

Utilización de leguminosas para forraje y elaboración de pienso en la alimentación del vacuno lechero

ADELA MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ. Área de Nutrición Animal, Pastos y Forrajes. Grupo de Investigación Nutrición y Sanidad Animal (NySA) admartinez@serida.org
 SILVIA BAIZÁN GONZÁLEZ. Área de Nutrición Animal, Pastos y Forrajes. Grupo de Investigación Nutrición y Sanidad Animal (NySA) sbaizan@serida.org
 FERNANDO VICENTE MAINAR. Área de Nutrición Animal, Pastos y Forrajes. Grupo de Investigación Nutrición y Sanidad Animal (NySA) fvicente@serida.org

Introducción

El sector productor de leche de vaca ha experimentado un profundo cambio en los últimos años. En este proceso se han identificado diferentes modelos de alimentación con un gradiente de intensificación de la producción que aumenta con el tamaño de la explotación, pero con rasgos comunes relativos al carácter familiar de las explotaciones, a la importancia de la base forrajera, a las limitaciones de superficie, al incremento de la productividad por animal y por hectárea, al mayor uso de la hierba fresca y ensilada en las granjas pequeñas y a una mayor dependencia del ensilado de maíz en las de mayor tamaño (Flores *et al.*, 2017). Este proceso de intensificación, supone **una menor autonomía alimentaria** y, como consecuencia, una mayor dependencia de las oscilaciones de los precios de mercado de las materias primas para piensos sobre los costes de producción. De hecho, la demanda de semillas proteaginosas a nivel mundial se ha triplicado en los últimos 25 años debido a la competencia por la proteína vegetal para alimentación animal, ya que, la tasa de autoabastecimiento de proteínas vegetales en la UE apenas llega al 30%.

Según los datos de producción de pienso publicados por la Federación Europea de Fabricantes de Piensos (FEFAC) respecto a 2020, España ocupa el primer

lugar en la producción de pienso de la UE. Sin embargo, no somos autosuficientes en el abastecimiento de las materias primas requeridas en su elaboración, generando una gran dependencia de las importaciones de soja como fuente de proteína vegetal en los piensos destinados a la alimentación ganadera. Este hecho, suscita un creciente interés en buscar alternativas con las que suplir dicha carencia, y más aún en el contexto actual, donde las tensiones comerciales hacen que se genere una gran demanda en las materias primas y, por consiguiente, una subida de los precios.

Para paliar estos efectos, el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación ha elaborado el Plan Proteico Nacional, con el que se pretende fomentar la producción interna de proteína vegetal, con cultivos adaptados al medio y que contribuyan a la sostenibilidad del sector en todas sus vertientes. La primera fase para conseguir los objetivos marcados en el Plan Proteico (mejorar la orientación al mercado y aumentar la competitividad; la productividad y sostenibilidad; fomentar el uso de recursos propios para la alimentación animal y el apoyo a sectores en dificultades) consiste en la selección de variedades de cultivos proteicos mejor adaptadas a las diferentes condiciones y zonas agroclimáticas de España, así como la mejora de la productividad de dichos cultivos mediante enfoques sostenibles.



Hay que tener en cuenta que para abordar con garantía de éxito el modelo de los eco-esquemas (un innovador régimen de pago para impulsar la protección del medio ambiente y el clima mediante el presupuesto de los pagos directos de los Estados miembros) incluidos como herramienta transformadora en la propuesta de reforma de la Política Agraria Común (PAC) para el periodo 2023-2027, es indispensable que los **suelos**, base de la productividad y la sostenibilidad funcional de los ecosistemas agrarios y, en general, de todos los ecosistemas terrestres, tengan un nivel óptimo de calidad. Por ello, las principales hojas de ruta, estrategias y leyes europeas tienen como objetivo la **protección del suelo**.

Dentro de los cultivos que cumplen con los requisitos de suministro proteico para piensos y forrajes del sistema de producción y con los requerimientos de protección de la salud de los suelos, **las leguminosas** representan un papel importante. Por tanto, si Europa y más concretamente España, quieren desarrollar un sistema de agricultura sostenible, es esencial reforzar la contribución de las **leguminosas forrajeras y leguminosas para grano** en la agricultura. Esto significa

que la proporción de tierra dedicada a su cultivo debería incrementarse sustancialmente.

Beneficios destacables de los cultivos de leguminosas

La familia de las leguminosas (*Leguminosae* o *Fabaceae*) está constituida por más de 700 géneros y cerca de 20.000 especies (Ferrer, 2016) con un amplio rango de distribución. Su gran diversidad y determinados aspectos de su fisiología, las convierte en cultivos capaces de proporcionar numerosos servicios a los ecosistemas agronómicos, constituyendo una de las familias botánicas más importantes desde el punto de vista socioeconómico, con notables implicaciones en agricultura, medio ambiente y alimentación (Clemente, 2016).

Uno de los aspectos más destacables de las leguminosas es que sus raíces tienen la capacidad de asociarse simbióticamente con ciertas bacterias del suelo, generalmente del género *Rhizobium*, formando unos nódulos (Ver fotografía 1) que permiten a la planta tomar directamente el nitrógeno del aire y fijarlo al sue-



←
Fotografía 1.—Detalle de los nódulos formados en las raíces de las habas (*Vicia faba* L.) por asociación simbiótica con bacterias del género *Rhizobium*.
(Fotografía: SERIDA. Imagen proyecto INIA RTA 2011-00112)





Fotografía 2a.-Aspecto general y detalle ampliado del cultivo de habas forrajeras. (Fotografía: SERIDA. Imagen proyecto MAGRAMA-20130020000764)



Fotografía 2b.-Aspecto general y detalle ampliado del cultivo de guisante forrajero. (Fotografía: SERIDA. Imagen proyecto MAGRAMA-20130020000764)

lo de forma que pueda ser asimilado por la planta (Ramírez-Bahena, 2016). La cantidad de nitrógeno biológico fijado (NBF) por las leguminosas puede variar de 100 a 380 kg N ha⁻¹ año⁻¹ en regiones templadas y boreales (Ledgard y Steele, 1992) y dependerá de varios factores como, la eficiencia planta-bacteria (Clemente, 2016), la especie, las propiedades del suelo o las condiciones ambientales (N'Dayegamiye *et al.*, 2015). Gracias a esta particularidad, son especies que mejoran la fertilidad edáfica (Rubiales, 2016), ya que ese nitrógeno se incorpora al suelo y, por tanto, se pueden reducir las cantidades de abonos nitrogenados necesarios para el cultivo, disminuyendo el coste económico y el impacto medioambiental negativo causado por el uso excesivo de fertilizantes inorgánicos (Lüscher *et al.*, 2014; Crème *et al.*, 2015; Clemente, 2016) así como la necesidad de insumos externos (Stagnari *et al.*, 2017).

El nitrógeno aportado por las leguminosas también puede ser utilizado por un cultivo asociado. Por ejemplo, en intercultivos con gramíneas (Ledgard y Steele, 1992) se ha demostrado que la transferencia de nitrógeno por parte de las leguminosas mejora la capacidad fotosintética y la productividad de las gramíneas de la mezcla (Liu *et al.*, 2016). La provisión de NBF también ejerce efectos positivos en el cultivo subsiguiente en el caso de la rotación de cultivos, mejorando las condiciones de crecimiento y su calidad e incrementando su rendimiento (Rochon *et al.*, 2004; Jensen *et al.*, 2011; Preissel *et*

al., 2015; N'Dayegamiye *et al.*, 2015; Clemente, 2016). Estos beneficios agronómicos precultivo son los denominados "nitrogen effect" (Peoples *et al.*, 2009).

Por otro lado, están los denominados "break crop effect" que incluyen otros beneficios de las leguminosas que no están causados por la provisión de nitrógeno a partir de la fijación biológica, ni por el ahorro de nitrógeno que proporciona un suministro a largo plazo para otros cultivos. Por ejemplo, las leguminosas son capaces de mejorar la estructura y materia orgánica del suelo (Köpke y Nemecek, 2010; Clemente, 2016). Gracias a su raíz axonomorfa (o pivotante) y relativamente profunda, algunas especies como el altramuza blanco (*Lupinus albus* L.), son capaces de explorar los horizontes inferiores del suelo y bombear nutrientes (principalmente fósforo y potasio) y agua hacia la superficie de forma eficaz; aspecto muy importante considerando el interés por buscar nuevas especies y asociaciones competitivas en situaciones de estrés hídrico dentro de las estrategias de adaptación al cambio climático orientadas a una mejor gestión del agua (González-Hidalgo *et al.*, 2010; Stagnari *et al.*, 2017). Además, los exudados de sus raíces ejercen efectos fitotóxicos y alopatícos que pueden utilizarse para el control de malezas en los cultivos siguientes (Baldock *et al.*, 1981; Hesterman, 1988). Otros efectos beneficiosos de las leguminosas son su capacidad de romper los ciclos biológicos de insectos para evitar enfermedades y plagas, especialmente en las rotaciones



con cereales, reduciendo así el uso de pesticidas (Köpke y Nemecek, 2010; Preissel *et al.*, 2015; Clemente, 2016) y su contribución a la biodiversidad de los ecosistemas (Clemente, 2016). Los cultivos de leguminosas, como el haba forrajera o el guisante forrajero (Ver fotografías 2a y 2b), atraen insectos polinizadores en la época de floración (Miguelañez, 2017), por lo que proporcionan un servicio ecológico indirecto al permitir la polinización cruzada de frutales cercanos como el manzano (Miñarro, 2014).

La introducción de leguminosas en las rotaciones agrícolas ayuda a reducir el uso de fertilizantes y energía fósil en sistemas cultivables y, por consiguiente, a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) como el dióxido de carbono (CO₂) y el óxido nitroso (N₂O) (Lemke *et al.*, 2007; Lüscher *et al.*, 2014), ejerciendo un efecto positivo frente al cambio climático. Se ha estimado que el ahorro de insumos es de aproximadamente 277 kg ha⁻¹ de CO₂ por año y que emiten de 5 a 7 veces menos GEI por unidad de superficie que otros cultivos. Además, el secuestro de carbono en el suelo es mucho mayor (Stagnari *et al.*, 2017).

Las leguminosas son una valiosa fuente de proteína vegetal, con un papel creciente en alimentación animal tanto incluidas en las formulaciones de piensos

como en pastos y forrajes para producción de carne y leche de alta calidad (Rubiales, 2016, Stagnari *et al.*, 2017; Jiménez-Calderón *et al.*, 2017). Esto es debido a que, nutricionalmente, representan una fuente barata de proteína, lo que permite mejorar la eficiencia de los sistemas de producción en las explotaciones lecheras al reducir la necesidad de concentrados (Adesogan *et al.*, 2004; Cavallarin *et al.*, 2007; Borreani *et al.*, 2009; Martínez-Fernández *et al.*, 2017).

Además de su elevado contenido en proteína, algunas especies de leguminosas contienen otros compuestos (polifenoles y ácidos grasos) con efectos positivos en la alimentación de rumiantes. Por ejemplo, los polifenoles son capaces de inhibir la oxidación de las grasas y mejorar la utilización de las proteínas de la dieta, incrementando así la eficiencia de producción de carne, lana y leche (Mueller-Harvey, 2006; Waghorn, 2008). Pueden ser utilizados como alternativas anti-parasitarias (Frutos *et al.*, 2008; Lombardi *et al.*, 2015), disminuyendo el uso de medicamentos (Lüscher *et al.*, 2014) afectando positivamente a la sanidad de los rumiantes. También se ha descrito que los taninos condensados actúan como reductores de la emisión de ciertos contaminantes como nitrógeno y metano (Baumont *et al.*, 2016) y como limitantes de la degradabilidad de la proteína mejorando la calidad del ensilado (Copani *et al.*,

↓
Figura 1.-Esquema de las características más destacables de la familia de las leguminosas.
 (Fuente: Baizán, 2019, Tesis doctoral)



↓
Figura 2.-Estabilidad aeróbica (variación de pH y temperatura en °C) de microensilados de leguminosas (haba forrajera -HB-, trébol violeta -TV- y altramuz forrajero -ALT-) tras la apertura y exposición a la temperatura ambiente (20 ± 1°C) durante un período de 10 días, comparados frente al raigrás italiano (RI). (Fuente: Baizán, 2019, Tesis doctoral).

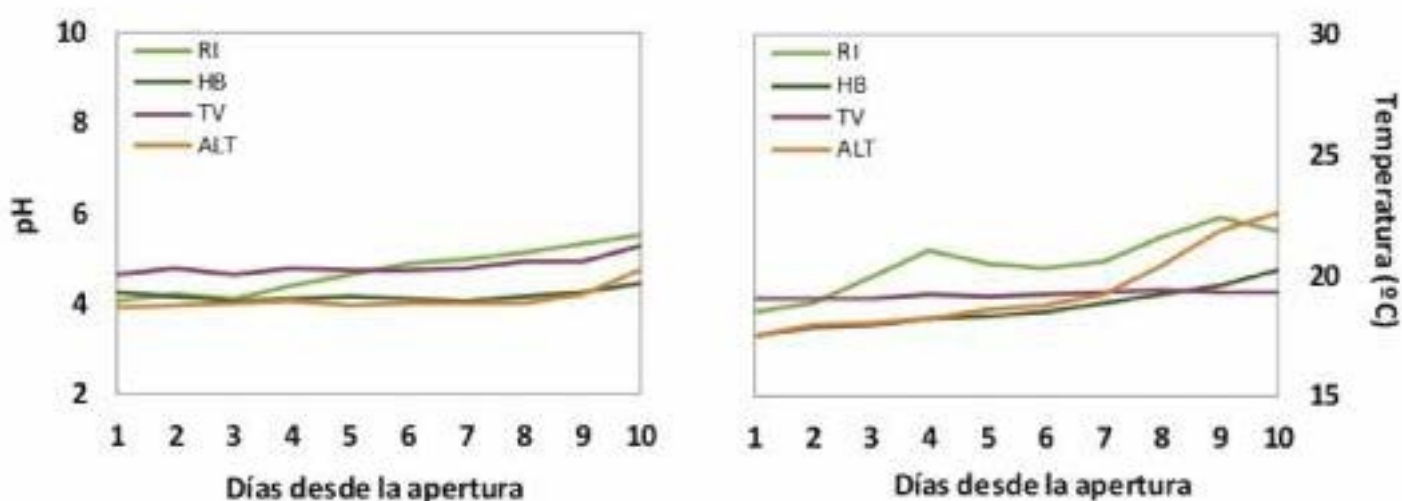
2014). En cuanto al contenido de ácidos grasos, Kalac y Samková (2010) informaron que las leguminosas forrajeras muestran una mayor eficiencia de transferencia de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) a la grasa de la leche bovina en comparación con las gramíneas. Por tanto, la inclusión de ensilados de estos cultivos en las raciones de vacas lecheras, podría mejorar el perfil lipídico de la leche desde el punto de vista de la salud humana. Ver figura 1.

Evolución de las leguminosas en Europa: inconvenientes asociados al cultivo

A pesar de todos estos numerosos y variados beneficios, desde la segunda mitad del siglo XX, una serie de factores han provocado una disminución en la producción europea de leguminosas. Por ejemplo, los altos precios de venta de los cereales llevaron a los agricultores a dedicar más tierra a su producción; la disponibilidad de alimentos para animales importados a bajo coste redujeron la necesidad de cadenas de suministro locales de cultivos forrajeros y forrajes; los desarrollos en maquinaria agrícola más grande, diseñada para el cultivo de cereales y no para el cultivo de leguminosas; un panorama de políticas que recompensaba los cultivos de alto rendimiento (garantías de precios); y la disponibilidad de aportes de nitrógeno mineral reduciendo la necesidad de fijación de nitrógeno de las leguminosas (Cusworth *et al.*, 2021).

Además de todos estos factores se generó una cierta reticencia al uso de estas especies ya que, según algunos autores (Foster *et al.*, 2011), en comparación con las gramíneas, son consideradas más exigentes a la hora de conservarse como ensilado, al ser más susceptibles de sufrir proteólisis en el silo debido a su bajo contenido de azúcares solubles y su alta capacidad tampón. Sin embargo, trabajos realizados en el SERIDA han demostrado que algunas leguminosas para forraje, como el haba forrajera y el altramuz blanco, presentan mejores índices de ensilabilidad que el raigrás italiano (Baizán, 2019) y que la estabilidad aeróbica de los ensilados de leguminosas tras su apertura para el consumo es similar e incluso mejor que la del ensilado de raigrás italiano, como se puede apreciar en los incrementos de pH y temperatura en el tiempo que se muestran en la figura 2.

Otro motivo que ha influido en la disminución del uso de leguminosas en la alimentación ganadera ha sido la consideración de sus compuestos secundarios como antinutricionales (inhibidores de proteasas, saponinas, glucósidos, lecitinas, taninos, alcaloides), así como sus altos niveles de fibra (polisacáridos no amiláceos), que puede restringir el consumo, aportar menor digestibilidad y provocar trastornos digestivos. Estos compuestos secundarios suelen agruparse en función de las sustancias químicas que los constituyen. Los más relevantes para la nutrición de rumiantes son los compuestos fenólicos (taninos, fitoestrógenos y cumar-



rinas); toxinas nitrogenadas (alcaloides, glicósidos cianogénicos, glucosinolatos, aminoácidos tóxicos, lectinas e inhibidores de proteasas); terpenos (glicósidos cardíacos y saponinas) y oxalatos (Ramos *et al.*, 1998). Su concentración y composición dependen de la especie vegetal, variedad, órgano de la planta, estación del año y método de conservación (Lüscher *et al.*, 2014), por tanto, es importante conocer sus proporciones en las diferentes especies utilizadas y definir estrategias para regular su efecto.

Sin embargo, numerosos estudios han demostrado que dichos compuestos pueden tener efectos beneficiosos en la alimentación de rumiantes, al inhibir la oxidación de las grasas y mejorar la utilización de las proteínas de la dieta, incrementando así la eficiencia de producción de carne, lana y leche (Mueller-Harvey, 2006; Waghorn, 2008). Además, pueden afectar positivamente a la sanidad de los rumiantes cuando son utilizados como alternativas antiparasitarias (Frutos *et al.*, 2008) y pueden actuar como reductores de la emisión de ciertos contaminantes como nitrógeno y metano (Baumont *et al.*, 2016).

El cultivo de leguminosas para piensos en España

La superficie cultivada de leguminosas para grano, ha sufrido un descenso importante, en Europa y lógicamente en España, desde la década de los 60. Este hecho se ha debido a las oscilaciones en la política de subvenciones de la Unión Europea, a la inestabilidad de los rendimientos de algunos de estos cultivos, a la falta de materias activas para el control de malas hierbas, a la carencia de material vegetal certificado y a la importación de soja a precios muy competitivos. De esta forma, pese a las innumerables ventajas de las leguminosas, la mecanización del campo, el empleo de fertilizantes de síntesis y el fenómeno de la globalización fueron condenando al olvido a estos cultivos y, por consiguiente, a los programas de investigación que trabajaban en la mejora de la producción y calidad de estas fuentes proteicas.

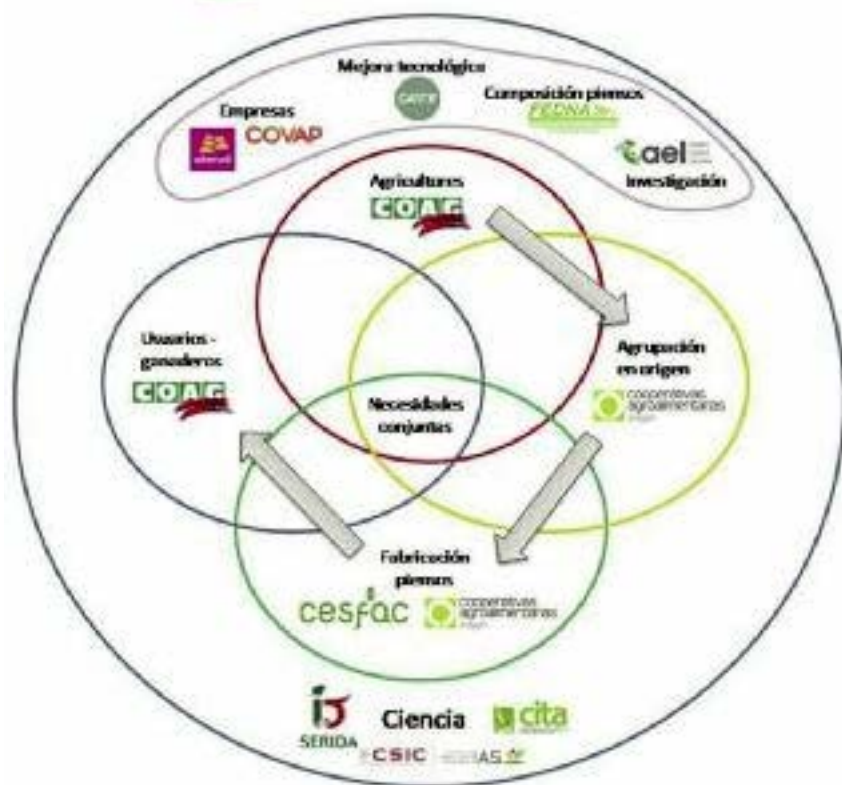
En la actualidad la situación es diferente y la PAC está buscando alternativas para alcanzar la autosuficiencia proteica en las explotaciones, al objeto de fortalecer las cadenas de valor a escala local, nacional y europea para cubrir **la creciente demanda de proteína vegetal**, que en la actualidad se está cubriendo con importaciones. En un escenario complejo, con un sector ganadero con un gran potencial pero limitado por la escasez de materias primas locales, la producción regional de leguminosas, siempre y cuando se utilicen variedades locales que proporcionen producciones constantes que permitan un abastecimiento continuo en cantidad y calidad para las industrias transformadoras de pienso, representa una oportunidad para optimizar la situación de los distintos eslabones de la cadena de alimentación animal y así lo reconocen todos los agentes que intervienen en la misma.

Este hecho ha despertado el interés en el sector y ha supuesto un repunte en el cultivo de leguminosas para grano con respecto al notorio declive sufrido a partir la segunda mitad del siglo pasado. Sin embargo, esta inesperada demanda ha mostrado la debilidad existente en el sector ante el hecho de no disponer de suficiente cantidad de semilla certificada de calidad de variedades modernas suficientemente adaptadas a nuestras condiciones, lo cual ha vuelto a poner de manifiesto la falta de planificación en dicho sector. De hecho, en el reglamento de la PAC se indica que se deben sembrar variedades incluidas en el Registro Oficial de Variedades, pero no se obliga al uso de semilla certificada, probablemente porque los legisladores son conscientes de que aún no hay suficiente disponibilidad de semillas certificadas en el mercado con garantías en cuanto a su germinación, su sanidad, o su pureza varietal y específica.

Este desajuste entre el potencial multifuncional de las leguminosas en los sistemas agrícolas sostenibles y la realidad actual ha generado una amplia gama de actividades de investigación, desarrollo y marketing en toda Europa para examinar las aplicaciones agronómicas de las leguminosas, cerrar las brechas de rendimien-

INPULSE

Innovando para usar leguminosas españolas en alimentación animal



↑
Figura 3.-Distintos eslabones participantes en el GO INPULSE para cubrir las necesidades de la cadena de valor en alimentación animal. (Fuente: Memoria descriptiva Proyecto GO INPULSE-000000226e200004 4341)

to y evaluar cómo podrían ser capaces de mejorar el perfil medioambiental de la agricultura europea. En España, por ejemplo, el Grupo Operativo **INPULSE** "Innovando para Usar Leguminosas Españolas en Alimentación Animal" en el que participa el SERIDA, trabaja para potenciar el cultivo nacional de leguminosas y reducir la creciente dependencia externa de proteína para piensos, mediante el diseño y evaluación de un mecanismo sistematizado de utilización de leguminosas, adaptado a las necesidades de toda la cadena de valor de la alimentación animal. En dicha cadena participan los agricultores productores de leguminosas (COAG), cuyo producto se agrupa en origen (FACA) y se transforma en pienso (FACA y CESFAC) para servir de alimento a la ganadería (COAG). En todos estos eslabones, participan empresas a través de las citadas organizaciones. En este proceso, es imprescindible contar con la ciencia, a través de

centros de investigación, tanto en aspectos agronómicos como en la alimentación animal en distintas producciones y zonas del país (IAS-CSIC, CITA y SERIDA). Ver figura 3.

El principal objetivo del GO INPULSE es promover un abastecimiento estable y sostenible de alimentos y piensos favoreciendo la economía circular.

Además, dado que el cultivo de leguminosas tiene claros beneficios medioambientales como ya comentamos anteriormente, con este proyecto se pretende también potenciar un sector agrícola que utiliza eficientemente los recursos, para que sea económicamente viable, productivo y competitivo, que tenga un escaso nivel de emisiones, sea respetuoso con el clima y resistente a los cambios climáticos, en armonía con los recursos naturales esenciales de los que dependen la agricultura a fin de restaurar, preservar y mejorar los ecosistemas relacionados con la agricultura y la silvicultura.

Por otro lado, impulsar el cultivo de leguminosas españolas para la elaboración de piensos permitiría mejorar la sostenibilidad del sistema agroindustrial mejorando la huella de carbono del conjunto de la cadena y, desde luego, a nivel productivo, donde el uso de leguminosas en rotaciones de cultivos puede permitir un incremento significativo de la eficiencia de recursos y del rendimiento medioambiental (calidad y salud de los suelos, gestión del nitrógeno, control de malas hierbas, reducción de emisiones de gases de efecto invernadero), además de otros potenciales servicios ecosistémicos o externalidades positivas estimadas como diversidad florística y faunística.

Desde un punto de vista económico, los agricultores señalan como principal hándicap para ampliar su uso que las leguminosas no obtienen buenos precios de venta en comparación con la rentabilidad de otros cultivos. También se ha planteado la importancia del concepto de calidad de proteína, desde la dimensión de la nutrición animal, que viene a determinar el valor y la idoneidad de la proteína vegetal en la alimentación. El perfil de aminoácidos de una proteína es un pará-



metro crucial, como lo son la digestibilidad, la concentración de proteínas, la densidad de nutrientes y la presencia de factores antinutricionales. Es imprescindible trabajar en la mejora de los procesos y tratamientos que favorezcan la digestibilidad y reduzcan el contenido de compuestos antinutricionales, además de realizar una selección varietal encaminada a esta finalidad.

Por ello, entre las actividades del **GO INPULSE** está definir, contrastar, mejorar y, en su caso, validar un protocolo común, de evaluación de variedades de leguminosas para grano, teniendo en cuenta las zonas agroclimáticas y sus factores limitantes para la producción de leguminosas, permitiendo identificar idiotipos adaptados a las peculiaridades de cada cultivo y zona. Se pretende aportar elementos prácticos complementarios, mediante ensayos demostrativos, que acerque el cultivo a los agricultores de manera que se pueda promocionar su uso, así como proporcionar datos de análisis cualitativo y nutricional de determina-

das variedades ensayadas, que permitan optimizar los protocolos, además de servir de elemento demostrativo de interés para los fabricantes de pienso y ganaderos. Para ello se están realizando ensayos de evaluación de variedades de leguminosas para grano (habas, guisantes y soja) en distintas zonas geográficas de España (Aragón, Andalucía y Asturias) a fin de establecer las mejor adaptadas para su cultivo en cada caso. En las fotografías 3a y 3b se puede ver el estado actual de los ensayos de evaluación de variedades de guisante y habas para grano en la Finca experimental que el SERIDA tiene en La Mata (Grado, Asturias) y cuyos resultados aún no están disponibles.

Agradecimientos

GO INPULSE 00000226e2000044341 y Proyectos: RTA2011-00112-C00; RTA2012-00065-C05; RTA2015-0058-C00; MAGRAMA 20130020000764; MAGRAMA20150030003016; Grupo de Investigación consolidado NYSA (PCTI IDI2021-000102) cofinanciados con Fondos FEDER



Fotografías 3a y 3b.-
Ensayos de evaluación de variedades de guisante para grano (3a) y de habas para grano (3b) para elaboración de piensos para alimentación animal.

(Fotografías: SERIDA. Imágenes Proyecto GO INPULSE-00000226e2000044341)



Referencias bibliográficas

- ADESOGAN, A. T.; SALAWU, M. B.; WILLIAMS, S. P.; FISHER, W. J. y DEWHURST, R. J. (2004). Reducing concentrate supplementation in dairy cow diets while maintaining milk production with pea wheat intercrops. *Journal of Dairy Science*, 87: 3398-3406.
- BAIZÁN, S. (2019). Diversificación de cultivos forrajeros para la alimentación del vacuno lechero en la Cornisa Cantábrica. Tesis doctoral, Universidad de Oviedo, España. 217 pp.
- BALDOCK, J. O.; HIGGS, L. R.; PAULSON, W. H.; JACOBS, J. A. y SCHRADER, W. D. (1981). Legumes and mineral nitrogen effects on crop yields in several crop sequences in the Mississippi Valley. *Agronomy Journal*, 73: 885-890.
- BAUMONT, R.; BASTIEN, D.; FÉRARD, A.; MAXIN, G. y NIDERKORN, G. (2016). Les intérêts multiples des légumineuses fourragères pour l'alimentation des ruminants. *Fourrages*, 227: 171-180.
- BORREANI, G.; REVELLO-CHION, A.; COLOMBINI, S.; ODOARDI, M.; PAOLETTI, R. y TABACCO, E. (2009). Fermentative profiles of field pea (*Pisum sativum*), faba bean (*Vicia faba*) and white lupin (*Lupinus albus*) silages as affected by wilting and inoculation. *Animal Feed Science and Technology*, 151: 316-323.
- CAVALLARIN, L.; TABACCO, E. y BORREANI, G. (2007). Forage and grain legume silages as a valuable source of proteins for dairy cows. *Italian Journal of Animal Science*, 6: 282-284.
- CLEMENTE, A. (2016). El año internacional de las legumbres. *Mol*, 16: 70-75.
- COPANI, G.; GINANE, C.; LE MORVAN, A. y NIDERKORN, V. (2014). Bioactive forage legumes as a strategy to improve silage quality and minimize nitrogenous losses. *Animal Production Science*, 54: 1826-1829.
- CUSWORTH, G.; GARNETT, T. y LORIMER, J. (2021). Legume dreams: The contested futures of sustainable plant-based food systems in Europe. *Global Environmental Change*, 69 (2021): 102321.
- FERRER, C. (2016). Diccionario de Pascología. Aspectos ecológicos, botánicos, agronómicos, forestales, zootécnicos y socio-económicos de los pastos. Fundación Conde del Valle de Salazar, Madrid. 933 pp. ISBN: 978-84-96442-67-2.
- FLORES, G.; MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A.; DOLTRA, J.; GARCÍA, A. y EGUINOVA, P. (2017). Estructura y sistemas de alimentación de las explotaciones lecheras de Galicia, Cornisa Cantábrica y Navarra. Informe técnico. Ed. INTIA. 52 pp.
- FOSTER, J. L.; CARTER, J. N.; SOLLENBERGER, L. E.; BLOUNT, A. R.; MYER, R. O.; MADDOX, M. K.; PHATAK, S. C. y ADESOGAN, A. T. (2011). Nutritive value, fermentation characteristics and in situ disappearance kinetics of ensiled warm-season legumes and bahiagrass. *Journal of Dairy Science*, 94 (4): 2042-2050.
- FRUTOS, P.; MORENO-GONZALO, J.; HERVÁS, G.; GARCÍA, U.; FERRREIRA, L. M. M.; CELAYA, R.; TORAL, P. G.; ORTEGA-MORA, L. M.; FERRE, I. y OSORO, K. (2008). Is the anthelmintic effect of heather supplementation to grazing goats always accompanied by anti-nutritional effects? *Animal*, 2: 1449-1456.
- GONZÁLEZ-HIDALGO, J. C.; BRUNETTI, M. y DE LUIS, M. (2010). Precipitation trends in Spanish hydrological divisions, 1946-2005. *Climate Research*, 43: 215-228.
- HESTERMAN, O. B. (1988). Exploiting forage legumes for nitrogen contribution in cropping systems. En: *Cropping strategies for efficient use of water and nitrogen*. Hargrove W.L. (Ed). ASA-CSSA-SSSA, Madison, Wisconsin, EE.UU. pp. 155-166.
- Informe de datos de producción de piensos en España 2020. (2020). Disponible en : https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/alimentacion-animal/acceso_publico/produccion_de_piensos_y_comercio_exterior.aspx [Consultado el 3 de mayo 2022].
- JENSEN, E. S.; PEOPLES, M. B.; BODDEY, R. M.; GRESSHOFF, P. M.; HAUGGAARD-NIELSEN, H.; ALVES, B. J. y MORRISON, M. J. (2011). Legumes for mitigation of climate change and the provision of feedstock for biofuels and biorefineries. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 32 (2): 329-364.
- JIMÉNEZ-CALDERÓN, J. D.; MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A.; BENAOUA, M. y VICENTE, F. (2017). A winter intercrop of faba bean and rapeseed for silage as a substitute for Italian ryegrass in rotation with maize. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 64: 983-993.
- KALAC, P. y SAMKOVÁ, E. (2010). The effects of feeding various forages on fatty acid composition of bovine milk fat: A review. *Czech Journal of Animal Science*, 55: 521-537.
- KÖPKE, U. y NEMECEK, T. (2010). Ecological services of faba bean. *Field Crops Research*, 115 (3): 217-233.
- LEDGARD, S. F. y STEELE, K. W. (1992). Biological nitrogen fixation in mixed legume/grass pastures. *Plant and Soil*, 141 (1-2): 137-153.
- LEMKE, R. L.; ZHONG, Z.; CAMPBELL, C. A. y ZENTNER, R. P. (2007). Can pulse crops play a role in mitigating greenhouse gases from North American agriculture? *Agronomy Journal*, 99: 1719-1725.
- LIU, M.; GONG, J. R.; PAN, Y.; LUO, Q. P.; ZHAI, Z. W.; XU, S. y YANG, L. L. (2016). Effects of grass-legume mixtures on the production and photosynthetic capacity of constructed grasslands in Inner Mongolia, China. *Crop and Pasture Science*, 67 (11): 1188-1198.



- LOMBARDI, D.; VASSEUR, E.; BERTHIAUME, R.; DE VRIES, T. J. y BERGERON, R. (2015). Feeding preferences and voluntary feed intake of dairy cows: Effect of conservation and harvest time of birdsfoot trefoil and chicory. *Journal of Dairy Science*, 98: 7238-7247.
- LÜSCHER, A.; MÜLLER-HARVEY, I.; SOUSSANA, J. F.; REES, R. M. y PEYRAUD, J. L. (2014). Potential of legume-based grassland-livestock systems in Europe: a review. *Grass and Forage Science*, 69: 206-228.
- MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A.; VICENTE, F.; BAIZÁN, S. y BARHOUMI, N. (2017). Las leguminosas forrajeras: un valor añadido en la alimentación de vacas lecheras en la Cornisa Cantábrica. *Mundo Ganadero*, 276: 27-34.
- MIGUELAÑEZ, R. (2017). La alimentación animal necesita proteína vegetal. Disponible en: <http://www.euroganaderia.eu/ganaderia/REPORTAJES/la-alimentacion-animal-necesita-proteina-vegetal-2069-11-3242-0-1-in.html> [Consultado el 2 de julio 2018].
- MIÑARRO, M. (2014). Contribución de los insectos a la polinización del manzano. *Fruticultura*, 37: 18-27.
- MUELLER-HARVEY, I. (2006). Unravelling the conundrum of tannins in animal nutrition and health. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86: 2010-2037.
- N DAYEGAMIYE, A.; WHALEN, J. K.; TREMBLAY, G.; NYIRANEZA, J.; GRENIER, M.; DRAPEAU, A. y BIPFUSUBA, M. (2015). The benefits of legume crops on corn and wheat yield nitrogen nutrition, and soil properties improvement. *Agronomy Journal*, 107: 1653-1665.
- PEOPLES, M. B.; HAUGGAARD-NIELSEN, H. y JENSEN, E. S. (2009). The potential environmental benefits and risks derived from legumes in rotations. *Agronomy Monograph*, 52: 349-385.
- PLAN PROTEICO NACIONAL. (2019). Disponible en: https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/producciones-agricolas/cultivos-herbaceos/leguminosas-y-oleaginosas/modulo_de_inicio.aspx [Consultado el 3 de mayo 2022].
- PREISSEL, S.; RECKLING, M.; SCHLÄFKE, N. y ZANDER, P. (2015). Magnitude and farm economic value of grain legume pre-crop benefits in Europe: a review. *Field Crops Research*, 175: 64-79.
- RAMÍREZ-BAHENA, M. H.; PEIX, A.; VELÁZQUEZ, E. y BEDMAR, E. J. (2016). Historia de la investigación en la simbiosis leguminosa-bacteria: una perspectiva didáctica. *Arbor*, 192 (779): a319.
- RAMOS, G.; FRUTOS, P.; GIRÁLDEZ, F. J. y MANTECÓN, A. R. (1998). Los compuestos secundarios de las plantas en la nutrición de los herbívoros. *Archivos de Zootecnia*, 47: 597-620.
- ROCHON, J. J.; DOYLE, C. J.; GREEF, J. M.; HOPKINS, A.; MOLLE, G.; SITZIA, M.; SCHOLEFIELD, D. y SMITH, C. J. (2004). Grazing legumes in Europe: a review of their status, management, benefits, research needs and future prospects. *Grass and Forage Science*, 59 (3): 197-214.
- RUBIALES, D. (2016). El año en que las Naciones Unidas nos recuerdan la importancia de las leguminosas en la dieta y en la agricultura. *Arbor*, 192 (779): a310.
- STAGNARI, F.; MAGGIO, A.; GALIENI, A. y PISANTE, M. (2017). Multiple benefits of legumes for agriculture sustainability: an overview. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 4 (1): 2.
- WAGHORN, G. (2008). Beneficial and detrimental effects of dietary condensed tannins for sustainable sheep and goat production-progress and challenges. *Animal Feed Science and Technology*, 147: 116-139. ■



←
Guisantes.

