en producción ecológica empleando leguminosas grano autóctonas en los piensos de acabado en sustitución de la harina de soja ecológica cuyo precio encarece el precio final de estas carnes. Las características productivas no se ven afectadas por el empleo de un pienso u otro, salvo el rendimiento a la canal, que mejora al utilizar leguminosas que no son la soja. La carne obtenida al realizar el acabado con pienso basado en leguminosas locales presenta una menor oxidación, seguramente debido a un mayor contenido en antioxidantes de este pienso proporcionados por la algarroba.
- ✘ Se obtienen resultados similares con ambos sistemas de producción en la mayoría de los parámetros químicos y de calidad estudiados (capacidad de retención de agua, pH, humedad, grasa intramuscular). Sin embargo en el color y la textura se observan interacciones entre el sistema de alimentación y el sexo: con el sistema basado en pienso de leguminosas locales se obtiene una carne más roja en el caso de las hembras. Además esta carne es la que presenta mayor terneza instrumental.
- ✘ Se observan mayores crecimientos a partir del destete en machos, así como mayor rendimiento a la canal. Las hembras presentan un mayor engrasamiento y una proporción en ácidos grasos poliinsaturados menor, aunque mayor de monoinsaturados. La carne de las hembras resulta siempre más blanda y tierna y con mejor valoración global.

5. AGRADECIMIENTOS

El equipo de investigación agradece la financiación de este estudio al Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación que en 2008 suscribió con el INIA la “Encomienda de Gestión para la Realización de Proyectos de Investigación en el Ámbito de la Agricultura Ecológica; al Laboratorio Agroalimentario de la Junta de Extremadura la realización gratuita de parte de las analíticas de calidad y suelos, al equipo del Departamento de herbáceos de la Finca La Orden su colaboración cediendo para los ensayos semillas, maquinaria y espacios de trabajo (Andrés Gil, Francisco González y Francisco M. Vázquez), a M^a José Ranilla la colaboración en el análisis de forrajes y piensos, a los productores de la fincas colaboradoras su inestimable apoyo y aportación al proyecto (Familia Nieto-Sociedad Valdecarras y Enrique Vega), a Ramón Meco, Carmelo García, Jose Luis Reyes y Juana Labrador su asesoramiento y acompañamiento a lo largo del proyecto y a la AEMET la cesión de los datos meteorológicos de los ensayos en Extremadura.

6. PUBLICACIONES RELACIONADAS CON LOS RESULTADOS DEL PROYECTO

Leguminosas de grano en clima mediterráneo semiárido. Ensayo de su comportamiento bajo manejo ecológico. Aza C, Labrador J, Lacasta C, Meco R, Ramos M. IX Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica. Lérida, 2010, Póster.

Effect of crop management on the development of the flora arvense in organic cultivation of five grain legumes species in Extremadura (Spain). Aza, C., Lacasta, C., Meco, R., Reyes, J., Labrador, J., Ramos, M, 2011. Conferencia Internacional de IFOAM AgriBioMediterraneo, Zakynthos (Grecia). Artículo publicado en el libro de publicaciones de la Conferencia. Comunicación oral.

Efecto del Sistema de Crianza de Corderos en Producción Ecológica sobre la composición en ácidos grasos de su carne. V.Cañeque, M.T. Díaz; O.López; S. Lauzurica; C.Pérez; C.López Carrasco; M.Ramos y J. de la Fuente Reunión científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP), 2010.

Estudio de sistemas de acabado de corderos en producción ecológica: efecto de la alimentación y el sexo. V. Cañeque, C. López Carrasco, O. López, M.T. Díaz, M. Ramos, A. Rivas, I. Muiño y J. de la Fuente. Pastos, Paisajes culturales entre tradición y nuevos paradigmas. 50 Reunión científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP), Toledo, mayo 2011.

Empleo de soja o de leguminosas grano en el cebo de terneros de ambos sexos en producción ecológica y su efecto sobre la calidad de su carne. Cañeque, V, López, O., Pérez, C., Díaz M.T., Ramos, M., Pérez, C., Lauzurica, S., Muiño, I., De la Fuente, J. AIDA 2011.

Efecto del sistema de alimentación de corderos y del sexo sobre la composición de su carne en ácidos grasos y vitamina E. 2012. V. CAÑEQUE, O. LÓPEZ, C. LÓPEZ CARRASCO, I. MUIÑO, M. RAMOS, C. PÉREZ, M.T. DÍAZ, S. LAUZURICA y J. DE LA FUENTE. 51 Reunión científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP)

Cooperación interterritorial y producción ecológica en Castilla-la Mancha. (2009) I. Carmelo García Romero. Panorama actual. Revista de Ganadería. Editorial Agrícola Española. 64:42-47.

Cooperación interterritorial y producción ecológica en Castilla-la Mancha. (2009) II. Carmelo García Romero. Perspectivas futuras. Revista de Ganadería. Editorial Agrícola Española. 65:32-36.

Alimentos ecológicos en Castilla-La Mancha (2010). Carmelo García Romero Cooperativas Agroalimentarias en Castilla-La Mancha. Julio-agosto. 68. 33-34.

Ganadería ecológica y medio rural. (2010). Carmelo García Romero. Revista de la Asociación Tierra Sana de Castilla-La Mancha.2:3-4.