



# Tecnología Agroalimentaria

Boletín informativo del SERIDA

Número 26 - 2022

Polinizadores del arándano ■ Biomarcadores de estrés animal ■ Utilización de leguminosas para forraje  
Consortio Ecolamb ■ Rendimientos e infecciones parasitarias en cabras ■ Variedades asturianas de avellana





# SUMARIO

Tecnología Agroalimentaria - SERIDA

Número 26 • 2022

## Actualidad

### 2 | Los abejorros son imprescindibles para la polinización del arándano

Marcos Miñarro Prado  
Daniel García García

## Información forestal

### 10 | Sistemas experimentales para la evaluación precoz de los recursos genéticos de *Pinus pinaster* Ait

Francisco Fuente-Maqueda  
Candela Cuesta Moliner  
Lucía Rodríguez Pérez  
José Manuel Álvarez Díaz  
Juan Majada Guijo  
Ricardo Alía Miranda  
Isabel Feito Díaz

## Información ganadera

### 20 | El consorcio EcoLamb para la producción sostenible de carne de cordero en Europa

Rafael Celaya Aguirre  
Rocío Rosa García

### 25 | Nuevos biomarcadores para la detección temprana de defectos de calidad en la carne de vacuno

Laura González Blanco  
Verónica Sierra Sánchez  
Yolanda Diñeiro García  
Pepa García Espina  
Mamen Oliván García

### 31 | Rendimientos e infecciones parasitarias de las cabras pastando en praderas de monte o en matorrales tras el destete

Rafael Celaya Aguirre  
Urcesino García Prieto

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

Adela Martínez-Fernández  
Silvia Baizán González  
Fernando Vicente Mainar

## Información pesquera

### 48 | Cursos de formación en higiene de la producción primaria de la pesca-acuicultura y marisqueo

Isabel Márquez Llano-Ponte

## Tecnología de los alimentos

### 53 | Cepas autóctonas de *Metschnikowia pulcherrima* como posibles Agentes de Control Biológico

Rosa Pando Bedriñana  
M.ª Dolores Loureiro Rodríguez  
Belén Suárez Valles

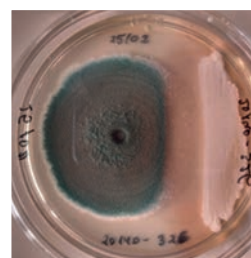
### 59 | Variedades asturianas de avellana: una fuente de antioxidantes y grasas saludables

Roberto Rodríguez Madrera  
Ana Campa Negrillo  
Juan José Ferreira Fernández  
Belén Suárez Valles

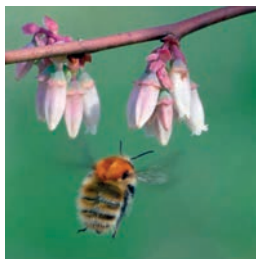
10



53



2



48

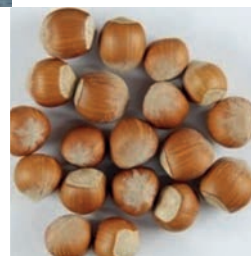


63

20



59



## Actividades de transferencia

- 63** | **El SERIDA en el Día Internacional de la Mujer y la Niña en la Ciencia**  
María del Pilar Oro García
- 64** | **Presentación de la monografía Los programas de mejora genética bovina en Asturias**  
Carlos O. Hidalgo Ordóñez  
Carolina Tamargo de Miguel
- 66** | **Jornada de Poda y Cuidados de Invierno en Plantaciones de Manzano de Sidra**  
María del Pilar Oro García  
Enrique Dapena de la Fuente
- 68** | **Jornada Técnico colaborativa SERIDA-Dirección General de Medio Natural y Planificación Rural**  
María del Pilar Oro García  
Carmen Díez Monforte
- 70** | **Jornada de Transferencia de Actividades de Investigación al Sector Apícola**  
Mario Menéndez Miranda  
Luis J. Royo  
Rocio Rosa García

- 72** | **XXVIII Xornaes de les Fabes en Villaviciosa. Jornada técnica**  
María del Pilar Oro García  
Ana Campa Negrillo

- 74** | **Exposición Los recursos genéticos: la conservación de la biodiversidad y el futuro del campo**  
Carmen Díez Monforte

## Cartera de proyectos

- 77** | **Nuevos proyectos de I+D+I**

## Tesis y Seminarios

- 79** | **Tesis doctorales  
Trabajos Fin de Grado**

## Publicaciones

- 81** | **Libros y folletos**



**74**



Tecnología Agroalimentaria es el boletín informativo del Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA), organismo público de la Consejería de Desarrollo Rural y Recursos Naturales del Principado de Asturias que depende de la Dirección General de Desarrollo Rural y Agroalimentación. Este boletín de carácter divulgativo, no venal, pretende impulsar, a través de los distintos artículos que lo integran, la aplicación de recomendaciones prácticas concretas, emanadas de los resultados de los proyectos de investigación y desarrollo en curso de los distintos campos de la producción vegetal, animal, alimentaria y forestal.

**Consejo de redacción:** M<sup>a</sup> del Carmen Oliván García, Enrique Gómez Piñeiro y M<sup>a</sup> del Pilar Oro García

**Coordinación editorial:** M<sup>a</sup> del Pilar Oro García

**Edita:** Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA)

**Sede central:** Ctra. AS-267 PK19, 33300 Villaviciosa, Asturias - España

**Telf.:** (+34) 985 890 066. Fax: (+34) 985 891 854

**E-mail:** pilaroro@serida.org

**Imprime:** Asturgraf, S.L.

**D.L.:** As.-2.617/1995

**ISSN:** 1135-6030

El SERIDA no se responsabiliza del contenido de las colaboraciones externas, ni tampoco, necesariamente, comparte los criterios y opiniones de los autores ajenos a la entidad.



# Los abejorros son imprescindibles para la polinización del arándano

MARCOS MIÑARRO PRADO. Área de Cultivos Hortofrutícolas y Forestales. Programa de Investigación en Fruticultura. [mminarro@serida.org](mailto:mminarro@serida.org)  
DANIEL GARCÍA GARCÍA. Departamento de Biología de Organismos y Sistemas, Universidad de Oviedo. Instituto Mixto de Investigación en Biodiversidad (CSIC-Universidad de Oviedo-Principado de Asturias). [danielgarcia@uniovi.es](mailto:danielgarcia@uniovi.es)

EL arándano es un cultivo foráneo, recientemente implantado en Asturias, cuya producción depende totalmente de la polinización de sus flores por los insectos (Miñarro y García, 2016). Poco se sabe, sin embargo, sobre su ecología de polinización en esta región, a pesar de los indudables efectos que esta puede tener sobre las cosechas y las rentas de los productores. Se desconoce por ejemplo quiénes son los insectos que lo polinizan, qué factores determinan que esos insectos estén presentes en las plantaciones o cómo se comportan en relación al cultivo. Tampoco se sabe apenas si en Asturias el arándano presenta producciones limitadas por la falta de polinizadores, o hasta qué punto su producción depende de la biodiversidad de las comunidades polinizadoras. En este artículo presentamos los resultados de un estudio encaminado a llenar esos huecos de conocimiento.

## Las plantaciones de estudio

En los años 2019 y 2021 cuantificamos la abundancia y la riqueza (el número de especies) de polinizadores en 20 plantaciones de arándano, escogidas desde Tapia de Casariego hasta Llanes y desde

la orilla del mar hasta los 600 m de altitud para cubrir un amplio rango de condiciones de cultivo. Todas las plantaciones tenían las dos especies de arándano cultivados en la región: el tipo "highbush" del Norte (*Vaccinium corymbosum*) y el tipo "rabbiteye" u ojo de conejo (*Vaccinium*







→

**Figura 2.**-Polinizadores del arándano: (A) abejorro *Bombus terrestris* (nótese la bola de polen en la corbícula, la cola blanca y los pelos rubios en las patas, que son negros en los individuos comerciales), (B) abeja melífera (*Apis mellifera*) (nótese cómo mete la cabeza en la flor), y abejorros (C) *Bombus pascuorum* y (D) *Bombus pratorum* (nótese la cola naranja). Las flores de las fotos (A), (C) y (D) corresponden al tipo *rabbiteye*, más alargadas y de apertura estrecha, y las de la foto (B), más cortas y con boca ancha, al tipo *highbush*.

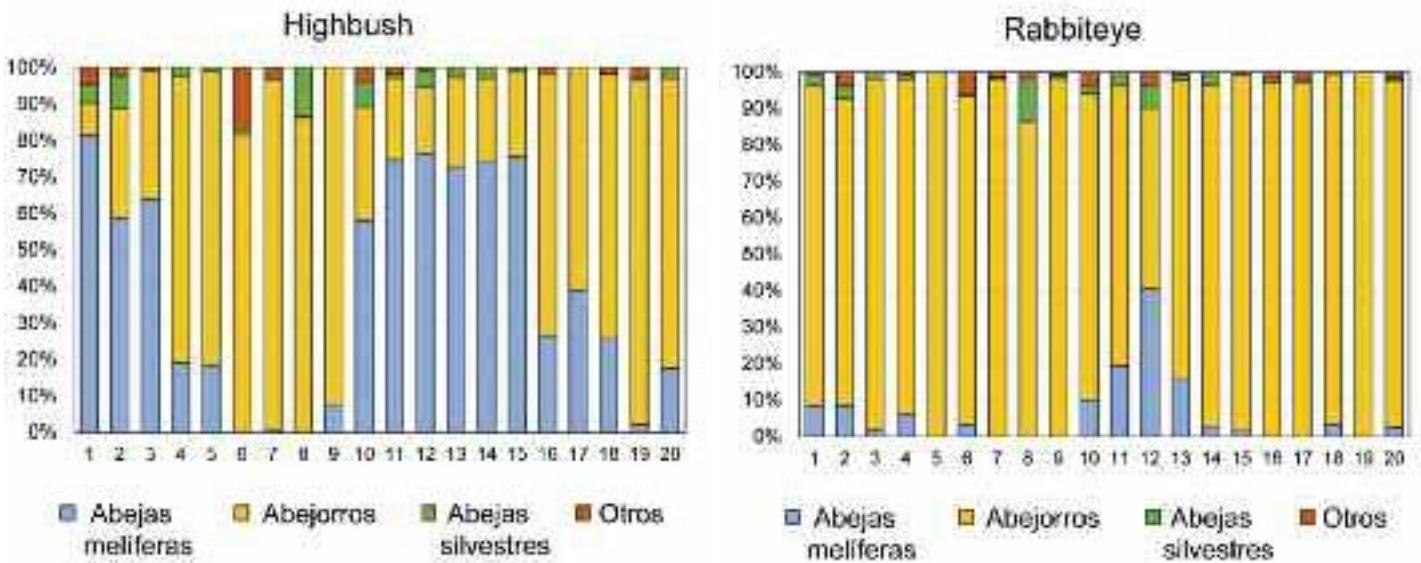


abejorros y en el *rabbiteye* otras 10. En ambos casos, *B. pascuorum*, *B. pratorum* y *B. hortorum* fueron las especies más abundantes tras *B. terrestris* (Figuras 1 y 2). En el arándano *highbush*, los abejorros fueron el polinizador más abundante en 11 plantaciones y la abeja melífera en las otras 9 (Figura 3). En el tipo *rabbiteye*, los abejorros fueron el polinizador dominante en todas las plantaciones (Figura 3). En cada tipo de cultivo identificamos en total 28 especies distintas de insectos polinizadores.

El arándano muestra rasgos florales especializados (corola acampanada y con apertura estrecha, anteras poricidas que requieren vibración para liberar el polen o nectarios en la parte inferior de la flor; Figura 2) que restringen la comunidad de polinizadores que acceden fácilmente al polen y al néctar. Los abejorros son poli-

nizadores especializados, pues poseen lenguas largas capaces de alcanzar los nectarios en flores acampanadas, como las del arándano, y comportamiento zumbador que libera el polen, lo que explica que sean el polinizador dominante en este cultivo.

El grado de especialización es distinto entre los tipos de arándanos, siendo mayor en el tipo *rabbiteye* debido a su corola más larga y a la apertura de la flor más estrecha, en comparación con el tipo *highbush*. Esto explicaría por qué las abejas melíferas sólo representaron el 6% de las visitas en el tipo *rabbiteye*: simplemente tienen acceso limitado a los nectarios debido a la estrechez de la flor y a su corta lengua, mientras que en las flores del tipo *highbush*, con apertura más amplia, pueden meter la cabeza en la corola para alcanzar el néctar (Figura 2B).



### Los abejorros son mejores polinizadores que la abeja de la miel

Para evaluar qué insecto, la abeja melífera o los abejorros (tres especies), resulta mejor polinizador para el arándano, estudiamos el comportamiento de alimentación de estos insectos en función de cuatro parámetros funcionales diferentes: la frecuencia de recogida de polen (estimada a partir de la presencia de bolas de polen en las corbículas; ver ejemplo en la Figura 2A), la tasa de visita (el número de flores visitadas por minuto), la frecuencia de los movimientos entre plantas y la frecuencia de movimientos entre filas de plantas (es decir, la frecuencia con la que un polinizador deja una planta para visitar otra, y si la nueva planta estaba en una fila diferente). Este estudio se realizó en 2016 en una sola plantación y sobre la variedad ‘Ochlockonee’, es decir, sobre arándanos del tipo *rabbiteye* (ver Miñarro y García 2021 para ampliación de resultados).

Los abejorros son mejores polinizadores para el arándano que la abeja melífera en la medida en que todas las especies de abejorros mostraron una mayor frecuencia de recolección de polen (Figura 4A), visitaron el doble de flores por minuto (Figura 4B) y mostraron una frecuencia de movimientos entre plantas y filas mayor (Figuras 4C y 4D), aunque en este último caso sin diferencias entre el

abejorro *B. pratorum* y la abeja melífera. Todos estos parámetros resultan importantes para la producción. Como ya se comentó, el polen del arándano no es de libre acceso, sino que está restringido a insectos como los abejorros, que son capaces de hacer vibrar las anteras de las flores y liberar el polen. Por tanto, es esperable que los insectos capaces de recoger el polen de las flores de los arándanos contribuyan en mayor medida al intercambio de polen entre flores resultando mejores polinizadores. Además, los insectos que visiten más flores por minuto harán una mayor contribución a la polinización en términos cuantitativos. Por último, el movimiento de los polinizadores entre plantas e hileras de cultivo es importante para asegurar la transferencia de polen entre plantas e incluso variedades.

### Hay muy poco margen para mejorar la polinización porque ya es la correcta

Para valorar los efectos de la polinización en el rendimiento de los cultivos, medimos el cuajado (número de flores que dan lugar a fruto) y el peso de los frutos resultantes de flores abiertas y accesibles a los polinizadores, así como de flores que además de las visitas de los insectos recibieron manualmente un suplemento de polen. Si el cuajado o el peso de los frutos es mayor con el suple-

↑  
**Figura 3.-**Composición de la comunidad de insectos polinizadores de arándano tipo *highbush* (arriba) y *rabbiteye* (abajo) en cada una de las 20 plantaciones de estudio.



→ **Figura 4.-** Comportamiento alimenticio de la abeja melífera (*Apis mellifera*) y tres especies de abejorros (*Bombus terrestris*, *B. pratorum* y *B. pascuorum*) en el cultivo del arándano. (A) Comportamiento de recolección de polen (% de los individuos observados que llevaban bola de polen en la corbícula), B) tasa promedio de visita (número medio de flores visitadas por minuto) y (C) frecuencia promedio de movimientos entre plantas y (D) frecuencia de movimiento entre líneas de plantas. Los números en la parte superior de cada columna indican el tamaño de muestra. Diferentes letras indican diferencias entre especies de polinizadores. Las barras sobre las columnas en (B) y (D) indican el error estándar.

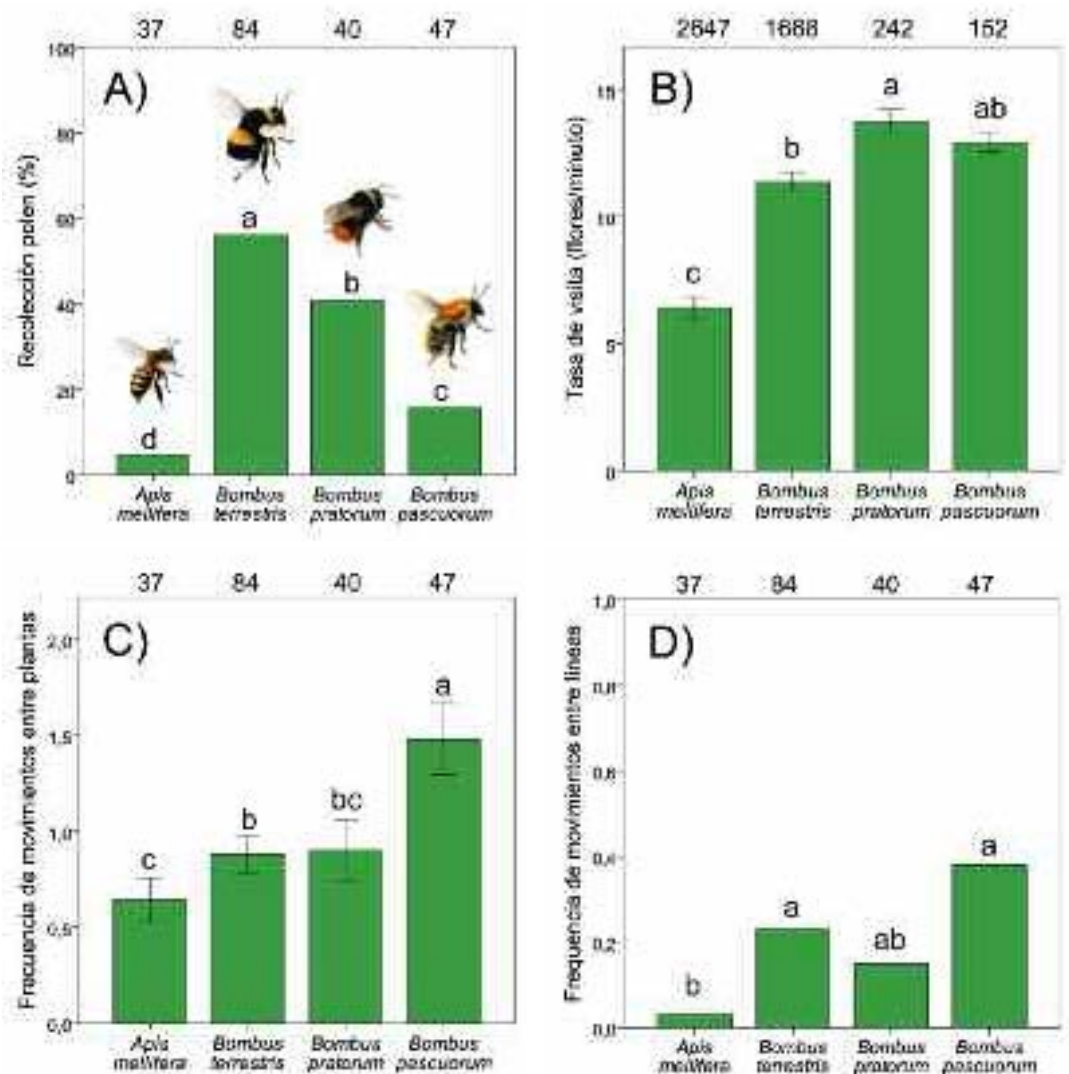
mento de polen es porque las plantas sufren un déficit de polinización, es decir que si recibiesen más polen darían más o mayores frutos. Si no hay diferencias es porque las flores están recibiendo el aporte de polen correcto y necesario para maximizar la producción.

En el arándano *highbush* no se encontraron signos de déficit de polinización ni en términos de cuajado (82,2% y 82,1% de las flores resultando en frutos con y sin suplemento manual de polen, respectivamente) ni en términos de peso de los frutos (1,52 g y 1,47 g con y sin suplemento manual de polen, respectivamente). En el arándano *rabbiteye* se encontró un patrón similar, con un cuajado de 84,9% y 84,8% y un peso del fruto de 0,85 g y 0,83 g, en flores con y sin suplemento de polen, respectivamente. Estos resultados

muestran que, en términos globales, la **polinización del cultivo de arándano en Asturias es la correcta** porque las poblaciones de insectos son capaces de cubrir sus necesidades de polinización.

### A más abejorros, mayor producción

La abundancia de abejorros tuvo una **influencia positiva sobre los parámetros productivos** en ambos tipos de arándano: las plantaciones con mayor número de visitas de abejorros obtuvieron mayor cuajado en el tipo *highbush* (Figura 5A) y mayor peso de fruto en el tipo *rabbiteye*. Por contra, **el efecto de la abundancia de las abejas melíferas sobre la producción fue negativo**: al aumentar la abundancia de abejas disminuyó el peso de los arán-





danos *highbush* (Figura 5B) y el cuajado de los frutos en el tipo *rabbiteye*.

Los abejorros son muy buenos polinizadores del arándano, lo que explicaría por qué a más abejorros mejores producciones. El efecto negativo de la abundancia de la abeja de la miel, más que un efecto perjudicial directo de la abeja sobre la polinización de las flores, podría ser una consecuencia de una relación negativa entre abejas y abejorros. De hecho, hemos observado que los abejorros y las abejas melíferas se segregan claramente a lo largo de la estación de floración del arándano (con mayor proporción de abejorros al principio), así como a lo largo de gradientes de temperatura y humedad relativa diarias (con los abejorros tolerando mejor temperaturas bajas y humedades ambientales altas; Miñarro y García, 2021), tal vez como resultado de una competencia entre ambos tipos de insecto por los recursos florales.

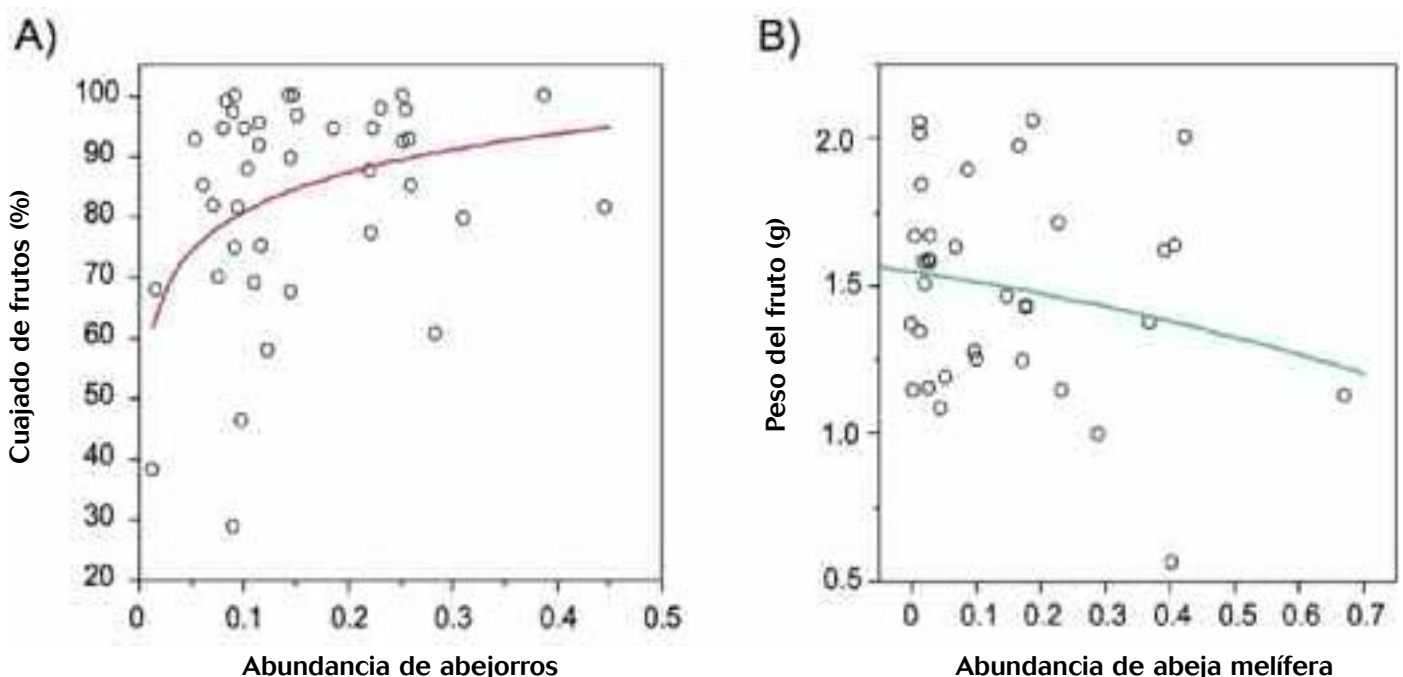
### La composición del paisaje, más que la introducción de colmenas afecta a las visitas de polinizadores al cultivo

El manejo de colmenas de abejas melíferas y/o colonias comerciales de abejor-

ros, al menos en las densidades utilizadas actualmente, no tuvo prácticamente ningún efecto sobre las visitas de polinizadores a los arándanos (Figura 6). Durante los muestreos, confirmamos que los abejorros comerciales permanecían en las plantaciones visitando las flores de los cultivos (las subespecies comerciales tienen pelos negros mientras que los de las subespecies locales son rubios; Figura 2A), aunque representaban una fracción muy baja de las visitas totales. Todo esto sugiere que el responsable de la polinización del arándano es el conjunto de insectos que aparecen de forma espontánea en las plantaciones. Estas poblaciones espontáneas combinan polinizadores silvestres locales (varias especies de abejorros y algún otro insecto; Figura 1) con individuos de abeja melífera que llegan al cultivo desde las zonas circundantes atraídos por la floración masiva del arándano, enmascarando así el efecto esperado de las colonias introducidas intencionadamente.

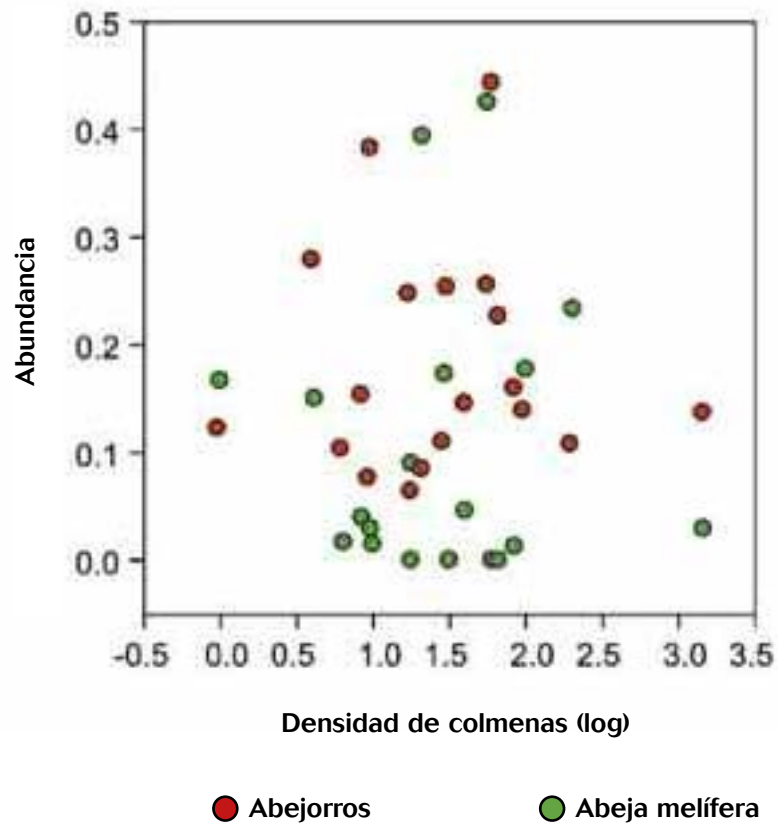
La estructura del paisaje que rodea los cultivos sí explicó la variabilidad local de las comunidades de polinizadores. En el tipo *highbush*, la abeja melífera y los abejorros respondieron de manera opuesta a la estructura del paisaje: plantaciones con mayor cobertura de hábitat

↓  
**Figura 5.**-Ejemplo de los efectos de la abundancia de polinizadores sobre la producción del arándano tipo *highbush* de acuerdo a los modelos estadísticos. Efecto de la abundancia de abejorros sobre el porcentaje de cuajado del fruto (A) y efecto de la abundancia de abeja melífera sobre el peso del fruto.



→

**Figura 6.**-Abundancia de abejorros y abeja melífera en función de la densidad de colmenas en el cultivo. Se puede observar que la abundancia no aumenta con la densidad de colmenas, lo que indica que la abundancia de polinizadores es independiente del uso de colmenas en el cultivo.



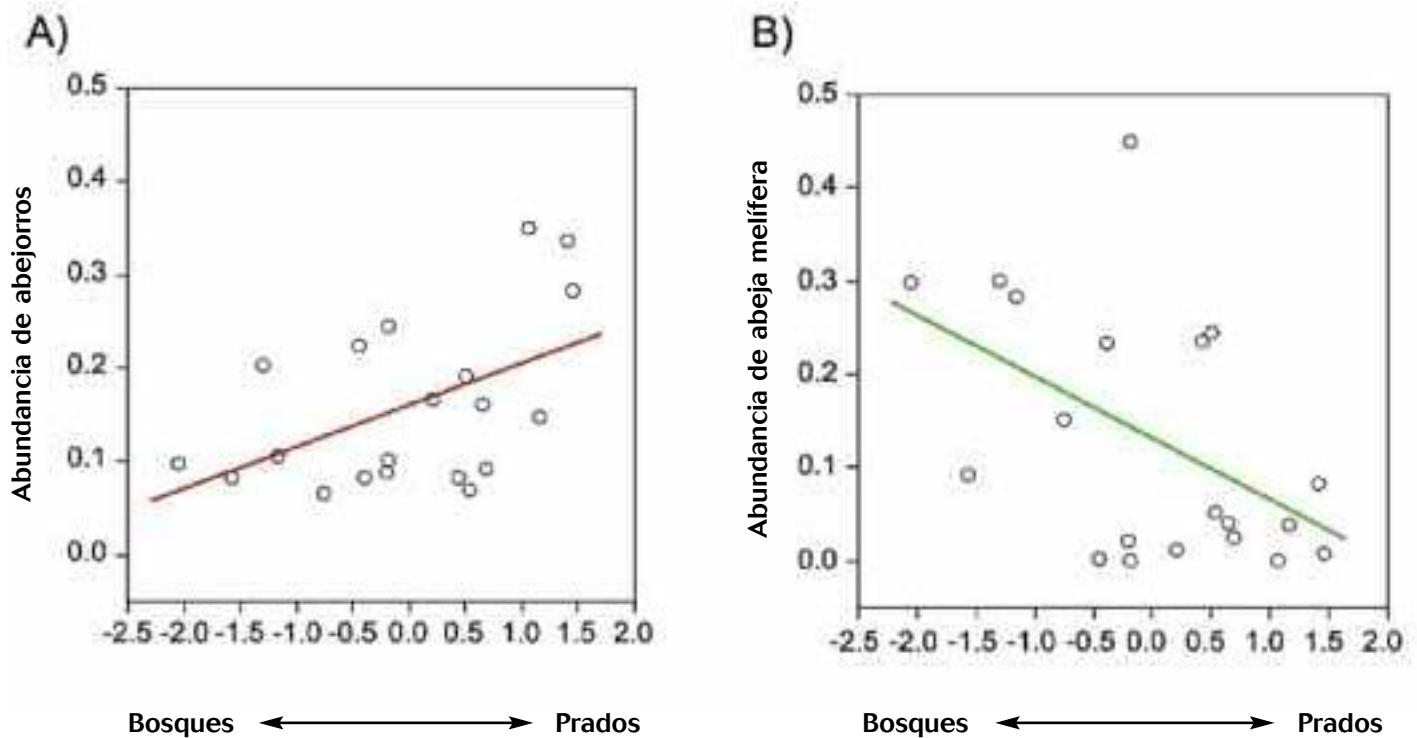
seminatural y menor cobertura de pastos a su alrededor tuvieron más visitas de abejas melíferas pero menos de abejorros (Figura 7). Además, la abundancia de abejas también fue mayor en plantaciones rodeadas por otras plantaciones frutales en comparación con aquellas rodeadas por suelo urbanizado. Por otro lado, las visitas de abejorros también se vieron favorecidas por la presencia de eucalipto alrededor del cultivo. En el tipo *rabbiteye*, el paisaje sólo afectó a la abundancia de abejorros (aunque en menor medida que en el tipo *highbush*), que también se vio más favorecida por la abundancia de pastos que de hábitat seminatural. El paisaje puede afectar a los conjuntos de polinizadores locales al proporcionar parches ricos en recursos de anidación, alimentación y refugio alrededor de los cultivos (Miñarro et al., 2018). Así, el paisaje puede incrementar las poblaciones de polinizadores, que luego se desplazan al cultivo atraídos por su floración, o, al contrario, resultar más atractivos que el propio cultivo, restando polinizadores al mismo.

### Recomendaciones de manejo para fomentar las visitas de polinizadores al arándano

Los abejorros son el mejor y principal polinizador del arándano de Asturias, por lo que los productores de arándano deberían fomentar sus poblaciones, máxime cuando la producción depende de la abundancia de las poblaciones locales de estos insectos. Nuestros resultados muestran también que el uso de colmenas, tanto de abeja melífera como de abejorros, no tiene efectos significativos sobre la cantidad de polinizadores que visitan las flores de arándano, lo que cuestiona la necesidad de su empleo en este cultivo, especialmente las de abeja melífera, ya que es peor polinizador.

Recomendamos cualquier estrategia que promueva las comunidades de abejorros silvestres en las plantaciones y sus alrededores, como el aumento de los hábitats de nidificación y, sobre todo, la cantidad, diversidad y disponibilidad temporal de los recursos florales. El arándano





ofrece recursos alimenticios muy abundantes pero disponibles solo durante un periodo de tiempo limitado, el mes o mes y medio que dura la floración del cultivo. Los polinizadores, sin embargo, necesitan alimento en una ventana temporal mucho más amplia, tanto antes como después del periodo de floración del arándano. Los polinizadores están muy influenciados por la estructura del paisaje alrededor de las plantaciones, por lo que las acciones generales de gestión deberían abordarse a escala del paisaje más que a escala local. Sin embargo, esto casi nunca está en la mano del productor, que normalmente tiene limitado su radio de acción a la plantación. Dentro de ese radio de acción, el manejo adecuado de *les sebes* (setos) adyacentes para promover su floración, reduciendo la poda en la medida de lo posible, resulta beneficioso para los polinizadores (Miñarro y Prida, 2013).

## Agradecimientos

Al proyecto INIA RTA2017-00051-C02-01 (MinEco y FEDER) por la financiación. A los productores por dejarnos investigar en sus plantaciones. A Alejandro Núñez, David Luna

y Rodrigo Martínez por su colaboración en la toma de datos. Y a Alejandro Núñez también por su inestimable contribución a la identificación de los polinizadores.

## Bibliografía

- GARCÍA, J.C.; GARCÍA, G.; CIORDIA, M. (2018). El cultivo del arándano en el norte de España. Ed. SERIDA, Consejería de Desarrollo Rural y Recursos Naturales de Principado de Asturias.
- MIÑARRO, M.; GARCÍA, D. (2016). Manzana, kiwi y arándano: sin insectos no hay frutos ni beneficios. *Tecnología Agroalimentaria* 18: 4-8.
- MIÑARRO, M.; GARCÍA, D. (2021). Complementary contribution of wild bumblebees and managed honeybee to the pollination niche of an introduced blueberry crop. *Insects* 12, 595.
- MIÑARRO, M.; GARCÍA, D.; MARTÍNEZ-SASTRE, R. (2018). Los insectos polinizadores en la agricultura: importancia y gestión de su biodiversidad. *Ecosistemas* 72: 81-90.
- MIÑARRO, M.; PRIDA, E. (2013). Hedgerows surrounding organic apple orchards in north-west Spain: potential to conserve beneficial insects. *Agricultural and Forest Entomology* 15: 382-390. ■

↑  
**Figura 7.**-Ejemplo de los efectos de la estructura del paisaje sobre la abundancia de polinizadores de acuerdo a los modelos estadísticos. Se representan las variaciones de abundancia de abejorros (A) y abeja melífera (B) en arándano tipo *highbush*, en relación a un gradiente desde zonas con alta cobertura de hábitat leñoso seminatural (bosques) a zonas con alta cobertura de pastos.

# Sistemas experimentales para la evaluación precoz de los recursos genéticos de *Pinus pinaster* Ait.

FRANCISCO FUENTE-MAQUEDA. Área de Cultivos Hortofrutícolas y Forestales. Programa Forestal. francisconf@serida.org  
 CANDELA CUESTA MOLINER. Universidad de Oviedo. Departamento de Biología de Organismos y Sistemas. cuestacandela@uniovi.es  
 LUCÍA RODRÍGUEZ PÉREZ. Área de Cultivos Hortofrutícolas y Forestales. Programa Forestal. luciar@serida.org  
 JOSÉ MANUEL ÁLVAREZ. Universidad de Oviedo. Departamento de Biología de Organismos y Sistemas. alvarezmanuel@uniovi.es  
 JUAN MAJADA GUIJO. Centro Tecnológico Forestal y de la Madera (CETEMAS). jmajada@cetemas.es  
 RICARDO ALÍA MIRANDA. Centro de Investigación Forestal – INIA. alia@inia.csic.es  
 ISABEL FEITO DÍAZ. Área de Cultivos Hortofrutícolas y Forestales. Programa Forestal. ifeito@serida.org



## Interés de *Pinus pinaster* Ait.

*Pinus pinaster* Ait. es una especie relevante ecológica y económicamente en la península Ibérica. En el último Informe de Situación de los Bosques y del Sector Forestal en España, la producción media

anual de madera (con corteza) de *P. pinaster*, principalmente para aserrío o la industria del tablero, es de 3.600.000 m<sup>3</sup>, lo que equivale al 41 % de la madera extraída del resto de las coníferas españolas, y al 21 % de la madera total extraída (Bravo *et al.*, 2017). En los últimos años, la



actividad resinera es una gran oportunidad para la dinamización de zonas rurales y la conservación de los ecosistemas asociados a esta especie. En la segunda mitad del siglo XX, esta actividad alcanzó su máximo (55.000 t en 1961, con una superficie de pinar resinada próxima a las 270.000 ha y producción media 2,5-3,5 kg/árbol/año), seguido de un descenso paulatino hasta que en 2010 resurge, por incrementos de la demanda, principalmente del mercado chino y de la aparición de nuevos métodos de resinación, que permitían rebajar costes y aumentar la producción por árbol (Montero, 2019). A pesar de esto, la rentabilidad de la actividad es muy ajustada y vulnerable a las oscilaciones de los precios de la materia prima en el mercado internacional.

*P. pinaster* tiene una presencia natural importante en Asturias, en torno al 10% de la superficie arbolada asturiana. Según el 4º Inventario Forestal Nacional (AIEF, 2012), en Asturias hay 18.682 ha. El Plan Forestal elaborado por la entonces Consejería de Medio Rural y Pesca de Asturias en el año 2001, pendiente de ser revisado en el Plan de Ordenación de Recursos Forestales, marcó como objetivo duplicar la superficie de plantación de esta especie a lo largo de un horizonte temporal de 60 años (Rodríguez *et al.*, 2007). Desde 2019, se ha observado un fuerte incremento de su plantación, debido principalmente a los problemas sanitarios de *Pinus radiata*. La mayor tolerancia a enfermedades y plagas de *P. pinaster* le ha convertido en una especie refugio-alternativa para quienes desean plantar coníferas.

Madera y resina de *P. pinaster* son aprovechamientos sostenibles de los recursos forestales, que han contribuido a la conservación del medio natural y proporcionado empleo y riqueza a la población rural. Sin embargo, la dinámica actual de cambio climático puede afectar negativamente a esta especie y hace imprescindible una gestión integral, en la que se valore su potencial y los riesgos del sector, adaptando las masas forestales existentes y futuras. Estas acciones están consideradas en los planes y programas nacionales incluidos en la Estrategia

Española para la Conservación y el Uso Sostenible de los Recursos Genéticos Forestales, preservando su capacidad de evolución y garantizando su uso a las generaciones futuras. En esta estrategia, *P. pinaster* es la principal especie en el arco atlántico europeo y considerada como una especie modelo en estas acciones (MIMAM, 2006).

Recientemente, el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico ha aprobado el Real Decreto sobre conservación de los recursos genéticos forestales y de la flora silvestre (Real Decreto 159/2022), que tiene por objeto establecer las líneas básicas sobre conservación y uso sostenible de los recursos genéticos arbóreos de interés nacional y, en concreto, los instrumentos de planificación, coordinación y colaboración para su conservación tanto *in situ* (dentro) como *ex situ* (fuera) del medio natural.

En el planteamiento y la concreción de programas de mejora forestal tampoco debe olvidarse que los bosques y plantaciones cumplen servicios ambientales de tipo recreacional, paisajístico o turístico, que deben ser integrados con las necesidades del sector. La simulación de mercados para este tipo de bienes y servicios no comercializados ayudaría a esta gestión forestal integrada. La percepción social de estos programas de mejora es, a veces, la de un deterioro de la biodiversidad. Esta percepción debe ser revertida mediante una correcta difusión (explicación) de los programas de gestión forestal basados en mejora genética, que nunca deben ser incompatibles con los de conservación de la biodiversidad (Soliño *et al.*, 2020).

### **Caracterización orientada a la conservación y mejora de *Pinus pinaster* Ait.**

La conservación y mejora de los recursos fitogenéticos lleva implícita la necesidad de caracterizarlos, labor que puede alcanzar un grado de complejidad alto y que es necesario acotar, pero que no resulta fácil. Se debe saber de qué se parte y qué potencial tienen nuestros recursos.



**Figura 1.**-Colecciones de *P. pinaster* en la Finca Experimental del SERIDA en La Mata (Grado).

A: Plantas en campo.

B: Clones en contenedor.

Desde hace casi 2 décadas, el SERIDA, en colaboración con otros muchos organismos, entre los que destacamos el CIFOR/INIA, el CETEMAS y la Universidad de Oviedo, por la larga trayectoria en común, lleva realizando estudios experimentales en *P. pinaster* con el propósito de aportar una base de conocimiento científico en la caracterización fenotípica, genética y genómica funcional de materiales de interés para investigación básica, aplicada o programas operacionales de mejora en esta especie.

### Selección de procedencias con fines productores de *P. pinaster*

Como punto de partida, el programa de conservación, selección y mejora de *P. pinaster* se inicia con la aportación de entradas de distintas fuentes: 1) Recogida de semillas en los mejores rodales a partir de árboles "plus" o árboles superiores. En Asturias se seleccionaron 8 rodales (Alto La Llama, Armyán, Cadavedo, Castropol, Lamuño, Puerto de Vega, Rodoiros y Sierra de Barcia) y 80 árboles "plus". 2) Familias procedentes de una colección de procedencias generada en el marco del proyecto europeo TreeSnip. Las distintas procedencias, 43 en total, abarcaban toda la geografía altamente productora donde crece *P. pinaster*, cubriendo su variabilidad geoclimática. 3) Familias del programa de mejora genética de la Xunta de Galicia.

Con fines productivos, la diversidad de la población inicial seleccionada se incrementó con la incorporación de nuevas familias de regiones de procedencia marginales. En su conjunto las entradas son

procedentes de España, Francia, Marruecos, Portugal y Túnez, y forman actualmente parte de los ensayos de procedencias, familias y clones, situados en distintas regiones de España, Francia y Portugal, tanto en terreno público como privado.

El diseño de la ubicación de los ensayos de progenies de medios hermanos se realizó en base a un estudio de las condiciones de cultivo en las distintas zonas bio-geoclimáticas existentes en el noroeste de la península ibérica, estableciéndose en base a estos datos una red de parcelas permanentes en otoño de 2004, en Barcia (Valdés), Navelgas (Tineo), Ibias y Parderrubias (Orense). El objetivo a corto plazo era constituir una población de mejora, y a medio plazo, desarrollar tecnología para el fenotipado de caracteres genéticos agronómicos o tecnológicos que se pueda implementar en un programa de mejora: vigor, calidad de fustes, baja ramiosidad, forma de copa, calidad de madera, resistencia a factores abióticos, bióticos y estabilidad ambiental.

El valor de la gran diversidad genética generada en estas colecciones de material fue la principal motivación para desarrollar un programa de clonación que permitiese su uso en experimentación básica, principalmente en aspectos de genética cuantitativa de poblaciones y asociativa, ecofisiología, así como genómica y metabolómica. El programa de clonación se realizó con una estructura interfamilia "colección para estudios genéticos" o intrafamiliar "colección para estudios de sequía" dependiendo del objetivo de uso de las colecciones.





Las colecciones específicas de sequía se instalaron en Madrid, Cáceres y Grado. En Grado se instaló en la Finca Experimental que el SERIDA tiene en su centro de La Mata (43°22'31"N 6°04'18"W, 65 m) (Figura 1.A). Las colecciones clonales para estudios genéticos se instalaron en Armayán (Asturias), Pierroton (Francia) y Valongo (Portugal).

### Multiplicación clonal de *P. pinaster*

Se establecieron técnicas de reproducción vegetativa bajo condiciones controladas (Figura 1.B). La minipropagación (miniesquejes de 3–5 cm de longitud), en la que se evaluó la capacidad de enraizamiento en función de distintos factores, mostró que el uso de material juvenil, la temperatura de 25 °C y la aplicación del ácido indolbutírico eran factores favorables para un buen enraizamiento, permitiendo implementar el sistema a gran escala (Majada *et al.*, 2011).

La optimización de la nutrición nitrogenada y control de la estacionalidad de las plantas madre estableció que el tratamiento con mayor contenido de nitrógeno (543,58 mg/L) influyó significativamente en el posterior proceso de enraizamiento, afectando positivamente a la longitud, el área y el volumen de las raíces. La primavera fue la estación más favorable para enraizar los miniesquejes de este tratamiento nitrogenado (Martínez-Alonso *et al.*, 2012).

Actualmente el envejecimiento de la planta madre dificulta los esquejados anuales, por lo que recientemente se ha iniciado un proceso de rejuvenecimiento mediante propagación por injerto utilizando como púa la yema apical o los braquistos más juveniles. Los resultados de este sistema de propagación, aún pendientes de valoración, indican que la metodología podría ser válida, aunque muy laboriosa.

### Bioensayos para la caracterización de *P. pinaster* frente a sequía

La capacidad de adaptación de las especies forestales a su entorno es una de las claves para su conservación y aprovechamiento y, por ello, con el objetivo de

investigar los mecanismos implicados en la adaptación a la sequía, se realizó una aproximación integral evaluando desde la ecofisiología hasta las bases moleculares, aprovechando la disponibilidad del material vegetal seleccionado en zonas contrastantes. Por otro lado, tratando de delimitar las diferentes estrategias que estos recursos fitogenéticos pueden desarrollar ante una situación estresante, se desarrollaron ensayos destinados a inducir respuestas rápidas, como puede ser el cierre estomático, o adaptación paulatina, como puede ocurrir a través de cambios morfológicos o ajuste osmótico.

La inducción del estrés hídrico puede llevarse a cabo a través de un menor suministro del recurso o a través de mecanismos que lo hagan inaccesible, como con agentes osmóticos que atrapan el agua, permitiendo que la limitación se produzca puntualmente y a la carta, pudiendo evaluarse en estos ensayos respuestas rápidas o lentas, según interese.

#### – *Uso de agentes osmóticos*

Se diseñó un sistema experimental combinando el cultivo hidropónico con un agente osmótico, el polietilenglicol de alto peso molecular (PEG 8000), que se seleccionó por su ausencia de fitotoxicidad y por no ser absorbido o asimilado por la planta, lo que permite garantizar que las respuestas observadas se deban sólo a la baja disponibilidad hídrica (Figura 2). En las plantas previamente adaptadas al cultivo en condiciones hidropónicas, los cambios morfológicos observados se relacionaron fundamentalmente con ajustes en la transpiración y conductancia estomática. Estos ensayos no permiten evaluar adaptaciones al estrés mediadas por respuestas del sistema radical, ya que, durante el periodo de aclimatación a hidroponía, la conformación de la raíz cambia, difiriendo en tamaño y forma de la que se desarrolla en cultivo sobre sustrato. Este sistema de ensayo se utilizó para un cribado de genotipos de 10 procedencias, 5 familias/procedencia y 3 copias(clon)/familia. Los resultados obtenidos mostraron una gran variabilidad, tanto entre procedencias como entre familias de cada procedencia, e incluso, entre clones de una misma familia. El tiempo al cuál se habían muerto el 50 % (T50)



↑  
**Figura 2.**-Cultivo hidropónico con PEG de plántulas de *P. pinaster*.

de las plantas/procedencia osciló entre 61 y 109 días del estrés hídrico inducido al disminuir el potencial osmótico de la solución nutritiva hasta -1 MPa. El ajuste osmótico fue importante, al igual que el contenido en agua de las plantas, en la supervivencia observada entre procedencias (Gaspar *et al.*, 2013).

– **Limitación del aporte hídrico**

Estos ensayos se adecuan al estudio de respuesta de adaptación lenta, ya que el recorte en el aporte hídrico es paulatino. La disponibilidad hídrica se puede evaluar de diferentes formas, pero quizá, el sistema más sencillo es el uso de sondas para evaluar el volumen de agua efectivamente disponible, como las sondas de reflectometría de dominio de tiempo (TDR, Time-Domain Reflectometry), que permiten realizar el registro en continuo (Figura 3). Los ensayos realizados con procedencias contrastantes mostraron mayor variabilidad en las respuestas para las procedencias atlánticas que en las mediterráneas (Baizán, 2012), lo que pone de manifiesto la existencia

de una gran plasticidad en este carácter, aunque resulta complejo manejar en estos sistemas experimentales el aporte hídrico, dadas las grandes diferencias de consumo entre materiales vegetales tan contrastantes.

En cuanto al establecimiento de marcadores fisiológicos que permitan la detección precoz de genotipos de interés, los estudios realizados con la procedencia Oria muestra una estrategia hídrica conservativa, ajustando el consumo de agua, con un ajuste osmótico activo, lo que le permite mantener un contenido de agua alto en los tejidos y un control hormonal basado en el ácido abscísico (ABA) (Baizán *et al.*, 2011).

**Bioensayo para la determinación de la interacción sequía-frío en *P. pinaster***

El “Síndrome General de Adaptación” (GAS, General Adaptation Syndrome) implica respuestas fisiológicas similares generadas ante estímulos estresantes diferentes, que permiten a la planta manifestar resistencia a más de un factor estresante (corresistencia; Prasad, 1996). Este mecanismo inherente de resistencia al estrés múltiple es muy ventajoso, ya que las plantas en la naturaleza se enfrentan normalmente a varios factores estresantes y el acondicionamiento a un factor puede incrementar la tolerancia a ese u otro agente. Así, cuando una planta se somete a estrés hídrico, antes de un período de heladas, este déficit de agua disminuye los daños producidos por las bajas temperaturas (Maldonado *et al.*, 1997). En respuesta al estrés hídrico, los niveles de azúcares y otros solutos como la prolina, se incrementan y reducen el agua libre en los tejidos al actuar como osmóti-

↓  
**Figura 3.**-Ensayo de *P. pinaster* en sustrato con control hídrico por sondas TDR.





cos y por ende la formación de hielo extracelular, que provoca la deshidratación de las células, cuando las temperaturas son muy bajas.

El diseño experimental para valorar la asociación de este coestrés constó de 2 partes:

#### – **Endurecimiento por estrés hídrico**

Utilizando el sistema y la información generada en los ensayos de estrés hídrico para cultivo en sustrato, se acondicionó la mitad de un lote de plantas mediante déficit hídrico gradual hasta su tolerancia máxima, 20% de capacidad de campo, dejando la otra mitad al 95%.

#### – **Evaluación de la tolerancia a frío**

La tolerancia a frío se valoró mediante el método de liberación de electrolitos, evaluando el índice de daño y la temperatura letal media de congelación. Ambas variables se estiman en función del momento en el que la baja temperatura provoca daños en las células que desencadenen la liberación de electrolitos. Por otro lado, a través de la técnica de calorimetría de barrido diferencial (DSC, Differential Scanning Calorimetry) se estimó la cantidad de agua que permanecía libre en los tejidos.

Se puede incrementar la tolerancia al frío de planta clonal juvenil de *P. pinaster* limitando el contenido hídrico de los tejidos. El ajuste osmótico es importante en la crioprotección, dada la correlación encontrada entre los indicadores osmóticos y la tolerancia al frío. La técnica de DSC se mostró como rápida y fiable para determinar el estado hídrico de los tejidos vegetales.

#### **Bioensayo para determinar la influencia de la oscilación térmica día-noche en el desarrollo de *P. pinaster***

La temperatura no solo influye en cuanto a su valor absoluto, sino que también actúa de diferente manera en función de la diferencia térmica día-noche (DIF). La oscilación térmica produce alteraciones en la floración, lo que podría llegar a afectar, en casos muy extremos, al mantenimiento de la especie a través de su reproducción. Se sabe que un DIF po-

sitivo en plantas de día largo promueve mayor elongación de tallos, al asociarse a mayores contenidos en giberelinas (Ohtaka *et al.*, 2020). En *P. pinaster*, se sabe que las giberelinas estimulan el desarrollo de los tallos y el crecimiento continuo, con menor policiclismo en plántulas juveniles (MacDonald & Little, 2006). El policiclismo se debe a que las yemas apicales formadas en la primavera no detienen su crecimiento y forman nuevos verticilos de verano, dando lugar a una mayor ramificación. Por esto, se planteó un ensayo en el que, combinando ambos factores, aplicación de giberelinas y ausencia de termoperiodo, se pudiese valorar el fenotipo de estas plantas, además de analizar cómo se modifican los perfiles hormonales entre los que se encuentran esta familia de compuestos tan importantes, las giberelinas.

El ensayo se realizó con plantas de 2 años en contenedor, seleccionadas para que mostrasen un grado de desarrollo similar y exponiéndolas a 2 regímenes térmicos: oscilación térmica ( $T_{Osc}^a$ ) 25 °C (“día”) / 15 °C (“noche”) y temperatura constante ( $T_{Cte}^a$ ) de 25 °C. El resto de condiciones ambientales, luz y humedad, se mantuvo por igual en los dos tratamientos. Para complementar el estudio, se aplicaron exógenamente 2 compuestos: paclobutrazol, como inhibidor de giberelinas, y GA<sub>3</sub>, como giberelina de uso más frecuente. Los resultados mostraron que ambos factores afectan a la expresión de caracteres que se relacionan con la conformación del árbol adulto, como pueden ser la velocidad de crecimiento, el cambio de ontogenia y el policiclismo. Los análisis de los perfiles hormonales constatan la importancia de las giberelinas, que no actúan solas, existiendo balances o interacciones hormonales asociadas a las distintas respuestas, que, en términos fisiológicos, se conoce como “cross-talk hormonal”.

#### **Bioensayo para determinar la influencia del fotoperiodo en el desarrollo de *P. pinaster***

La conformación del árbol se relaciona directamente con la calidad de su madera. La selección de caracteres en adultos que mejoren esta conformación está

→  
Figura 4.-Estados ontogénicos.



dentro de la actuación llevada a cabo para el establecimiento de la colección de recursos fitogenéticos de *P. pinaster*. No obstante, en la descendencia de esas madres destacadas habrá gran variabilidad de forma, por lo que son factores importantes a reevaluar. Esperar que los individuos lleguen a adultos para testarlos supone un retraso en la obtención de información, además de invalidar la potencial multiplicación vegetativa de los mismos.

La luz es el factor ambiental más determinante en el desarrollo vegetal, por su doble acción como recurso energético (fotosíntesis) y su efecto sobre el desarrollo (fotomorfogénesis). El fotoperiodo, duración del periodo de luz, es una variable que influye en aspectos tan importantes como el crecimiento vegetativo y reproductivo. Nguyen *et al.* (1995) demostraron que en *P. pinaster* la luz es capaz de desencadenar respuestas diferenciales en genotipos que presentan diferente predisposición a desarrollar crecimientos policíclicos.

El efecto del fotoperiodo se ha constatado en condiciones de cultivo controladas (luz, humedad y temperatura) cultivando plántulas de pino, con diferente desarrollo ontogénico (Figura 4), en fotoperiodo largo, 16 h de luz, y luz continua, como condición inductiva del carácter policiclismo. La realización de estos ensayos permitió constatar los perfiles hormonales asociados a las diferentes ontogenias y la influencia del fotoperiodo en la cronosecuencia a nivel fenotípico, abriendo la posibilidad de evaluar el carácter

policiclismo (Nguyen *et al.*, 1995) asociándolo a una caracterización hormonal (Delatorre *et al.*, 2018) o molecular.

#### Bioensayo para la evaluación del control/dominancia apical en *P. pinaster*

El conocimiento de las bases genéticas y fisiológicas de aquellos caracteres relacionados con el crecimiento y la ramificación, que definirán la calidad de la madera, es una prioridad para establecer parámetros que permitan la selección precoz de genotipos para futuras plantaciones de mejor calidad de la madera. Para lo cual, es determinante conocer el patrón de desarrollo del meristemo primario apical y órganos laterales, así como los procesos secundarios de xilogénesis. Lo habitual es asumir que los mecanismos fisiológicos y los genes implicados en estos procesos en coníferas son homólogos a los descritos en angiospermas. Sin embargo, las particularidades morfológicas, fisiológicas y genéticas de las coníferas y, en concreto del género *Pinus*, desaconsejan la extrapolación completa de los datos disponibles. De ahí, la necesidad de este tipo de estudios específicos en *P. pinaster*. Para el estudio de este control/dominancia apical se han llevado a cabo 2 ensayos:

#### – Aplicación exógena de compuestos relacionados con el desarrollo vegetal

El control que el ápice ejerce sobre el desarrollo de los verticilos, dominancia o control apical, se basa en complejas interacciones hormonales. Las auxinas se mantienen como los efectores primarios, y en plantas modelo como *Arabidopsis* o



guisante, se proponen 3 hipótesis para explicar el modo de acción, estando 2 de ellas más consolidadas: transporte/canalización de auxinas y acción directa a través de mensajero secundario, estrigolactonas (Brewer *et al.*, 2015). Estas hipótesis no son excluyentes, pero es interesante conocer su peso relativo en la ramificación de *P. pinaster*, ya que serviría como base para establecer marcadores precoces en la selección de genotipos de interés. La 3ª hipótesis, tampoco excluyente, prioriza los azúcares como señales, además de como reservas energéticas.

Para los ensayos se utilizaron plantas de 2 años con ontogenia tipo adulto (3, Figura 4) seleccionando siempre plantas en las que sólo hubiera 2 yemas verticales, además de la apical, que se escindió para conseguir así una misma situación de partida en las 2 yemas verticales (Figura 5.A). La aplicación exógena de reguladores se basó en aquellos que bibliográficamente están relacionados con la dominancia apical: ácido N-(1-naftil)ftalámico (inhibidor del transporte de auxinas), estrigolactona sintética GR24, TIS108 (inhibidor de estrigolactonas) y giberelina GA<sub>3</sub>. Los resultados parecen indicar que las estrigolactonas pueden actuar directamente (Cuesta *et al.*, 2021), si bien aún no se ha podido modelizar el proceso de dominancia/control apical en pino, pues no están evaluados todos los datos a nivel fenotípico y molecular.

– **Anillado**

A partir de la evolución en campo de los diferentes genotipos de la colección se constata una gran variabilidad en el

modelo de crecimiento. El control/dominancia apical en el verticilo de invierno suele ser muy moderado con un control bajo de la yema líder sobre el crecimiento de las ramas verticales. En situaciones tales como daño o ruptura de la yema principal, una de las laterales deja de estar sometida a este control, creciendo y desarrollando madera de compresión que le permite maximizar la verticalidad y establecer dominancia. La teoría de la canalización de auxinas es la que habitualmente se mantiene para explicar esta modificación, pero el transporte de fotoasimilados también es relevante. De manera experimental se puede manipular ambos factores realizando anillamientos por encima o por debajo de un verticilo concreto, deteniendo así el flujo floemático, y, por tanto, el flujo de auxinas, y de nutrientes (Wilson & Gartner, 2002).

En junio, tras el inicio del crecimiento de primavera, se llevaron a cabo anillamientos en pinos de 5 años. El anillado se realizó eliminando la corteza (1 cm de ancho) y cubriendo la zona intervenida con lámina Parafilm, para limitar la recuperación de la formación del floema (Figura 5.B). Tras 3 años de seguimiento, algunos de los resultados mostraron que tanto el verticilo sobre el que se hizo la actuación, como el desarrollado en ese verano tras el anillado, se ven afectados por igual con los dos tipos de anillado, inhibiéndose el desarrollo con respecto al eje principal, lo que *a priori* parece contrario a la hipótesis de la canalización. No obstante, queda por evaluar los datos finales que apuntan a que la intervención superior afecta a un factor determinante como es la verticali-

↓  
**Figura 5.**-Ensayos de aplicación exógena de compuestos (A) y anillamiento (B) para la evaluación del control/dominancia apical.





dad, que por el contrario constataría esa hipótesis.

Los resultados obtenidos permiten avanzar en el establecimiento de los mecanismos que determinan la respuesta de ramificación, siendo los primeros pasos para establecer potenciales marcadores que actúan en la cadena de sucesos que conducen a un determinado modelo de desarrollo, entendiéndose éste como conformaciones más o menos ramificadas. La trascendencia del papel de las hormonas y los reguladores de crecimiento en el desarrollo vegetal es incuestionable, pero su evaluación es muy compleja, en especial si consideramos que el material de estudio es una conífera, con gran distancia evolutiva con los modelos habituales desarrollados en angiospermas. Por esto, el avance en el conocimiento del papel de 2 grupos de compuestos tan importantes en el desarrollo vegetal, giberelinas y estrigolactonas, pero que no constituyen los compuestos diana de la mayoría de los estudios de ramificación, como sí lo son las citoquininas y las auxinas, supone avanzar hacia la implementación de estos como potenciales marcadores para la selección precoz de pinos de calidad mejorada.

### Agradecimientos

Los trabajos descritos fueron posibles gracias a la financiación recibida del Programa Marco Europeo FP5 [proyecto QLK3-CT2002-01973 (TREESNIPS)], el Instituto Nacional de Investigación Agraria y Alimentaria (INIA) del Ministerio de Ciencia e Innovación de España y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) [proyectos: AGL2006-03242-FOR (HIDROFOR), RTA2007-00084-00-00, PSS-310000-2008-3 (ADAPTA/EVALÚA), RTA 2010-00120-C02-00 (CLONAPIN), RTA2013-00048-C03-02 y RTA2017-00063-C04-04] y la Consejería de Medio Rural y Cohesión Territorial del Principado de Asturias. Por la envergadura de estos proyectos, generalizamos el agradecimiento a todas aquellas personas que han participado en ellos, destacando a Ângelo K. Dantas, Mónica Meijón, Tania Velasco, Carolina Delatorre, Celia Martínez, Silvia Baizán, Juan Carlos Hernández y Antonio Fernández. También agradecemos la cesión de material vegetal al Vivero Forestal de La Mata (Empresa Pública Sociedad de Servicios del Principado de Asturias).

### Referencias bibliográficas

- AIEF (Área de Inventario y Estadísticas Forestales) (2012). Cuarto Inventario Forestal Nacional: Principado de Asturias. Ed. Dirección General de Desarrollo Rural y Política Forestal del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (España). 58 pp.
- BAIZÁN, S. (2012). Endurecimiento en plantas juveniles de *Pinus pinaster* Aiton para incrementar la tolerancia al frío. Trabajo Fin de Grado (Ingeniería Forestal y del Medio Natural), Universidad de Oviedo.
- BAIZÁN, S.; FEITO, I.; MAJADA, J. & MARTÍNEZ, C. (2011). Relationship of ABA and proline in stages of drought response in *Pinus pinaster* of Oria provenance. In: 12<sup>th</sup> European Ecological Federation Congress, Ávila, 25-29 septiembre.
- BRAVO, F.; GUIJARRO, M.; CÁMARA, A.; DÍAZ BALTE- RÍO, A.; FERNÁNDEZ, P.; PAJARES, J. A.; PEMÁN, J. & RUIZ PEINADO, R. (2017). La situación de los bosques y el sector forestal en España – ISFE 2017. Ed. Sociedad Española de Ciencias Forestales. 276 pp.
- BREWER, P. B.; DUN, E. A.; GUI, R.; MASON, M. G. & BEVERIDGE, C. A. (2015). Strigolactone inhibition of branching independent of polar auxin transport. *Plant physiology*, 168 (4): 1820-1829. <https://doi.org/10.1104/pp.15.00014>
- CUESTA, C.; ÁLVAREZ, J. M.; FERNÁNDEZ, A.; FUENTE-MAQUEDA, F.; ORDÁS, R. J. & FEITO, I. (2021). *Pinus* architecture and branching network. *Biología de Plantas 2021, XXIV Reunión de la Sociedad Española de Biología de Plantas, XVII Congreso hispano-luso de Biología de Plantas, Vigo, 7-9 julio*.
- DELATORRE, C.; ÁLVAREZ, J.; MEIJÓN, M.; ORDÁS, R.; FEITO, I. & CUESTA, C. (2018). Plant ramification in *Pinus pinaster*: environmental role and physiological bases. XV Simposio sobre Metabolismo y Modo de Acción de Fitohormonas, Valencia, 13-14 diciembre.
- GASPAR, M. J.; VELASCO, T.; FEITO, I.; ALÍA, R. & MAJADA, J. (2013). Genetic variation of drought tolerance in *Pinus pinaster* at three hierarchical levels: A comparison of induced osmotic stress and field testing. *PLOS One*, 8 (11): e79094. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0079094>
- MACDONALD, J. E. & LITTLE, C. H. A. (2006). Foliar application of GA<sub>3</sub> during terminal long-shoot bud development stimulates shoot apical meristem activity in *Pinus sylvestris* seedlings. *Tree Physiology*, 26 (10): 1271-1276. <https://doi.org/10.1093/treephys/26.10.1271>

- MAJADA, J.; MARTÍNEZ, C.; VELASCO-CONDE, T.; FEITO, I.; ARANDA, I. & ALÍA, R. (2011). Mini-cuttings: an effective technique for the propagation of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.). *New Forest*, 41 (3): 399-412. <https://doi.org/10.1007/s11056-010-9232-x>
- MALDONADO, C. A.; ZUÑIGA, G. E.; CORCUERA, L. J. & ALBERDI, M. (1997). Effect of water stress on frost resistance of oat leaves. *Environmental and experimental botany*, 38 (2): 99-107. [https://doi.org/10.1016/S0098-8472\(96\)01045-3](https://doi.org/10.1016/S0098-8472(96)01045-3)
- MARTÍNEZ-ALONSO, C.; KIDELMAN, A.; FEITO, I.; VELASCO, T.; ALÍA, R.; GASPAS, M. J. & MAJADA, J. (2012). Optimization of seasonality and mother plant nutrition for vegetative propagation of *Pinus pinaster* Ait. *New Forest*, 43: 651-663. <https://doi.org/10.1007/s11056-012-9333-9>
- MIMAM (Ministerio de Medio Ambiente de España) (2006). Estrategia de conservación y uso sostenible de los recursos genéticos forestales. Ed. Dirección General para la Biodiversidad. 81 pp.
- MONTERO, G. (2019). *Pinus pinaster* Ait. *Foresta*, 73: 6-7.
- NGUYEN, A.; DORMLING, I. & KREMER, A. (1995). Characterization of *Pinus pinaster* seedling growth in different photo- and thermoperiods in a phytotron as a basis for early selection. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 10 (1-4): 129-139. <https://doi.org/10.1080/02827589509382876>
- OHTAKA, K.; YOSHIDA, A.; KAKEI, Y.; FUKUI, K.; KOJIMA, M.; TAKEBAYASHI, Y.; YANO, K.; IMANISHI, S. & SAKAKIBARA, H. (2020). Difference between day and night temperatures affects stem elongation in tomato (*Solanum lycopersicum*) seedlings via regulation of gibberellin and auxin synthesis. *Frontiers in Plant Science*, 11: 577235. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.577235>
- PRASAD, M. N. V. (1996). *Plant Ecophysiology*. Ed. Wiley, Nueva York, EE. UU. 552 pp.
- Real Decreto 159/2022, de 1 de marzo, sobre conservación de los recursos genéticos forestales y de la flora silvestre. *Boletín Oficial del Estado*, 59, 10/03/2022: 28311-28336. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/03/01/159>
- RODRÍGUEZ, R.; MAJADA, J.; BENITO, J. L. & BRAÑA, M. (2007). *Selvicultura del pino pinaster (Pinus pinaster) Manual básico Cuidados culturales del pino pinaster en Asturias para producir madera de calidad*. Consejería de Medio Ambiente y Desarrollo Rural del Principado de Asturias. 32 pp.
- SOLIÑO, M.; ALÍA, R. & AGÚNDEZ, D. (2020). Citizens' preferences for research programs on forest genetic resources: A case applied to *Pinus pinaster* Ait. in Spain. *Forest Policy and Economics*, 118: 102255. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2020.102255>
- WILSON, B. F. & GARTNER, B. L. (2002). Effects of phloem girdling in conifers on apical control of branches, growth allocation and air in wood. *Tree Physiology*, 2 (5): 347-353. <https://doi.org/10.1093/treephys/22.5.347> ■



←  
Floración de *Pinus pinaster* Ait.





# El consorcio EcoLamb para la producción sostenible de carne de cordero en Europa

RAFAEL CELAYA AGUIRRE. Área de Sistemas de Producción Animal. rcelaya@serida.org  
ROCÍO ROSA GARCÍA. Área de Nutrición, Pastos y Forrajes. rociors@serida.org

↑  
**Foto 1.**-Ovejas pastando en pumaradas de la estación experimental de La Mata en el proyecto EcoLamb.

## Situación del sector ovino de carne: problemas y oportunidades

El sector cárnico ovino en la Unión Europea (UE) se basa mayoritariamente en sistemas de pastoreo extensivos y semi-extensivos, y actualmente sufre un declive importante en muchas regiones debido a diversos problemas de índole socio-económica principalmente, entre los que caben destacar la falta de relevo generacional y de mano de obra, el despoblamiento del medio rural, conflictos con los depredadores, incertidumbre de los precios de la carne, la incesante sub-

da de los precios de las materias primas, los bajos ingresos, la alta dependencia de los subsidios, así como la inseguridad de estos en el futuro cercano (Belanche *et al.*, 2021). Con esta situación, las explotaciones de ovino que aprovechan los pastos y montes se enfrentan a serias dificultades para seguir produciendo de manera sostenible un alimento diferenciado, saludable y de calidad.

Estos sistemas ganaderos pueden tener sin embargo un papel clave para contrarrestar el deterioro demográfico de las zonas rurales, además de ser el principal







sustento y fuente de riqueza para muchas explotaciones, y proporcionar bienes inmateriales como la conservación de la biodiversidad y del paisaje, la disminución del riesgo de incendios y la preservación del patrimonio cultural (González Díaz *et al.*, 2018). Los sistemas productivos extensivos con pequeños rumiantes pueden además aprovechar territorios no aptos para otras actividades y jugar un papel clave en la seguridad alimentaria, así como mejorar la resiliencia de los sistemas y de los territorios, tanto ambiental como socio-cultural, frente a múltiples retos derivados del cambio global.

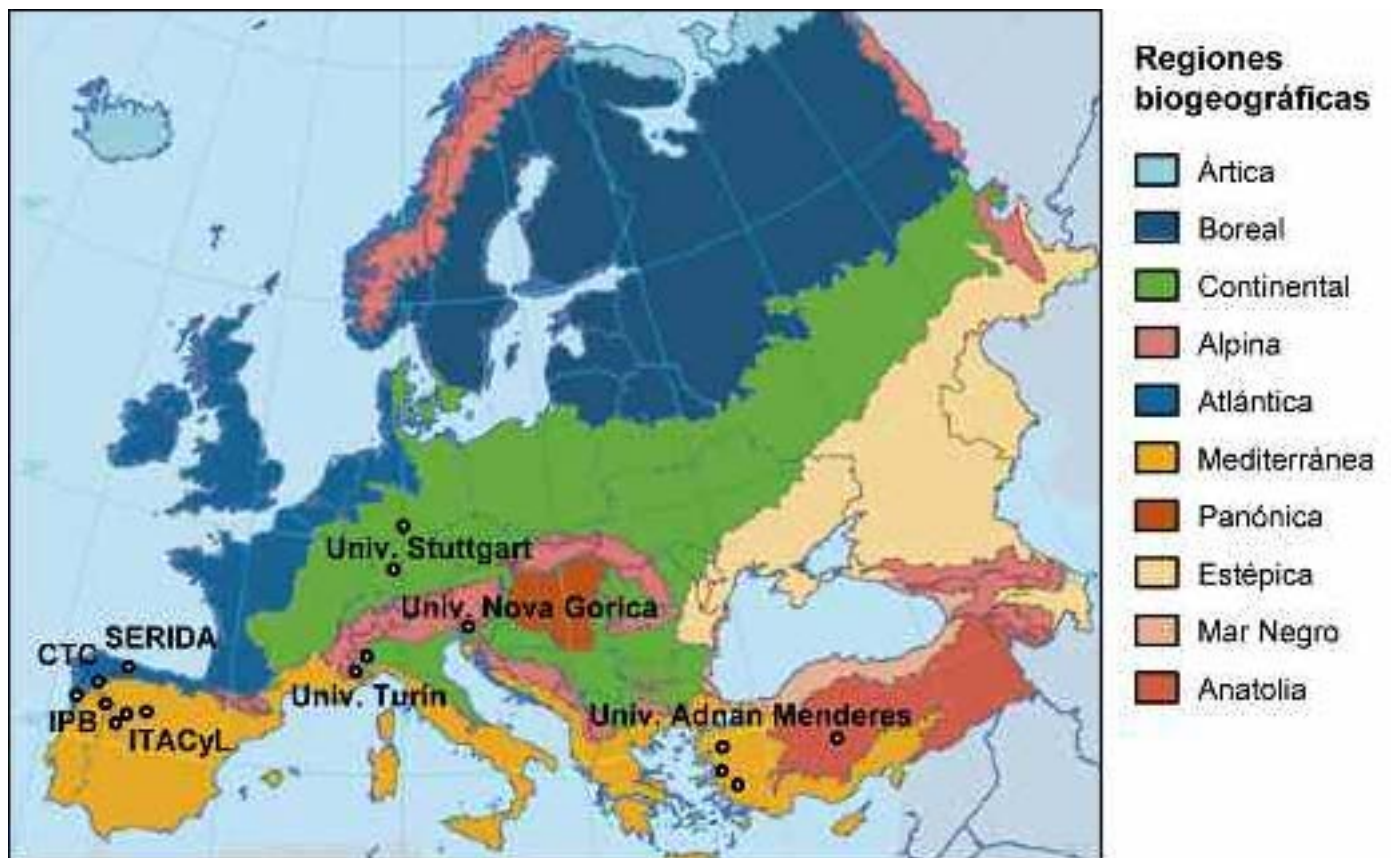
Hoy día los consumidores demandan productos de mayor calidad y seguridad alimentaria, asociados a sistemas de producción que respetan el bienestar animal y la protección del medio ambiente, cuestiones prioritarias en la nueva agenda de la Política Agrícola Común (MAPA, 2021).

Dos aspectos clave para impulsar la recuperación del sector ovino de una forma sostenible son la mejora de la calidad

de la carne de cordero de razas locales y la reactivación de su consumo. Las razas locales poseen un patrimonio genético único (a conservar frente al futuro incierto) y pueden generar productos con alto valor añadido debido a su calidad y singularidad. Por otra parte, la producción de carne de ovino tiene que atender a los variados perfiles de los consumidores actuales, sus expectativas y necesidades, y buscar estrategias de comunicación y certificación que recuperen su interés por esta carne frente a otros productos cárnicos que no son necesariamente más sostenibles ni saludables. El objetivo final ha de estar encaminado a mejorar la rentabilidad de las explotaciones y apoyar las producciones locales sostenibles, así como la preservación de las razas en peligro de extinción.

### El consorcio EcoLamb

Para dar respuesta a las vulnerabilidades del sector ovino cárnico en la UE, se ha constituido un consorcio transnacional



llamado EcoLamb, que acometió el proyecto "Producción holística para reducir la huella ecológica de la carne de cordero" entre 2017 y 2020. Este proyecto se financió por la Red del Espacio Europeo de Investigación sobre la Producción Animal Sostenible (ERA-Net SusAn) y contó con la participación de ocho centros de investigación de seis países: Italia (Universidad de Turín), Turquía (Universidad Adnan Menderes), Alemania (Universidad de Stuttgart), Portugal (Centro de Investigação de Montanha-Instituto Politécnico de Bragança-IPB), Eslovenia (Universidad de Nova Gorica) y España (Centro Tecnológico da Carne-CTC de Galicia e Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León-ITACyL, junto con el SERIDA).

El objetivo general del proyecto fue valorar la sostenibilidad de diversos sistemas productivos europeos de carne de cordero de baja huella ecológica (con un uso eficiente de los recursos, competitivos y con bajas emisiones de carbono) para identificar las barreras ecológicas y sociales que impiden una mayor competitividad del sector. Para ello se estudiaron aspectos productivos y de calidad, de seguridad alimentaria y de bienestar animal, así como de biodiversidad, en distintas fincas y explotaciones ovinas de los seis países, abarcando regiones con clima atlántico (España y Portugal), mediterráneo (España, Portugal y Turquía), continental (Alemania, Italia y Turquía) y alpino (Italia y Eslovenia; Figura 1).

Los sistemas productivos estudiados variaron desde los más extensivos, basados sobre todo en el aprovechamiento en pastoreo de recursos naturales (por ejemplo, pastos de montaña en las zonas

alpinas), a más intensivos (más dependientes de insumos externos para la alimentación y cebo de los corderos). Las razas de ovino empleadas fueron locales, así como varias razas comerciales asociadas a sistemas semi-extensivos e intensivos (Tabla 1).

## El proyecto EcoLamb en Asturias

En Asturias hay extensas superficies de pumaradas para abastecer la producción de manzana de sidra. Dichos cultivos frutícolas necesitan una limpieza regular del pasto herbáceo que crece entre los manzanos, lo que conlleva elevados costes mecánicos y de mano de obra. El aprovechamiento del pasto herbáceo por ovino permitiría reducir los costes de mantenimiento, a la vez que incrementaría y diversificaría la producción. Sin embargo, las ovejas pueden dañar los manzanos al mordisquear la corteza del tronco, provocando efectos negativos sobre su desarrollo y producción. Hasta el momento se desconoce si este comportamiento obedece a una respuesta animal para contrarrestar alguna deficiencia mineral o infestación parasitaria. Tratando de responder a estas interrogantes, en la estación experimental del SERIDA ubicada en La Mata (Grado) se estudió la cría de corderos de raza Gallega en sistema ecológico (sin utilizar fertilizantes químicos de síntesis), comparando prados típicos frente a prados con manzanos y distintos tipos de suplementación: minerales, brezos o ninguna (control). La disponibilidad de pienso mineral o de plantas de brezo (por su potencial efecto antiparasitario debido a los taninos que contienen) podría contribuir a un mejor

→

**Tabla 1.**-Razas ovinas estudiadas en cada uno de los países participantes en el proyecto EcoLamb.

País	Razas
España	Gallega, Castellana, INRA 401 (cruce de Romanov x Berrichon du Cher)
Portugal	Churra-Galega-Bragançana, Bordaleira Entre Douro e Minho
Italia	Sambucana, Biellese
Alemania	Texel-Merino-Blackhead-Charollais
Eslovenia	Jezersko-Solčava
Turquía	Kivircik, Karya, Akkaraman



estado nutricional o sanitario de las ovejas en cada caso, mejorando los rendimientos animales y a la vez minimizando los daños en los manzanos.

Los resultados indicaron un rendimiento mayor y un nivel menor de parasitosis en las ovejas que pastaban en parcelas con manzanos, sobre todo tras el destete de los corderos a principios del verano, lo que se atribuye a la mayor cantidad de hierba verde disponible bajo el dosel arbóreo, además de un menor estrés térmico frente a los golpes de calor debido a la protección y sombra que brinda el arbolado. Sin embargo, ninguno de los dos tipos de suplementación llegó a mejorar de manera significativa las variaciones de peso y condición de las ovejas respecto al control. Tampoco se pudo constatar un menor grado de daños en los manzanos debido a la presencia de minerales o brezos en las parcelas. Las ganancias de los corderos y la calidad de la carne no se vieron afectadas ni por la suplementación ni por la presencia de manzanos, llegando al destete con un peso medio de 25 kg a los cinco meses de edad aproximada.

La calidad de la carne de los corderos criados en el SERIDA y el deterioro microbiano de la misma resultaron intermedios con respecto a la carne de otras razas europeas investigadas en el proyecto, asemejándose en general a la de los corderos procedentes de los sistemas más extensivos (Gonzales-Barron *et al.*, 2021a, 2021b). La carne de raza Gallega producida en la finca del SERIDA presentó altas concentraciones de ácidos grasos poliinsaturados del tipo omega 3 (n-3) y de tocoferol (vitamina E), además de una relación favorable entre las grasas n-6/n-3 (Cadavez *et al.*, 2020).

Por otra parte, los estudios sobre flora y fauna efectuados en el conjunto de las fincas del proyecto indican la presencia de una gran variedad de comunidades animales y vegetales asociadas a los sistemas más extensivos. La biodiversidad de la fauna de artrópodos (básicamente insectos y arañas) se ve favorecida por la mayor heterogeneidad ambiental de los pastos, y se constata la gran importancia de ciertos grupos de insectos

como los polinizadores de los manzanos y otras plantas con flor (Rosa García *et al.*, 2021).

Los resultados apoyan el manejo del ganado ovino en las pumaradas como una opción para producir carne de calidad junto con manzana de sidra de forma sostenible. Además de diversificar la producción, se ahorra en costes de fertilización, combustible y maquinaria para el mantenimiento de las pumaradas, aunque se deben evitar los daños que las ovejas pueden causar en los manzanos. Además de contribuir a la rentabilidad de las explotaciones, estos sistemas pueden ser beneficiosos para la sociedad en general al proveer servicios de regulación asociados a la biodiversidad presente en las pumaradas (incluida aquella involucrada en la polinización) o el secuestro de carbono de los prados más diversos, así como de abastecimiento a través de la producción de alimentos sanos y singulares.

El folleto informativo elaborado por el consorcio (disponible en inglés en:

<https://era-susan.eu/sites/default/files/1.%20EcoLamb%20.pdf>) da muestra de las actuaciones llevadas a cabo y los principales resultados obtenidos en el proyecto EcoLamb. En próximos números de la revista Tecnología Agroalimentaria se irán exponiendo con más detalle los resultados del proyecto en Asturias. Más información sobre el consorcio y el proyecto EcoLamb disponible en la página web del mismo (<http://www.ecolamb.eu/esp/>).

## Agradecimientos

El proyecto EcoLamb fue financiado por la Red del Espacio Europeo de Investigación sobre la Producción Animal Sostenible (ERA-Net SusAn), PCIN-2017-111, a través del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER), gestionado por la Agencia Estatal de Investigación. Los autores forman parte del grupo de investigación NySA (Nutrición y Sanidad Animal) del SERIDA, financiado por el Gobierno del Principado de Asturias (Consejería de Ciencia, Innovación y Universidad, Fundación para el Fomento en Asturias de la Investigación Científica Aplicada y la Tecnología-FICYT), PCTI 2021-2023 (GRUPIN: IDI2021-000102), y FEDER.





## Referencias bibliográficas

- BELANCHE, A.; MARTÍN-COLLADO, D.; ROSE, G.; YÁÑEZ-RUIZ, D. R. (2021). A multi-stakeholder participatory study identifies the priorities for the sustainability of the small ruminants farming sector in Europe. *Animal*, 15: 100131. doi: [10.1016/j.animal.2020.100131](https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100131)
- CADAVEZ, V. A. P.; POPOVA, T.; BERMÚDEZ, R.; OSORO, K.; PURRIÑOS, L.; BODAS, R.; LORENZO, J. M.; GONZALES-BARRON, U. (2020). Compositional attributes and fatty acid profile of lamb meat from Iberian local breeds. *Small Ruminant Research*, 193: 106244. doi: [10.1016/j.smallrumres.2020.106244](https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2020.106244)
- GONZALES-BARRON, U.; COELHO-FERNANDES, S.; SANTOS-RODRIGUES, G.; CHROUPINA, A.; BERMÚDEZ PIEDRA, R.; OSORO, K.; CELAYA, R.; GARCÍA, R. R.; PERIC, T.; DEL BIANCO, S.; PIASENTIER, E.; CHIESA, F.; BRUGIAPAGLIA, A.; BATTAGLINI, L.; BARATTA, M.; BODAS, R.; LORENZO, J. M.; CADAVEZ, V. A. P. (2021a). Microbial deterioration of lamb meat from European local breeds as affected by its intrinsic properties. *Small Ruminant Research*, 195: 106298. doi: [10.1016/j.smallrumres.2020.106298](https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2020.106298)
- GONZALES-BARRON, U.; SANTOS-RODRIGUES, G.; BERMÚDEZ PIEDRA, R.; COELHO-FERNANDES, S.; OSORO, K.; CELAYA, R.; SERRÃO MAURÍCIO, R.; PIRES, J.; TOLSDORF, A.; GESS, A.; CHIESA, F.; PATEIRO, M.; BRUGIAPAGLIA, A.; BODAS, R.; BARATTA, M.; LORENZO, J. M.; CADAVEZ, V. A. P. (2021b). Quality attributes of lamb meat from European breeds: effects of intrinsic properties and storage. *Small Ruminant Research*, 198: 106354. doi: [10.1016/j.smallrumres.2021.106354](https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2021.106354)
- GONZÁLEZ DÍAZ, J. A.; CELAYA, R.; FRASER, M. D.; OSORO, K.; FERREIRA, L. M. M.; FERNÁNDEZ GARCÍA, F.; GONZÁLEZ DÍAZ, B.; ROSA GARCÍA, R. (2018). Agroforestry systems in northern Spain: the role of land management and socio-economy in the dynamics of landscapes. En: *Agroforestry. Anecdotal to modern science* (eds. Dagar, J.,C.; Tewari, V. P.), pp. 189-215. Springer Nature, Singapur. ISBN 978-981-10-7649-7. doi: [10.1007/978-981-10-7650-3\\_7](https://doi.org/10.1007/978-981-10-7650-3_7)
- MAPA - MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA y ALIMENTACIÓN. (2021). Plan Estratégico de España para la PAC post 2020. <https://www.mapa.gob.es/es/pac/post-2020/default.aspx>
- ROSA GARCÍA, R.; PERIC, T.; CADAVEZ, V.; GESS, A.; LIMA CERQUEIRA, J. O.; GONZALES-BARRÓN, U.; BARATTA, M. (2021). Arthropod biodiversity associated to European sheep production systems. *Small Ruminant Research*, 205: 106536. doi: [10.1016/j.smallrumres.2021.106536](https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2021.106536) ■



# Nuevos biomarcadores para la detección temprana de defectos de calidad en la carne de vacuno

LAURA GONZÁLEZ BLANCO. Área de Sistemas de Producción Animal. [lgblanco@serida.org](mailto:lgblanco@serida.org)  
 VERÓNICA SIERRA SÁNCHEZ. Área de Sistemas de Producción Animal. [veroniss@serida.org](mailto:veroniss@serida.org)  
 YOLANDA DIÑEIRO GARCÍA. Área de Sistemas de Producción Animal. [ydineiro@serida.org](mailto:ydineiro@serida.org)  
 PEPA GARCÍA ESPINA. Área de Sistemas de Producción Animal. [mjgarcia@serida.org](mailto:mjgarcia@serida.org)  
 MAMEN OLIVÁN GARCÍA. Área de Sistemas de Producción Animal. [mcolivan@serida.org](mailto:mcolivan@serida.org)



## Introducción

El sector cárnico ocupa el primer lugar de la industria española de alimentos y bebidas, representando una cifra de negocio de 26.882 millones de euros que constituye el 22,6% de todo el sector alimentario español y supone aproximadamente el 2,24% del PIB nacional (según datos de la Asociación Nacional de Industrias de la Carne de España (ANICE)).

La calidad de la carne es un concepto multifactorial que depende de factores intrínsecos al animal como la raza, la genética, el sexo, la edad o el tipo de músculo, pero también extrínsecos como las con-

diciones de alimentación y cría, el transporte y manejo de los animales antes y durante el sacrificio, así como el manejo *post-mortem* de las canales y la carne (Adzitey y Nurul, 2011; Ponnampalam y cols., 2017). Gran parte de los defectos de calidad están relacionados con situaciones de manejo que producen estrés animal antes y/o durante el sacrificio, que afectarán en mayor o menor grado, dependiendo de la susceptibilidad individual de los animales, a los procesos fisiológicos y al metabolismo muscular, alterando el proceso de conversión del músculo en carne, lo que conllevará efectos negativos sobre la calidad final de la carne. Por otro lado, en las últimas déca-



das las estrategias de producción animal se han dirigido hacia la obtención de animales de crecimiento rápido y alta producción cárnica, lo que generalmente va acompañado de menores reservas de glucógeno (almacén natural de carbohidratos) en el músculo, aspecto éste que también resulta perjudicial para la calidad final del producto.

Los problemas de calidad de la carne que mayor rechazo generan en los consumidores, son defectos que afectan al color o a la capacidad de retención de agua y que producen un impacto negativo en la intención de compra. Uno de los defectos visibles más comunes en la carne de bovino son los cortes oscuros o carnes DFD (del inglés Dark, Firm and Dry, es decir, oscura, dura y seca). La aparición de carnes DFD se asocia con situaciones de estrés animal, o a una actividad muscular excesiva en momentos previos al sacrificio, lo que conlleva un agotamiento temprano de las reservas de glucógeno, debido al esfuerzo que realizan las células musculares para responder a estas situaciones consumiendo grandes cantidades de glucosa y oxígeno. Este agotamiento hace que la glicolisis anaerobia (ruta celular que ocurre en el tejido muscular, tras el sacrificio del animal, para conseguir energía cuando se corta el aporte de oxígeno y nutrientes a la célula) se ve interrumpida de forma temprana, con lo que se reduce la acumulación de ácido láctico (producto de la glicolisis anaerobia) y se produce un descenso anómalo del pH *post-mortem*, que se mantiene en valores superiores a 6 a las 24h del sacrificio, mientras que en condiciones normales alcanza valores en torno a 5.4-5.6 (Ponnanpalam y cols., 2017). Todos estos sucesos influyen de forma negativa en el proceso de conversión del músculo en carne, dando lugar a carnes oscuras, secas, de textura anómala y más susceptibles al deterioro microbiano (es decir, las carnes DFD) lo que reduce considerablemente su vida útil.

De forma general se estima que, a nivel mundial, hasta un 10% de las carnes de vacuno presentan este tipo de defectos de calidad (DFD), que en casos leves devalúan el precio de las canales entre un 30 y un 60% pero que en casos severos

producen el rechazo total del producto, lo que supone un importante problema económico para el sector, además de un grave problema de desperdicio alimentario.

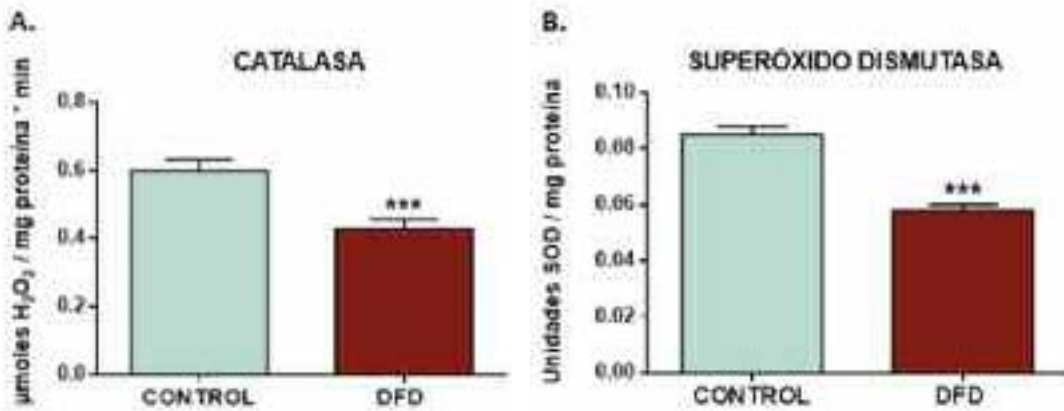
Por ese motivo se está desarrollando en el SERIDA el proyecto SMARTBEEF, financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España, cuyo objetivo principal es abordar el estudio de los procesos biológicos que causan la aparición de carnes DFD con el fin de identificar nuevos biomarcadores y herramientas analíticas que puedan ser utilizadas en la industria cárnica para una detección temprana de la calidad de la carne. En este trabajo mostramos los resultados obtenidos del estudio de moléculas relacionadas con el metabolismo celular, que pueden ser medidas en el tejido muscular en las primeras horas tras el sacrificio del animal y que podrían utilizarse como biomarcadores para la detección temprana de defectos de calidad.

### **Biomarcadores relacionados con los procesos de estrés oxidativo**

Tras el sacrificio del animal, las fibras musculares se ven sometidas a una situación de isquemia (carencia de oxígeno y nutrientes) que eleva los niveles de estrés oxidativo celular y conduce a la acumulación de especies reactivas de oxígeno (EROs), que alteran el equilibrio redox y pueden causar daños oxidativos celulares (Bekhit y cols., 2013). Se ha demostrado que cuanto mayor es el nivel de estrés al que se ve sometido un animal, mayor producción de EROs y mayor daño oxidativo se producirá en sus tejidos (Li y cols., 2011). Ante esta situación, las células están dotadas de varios sistemas de defensa, como los enzimas antioxidantes, que funcionan como mecanismos de prevención del daño celular inducido por las EROs (Delles y cols., 2014).

Teniendo esto en cuenta, se planteó la hipótesis de que el análisis de la actividad de los sistemas de defensa antioxidante celular permitiría identificar interesantes biomarcadores de estrés. Por ese motivo, se analizó la actividad de los enzimas antioxidantes catalasa (CAT) y superóxido





←  
**Figura 1.-**Actividad de las enzimas antioxidantes: (A) Catalasa y (B) Superóxido Dismutasa en carne Control (azul) y carne DFD (rojo). \*\*\*: P < 0,001.

dismutasa (SOD) en carnes DFD y en carnes de calidad normal (CONTROL) de terneros añejos culones.

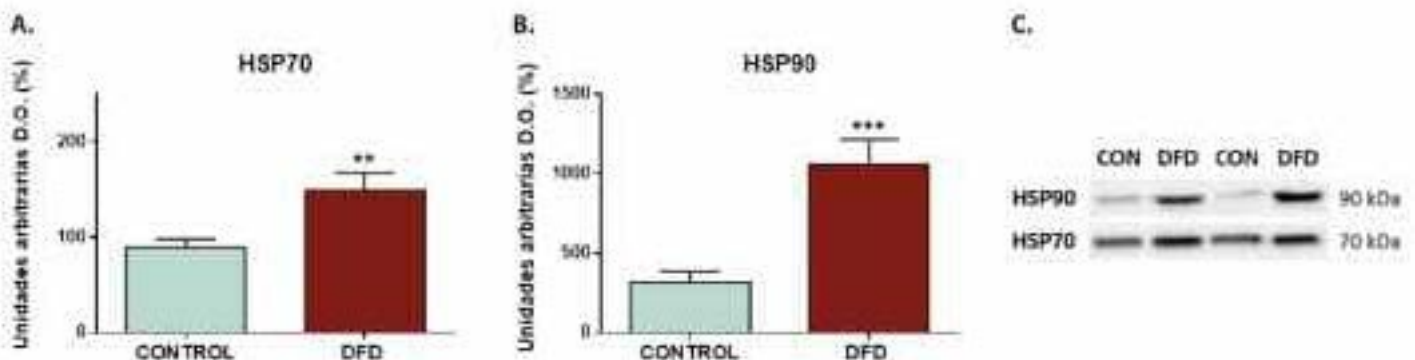
Los resultados se muestran en la Figura 1 y muestran una actividad significativamente menor (P < 0,001) de los enzimas antioxidantes CAT y SOD en las carnes DFD, lo que indica una menor defensa antioxidante, probablemente debido a la activación más temprana e intensa del metabolismo celular *post-mortem* en respuesta al estrés previo al sacrificio, lo que resulta en un agotamiento de los sistemas de defensa antioxidante naturales. Esto producirá en el tejido muscular DFD mayor susceptibilidad a sufrir reacciones oxidativas, y por tanto un aumento de las EROs y del daño oxidativo, lo que produce los defectos de calidad observados.

Otro biomarcador celular de posible aplicación para la detección de las carnes DFD son las proteínas de choque térmico (*Heat Shock Proteins*, HSPs), en concreto la HSP70 y la HSP90, por su importante papel en la protección de las células y los organismos frente al daño oxidativo

(Zhang y cols., 2021). Diferentes estudios proteómicos, han demostrado que las HSPs tienen una expresión diferencial en función de la raza, el sistema de producción y los rasgos de calidad de la carne (Xing y cols., 2015; Sierra y cols., 2021). Además, los niveles de HSPs en el músculo *post-mortem* temprano se han relacionado con los procesos de muerte celular, que influyen en el proceso de conversión del músculo en carne (Fuente-García y cols., 2019). Esto ha sido demostrado por varios autores (Zhang y cols., 2021; Ouali y cols., 2013), que descubrieron que la síntesis de HSP70 y HSP90 en condiciones de estrés desempeña un papel protector en el mantenimiento de la homeostasis (equilibrio metabólico) y la integridad estructural de las células musculares contra los daños, ralentizando la apoptosis y la tasa de degradación de las proteínas miofibrilares del músculo, lo que afecta a la velocidad de ablandamiento o tenderización de la carne, y por lo tanto a su textura.

Los resultados de la actividad de las HSPs en nuestro estudio (Figura 2) han

↓  
**Figura 2.-**Resultados de Western-blot de las proteínas de choque térmico (HSPs). Diagramas de barras de la semicuantificación (media ± error estándar) de A) HSP70 y B) HSP90 en carne Control (CON, azul) y DFD (rojo), expresada como unidades de densidad óptica (O.D.) y normalizadas frente a la proteína total con Ponceau. \*\*: P < 0,01; \*\*\*: P < 0,001.



mostrado niveles significativamente superiores de expresión de la HSP70 ( $P < 0,01$ ) y la HSP90 ( $P < 0,001$ ) en la carne DFD que en la carne de calidad normal (CONTROL). Esto parece indicar que el estrés previo al sacrificio, en los animales que producen la carne DFD, promueve la sobreexpresión de las HSPs en un intento de restaurar la homeostasis celular. Esta sobreexpresión de las HSPs en el músculo de las canales DFD podría influir en el proceso normal de conversión del músculo en carne, con un retraso de la señalización apoptótica (muerte celular), alterando el proceso normal de proteólisis (rotura de proteínas) en las células musculares, con efectos negativos en la calidad final de la carne.

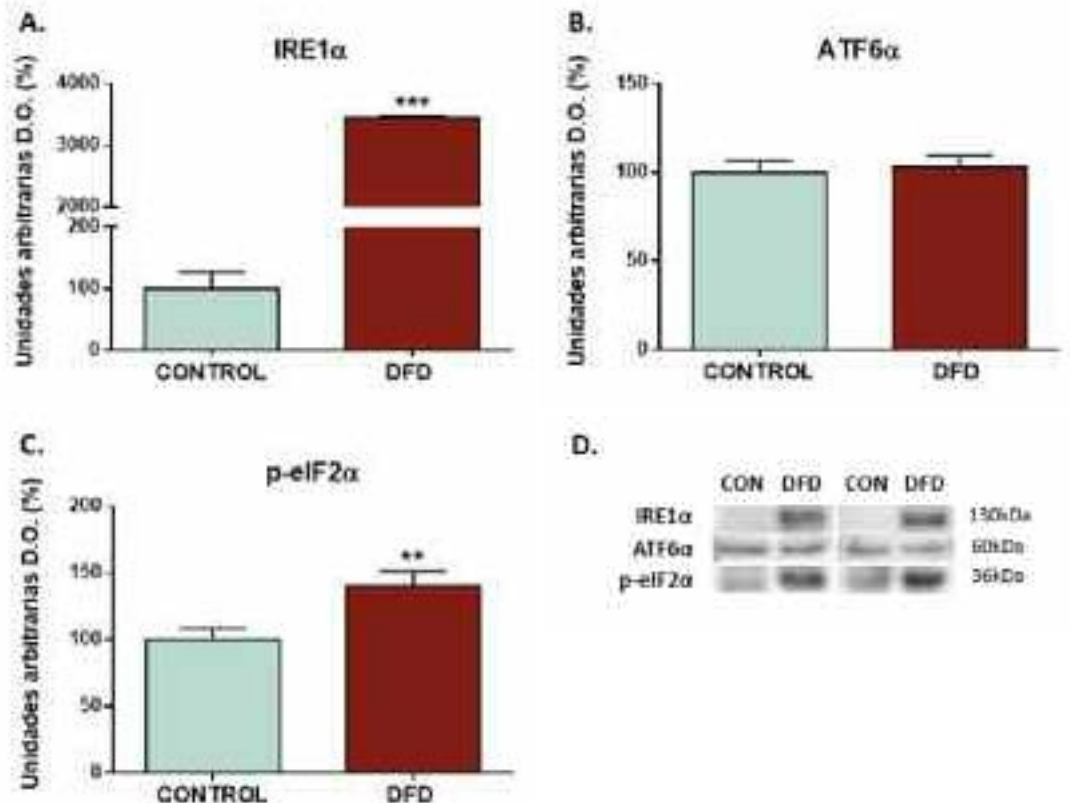
### El retículo endoplásmico celular: un orgánulo clave en situaciones de estrés

En situaciones en que el daño oxidativo es alto, el estrés oxidativo altera la función normal de los orgánulos celulares. Entre éstos, el retículo endoplásmico (RE), es considerado uno de los más importantes en la regulación de la respuesta celu-

lar al estrés (Wang y Kaufman, 2016), ya que es el principal orgánulo celular implicado en la síntesis y el plegado de proteínas, así como en el almacenamiento de calcio intracelular, todo ello muy relacionado con el metabolismo celular involucrado en el proceso de conversión del músculo en carne.

Este estudio es el primero a nivel mundial que propone analizar el papel del RE en el proceso de conversión del músculo en carne. El estrés del RE se produce cuando el desequilibrio redox celular conduce a la acumulación de proteínas desplegadas o mal plegadas, que afectan a la función fisiológica normal del RE. Esta situación activa una cascada de señalización intracelular denominada Respuesta a Proteínas Desplegadas (*Unfolded Protein Response*, UPR) cuya función es restaurar el funcionamiento normal de la célula, deteniendo la traducción de proteínas y activando las vías de señalización que permitan incrementar la producción de chaperonas moleculares involucradas en el plegamiento de las proteínas. Si la célula no consigue restaurar la homeostasis y lograr la supervivencia celular, la UPR se dirige hacia proce-

→ **Figura 3.**-Resultados de Western-blot de las vías de señalización de la UPR. Diagramas de barras de la semicuantificación (media  $\pm$  error estándar) de A) IRE1 $\alpha$ , (B) ATF6 $\alpha$  y (C) p-eIF2 $\alpha$  en carne control CONTROL (CON, barra azul. y DFD, barra roja), expresada como unidades de densidad óptica (O.D.) y normalizadas frente a la proteína total con Ponceau. \*,  $P < 0,05$ ; \*\*\*,  $P < 0,001$ .



sos de muerte celular programada como la apoptosis, (tipo de muerte celular que elimina de forma selectiva las células dañadas) (Uguz y cols., 2009), los cuales tal y como se ha demostrado previamente, influyen en la calidad final de la carne (García-Macía y cols., 2014; Fuente-García y cols., 2019; Díaz y cols., 2020).

En nuestro estudio se han analizado tres proteínas transmembrana que pueden promover la UPR a través de cascadas de acción independientes: ATF6 $\alpha$  (en inglés *Activating Transcription Factor 6 $\alpha$* ), IRE1 $\alpha$  (en inglés *Inositol-Requiring Enzyme 1 $\alpha$* ) y PERK/eIF2 $\alpha$  (en inglés *RNA-dependent protein kinase-like ER/eukaryotic translation initiation factor 2 $\alpha$* ). Los resultados obtenidos muestran que en las carnes DFD la respuesta del RE al estrés fue más intensa, mostrando mayor expresión de IRE1 $\alpha$  ( $P < 0,001$ ) y p-eIF2 $\alpha$  ( $P < 0,01$ ) que las carnes CONTROL, mientras que para ATF6 $\alpha$ , no se encontraron diferencias significativas. La mayor expresión de IRE1 $\alpha$  (implicada en la degradación de proteínas mal plegadas) y p-eIF2 $\alpha$  (implicada en la detención de la síntesis proteica), parecen reacciones orientadas a aliviar el estrés del RE.

Este aumento de la activación de la UPR observado a las 24h *post-mortem* en las carnes DFD indica mayores niveles de estrés en el RE de estos animales. Incrementos en la UPR han sido asociados previamente con mayor intensidad de un tipo de muerte celular conocido como autofagia (Yorimitsu y cols., 2007), proce-

so que es más intenso en las carnes DFD (Díaz-Luis y cols., 2021). Estos mecanismos celulares diseñados para mantener la homeostasis celular a pesar del daño oxidativo (incremento de autofagia como tipo de muerte celular orientado al reciclaje y sustitución de orgánulos dañados) que son inducidos por el estrés previo al sacrificio, parecen retardar el inicio de la apoptosis, lo que conduciría a un proceso de tenderización anómalo y por tanto a la aparición de los defectos de calidad en la carne.

### Conclusiones

La carne con defectos de calidad DFD muestra importantes diferencias respecto a la carne de calidad normal en distintos biomarcadores de los procesos celulares de respuesta al estrés oxidativo. Este estudio nos ha permitido demostrar que la carne DFD muestra a las 24 horas *post-mortem* una menor capacidad antioxidante, una mayor expresión de proteínas de estrés (HSPs) y una mayor activación de proteínas de la UPR (respuesta al estrés oxidativo del retículo endoplasmático), lo que en conjunto indica un aumento de la respuesta celular al estrés oxidativo y un retraso del proceso *post-mortem* normal de muerte celular, conocido como apoptosis, lo que conduce a un proceso anormal de conversión del músculo en carne que da lugar a una carne defectuosa. Estos resultados parecen indicar que una monitorización de la presencia y de la evolución de los principales



←  
**Figura 4.**-Diagrama de flujo de trabajo para la búsqueda de biomarcadores de calidad de la carne.



biomarcadores de estrés oxidativo (actividad de las enzimas Superóxido Dismutasa "SOD" y Catalasa "CAT" y de proteínas de estrés HSPs) y de la respuesta al estrés del RE (IRE1 $\alpha$ , ATF6 $\alpha$  y p-eIF2 $\alpha$ ) puede servir para detectar situaciones de estrés animal, así como para predecir la calidad final de la carne.

### Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (MCIU) (España), Agencia Estatal de Investigación (España) y fondos FEDER, bajo el código de proyecto RTI2018-096162-RC21. Laura González Blanco agradece la financiación de su contrato PRE2019-091053. Agradecemos al personal del Área de Sistemas de Producción Animal del SERIDA, Matadero Central de Asturias S. L., Matadero de Gijón, Alimerka S. L., ASINCAR y al personal de ASEAVA su inestimable colaboración.

### Referencias bibliográficas

- ADZITEY, F.; NURUL H. Pale soft exudative (PSE) and dark firm dry (DFD) meats: Causes and measures to reduce these incidences-A mini review. *Int. Food Res. J.* **2011**, *18*, 11-20.
- BEKHIT, A.E.A.; HOPKINS, D.L.; FAHRI, F.T., y cols. Oxidative Processes in muscle systems and fresh meat: sources, markers, and remedies. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* **2013**, *12*, 565-597.
- DELLES, R.M.; XIONG, Y.L., TRUE, A.D., y cols. Dietary antioxidant supplementation enhances lipid and protein oxidative stability of chicken broiler meat through promotion of antioxidant enzyme activity. *Poult Sci.* **2014**, *93*, 1561-1570.
- DÍAZ, F., DÍAZ-LUIS, A., SIERRA, V., y cols. What functional proteomic and biochemical analysis tell us about animal stress in beef? *J. Proteomics* **2020**, *218*, 103722.
- DÍAZ-LUIS, A.; DÍAZ, F.; DIÑEIRO, Y., y cols. Nuevos indicadores de carnes (DFD): Estrés oxidativo, autofagia y apoptosis. *ITEA*, **2021**, *17*, 3-18.
- FUENTE-GARCÍA, C.; ALDAI, N.; SENTANDREU, E., y cols. Search for proteomic biomarkers related to bovine pre-slaughter stress using liquid isoelectric focusing (OFFGEL) and mass spectrometry. *J Prot.* **2019**, *198*, 59-65.
- GARCÍA-MACÍA, M.; SIERRA, V.; PALANCA, A., y cols. Autophagy during beef aging. *Autophagy* **2014**, *10*, 137-143.
- LI Q.; ZHANG, M.; CHEN, Y.J., y cols. Oxidative damage and HSP70 expression in masseter muscle induced by psychological stress in rats. *Physiol Behav.* **2011**, *104*, 365-372.
- OUALI, A.; GAGAOUA, M.; BOUIDIDA, Y., y cols. Biomarkers of meat tenderness: Present knowledge and perspectives in regards to our current understanding of the mechanisms involved. *Meat Sci.* **2013**, *95*, 854-870.
- PONNAMPALAM, E.N.; HOPKINS, D.L.; BRUCE, H., y cols. Causes and contributing factors to "dark cutting" meat: current trends and future directions: a review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* **2017**, *16*, 400-430.
- SIERRA, V.; GONZÁLEZ-BLANCO, L.; DIÑEIRO, Y., y cols. New Insights on the Impact of Cattle Handling on Post-Mortem Myofibrillar Muscle Proteome and Meat Tenderization. *Foods* **2021**, *10*, 3115.
- UGUZ, A.C.; NAZIROGLU, M.; ESPINO, J., y cols. Selenium Modulates Oxidative Stress-Induced Cell Apoptosis in Human Myeloid HL-60 Cells Through Regulation of Calcium Release and Caspase-3 and -9 Activities. *J Membrane Biol.* **2009**, *232*, 15-23.
- WANG, M.; KAUFMAN, R.J. Protein misfolding in the endoplasmic reticulum as a conduit to human disease. *Nature* **2016**, *529*, 326-335.
- XING, T.; XU, X.L.; ZHOU, G.H., y cols. The effect of transportation of broilers during summer on the expression of heat shock protein 70, postmortem metabolism and meat quality. *J Anim Sci.* **2015**, *93*, 62-70.
- YORIMITSU, T.; KLIONSKY, D.J. Endoplasmic reticulum stress: a new pathway to induce autophagy. *Autophagy* **2007**, *3*, 160-162.
- ZHANG, M.; WANG, D.; XU, X., y cols. Evaluation of antioxidant property of heat shock protein 90 from duck muscle. *Anim Biosci.* **2021**, *34*, 724-733. ■

# Rendimientos e infecciones parasitarias de las cabras pastando en praderas de monte o en matorrales tras el destete

RAFAEL CELAYA AGUIRRE. Área de Sistemas de Producción Animal. rcelaya@serida.org  
URCESINO GARCÍA PRIETO. Área de Sistemas de Producción Animal. urcesino@serida.org



## Introducción

El manejo del ganado caprino de carne en los montes obedece a factores como la vegetación existente en la superficie disponible y el ciclo productivo. Por lo general, la época de paridera se produce hacia finales de invierno, iniciándose el pastoreo en primavera con las cabras lactantes criando sus cabritos hasta el momento del destete, que se puede producir al inicio del verano. Tras el destete, las cabras continúan pastando hasta bien entrado el otoño, dependiendo de las condiciones climáticas y del pasto. Este pastoreo post-destete es muy importante en

el ciclo productivo ya que al inicio de otoño se incorporan los machos para la época de cubrición de las hembras reproductoras y estas puedan quedar gestantes para el siguiente año (García Prieto *et al.*, 2013). Tras el destete, las necesidades energéticas de las cabras se reducen al parar la producción de leche, pero la disponibilidad de pasto apetecible y la calidad nutritiva de los pastos disponibles (tanto herbáceos como leñosos) también se reducen, con lo que la condición corporal (estado de carnes) de las hembras a cubrir puede verse comprometida y por debajo de lo deseable para conseguir una alta tasa de reproducción.

↑  
**Foto.**-Cabras pastando en pradera (izda.), brezal (centro) y tojal (dcha.) tras el destete.

Es bien conocido que los rendimientos animales en pastoreo dependen en gran medida del tipo de vegetación disponible, ya que la composición botánica (referida sobre todo a las especies dominantes en la cubierta vegetal) determina el valor nutritivo del pasto (contenido en proteína, digestibilidad, aceptabilidad, etc.) y la ingestión de nutrientes por los animales. No obstante, los efectos de la composición botánica del pasto sobre los rendimientos del ganado, además de por la vía nutricional, también se pueden dar por la vía del estado sanitario debido a la presencia de diversos componentes secundarios (metabolitos) en las distintas especies vegetales presentes. Estos componentes pueden ser muy perjudiciales o incluso letales debido a su toxicidad, como en el caso de algunos compuestos cianogénicos y alcaloides. Otros pueden ser beneficiosos, como en el caso de los taninos presentes en los brezos (matas de la familia de las ericáceas), cuya ingestión a concentraciones no demasiado elevadas reduce las infestaciones por parásitos gastrointestinales (efecto antihelmíntico contra gusanos nematodos) en el ganado caprino (Celaya *et al.*, 2016).

En este trabajo presentamos los resultados de un experimento de tres años en la finca de monte El Carbayal (Illano) para conocer el desempeño y el nivel de parasitosis de las cabras pastando en tres tipos de vegetación, praderas, brezales y tojales, tras el destete de sus crías. Se trató de ver si la baja calidad nutritiva de ciertos matorrales podría compensarse con un mejor estado sanitario de los animales para llegar a la época de cubrición con una adecuada condición corporal y

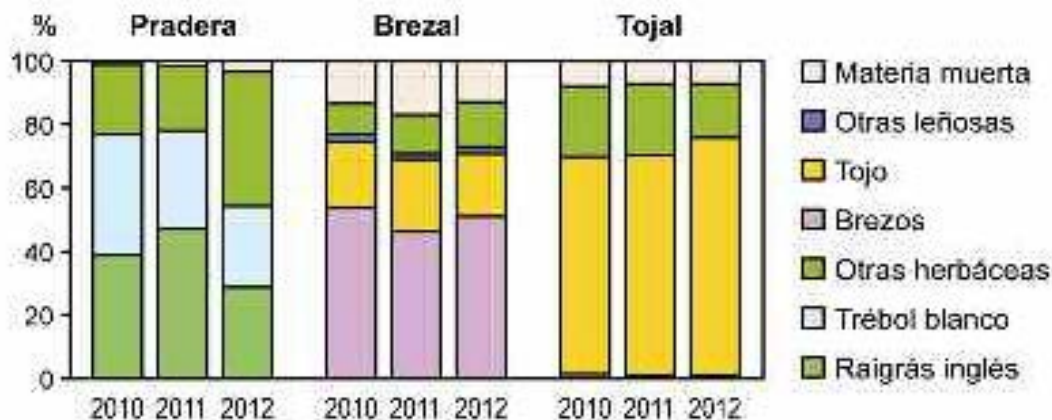
asegurar la progenie para el siguiente ciclo productivo.

### Pastos estudiados y manejo de los animales

Se estudiaron tres comunidades vegetales típicas de la media montaña cántabra: praderas (pastos mejorados con siembra de raigrás inglés-*Lolium perenne* y trébol blanco-*Trifolium repens*), brezales (matorrales dominados por brezos como *Erica* y *Calluna*), y tojales (matorrales dominados por el tojo *Ulex gallii*). En la Figura 1 se puede ver la distinta composición botánica de cada tipo de pasto. Aunque el conjunto de especies presentes es muy similar entre los brezales y tojales (especies acidófilas adaptadas a suelos pobres), las proporciones entre los distintos grupos vegetales es muy diferente en cada tipo de matorral. Tal como hemos observado previamente en la misma finca experimental, los tojales generalmente evolucionan a partir de brezales sometidos a fuertes perturbaciones como quemas o desbroces (Osoro *et al.*, 2008; García Prieto *et al.*, 2009).

Se cercaron cuatro parcelas de cada tipo de vegetación con una superficie de 0,5 ha en el caso de los pastos herbáceos (pradera) y de 0,6 ha en los pastos leñosos (brezales y tojales). En cada parcela se manejaron cuatro (2010) o seis (2011 y 2012) cabras de raza Cachemir desde mediados-finales de julio, una vez destetadas sus crías, hasta finales de octubre. Para que no se acumulara demasiada hierba durante la primavera-verano en la pradera, las parcelas fueron pastadas

→ **Figura 1.**-Composición botánica de praderas, brezales y tojales al inicio del pastoreo de las cabras en cada año (medias de cuatro parcelas por tipo de vegetación).







previamente por vacas y no por cabras, evitando así la contaminación del pasto por las heces de caprino que dispersarían los huevos de los parásitos específicos del ganado caprino. El pastoreo experimental con caprino comenzó con una altura media de hierba de 12-14 cm, siendo el promedio durante la primera mitad (hasta inicio de septiembre) de 12,0 cm y en la segunda mitad de 9,5 cm. Las parcelas de brezal y tojal no se pastaron hasta la introducción de las cabras hacia mediados de julio.

Las cabras se desparasitaban con un antihelmíntico comercial (Hapasil®, netobimina micronizada al 15%, 7,5 mg/kg de peso vivo por vía oral) al inicio del pastoreo de primavera, sin más tratamientos hasta el final del pastoreo en otoño, aunque en 2011 se realizó otra desparasitación justo antes de la fase experimental debido a las elevadas cargas parasitarias que adquirieron las cabras durante el pastoreo previo. En este periodo de lactación, todas las cabras con sus cabritos pastaban juntas en un único rebaño en una gran parcela de pradera antigua (dominada por *Agrostis capillaris* y con escasa presencia de raigrás y trébol).

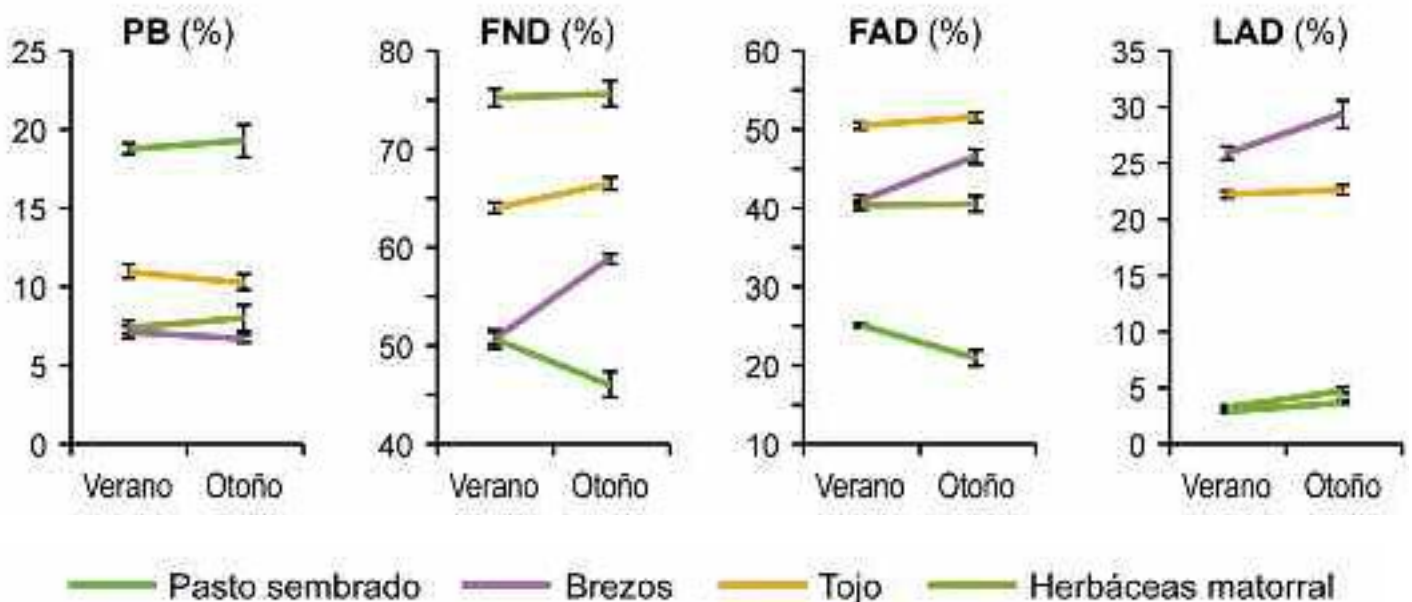
Las muestras vegetales analizadas revelan las diferencias en la composición química entre las distintas especies y, por tanto, en la calidad nutritiva de los tres tipos de vegetación. Como es natural, el

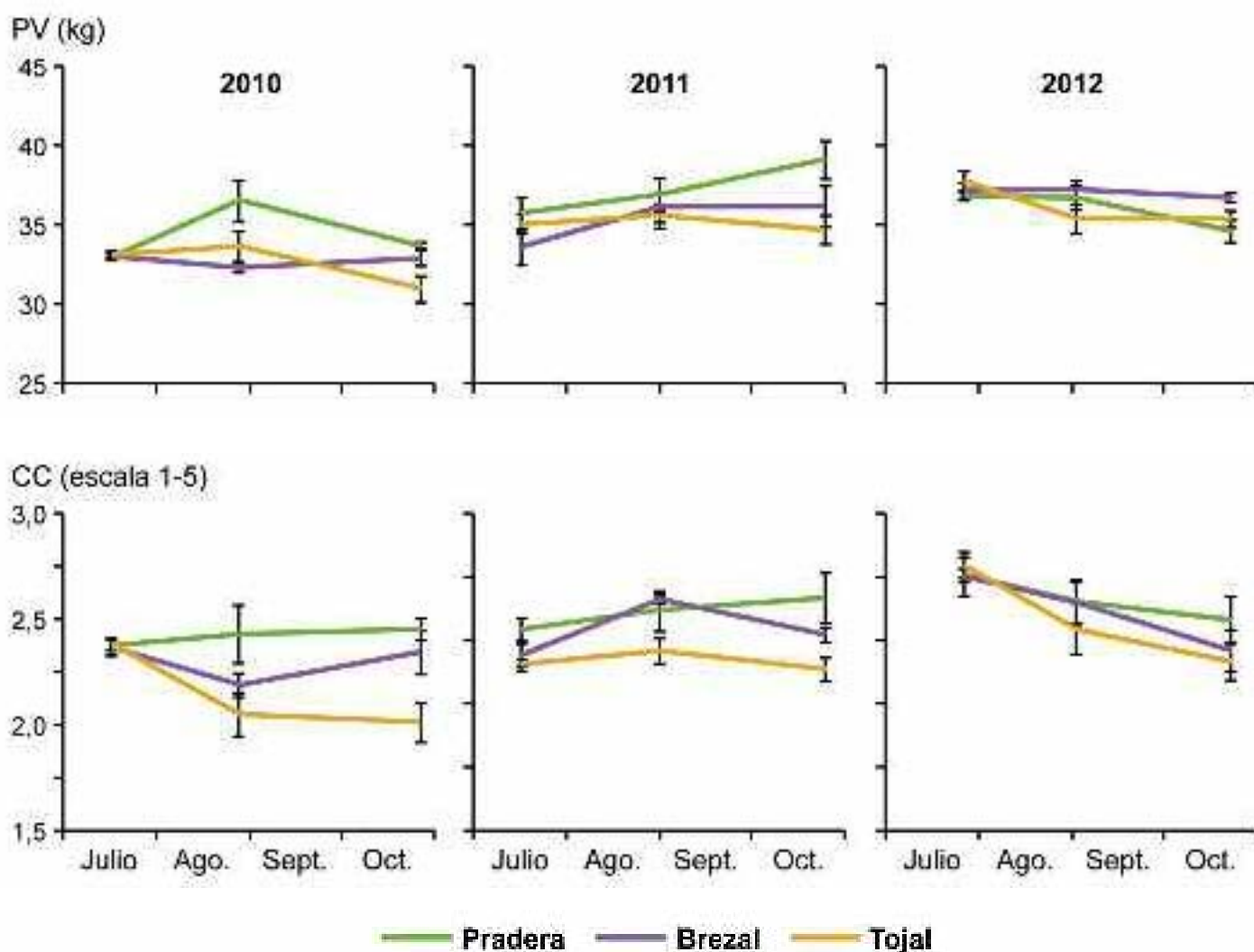
pasto mejorado es de más calidad que los componentes mayoritarios de los matorrales, con mayores contenidos en proteína y menores en fibra. El tojo, al ser una leguminosa, presenta un contenido mayor en proteína que los brezos y las herbáceas de matorral (mayoritariamente gramíneas bastas como *Pseudarrhenatherum longifolium*). Lógicamente, las especies herbáceas, tanto de las praderas como de los matorrales, tienen porcentajes de lignina muy inferiores a las especies leñosas. Los brezos presentan mayores contenidos de lignina y menores de fibra que el tojo (Figura 2). Al contrario de las leñosas, se observa una calidad del pasto sembrado algo mejor en otoño que en verano, lo que pudo deberse a una mayor presencia de tallos espigados de raigrás en el muestreo del verano. Además de la composición química, hay que tener en cuenta que la aceptabilidad de ciertas especies puede ser menor (y por tanto su valor nutritivo también) debido a la presencia de estructuras físicas de defensa contra el herbivorismo, como las espinas del tojo.

### Rendimientos de las cabras

Para analizar los rendimientos de las cabras en cada tipo de pasto, además de su peso vivo (PV), se controló la condición corporal (CC) en una escala del 1 al 5 (de más flaca a más gorda) palpando

Figura 2.-Calidad nutritiva de los componentes vegetales principales de los tres tipos de vegetación estudiados en verano y en otoño. PB: proteína bruta; FND: fibra neutro detergente; FAD: fibra ácido detergente; LAD: lignina ácido detergente.





↑

**Figura 3.**-Variaciones de peso vivo (PV) y condición corporal (CC) de cabras pastando en tres tipos de vegetación tras el destete durante los tres años (medias de cuatro rebaños por tipo de vegetación).

las apófisis transversales y el tejido adiposo en la zona lumbar. Las variaciones de PV y CC observadas resultaron muy diferentes entre los tres años de estudio, algo muy habitual en las zonas de monte, donde la climatología impone su influencia sobre el estado de los animales de forma directa o indirecta (a través del pasto). En general, las variaciones globales fueron más favorables (positivas) en 2011 (ganando 20 g/día y 0,08 puntos CC) que en 2010, con pérdidas ligeras de peso y condición (-3 g/día y -0,16 puntos), siendo las más negativas en 2012 con pérdidas de 29 g/día y 0,39 puntos de CC (Figura 3).

Durante la primera mitad del pastoreo (julio-agosto), en el global de los tres años las variaciones de PV de las cabras resultaron más positivas en las praderas que en los tojales, siendo intermedias en los

brezales, y correspondiéndose con las variaciones de CC observadas (Tabla 1). No obstante, la interacción significativa entre los dos factores examinados (tipo de vegetación y año) para las variaciones de PV nos indica que las diferencias entre los tres tipos de pasto no se dieron por igual en los tres años (Figura 3). Durante la segunda mitad (septiembre-octubre), las cabras de los brezales experimentaron variaciones de peso mucho más favorables que las de los tojales, e incluso que las que pastaban en las praderas (excepto en 2011). Las variaciones de CC en la misma época tendieron a ser algo más positivas en las praderas que en los tojales, siendo intermedias en los brezales.

En el global del pastoreo observamos que tanto las variaciones de PV como las de CC son significativamente más positivas en las cabras que pastan en praderas



Variable	Tipo de vegetación			e.s.m.	Efectos		
	Pradera	Brezal	Tojal		Veg	Año	V x A
PV inicial (kg)	35,2	34,6	35,3	0,37	ns	***	ns
<b>Variación PV (g/día)</b>							
Julio-agosto	48	16	-12	13,3	*	**	**
Septiembre-octubre	-22	-1	-38	4,5	***	***	***
Global	5	10	-27	4,6	***	***	ns
CC inicial	2,36	2,35	2,72	0,03	ns	***	ns
<b>Variación CC (escala 1-5)</b>							
Julio-agosto	0,01	-0,02	-0,19	0,05	*	***	ns
Septiembre-octubre	-0,04	-0,13	-0,18	0,04	+	*	ns
Global	-0,02	-0,12	-0,33	0,05	***	***	ns

y brezales que en las que pastan en tojales (Tabla 1). Por tanto, los rendimientos de las cabras no se ven afectados únicamente por la calidad nutricional de la vegetación disponible, sino que otros factores, como las cargas parasitarias (como veremos en la siguiente sección) o la selección que hagan los animales por las distintas especies vegetales, influyen en el estado general (particularmente nutricional y sanitario) de los animales y en sus respuestas productivas. Por ejemplo, según se observa en las Figuras 1 y 2, los tojales, con una cobertura media de 71% de tojo y 21% de herbáceas, dispensarían una calidad nutritiva bastante mejor que los brezales (50% de brezos, 23% de tojo y 12% de herbáceas) en cuanto a contenidos en proteína y lignina, pero el desempeño de las cabras resultó peor en los primeros. Aunque las cabras ingieren los brotes tiernos del tojo en primavera, su utilización a partir del verano se ve restringida una vez que los brotes maduran y se lignifican, y se endurecen las espinas.

La condición corporal de las cabras en el periodo de cubrición debería estar entre 2,5 y 3 (óptima en torno a 2,75) para conseguir buenas tasas de fertilidad. Al final del pastoreo, las cabras que pastaban en las praderas y en los brezales presentaban una CC media (2,51 y 2,37 respectivamente) superior a la que tenían las que pastaban en los tojales (2,19), con lo que las cabras en estos matorrales finali-

zaron con un peor estado de carnes antes de ser estabuladas. No obstante, no se pudo comprobar que esto tuviera algún efecto significativo en la proporción de cabras que quedaban gestantes cada año.

### Infestación por parásitos gastrointestinales

Para conocer las cargas parasitarias de las cabras en cada tipo de pasto, se recogieron muestras rectales de heces en varias épocas para estimar la excreción fecal de huevos de nematodos gastrointestinales a lo largo del verano-otoño. Los conteos de huevos al microscopio se efectuaron a cargo del grupo de investigación SALUVET (Salud Veterinaria y Zoonosis) de la Facultad de Veterinaria de la Universidad Complutense de Madrid (UCM). La infestación parasitaria de las cabras resultó menor en los brezales que en los tojales y en las praderas (Figura 4), aunque con ciertas diferencias entre los tres años de estudio, en parte debido a la desparasitación previa efectuada en 2011. A tenor de los resultados obtenidos en trabajos previos (Celaya *et al.*, 2016), los menores incrementos en huevos excretados durante la estación de pastoreo en las cabras que pastaban en brezales serían el resultado de la mayor ingestión de brotes verdes de brezos en dichos matorrales, gracias a la mayor disponibilidad de estas plantas taníferas que

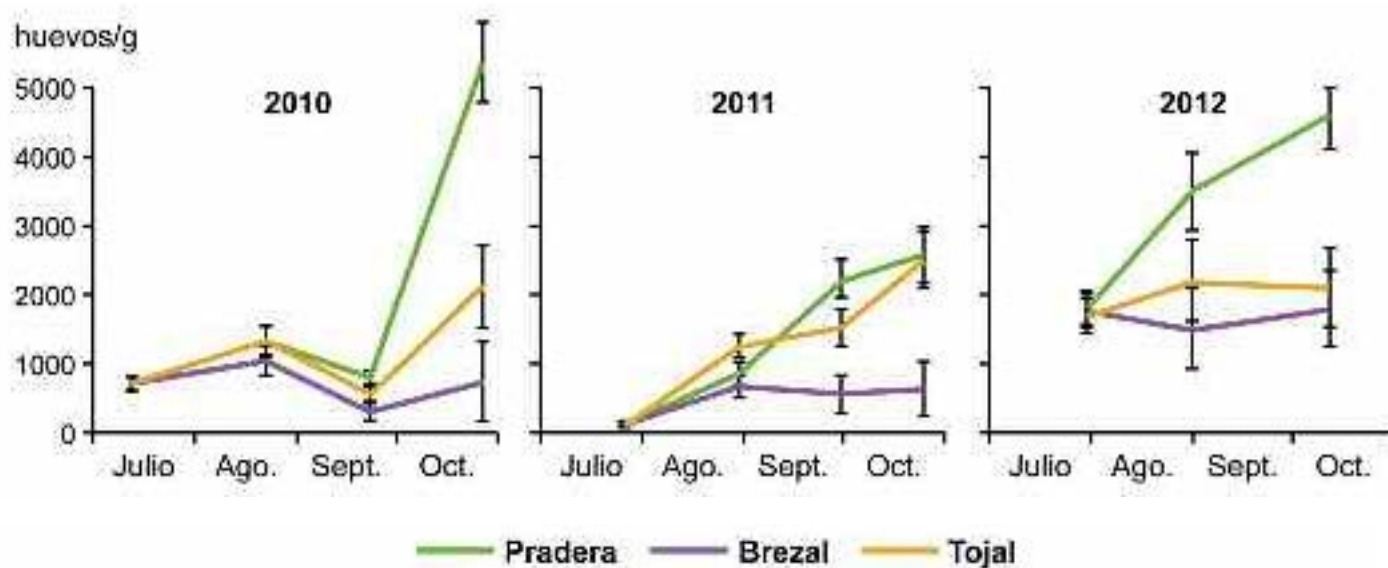


**Tabla 1.**-Variaciones de peso vivo (PV) y condición corporal (CC) de cabras pastando en tres tipos de vegetación tras el destete (medias de cuatro rebaños por tipo de vegetación en tres años).

e.s.m.: error estándar de la media;  
 ns: no significativo ( $p > 0,1$ );  
 +  $p < 0,1$ ;  
 \*  $p < 0,05$ ;  
 \*\*  $p < 0,01$ ;  
 \*\*\*  $p < 0,001$







↑  
**Figura 4.**-Excreción fecal de huevos de nematodos en cabras pastando en tres tipos de vegetación tras el destete durante los tres años (medias de cuatro rebaños por tipo de vegetación).

afectan negativamente al desarrollo de los endoparásitos.

Al final de la estación de pastoreo, promediando los tres años, la excreción fecal de huevos era significativamente mayor en las praderas que en los tojales y los brezales ( $4243 \pm 538$ ,  $2246 \pm 233$  y  $1043 \pm 189$  huevos/g, respectivamente), aunque la magnitud de las diferencias fue distinta en cada año (Figura 4). En otro trabajo ya explicamos la influencia de la carga ganadera y la altura de hierba en las infecciones por nematodos en cabras pastando en prados de la misma finca (Celaya *et al.*, 2020). A pesar de que en este experimento las cargas manejadas en las praderas eran relativamente bajas (8-12 cabras/ha) y las alturas medias de hierba en general se mantuvieron por encima de los 8 cm, las cargas parasitarias fueron más elevadas que en los brezales (en los tres años) y en los tojales (en dos de los tres años). Por lo tanto, aunque en las praderas las cabras se mantienen con buen peso y condición, su mermado estado sanitario en otoño puede repercutir negativamente en los rendimientos de las siguientes semanas, necesitando de más desparasitaciones y cuidados.

Los coprocultivos realizados en SALU-VET-UCM revelaron la existencia de cinco especies distintas de nematodos: *Trichostrongylus* spp., *Teladorsagia circumcincta*,

*Oesophagostomum columbianum*, *Chabertia ovina* y *Haemonchus contortus*. Estos parásitos del ganado caprino y ovino son los más abundantes en la región. *Teladorsagia* fue la especie más prevalente en general, aunque con diferencias entre épocas y tipos de vegetación. Su porcentaje en general se incrementó a lo largo de la estación de pastoreo en tojales y brezales, mientras que en las praderas la prevalencia de *Oesophagostomum* era mayor. La presencia de *Haemonchus* en agosto de 2011 era mayor en las praderas que en los matorrales, pero en el resto de muestreos no alcanzó porcentajes elevados.

## Conclusiones y recomendaciones de manejo

Las variaciones de peso y condición corporal del ganado caprino en el verano-otoño (entre el destete y la invernada) son tan favorables en matorrales de brezal como en praderas mejoradas de rai-grás y trébol, siendo peores en los tojales. Las cabras ingirieron más brotes verdes de brezo en los brezales que en los otros tipos de vegetación, donde la disponibilidad de brezo es muy limitada (caso de los tojales) o nula (caso de las praderas). La infestación parasitaria por nematodos gastrointestinales es significativamente menor en los brezales que en las praderas y tojales. Por tanto, el efecto antihel-

mítico del brezo (gracias a los taninos que contiene) compensa el menor valor nutritivo de la vegetación de brezal en comparación al pasto sembrado y también respecto al tojal, dándose unos rendimientos aceptables en las cabras para su cubrición hacia el final de la estación de pastoreo y conseguir su éxito reproductivo.

Además de llegar en buen estado para la época de cubrición, las cabras podrían aguantar más tiempo pastando en los brezales y manteniendo unos rendimientos aceptables, gracias a sus menores tasas infectivas a esas alturas del otoño, alargando la estación de pastoreo antes de su estabulación al comienzo de la invernada, con lo que se ahorra en costes de alimentación, algo fundamental en la actualidad. Por todo ello, una alternativa de manejo puede consistir en el manejo post-destete de las cabras en los brezales, sin que se observen efectos negativos sobre las respuestas productivas de las cabras. Esto permitiría un manejo más flexible en las zonas de monte donde abundan este tipo de matorrales, por ejemplo, reservando las praderas para los animales con requerimientos nutricionales y energéticos más exigentes. Aunque las cabras hacen un buen uso de los tojales en primavera, su utilización en verano-otoño tras el destete no sería aconsejable ya que les cuesta mucho mantenerse en buena condición en este tipo de matorrales espinosos. Una buena opción sería manejar las cabras en brezales con pequeñas zonas de prado o pradera (10-20% de la superficie), complementando un buen estado nutricional con un buen estado sanitario para incrementar la eficiencia zootécnica, prolongar la estación de pastoreo lo máximo posible y reducir los costes de alimentación y tratamientos zoonosanitarios.

## Agradecimientos

El proyecto de investigación, coordinado por SERIDA con participación de SALUVET-UCM, fue financiado por el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA, RTA2009-00130-C02-00), cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) de la Unión Europea. El

primer autor forma parte del grupo de investigación NySA (Nutrición y Sanidad Animal) del SERIDA, financiado por el Gobierno del Principado de Asturias (Consejería de Ciencia, Innovación y Universidad, Fundación para el Fomento en Asturias de la Investigación Científica Aplicada y la Tecnología-FICYT, PCTI 2021–2023, IDI-2021-000102), cofinanciado por FEDER. Agradecemos la colaboración en el proyecto de Luis Ferreira (Centro de Investigação e Tecnologias Agroambientais e Biológicas, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal) para realizar las analíticas de las muestras vegetales, y al personal de la finca El Carbayal por el manejo y cuidados de los animales y por la asistencia en los muestreos.

## Referencias bibliográficas

- CELAYA, R.; GARCÍA PRIETO, U.; MARTÍNEZ MARTÍNEZ, A.; OSORO, K. (2016). El brezo como planta medicinal antiparasitaria para el ganado caprino. *Tecnología Agroalimentaria*, 18: 34-41. <http://www.serida.org/pdfs/6730.pdf>
- CELAYA, R.; GARCÍA PRIETO, U.; OSORO, K. (2020). La carga ganadera: efectos sobre la productividad del caprino y el pasto. *Tecnología Agroalimentaria*, 23: 33-42. <http://www.serida.org/pdfs/8056.pdf>
- GARCÍA PRIETO, U.; MARTÍNEZ MARTÍNEZ, A.; CELAYA, R.; OSORO, K. (2009). *Estrategias para la puesta en valor de zonas desfavorecidas*. Monografía. SERIDA, Consejería de Medio Rural y Pesca, Principado de Asturias. <http://www.serida.org/pdfs/3915.pdf>
- GARCÍA PRIETO, U.; MARTÍNEZ MARTÍNEZ, A.; CELAYA, R.; ROSA GARCÍA, R.; ROJO MONTEJO, S.; OSORO, K. (2013). *Manejo y rentabilidad de los herbívoros en montes de brezal-tojal con zonas de pasto mejorado*. Monografía. SERIDA, Consejería de Agroganadería y Recursos Autóctonos, Principado de Asturias. <http://www.serida.org/pdfs/5559.pdf>
- OSORO, K.; JÁUREGUI, B. M.; GARCÍA, U.; CELAYA, R. (2008). Resultados aplicables de algunos de los Proyectos de Investigación desarrollados en el Área de Sistemas de Producción Animal. I. Gestión del territorio, producción animal y dinámica vegetal. *Tecnología Agroalimentaria*, 5: 59-63. <http://www.serida.org/pdfs/2212.pdf> ■

# 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<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> 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 altramuз 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 (CO<sub>2</sub>) y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) (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<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub> 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 ( $20 \pm 1^\circ\text{C}$ ) durante un período de 10 días, comparados frente al raigrás italiano (RI). (Fuente: Baizán, 2019, Tesis doctoral).

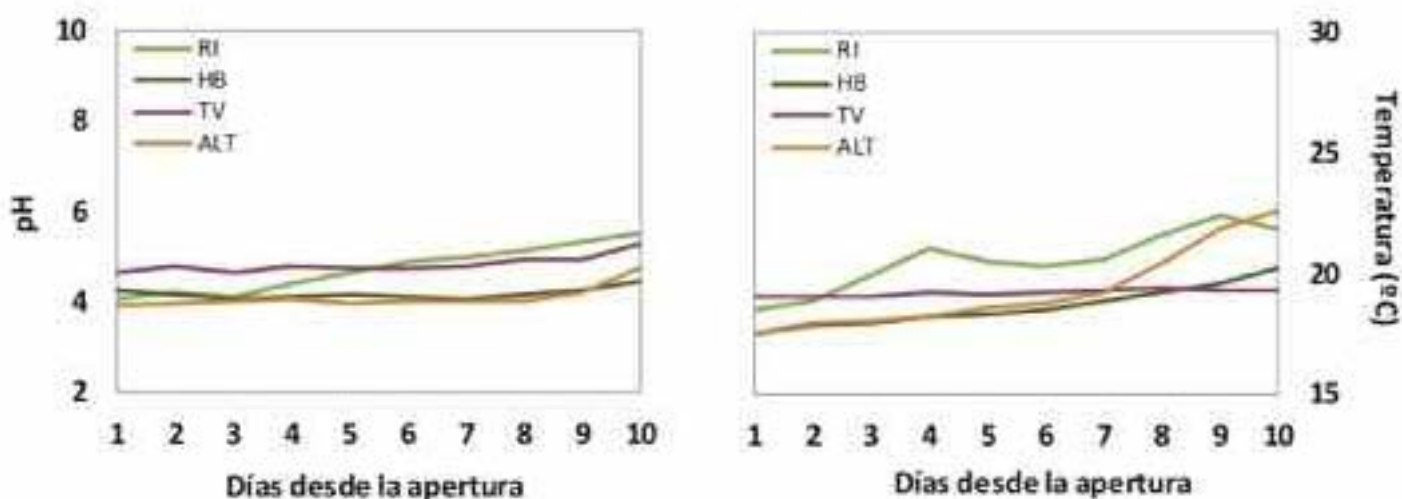
2014). En cuanto al contenido de ácidos grasos, Kalac y Samková (2010) informaron que las leguminosas forrajeras muestran una mayor eficiencia de transferencia de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) a la grasa de la leche bovina en comparación con las gramíneas. Por tanto, la inclusión de ensilados 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).

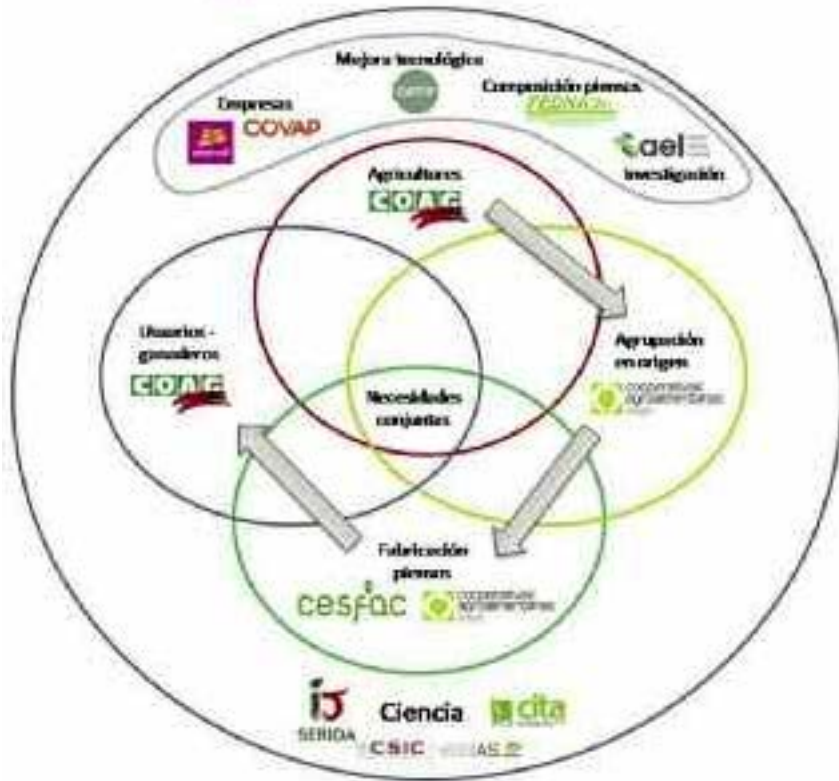
## El cultivo de leguminosas para piensos en España

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-



↑  
**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. *Climatic 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](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.; LIU, 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](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.







# Cursos de formación en higiene de la producción primaria de la pesca-acuicultura y marisqueo

ISABEL MÁRQUEZ LLANO-PONTE. Área de Sanidad Animal. [imarquez@serida.org](mailto:imarquez@serida.org)

En el año 2019 se firmó un protocolo de colaboración entre el Servicio de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA) y la Dirección General de Pesca Marítima del Principado de Asturias relativo a la investigación y asesoramiento técnico en el ámbito de la patología de peces y otros organismos marinos, higiene y seguridad alimentaria de productos de la pesca y la acuicultura marina en el Principado de Asturias.

La Dirección General de Pesca Marítima de Asturias, tiene atribuidas las funciones de dirección y desarrollo de las competencias en materia de pesca marí-

tima, marisqueo y acuicultura previstas en el Estatuto de Autonomía del Principado de Asturias. La pesca marítima es una actividad de gran arraigo e importancia para el Principado de Asturias, y su futuro depende de una explotación sostenible de los recursos y de una gestión de las pesquerías basada en el conocimiento e investigación aplicada tanto en su dimensión medioambiental, como económica y social.

Los recursos materiales, humanos y técnicos de la Dirección General de Pesca Marítima y del SERIDA se complementan entre sí, creando una masa crítica



suficiente y más eficiente, que refuerza el rigor científico-técnico y de conocimiento. Los resultados de tal cooperación sirven para avanzar en el conocimiento científico, y a su vez orientar un manejo y gestión pesquera basada en ese mismo conocimiento. Además, son de utilidad también para transferir conocimientos y fomentar buenas prácticas para la actividad del sector pesquero asturiano.

Los riesgos sanitarios derivados de la manipulación de los productos de la pesca y de la acuicultura, en la fase de producción primaria, contemplados en el Reglamento (CE) 852/2004, de 29 de abril de 2004, relativo a los productos alimenticios, estipula en su Anexo I, que los operadores de empresas alimentarias “garantizarán que el personal que manipule productos alimenticios se halle en buen estado de salud y reciba formación sobre riesgos sanitarios”, esto es, en la producción acuícola, a bordo de los buques de pesca y, en el marisqueo y su transporte hasta primera venta. En el caso de la producción primaria pesquera y acuícola marina, es de especial importancia la formación en buenas prácticas, pues las condiciones materiales de trabajo (barcos, instalaciones acuícolas, pedreros,

rías...) tienen muy poca capacidad de ser adecuadas por el operador, y será a través de estas buenas prácticas como se podrá mejorar de manera general la seguridad del alimento.

Asimismo, determinados ítems formativos deben ir incluyéndose en los contenidos que llegan al sector, especialmente en riesgos emergentes como anisakiasis o la manipulación y tratamiento a bordo o en instalaciones de los subproductos de origen animal (SANDACH). En el ámbito de la Acuicultura y Seguridad Alimentaria, la Unidad de Ictiopatología, del Área de Sanidad Animal del SERIDA, tiene amplia experiencia en formación en estos aspectos a pescadores y acuicultores.

Se consideró muy importante que la formación impartida a los operadores fuese lo más cercana posible a las operaciones reales llevadas a cabo en su trabajo cotidiano, y que se refiriese a los peligros específicos ligados a sus actividades, todo ello enmarcado en los requerimientos legales y ligado al establecimiento de buenas prácticas, y es en este aspecto, en el que la experiencia del SERIDA pudo aportar una formación de calidad.



←  
Fotografía 1.-Variedades de pescado.



↓  
**Figura 1.-**Cofradías de Pescadores del Principado de Asturias.

Los cursos fueron impartidos por Isabel Márquez Llano-Ponte, investigadora del SERIDA, bióloga y doctora en Veterinaria, especializada en Ictiopatología y; Experta de la Unión Europea en Acuicultura. Anteriormente había impartido estos mismos cursos auspiciados por la Unión Europea dentro del programa *Better training for safer food*, dirigidos a la formación de expertos en Pesca y Acuicultura de todos los países de la Unión Europea, también se impartieron en Sudamérica: Chile 2005, Perú 2007, Panamá 2010, y Nicaragua 2015.

Los cursos de Formación en Higiene de la Producción Primaria, Pesca y Acuicultura, son de obligado cumplimiento según directivas comunitarias para todos los mariscadores, acuicultores y pescadores, es en este contexto en el que desde la Dirección General de Pesca Marítima a través de REDEPESCA, se promovieron estos cursos dirigidos al personal de embarcaciones y de las lonjas del Principado de Asturias.

Para organizar los cursos, se recurrió a la Federación de Cofradías de Pescadores del Principado de Asturias. Ya que esta Federación tiene atribuida la coordinación, gestión y representación en el ámbito provincial, de los intereses económicos y sociales comunes de todo el sector pesquero. Es una Corporación de Derecho Público, de base representativa y sin ánimo de lucro, que actualmente engloba a la totalidad de cofradías de pescadores del Principado de Asturias (19 cofradías) y por tanto a toda la flota pesquera de la Comunidad Autónoma, incluyendo tanto la parte social como la parte empresarial, característica única de las Cofradías de Pescadores.

Con el objeto de dar cumplimiento a sus fines realiza labores de formación: participando con la Administración autonómica en las gestiones relativas a la formación de los pescadores, por un lado como medida de dinamización del sector, como cursos de Formación continua, así como de nueva implantación.







Los datos oficiales respecto del empleo en la pesca en el Principado de Asturias apenas muestran variación en los tres últimos años, 1.596 personas se dedican en Asturias a esta actividad.

El número de buques de pesca activos en el Principado de Asturias, en 2021 era de 248 embarcaciones. La distribución de estos en censos por modalidad de pesca nos muestra que un 77,42% pertenecen al censo de artes menores, un 15,32 % pertenecen a censos de volanta, palangre de fondo y rasco, un 2,42% son buques de cerco, otro 2,42 % son buques de arrastre de fondo, todos ellos pertenecientes al Caladero Nacional Cantábrico y Noroeste (CNW). Mientras que un 2,42 % pertenecen al censo de buques de pesca de altura en el caladero comunitario.

En el año 2020 además se habían concedido 297 licencias de mariscador

(incluye percebe). 174 licencias de anguila, 12 licencias de extracción a pie de gusanos para cebo. 152 licencias de recolección de algas de arribazón, a todo ello hay que añadir que están en vigor 21 licencias en la actualidad para la extracción de ortiguilla.

Desde la Federación de Cofradías de Pescadores, se lanzó la convocatoria de los cursos a finales de 2019, con el fin de elaborar un calendario para el año 2020. Los cursos se impartirían presencialmente en cada cofradía de pescadores de Asturias en el invierno y otoño del 2020, evitando la primavera y el verano que son las épocas de mayor actividad pesquera en el Principado.

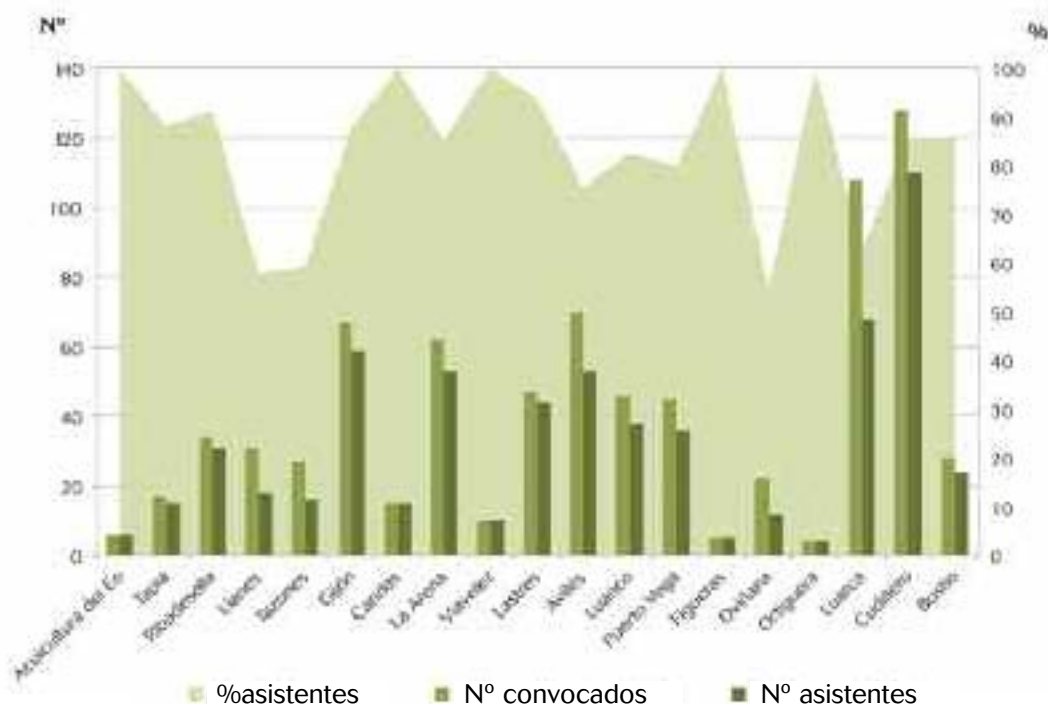
Cada cofradía convocó a los interesados en los cursos: mariscadores, armadores y marineros y fijó una fecha para la celebración.

Cofradías	Nº cursos	Nº convocados	Nº asistentes	% asistentes
Acuicultura del Eo	1	6	6	100
Tapia	1	17	15	88
Ribadesella	1	34	31	91
Llanes	1	31	18	58
Tazonés	1	27	16	59
Gijón	2	67	59	88
Candás	1	15	15	100
La Arena	2	62	53	85
Viavélez	1	10	10	100
Lastres	2	47	44	94
Avilés	2	70	53	76
Luanco	2	46	38	83
Puerto Vega	1	45	36	80
Figueras	1	5	5	100
Oviñana	1	22	12	55
Ortiguera	1	4	4	100
Luarca	3	108	68	63
Cudillero	4	128	110	86
Bustio	1	28	24	86
<b>TOTAL</b>	<b>29</b>	<b>772</b>	<b>617</b>	<b>80</b>

←  
**Tabla 1.-**Número de asistentes a los cursos en Higiene de la Producción Primaria de la Pesca-Acuicultura y Marisqueo.



→ **Gráfico 1.-**Porcentaje de asistentes a los cursos en Higiene de la Producción Primaria de la Pesca-Acuicultura y Marisqueo.



En una primera fase se elaboró un temario, y se produjo un video de 20 minutos de duración para implementar la formación, en el que participaron varias cofradías de pescadores y barcos pesqueros de la flota asturiana.

El temario recogió todos los aspectos fundamentales para esta formación:

- Los peligros asociados a la actividad pesquera y marisquera.
- Abordaje general a los riesgos biológicos, físicos y químicos en la actividad.
- Abordaje específico de los principales riesgos asociados a la actividad.
- Zonas de producción de moluscos bivalvos, equinodermos, tunicados y gasterópodos marinos vivos.
- Documentos de registro.
- Higiene y buenas prácticas a bordo de buques de pesca y en el marisqueo.
- Elementos estructurales, útiles y utensilios. Desembarco y transporte hasta primera venta.
- Cumplimiento del marco legal en higiene de las actividades de la producción primaria pesquera y marisquera.

Finalmente, los cursos se impartieron en cada una de las Cofradías de Asturias adaptándose a las necesidades horarias de los pescadores y mariscadores y debido a las restricciones motivadas por la COVID-19, se alargaron durante los años 2020 y 2021.

En total se impartieron 28 cursos en las distintas cofradías de Asturias con una asistencia muy elevada, dadas las dificultades en los años 2020 y 2021.

Todos los asistentes recibieron en el mes de febrero de 2022 su certificado de asistencia, homologado por la Dirección General de Pesca del Principado de Asturias.

### Agradecimientos

Mario Pidal Meana (Nueva Rula de Avilés), M<sup>a</sup> José Rico (FECOPAS), Javier Fernández (Dirección General de Pesca Marítima), y todos los secretarios de las Cofradías de Pescadores de Asturias. ■

# Cepas autóctonas de *Metschnikowia pulcherrima* como posibles Agentes de Control Biológico

ROSA PANDO BEDRIÑANA. Área de Tecnología de los Alimentos, rpando@serida.org

M<sup>a</sup> DOLORES LOUREIRO RODRÍGUEZ. Área de Tecnología de los Alimentos, mdolorlr@serida.org

BELÉN SUÁREZ VALLES. Jefa del Área de Tecnología de los Alimentos, mbsuarez@serida.org



←  
Crecimiento de las cepas de *Penicillium expansum* (CECT 20140) y *Metschnikowia pulcherrima* (216) en medio de cultivo PDA después de 12 días de incubación a 24 °C en oscuridad. Se observa la inhibición de crecimiento del micelio del patógeno en la dirección que está presente la cepa *M. pulcherrima*.

Las levaduras son un grupo heterogéneo de hongos unicelulares que usualmente interactúan con otros microorganismos en los ecosistemas. Dichas interacciones pueden variar desde formas mutuamente beneficiosas hasta formas antagónicas. En este sentido, la acti-

vidad antagonista que presentan algunas levaduras frente a patógenos vegetales y microorganismos causantes del deterioro de alimentos puede permitir su utilización como Agentes de Control Biológico (BCA por sus siglas en inglés) y resultar una alternativa a los fungicidas convencionales



↓  
**Figura 1.**-Esquema de la disposición del hongo (H) y la levadura/BCA en la placa y distancias de crecimiento del hongo medidas a ambos lados del punto de siembra (A, B).

de síntesis. Los hongos fitopatógenos *Monilinia fructigena*, *Penicillium expansum* y *Botrytis cinerea* son causantes de cuantiosas pérdidas económicas en viticultura y hortofruticultura al producir podredumbre de frutos en campo y en los períodos de almacenamiento postcosecha en cámaras de conservación.

El SERIDA conserva en su Colección de Cultivos Autóctonos (CCAS) una amplia diversidad de cepas de la levadura *Metschnikowia pulcherrima*, aisladas en las etapas iniciales de la elaboración de sidra natural y sidra de hielo. Esta especie, descrita en bibliografía como común en flores, superficies de frutos y mostos en los primeros estadios de la fermentación, produce un pigmento rojizo llamado pulquerrimina, y presenta la capacidad de inhibir el crecimiento de microorganismos tales como hongos filamentosos y levaduras. La capacidad de cepas de esta especie de actuar como BCA se ha relacionado con la reducción del hierro del medio como consecuencia de la unión irreversible de este elemento al ácido pulquerímico (precursor de la pulquerrimina), la secreción de enzimas extracelulares y/o la formación de compuestos volátiles.

En este artículo se expone la evaluación, mediante ensayos *in vitro*, de la capacidad de cepas de *M. pulcherrima* como BCA contra los hongos *Monilinia fructigena*, *Penicillium expansum* y *Botrytis cinerea*.

### Microorganismos y condiciones de crecimiento

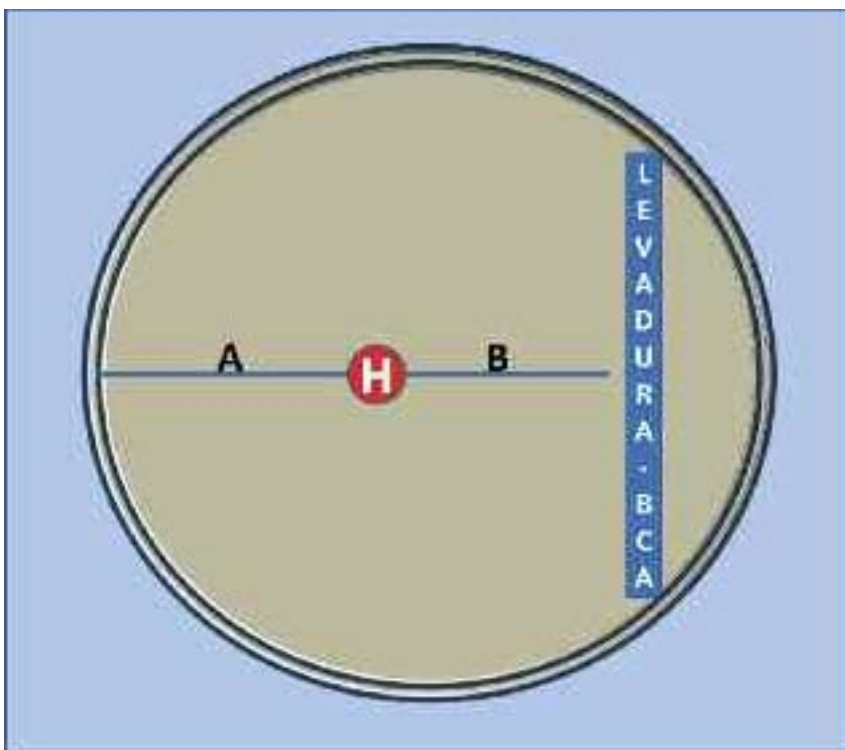
Veintiocho cepas de *M. pulcherrima* pertenecientes a la CCAS, conservadas a  $-80^{\circ}\text{C}$ , fueron recuperadas mediante siembra en el medio de cultivo YPD. Tras comprobar su pureza, se estandarizaron sus concentraciones celulares en cámara de Neubauer.

Se utilizaron tres cepas de hongos fitopatógenos adquiridos en la Colección Española de Cultivos Tipo (CECT): *M. fructigena* (CECT 20115), *P. expansum* (CECT 20140) y *B. cinerea* (CECT 20518). Las cepas fueron cultivadas para la obtención de micelio en los medios de cultivo Malt Agar y PDA (Biokar, Francia) siguiendo las instrucciones de la CECT.

Como control positivo en todas las evaluaciones se utilizó un BCA comercial a base de *Bacillus subtilis* cepa QST 713 (Serenade<sup>®</sup> ASO) con una concentración celular de  $1,03\text{E}+09$  ufc/mL.

### Evaluación de la actividad antagonista

Se sembraron Placas Petri de 90 mm de diámetro conteniendo medio de cultivo PDA a 20 mm del borde con 8  $\mu\text{L}$  de suspensión celular ( $6,50\text{E}+08$  células/mL) de cada cepa de levadura o del BCA comercial mediante extensión formando una línea, tal como se esquematiza en la Figura 1. A continuación, se colocaron discos de 6 mm de micelio de cada uno de los hongos a 55 mm del mismo borde de la placa (Spadaro et al., 2002). Todos los ensayos se realizaron por triplicado. Las placas se incubaron a  $24^{\circ}\text{C}$  y en oscuridad. Se realizaron medidas periódicas del crecimiento radial del hongo. El porcentaje de inhibición del crecimiento (PIC) de los hongos se calculó en el momento en que el crecimiento o desarrollo





PIC (%)	M. fructigena (CECT 20115)	P. expansum (CECT 20140)	B. cinerea (CECT 20518)
<10	6	0	6
10-20	15	0	13
20-30	6	4	9
30-40	1	22	1*
40-50	0	2	0
50-60	1*	1*	0*

\* BCA comercial

←  
**Tabla 1.**-Número de cepas agrupadas en función del porcentaje de inhibición del crecimiento (PIC) de las cepas de hongos fitopatógenos.

micelial alcanzaba el borde izquierdo de las placas, mediante la fórmula:

$$PIC = [(A-B/A)] * 100, \text{ donde}$$

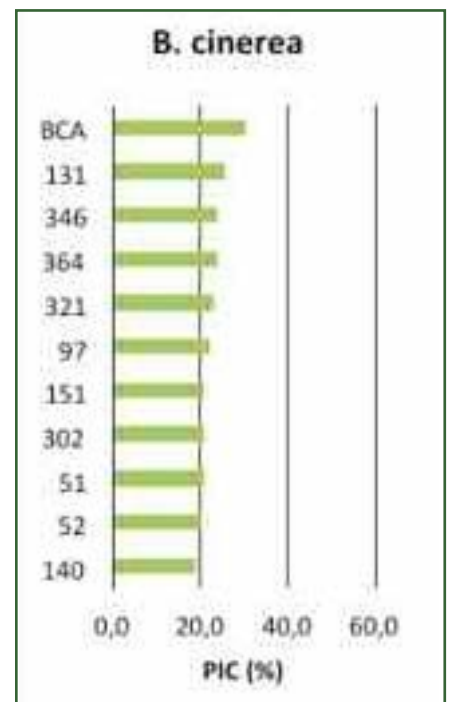
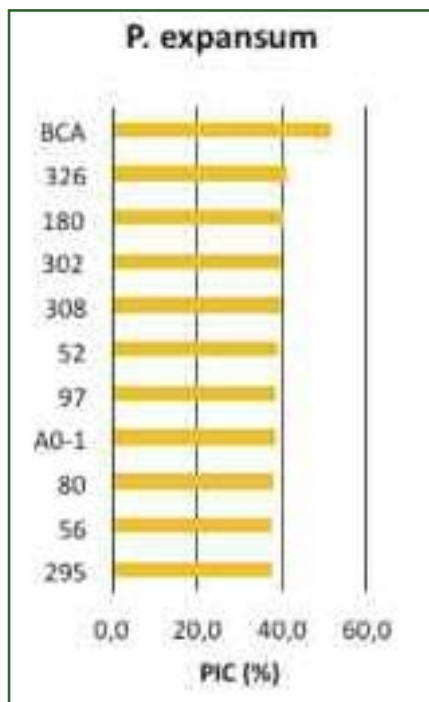
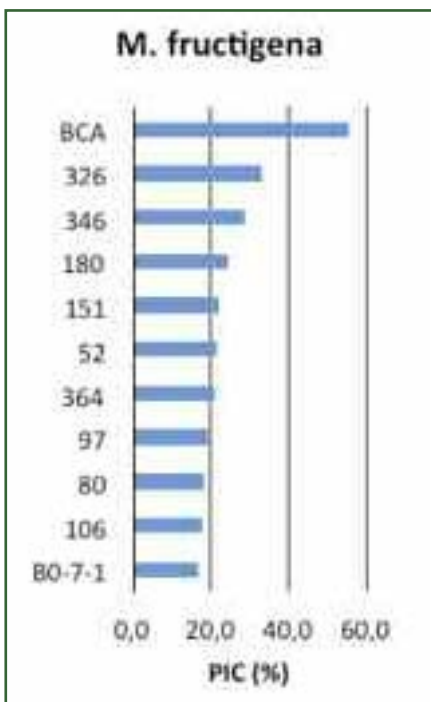
A= Promedio radio de crecimiento del hongo (mm) hacia el borde izquierdo de la placa.

B= Promedio radio de crecimiento del hongo (mm) hacia la cepa de levadura o el BCA comercial.

La cepa de *B. cinerea* mostró la velocidad de crecimiento más rápida, siendo evaluados los PICs a los 3 días de incubación, mientras que la inhibición del crecimiento de los hongos *M. fructigena* y *P. expansum* se calculó a los 12 días.

En las condiciones del experimento, el BCA comercial presentó, para los hongos ensayados, porcentajes de inhibición del crecimiento que oscilaron entre el 30-55%. Este producto contiene endosporas de *B. subtilis* QST 713, así como compuestos naturales excretados por dicha bacteria, entre ellos lipopéptidos con acción fungicida y otros compuestos con actividad antibacteriana. En el caso de las cepas de levaduras autóctonas, si bien los porcentajes de inhibición fueron menores que los del BCA comercial, se observó un PIC>30% frente al hongo *P. expansum* en el 86% de las cepas y una menor actividad frente a los otros dos hongos (Tabla 1).

↓  
**Figura 2.**-Porcentajes de inhibición del crecimiento (PIC) de las cepas CECT 20115 (*M. fructigena*), CECT 20140 (*P. expansum*) y CECT 20518 (*B. cinerea*) por la actividad de 10 cepas de *M. pulcherrima* autóctonas y del BCA comercial.



↓  
**Figura 3.**-Crecimiento de *B. cinerea* en placas control (4 días de incubación).

En la Figura 2 se representan las 10 cepas de *M. pulcherrima* que presentaron mayor capacidad para inhibir el crecimiento de los hongos fitopatógenos. Destacaron por su actividad antagonista las cepas referenciadas como 131, 180, 326 y 346 que fueron aisladas durante la elaboración de sidra natural.

### Efecto de la concentración de hierro en la actividad antagonista de las levaduras

En segundo lugar, se evaluó el efecto que el hierro ejerce sobre la capacidad de las levaduras para inhibir el desarrollo de los hongos fitopatógenos.

Se seleccionaron las cepas de *M. pulcherrima* que mostraron las mayores actividades antagonistas (131, 180, 326 y 346). La cepa A01, aislada durante la elaboración de sidra de hielo, fue incluida en el estudio con vistas a su posible utilización como BCA en cámaras de conservación postcosecha.

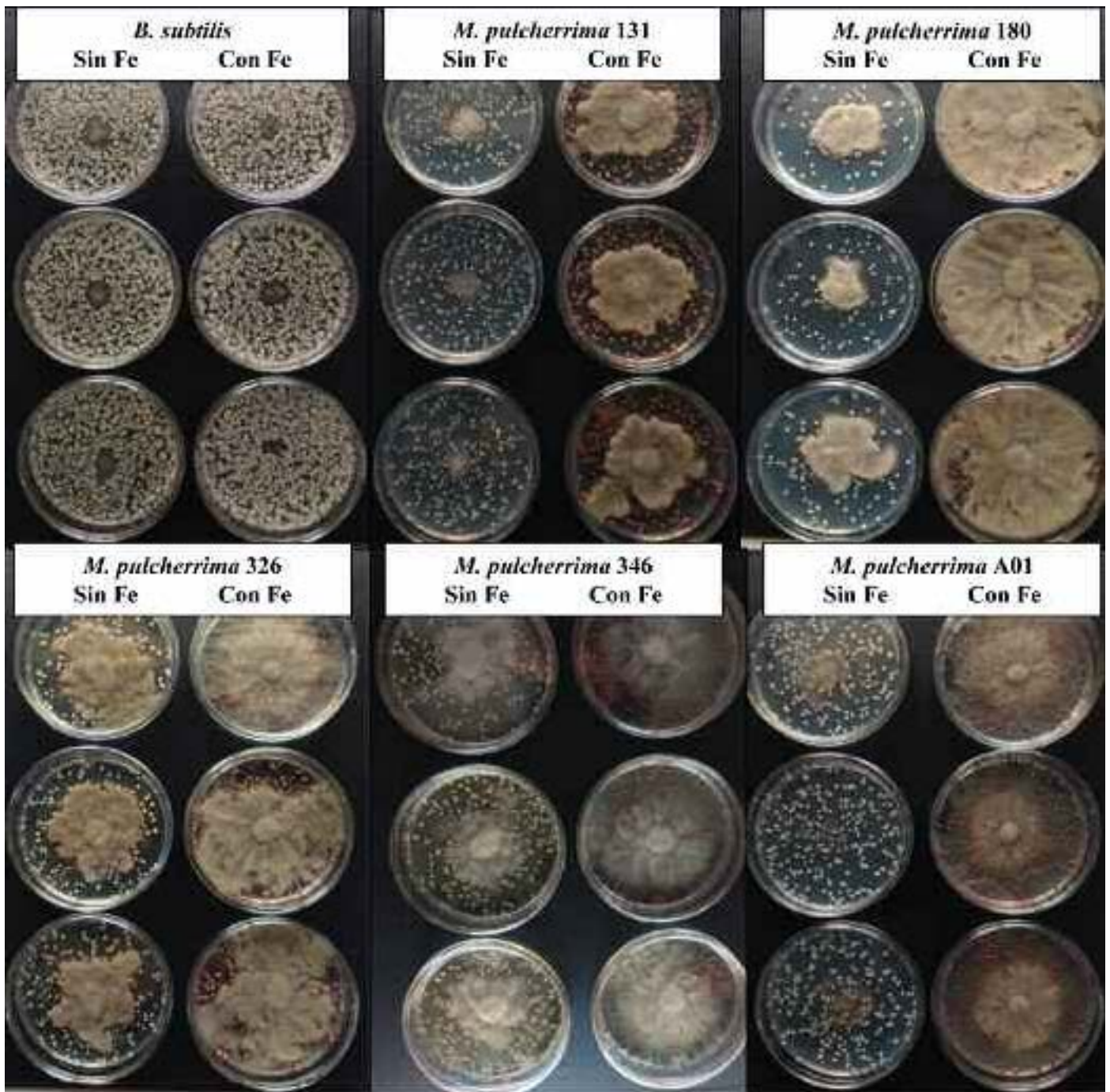
Para ello, se sembraron en superficie placas Petri con medio de cultivo PDA con y sin suplementación de hierro (0,1 mM de  $\text{FeCl}_3$ ) con 30  $\mu\text{L}$  de cada levadura o del BCA comercial ( $5,00\text{E}+04$  células/mL). Posteriormente, en el centro de estas placas se sembraron, en forma de gota, 20  $\mu\text{L}$  de una suspensión conidial ( $3,00\text{E}+05$  conidios/ mL) de cada hongo (Gore-Lloyd et al., 2019). Como testigo, se sembraron únicamente con la suspensión conidial indicada placas de PDA con y suplementación de hierro (placas control). Todos los ensayos se realizaron por triplicado. La incubación se efectuó en las condiciones descritas (24°C y oscuridad), realizando medidas periódicas, en este caso, del diámetro de crecimiento de los hongos fitopatógenos en las placas control (A) y en presencia de levadura/BCA comercial (B). El PIC se calculó realizando la medición al cabo de 4, 14 y 21 días para las cepas de *B. cinerea*, *P. expansum* y *M. fructigena*, respectivamente.

Las Figuras 3 y 4 muestran, respectivamente, el crecimiento de *B. cinerea* en las placas control y el efecto sobre el crecimiento de dicho hongo de las cepas de *M. pulcherrima* ensayadas y del BCA comercial.

Los resultados obtenidos indican que la suplementación del medio de cultivo con hierro no afecta al crecimiento de los hongos en las placas control ni a la actividad antagonista del BCA comercial. Sin embargo, como puede observarse en la Figura 5, la actividad de las cepas de *M. pulcherrima* se muestra hierro-dependiente, principalmente en su acción frente a *M. fructigena* y *B. cinerea*. La adición de hierro al medio disminuye su capacidad antagonista contra estos dos hongos, lo que indica que la reducción del crecimiento micelial está ligada con la capacidad que tienen estas







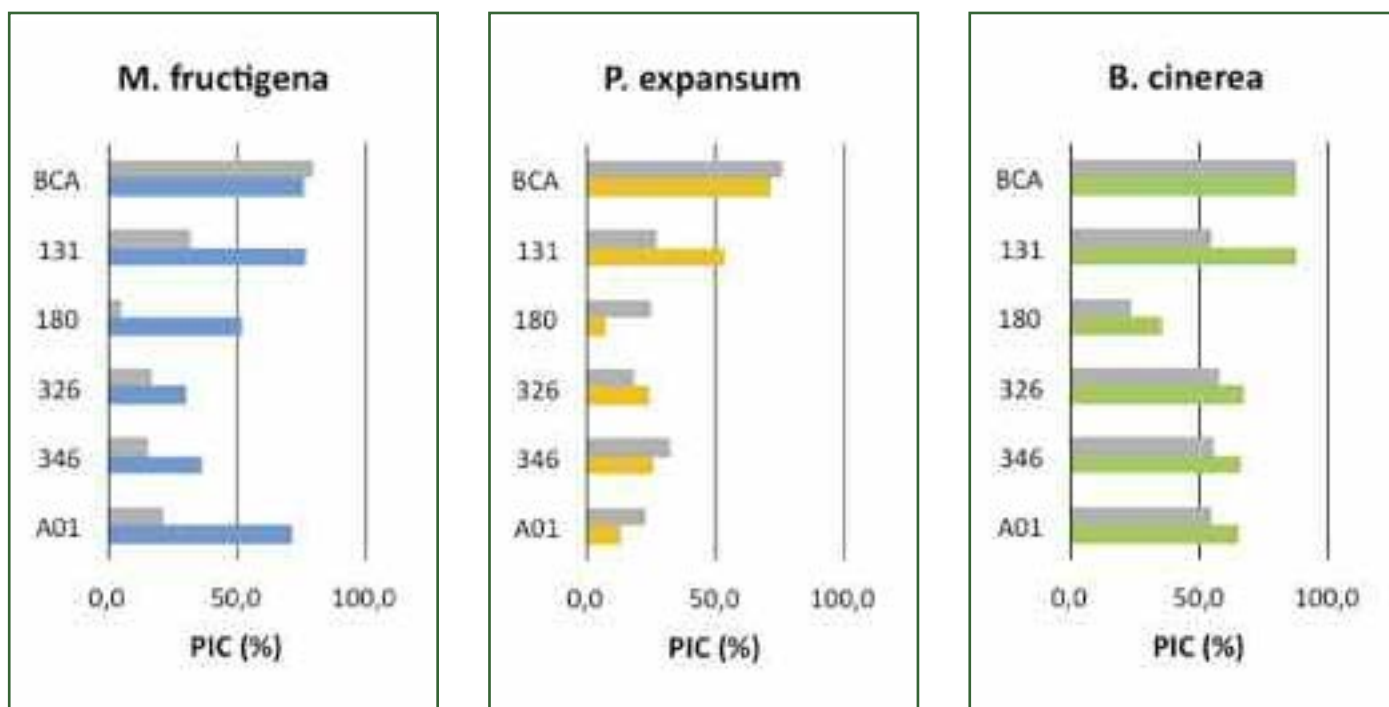
levaduras de unir irreversiblemente el hierro al ácido pulquerrímico. La captación de este nutriente disminuye su contenido en el medio, ralentizando de esta manera el crecimiento de los hongos. Destaca la cepa 131 por los valores de inhibición del crecimiento detectados para los tres hongos en el medio PDA sin suplementación de hierro. En dicho ensayo, esta cepa exhibió valores de

PIC similares al BCA comercial para *M. fructigena* y *B. cinerea*.

En la actualidad, con vistas a su posible aplicación como agente de biocontrol durante la conservación postcosecha de frutas, se está evaluando *in vitro* la capacidad de estas cinco cepas de *M. pulcherrima* para inhibir el crecimiento de estos hongos fitopatógenos a baja temperatura (4°C).

↑  
**Figura 4.**-Efecto de cepas de *M. pulcherrima* sobre el crecimiento de *B. cinerea* (4 días de incubación).





↑  
**Figura 5.**-Porcentajes de inhibición del crecimiento de las cepas CECT 20115 (*M. fructigena*), CECT 20140 (*P. expansum*) y CECT 20518 (*B. cinerea*) en medio PDA sin suplementación (azul/amarillo/verde) y con suplementación de hierro (gris).

Investigaciones futuras requerirán la evaluación del efecto protector de las mejores cepas de *M. pulcherrima* en campo y en la conservación postcosecha de fruta para confirmar su potencial como agentes de biocontrol.

### Agradecimientos

La conservación y caracterización de las cepas evaluadas de la CCAS se ha realizado con ayuda de proyectos de investigación financiados por el INIA y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (RM2006-00008, RM2009-00005 y RTA2012-00075).

### Referencias bibliográficas

GORE-LLOYD, D.; SUMANN, I.; BRACHMANN, A. O.; SCHNEEBERGER, K.; ORTIZ-MERINO, R. A.; MORENO-BELTRÁN, M.; SCHLÄFLI, M.; KIRNER, P.; SANTOS KRON, A.; RUDEA-MEJIA, M. P.; SOMERVILLE, V.; WOLFE, K. H.; PIEL, J.; AHRENS, C. H.; HENK, D.; FREIMOSER, F. M., (2019). Snf2 controls pulcherrimic acid biosynthesis and antifungal activity of the biocontrol yeast *Metschnikowia pulcherrima*. *Molecular microbiology* 112: 317-332.

SPADARO, D.; VOLA, R.; PIANO, S.; GULLINO, M. L., (2002). Mechanisms of action and efficacy of four isolates of the yeast *Metschnikowia pulcherrima* active against postharvest pathogens on apples. *Postharvest Biology and Technology* 24: 123-134. ■

# Variedades asturianas de avellana: una fuente de antioxidantes y grasas saludables

ROBERTO RODRÍGUEZ MADRERA. Área de Tecnología de los Alimentos. rrodriguez@serida.org

ANA CAMPA NEGRILLO. Área de Cultivos Hortofrutícolas y Forestales. acampa@serida.org

JUAN JOSÉ FERREIRA FERNÁNDEZ. Área de Cultivos Hortofrutícolas y Forestales. jferreira@serida.org

BELÉN SUÁREZ VALLES. Área de Tecnología de los Alimentos

La avellana es un cultivo tradicional en Asturias donde también crece de manera silvestre. Las cultivadas se encuentran en pequeños huertos, jardines y setos, mientras que las silvestres se localizan a lo largo de las orillas de los ríos o formando pequeños bosques en áreas aisladas. No obstante, desde finales del siglo XX hasta nuestros días, el cultivo y la demanda de avellana se han reducido en más de un 40%, aunque existe interés en su recuperación.

Desde el año 2003, el Grupo de Genética Vegetal del SERIDA, continuando con la labor iniciada en 1965 por Álvarez Requejo en la antigua Estación Pomológica de Villaviciosa, ha reunido una importante muestra del germoplasma asturiano a través de prospecciones realizadas entre los años 2003 y 2005, constituyendo así una importante colección de campo junto con variedades de interés nacional e internacional.

La avellana es un fruto rico en proteína, fibra, carbohidratos, minerales y, especialmente, aceite. El aceite de avellana tiene un alto contenido en ácidos grasos insaturados, vitamina E y fitoesteroles, compuestos interesantes en la dieta por los beneficios que aportan a nuestra salud.

Para conocer la diversidad genética del material y promover la recuperación



del cultivo de avellano en Asturias, se han iniciado trabajos de caracterización del material presente en la colección de campo de avellano (Campa et al. 2020).

En este trabajo se presentan los resultados de la composición nutricional, ácidos grasos, vitamina E y actividad antioxidante de las variedades de avellana conservadas en la colección de campo del SERIDA.

↑  
**Figura 1.**-Colección de campo de avellanos del SERIDA (tomada en agosto 2019). En total se conservan 65 accesiones con dos árboles por accesión.



## Variedades: composición nutricional y funcional

El material estudiado (Tabla 1) incluye 39 entradas locales y 8 no locales de gran interés comercial (Araujo, Avellanosa, Butler, Camponica, Grande, Morell, Negret, Segorbe). Entre las locales, 4 entradas (Amandi, Casina, Espinaredo y Quirós) derivan de los trabajos de Álvarez Requejo (1965) y el resto fueron prospectadas en Asturias durante los años 2003-2005. Todo este material se encuentra conservado en la colección de campo del SERIDA (Figura 1). La caracterización morfo-agronómica de esta colección permitió seleccionar cinco variedades locales para representar la diversidad local reunida: Casina, Forcinas 2, Priero 1, Priero 2, Pumares 2.

Las avellanas fueron cosechadas en la campaña 2019, se descascarillaron manualmente y 50 g de cada muestra se molió en un molino Pulverisette 14 mill (Fritsch, Idar-Oberstein, Germany) con un tamiz de 1.0 mm.

En las harinas obtenidas se determinaron los contenidos en proteína y grasa total siguiendo métodos internacionales AOAC. Los carbohidratos totales y el contenido calórico se calcularon por un método indirecto siguiendo las recomendaciones de la FAO. En los aceites, extraídos por Soxhlet, se analizaron los ácidos grasos, la vitamina E (tocoferoles) y la actividad antioxidante. Los ácidos grasos se determinaron por cromatografía de gases (GC/MS), después de su conversión en

ésteres metílicos. Los tocoferoles se determinaron por cromatografía de líquidos con detector de fluorescencia (HPLC/FLD). La actividad anti-radical se determinó por el método DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl).

Las avellanas presentaron un elevado rendimiento en aceite (grasa total, valor promedio 64,6%), con valores entre el 68,8% (Priero 2) y el 57,7% (Allande 3). Esta última variedad también destacó por el elevado contenido en carbohidratos, mientras que la comercial Butler resultó la más rica en proteína. Respecto al aporte calórico, no se encontraron diferencias significativas entre las variedades analizadas (locales vs foráneas) con un valor promedio de 697,4 kcal por 100 g (Tabla 2), lo que hace de las avellanas un alimento muy energético.

Los aceites analizados constituyen una importante fuente de ácidos grasos insaturados, representando en promedio el 90% de los ácidos grasos totales, observándose una pequeña variabilidad entre ejemplares, con valores entre el 89% (San Pedro 3) y el 92% (Allande 3). Entre los ácidos grasos monoinsaturados, el ácido oleico fue el más abundante (>97%), mientras que el ácido linoleico (serie  $\omega$ -6) fue el mayoritario (>99%) entre los ácidos poliinsaturados (Tabla 2).

El ácido oleico, característico del aceite de oliva, se considera una grasa saludable que contribuye a disminuir el colesterol total y las lipoproteínas de baja densidad (LDL), reduciendo así el riesgo

↓  
Tabla 1.-Variedades de avellana estudiadas.

Aguasmestas 1	Inclan	Pumares 4	Tuñon 4
Allande 3	La riera 2	Quirós	Yerbo 1
Amandi	Las cuevas 1	Riocastello 1	Yerbo 2
Audines 2	Llamazares 1	Riocastello 3	Araujo*
Barreiros 1	Llamazares 2	Robriguero 2	Avellanosa*
Barreiros 2	Llanos 1	Rubiamo 1	Butler*
Casina	Llanos 2	San pedro 1	Camponica*
Castrosin 2	Pesoz 2	San pedro 3	Grande*
El peñueco 1	Priero 1	Santana 2	Morell*
Espinaredo	Priero 2	Taranes 2	Negret*
Forcinas 1	Pumares 1	Tuñon 2	Segorbe*
Forcinas 2	Pumares 2	Tuñon 3	

\* Variedades no locales.



	Variedades asturianas	Variedades no asturianas
Proteína (%)	11,8	13,0
Grasa (%)	64,5	64,9
Ácidos grasos saturados (%)	9,9	9,4
Ácidos grasos monoinsaturados (%)	78,7	79,7
Ácidos grasos poliinsaturados (%)	11,4	10,7
Hidratos de carbono (%)	17,3	15,5
Energía (Kcal/100g)	697,3	698,4
Vitamina E (mg/kg aceite)	514,0	508,6
$\alpha$ -tocoferol (%)	92,1	93,3
$\beta$ -tocoferol (%)	2,6	2,1
$\gamma$ -tocoferol (%)	4,7	4,0
$\delta$ -tocoferol (%)	0,6	0,5
DPPH (IC50)	17,2	18,0

de enfermedades cardiovasculares. Las principales fuentes de ácido oleico en la dieta son los aceites vegetales y los frutos secos. En este estudio el contenido promedio en ácido oleico de las variedades representó el 50% del peso del fruto, concentración superior a la encontrada en otros frutos secos como el pistacho (35%), la almendra (33%) o la nuez (11%). Por otra parte, el ácido linoleico es un ácido graso esencial que no puede ser sintetizado por el organismo y, por tanto, tiene que ser aportado en la dieta. Su ingesta ayuda a disminuir la presión arterial y al buen funcionamiento del sistema nervioso. En la colección, el promedio de este ácido osciló entre el 7,3% de los ejemplares locales y el 6,9% de los foráneos.

La vitamina E o tocoferol es un potente antioxidante liposoluble que previene ciertas patologías relacionadas con el envejecimiento, tales como las enfermedades cardiovasculares, la diabetes y la obesidad, entre otras, lo que la convierte en foco de atención desde un punto de vista nutricional y funcional. Las variedades locales presentaron una amplia variabilidad en el contenido total de tocoferoles, con valores de casi el doble entre los niveles detectados en la variedad Priero 2, con 332,8 mg/kg, y los 629,5 mg/kg en la variedad Espinaredo y un valor medio de 514

mg/kg (Tabla 2). Además, hay que destacar que en todos los casos el isómero  $\alpha$ , con mayor capacidad antioxidante que el resto de isómeros, fue el mayoritario.

El método DPPH permite hacer una estimación in vitro de la actividad anti-radical de la muestra. Los resultados de la Tabla 2 muestran la cantidad de muestra necesaria para inhibir al 50% la oxidación del reactivo DPPH (IC50), siendo mayor la actividad antioxidante cuanto menor es el valor de IC50. Los aceites de las variedades locales presentaron valores de DPPH entre 14,6 mg/mL (Casina) y 23,1 mg/mL (Priero 1). Además, se detectó una correlación significativa y negativa ( $p < 0,001$ ;  $r = -0,61$ ) entre el índice IC50 y la concentración de tocoferoles.

En la Tabla 3 se recoge la composición nutricional de una ración de avellanas y las ingestas recomendadas por la EFSA.

El consumo de una ración de avellanas asturianas y crudas (20 g) proporciona a la dieta más del 15% de la cantidad diaria recomendada de ácidos grasos saludables (oleico y linoleico), el 4% de proteína y el 56% de la vitamina E necesaria. Además, las propiedades antioxidantes de este fruto seco nos protegen de los radicales libres y el estrés oxidativo.



Tabla 2.-Composición nutricional de las muestras analizadas.

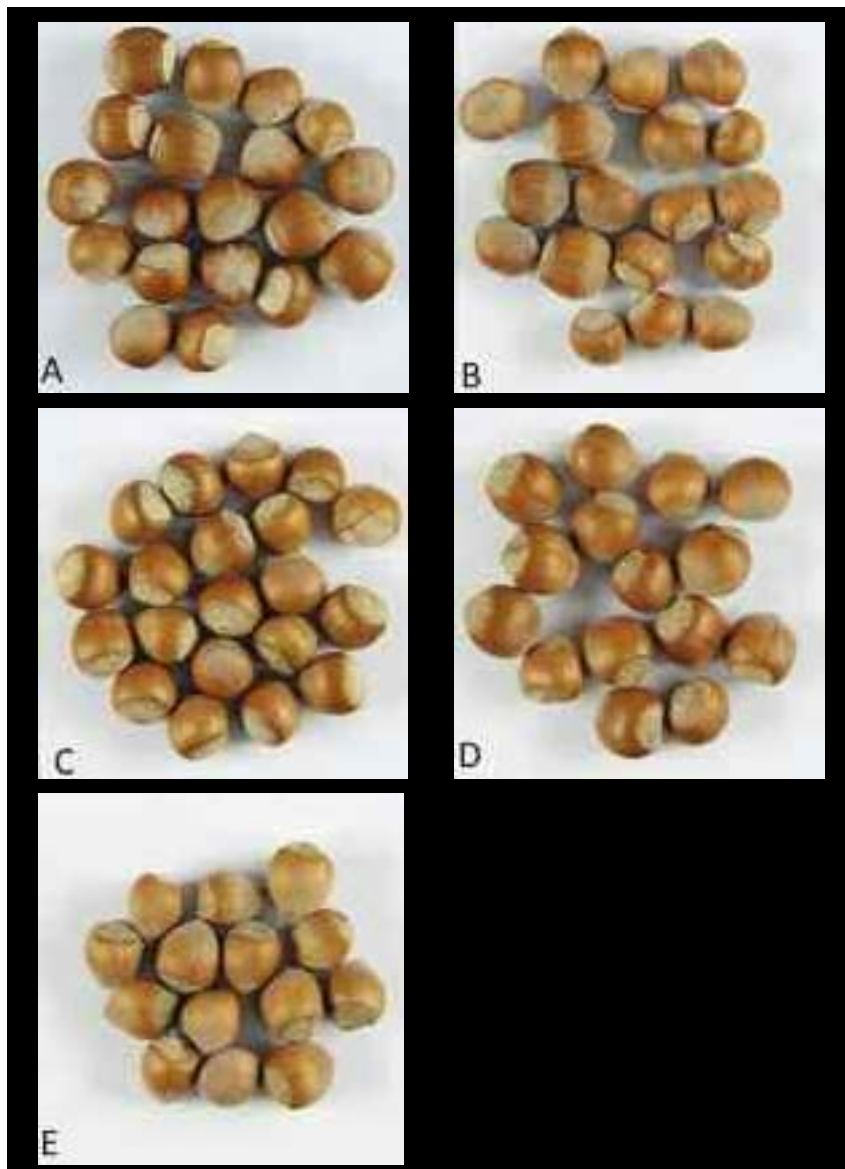


→  
**Tabla 3.**-Composición nutricional de una ración de avellanas e ingestas recomendadas para personas entre 20 y 40 años y con actividad física.

↓  
**Figura 2.**-Frutos de cinco accesiones de avellanas seleccionadas para representar la diversidad reunida en la colección de campo de avellanos del SERIDA. A: Casina, B: Forcinas 2, C: Priero 1, D: Priero 2, E: Pumares 2.

	Recomendación día (hombres)	Recomendación día (mujeres)	Varietades asturianas*
Energía (Kcal)	3000	2300	139,5
Proteínas (g)	54	41	2,4
Hidratos de carbono (g)	375-413	288-316	3,5
Vitamina E (mg)	12	12	6,7
Grasas (g)	100-117	77-89	12,9
Ac. grasos saturados (g)	23-27	18-20	1,3
Ac. grasos moinsaturados (g)	67	51	10,1
Ac. grasos poliinsaturados (g)	17	13	1,5
Ac. linoleico (g)	10	8	1,5

\*: valor medio para una ración de 20 g.



## Conclusión

Las variedades asturianas de avellanas son un alimento energético, rico en grasas saludables, proteínas y una fuente natural de vitamina E con excelentes propiedades antioxidantes.

La recuperación del cultivo tradicional del avellano, con variedades locales bien adaptadas y productivas, puede contribuir a la sostenibilidad y diversificación en el medio rural.

Considerando los resultados de las caracterizaciones morfo-agronómicas y nutricionales se han seleccionado cinco entradas como las más prometedoras para su cultivo en Asturias: Casina, Forcinas 2, Priero 1, Priero 2 y Pumares 2.

## Referencias bibliográficas

- ÁLVAREZ-REQUEJO, S., (1965). El avellano. Manuales Técnicos Nº 32. Ministerio de Agricultura, Madrid. 188 p.
- CAMPA, ROVIRA y FERREIRA, 2020. El avellano en Asturias: diversidad genética local y guía para su cultivo y recuperación. <http://www.serida.org/pdfs/8121.pdf>. ■





# El SERIDA en el Día Internacional de la Mujer y la Niña en la Ciencia

MARÍA DEL PILAR ORO GARCÍA. Jefa del Área de Transferencia y Formación. pilaroro@serida.org

El SERIDA se unió el 11 de febrero a la celebración del Día Internacional de la Mujer y la Niña en la Ciencia, proclamado por la Asamblea General de las Naciones Unidas en 2015, con el objetivo de visibilizar el trabajo de las mujeres que se dedican a la ciencia, lograr una participación plena y equitativa en la actividad investigadora y despertar nuevas vocaciones científicas entre las niñas y jóvenes.

Con motivo de esta efemérides, El SERIDA organizó en colaboración con cinco centros educativos: IES Rosario Acuña, IES Carreño Miranda y los colegios de Educación Primaria e Infantil El Plaganón, La Corolla y San Lorenzo, varias charlas y talleres, impartidos por investigadoras de la entidad. De una forma práctica y participativa el alumnado tuvo la oportunidad de acercarse a la actividad investigadora ■

↓  
Participantes en los talleres.



# Presentación de la monografía Los programas de mejora genética bovina en Asturias

CARLOS O. HIDALGO ORDÓÑEZ. Jefe del Área de Selección y Reproducción Animal. cohidalgo@serida.org  
CAROLINA TAMARGO DE MIGUEL. Área de Selección y Reproducción Animal. ctamargo@serida.org

→  
De izquierda a derecha:  
Enrique Rodríguez,  
Rocío Huerta,  
Carlos Hidalgo,  
Carolina Tamargo,  
Alejandro Calvo,  
Mamen Oliván.



El pasado 17 de febrero se presentó en el Centro de Selección y Reproducción Animal de Cenero, la monografía "Los programas de mejora genética bovina en Asturias: 25 años avanzando", editada por el SERIDA. La presentación corrió a cargo de Mamen Oliván, directora gerente del SERIDA y Carlos Olegario Hidalgo, coautor de la publicación y jefe del Área de Selección y Reproducción Animal. Intervinieron también representantes de las asociaciones ASCOL, ASEAVA y ASEAMO que expusieron algunos datos de la actividad del centro, y cerrando el acto Alejandro Calvo, consejero de Medio Rural y Cohesión Territorial, acompañado por Rocío Huerta, directora general

de Ganadería y Sanidad Animal. Además, se contó con la presencia de Enrique Rodríguez Nuño, director del Área de Agricultura y Pesca de la Delegación del Gobierno en Asturias y de representantes de Caja Rural de Asturias, entre otros.

En Asturias, una región de vocación ganadera, especialmente bovina, hace más de dos décadas que se desarrollan los programas de mejora genética en esta especie, con apoyo de la administración y una gran implicación de las asociaciones de ganaderos. Uno de los objetivos más importantes de estos programas es diseminar las características que poseen los animales genéticamente superior-

res (mejorantes) y, en el caso de los machos, esto se realiza por medio de la congelación del semen y la distribución de los gametos mediante la inseminación artificial. De este modo, primero en el antiguo CENSYRA de Somió y, desde 2008, en el Centro de Selección y Reproducción de Cenero hemos tenido toros que se han situado a la cabeza de diferentes clasificaciones, tanto a nivel nacional, como internacional.

La genómica sin duda ha dado un vuelco importante a la predicción del carácter mejorante de un semental; hasta hace unos años, todo lo que sabíamos sobre el potencial genético de un toro joven, era el promedio de los caracteres que pudieran transmitir su padre y su madre. De este modo, había que esperar hasta 5 años y tener un número suficiente de hijas, en las razas de aptitud lechera, para poder conocer los datos de las primeras lactaciones de las hijas de esos toros y ver cómo habían transmitido los caracteres que interesan a su descendencia. En los últimos años, gracias a la genómica, podemos predecir mucho antes el mérito genético de los toros jóvenes con un nivel de confianza mucho mayor, especialmente en el caso de la raza frisona en la que el tamaño de la población es mucho mayor, que con el uso de los promedios tradicionales de sus padres. "Toros genómicos" son aquellos ani-

males a los que se les realiza un análisis de miles de marcadores de ADN, que se comparan con los perfiles de los marcadores de miles de toros y vacas con millones de crías con valores reconocidos en los diversos rasgos de interés.

Por otro lado, por vía materna, el desarrollo se ha producido gracias a biotecnologías reproductivas como la multiovulación y transferencia embrionaria, la fecundación *in vitro* y la técnica de *ovum pick-up* (OPU). En este último caso, es diferente el esquema utilizado en los programas de mejora de la raza frisona, cosmopolita y de aptitud lechera, en la que se importan embriones de alto valor genético que transferimos a las ganaderías candidatas y cuyas hijas se usan como donantes de embriones a su vez y madres de futuros sementales. En las razas autóctonas asturianas, de aptitud cárnica, la asturiana de los valles y la asturiana de montaña, esta última en peligro de extinción, es la asociación de criadores quien selecciona vacas candidatas para el programa de mejora genética, con las que generamos embriones, tanto *in vivo*, como *in vitro*, que pueden ser transferidos en fresco a una novilla receptora o bien ser congelados para formar parte del banco de germoplasma de las razas. Gracias a la exportación de algunos de esos embriones hay rebaños en diferentes países de Iberoamérica de nuestras razas. ■



←  
Intervención de  
Alejandro Calvo,  
consejero de Medio Rural  
y Cohesión Territorial.



# Jornada de Poda y Cuidados de Invierno en Plantaciones de Manzano de Sidra

M<sup>º</sup> DEL PILAR ORO GARCÍA. Jefa del Área de Transferencia y Formación. pilaroro@serida.org  
 ENRIQUE DAPENA DE LA FUENTE. Responsable del Programa de Fruticultura. Área de Cultivos Hortofrutícolas y Forestales. edapena@serida.org



↑  
 Inauguración de la jornada. De izquierda a derecha, Enrique Dapena, Mamen Oliván y Rocío Vega.

El SERIDA celebró el pasado 22 de febrero una nueva edición de Jornada de Poda y Cuidados de Invierno en Plantaciones de Manzano de Sidra en Villaviciosa, después de la suspensión en el año 2021 debido a la Covid-19. Estas jornadas se han organizado anualmente desde el año 1987.

La jornada desarrollada por el Programa de Fruticultura del SERIDA reunió a un gran número de profesionales del sector en el Teatro Riera, donde tuvo lugar la exposición teórica, y en las parcelas experimentales del SERIDA, donde se realizaron las demostraciones y prácticas de poda.

La directora gerente del SERIDA, Mamen Oliván y la concejal de Cultura del Ayuntamiento de Villaviciosa, Rocío Vega abrieron el encuentro, y a continuación tuvieron lugar las intervenciones de los investigadores Enrique Dapena, responsable del Programa de Fruticultura y Marcos Miñarro.

Enrique Dapena abordó en su ponencia los siguientes temas:

- En primer lugar, habló de diversos aspectos básicos del suelo a tener en cuenta al plantear la fertilización en las plantaciones frutales y como



←  
Prácticas de poda en las parcelas experimentales del SERIDA.

realizar la misma, en base a criterios de producción ecológica y en manejo convencional.

- En segundo lugar, analizó la importancia de realizar una adecuada elección del portainjertos en el establecimiento de una nueva plantación, en función de ciertas características del suelo, como la profundidad, la textura, el nivel de fertilidad y la orientación, así como del vigor de la variedad, a fin de lograr árboles con suficiente desarrollo, pero no excesivo, que permitan una entrada en producción lo suficientemente rápida, el adecuado nivel de rusticidad y asegurar una buena productividad de las pomaradas. También se habló de la capacidad de anclaje de los diferentes portainjertos.
- Al final de la sesión, intervino acerca de algunos aspectos de la fisiología y la formación de los árboles, y sobre cómo realizar la poda de fructificación en los diferentes tipos de variedades de manzano.

topo, comentando el papel que juegan las aves insectívoras y rapaces en el control de plagas. Asimismo, destacó la importancia de los polinizadores durante la floración del manzano, a fin de favorecer una adecuada polinización y por tanto un óptimo nivel de cuajado.

El encuentro finalizó con la realización de la sesión práctica en parcelas de manzano de las instalaciones del Programa de Fruticultura del SERIDA, en la que se mostraron los diferentes aspectos técnicos de la poda: poda de formación, y de fructificación, en plantaciones de eje y tradicional. ■

↓  
Asistentes a la jornada.

Marcos Miñarro centró su exposición en cómo abordar el mantenimiento de las líneas y calles de los árboles, la lucha contra las enfermedades y plagas que afectan a las plantaciones de manzano, en particular los principales hongos perjudiciales, el pulgón ceniciento y la rata



# Jornada Técnico colaborativa SERIDA-Dirección General de Medio Natural y Planificación Rural

M<sup>o</sup> DEL PILAR ORO GARCÍA. Jefa del Área de Transferencia y Formación. pilaroro@serida.org  
CARMEN DíEZ MONFORTE. Responsable de Biotecnología Reproductiva del SERIDA.



↑  
Asistentes a la jornada.

El pasado 25 de febrero se celebró en la sede del SERIDA en Villaviciosa una Jornada técnico-colaborativa para técnicos de la Dirección General de Medio Natural y Planificación Rural del Principado de Asturias e investigadores del SERIDA. La reunión se celebró en el

marco del protocolo de colaboración relativo a la investigación y asesoramiento técnico en el ámbito de la Sanidad Animal y la Conservación de los Recursos Naturales en el Principado de Asturias establecido entre ambas entidades.



El objetivo del encuentro fue la puesta en común de la información y de los resultados obtenidos fruto de los trabajos desarrollados por ambas instituciones, y analizar la evolución del protocolo y su potencial ampliación con fines científicos aplicados a la gestión, seguimiento, ordenación y promoción de la conservación del Medio Natural en Asturias.

En la presentación de esta jornada intervinieron la directora gerente del SERIDA, Mamen Oliván, y el director general de Medio Natural y Planificación Rural, David Villar, que destacaron la importancia de este acuerdo.

El encuentro contó con la participación de técnicos de la Dirección General de Medio Natural, y de investigadores del Grupo de Investigación NySA (Nutrición y Sanidad Animal) y del Área de Selección y Reproducción Animal, por parte del SERIDA y permitió la puesta en común y

el análisis y el debate de tareas, metodologías y resultados de los trabajos desarrollados en el ámbito de este grupo multidisciplinar.

Los principales temas abordados en esta jornada giraron en torno a los siguientes temas:

1. Gestión integral de las poblaciones de rata topera, *Arvicola scherman*, en Asturias: actividades de investigación y resultados preliminares.
2. Actividades relacionadas con necropsias y aspectos sanitarios fauna silvestre.
3. Actividades relacionadas con la avispa asiática.
4. Actividades relacionadas con la conservación de especies silvestres amenazadas. ■



PROTOCOLO DE COLABORACIÓN ENTRE EL SERVICIO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO AGROALIMENTARIO Y LA DIRECCIÓN GENERAL DE MEDIO NATURAL Y PLANIFICACIÓN RURAL DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS RELATIVO A LA INVESTIGACIÓN Y ASESORAMIENTO TÉCNICO EN EL ÁMBITO DE LA SANIDAD ANIMAL Y LA CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES EN EL PRINCIPADO DE ASTURIAS





1. Sanidad Animal: diagnóstico, epidemiología, profilaxis
2. Plagas: estudios poblacionales, sistemas de lucha/prevencción, repercusiones sanitarias y productivas
3. Conservación de especies silvestres en riesgo de extinción



Enfoque "One Health" aplicado al estudio de enfermedades animales en Asturias

JORNADA TÉCNICO-COLABORATIVA SERIDA-D GRAL MEDIO NATURAL, VILLAVICIOSA, 25 DE FEBRERO DE 2022

# Jornada de Transferencia de Actividades de Investigación al Sector Apícola

MARIO MENÉNDEZ MIRANDA. Área de Nutrición Pastos y Forrajes. mmiranda@serida.org

LUIS J. ROYO. Área de Nutrición, Pastos y Forrajes. lroyo@serida.org

ROCÍO ROSA GARCÍA. Área de Nutrición, Pastos y Forrajes. rocior@serida.org



Presentación de la jornada. De izquierda a derecha Mamen Oliván, Begoña López y Rocío Huerta.

El SERIDA y la Consejería de Medio Rural y Cohesión Territorial organizaron una Jornada de Transferencia de Actividades de Investigación al Sector Apícola, que tuvo lugar el jueves, 17 de marzo en el salón de actos del Edificio de la Consejería de Hacienda, Oviedo.

El objetivo de esta jornada fue trasladar al sector los principales trabajos de investigación que se desarrollan en el

SERIDA en torno a la apicultura, así como otros aspectos relacionados con la calidad de la miel y las ayudas de la Administración del Gobierno del Principado a la financiación de la producción apícola.

La directora gerente del SERIDA, Mamen Oliván presentó la jornada, que contó asimismo con la intervención de la directora de Desarrollo Rural y Agroalimentación, Begoña López para hablar sobre la protec-





←  
Grupo de investigación  
multidisciplinar del  
SERIDA.

ción de la miel de Asturias como elemento diferenciador de calidad y origen, y con Rocío Huerta, directora general de Ganadería y Sanidad Animal, que expuso las Ayudas del Gobierno del Principado destinadas al sector apícola.

Carmen Díez, entonces jefa del Departamento de Investigación y Servicios Tecnológicos esbozó las líneas de investigación y actividades relacionadas con el sector apícola que desarrolla el SERIDA. A continuación intervinieron los investigadores del grupo multidisciplinar y miembros del Grupo de investigación Nutrición y Sanidad Animal (NySA) del SERIDA. Así, Luis J. Royo, presentó el proyecto "Recuperación del patrimonio genético apícola local (Rescue Bee)", Mario Menéndez, habló sobre el control de calidad en la miel y Rocío Rosa intervino con la ponencia "Vespa velutina y su predación sobre la abeja de la miel".

El encuentro que reunió a un gran número de profesionales y técnicos, y finalizó con un debate donde los asistentes tuvieron la oportunidad de dialogar e intercambiar experiencias con los ponentes acerca de un sector en auge.

Con posterioridad, el 10 junio de 2022 el SERIDA y las asociaciones APIVANA y Stop Velutina Asturias, organizaron la Jornada

de Transferencia de Actividades de Investigación a los Apicultores en el Centro Comercial Valle del Nalón. La jornada contó con la participación de los investigadores Rocío Rosa, Mario Menéndez, Aitor Somoano y Ana del Cerro del Grupo de Investigación en Nutrición y Sanidad Animal del Serida (NySA), permitió reiterar la información aportada en la jornada anterior y concluyó con una sección de preguntas en la que los asistentes pudieron compartir impresiones con los ponentes. ■

↓  
Intervención de los  
ponentes. De izquierda a  
derecha, Carmen Díez,  
Luis J. Royo,  
Mario Menéndez y  
Rocío Rosa.







# XXVIII Xornaes de les Fabes en Villaviciosa

## Jornada Técnica

M<sup>o</sup> DEL PILAR ORO GARCÍA. Jefa del Área de Transferencia y Formación. pilaroro@serida.org  
ANA CAMPA NEGRILLO. Área de Cultivos Hortofrutícolas y Forestales. Programa de Genética Vegetal.

↑  
Acto de inauguración.

La Casa de los Hevia acogió el 18 de marzo la presentación de *Las XXVIII Xornaes de les Fabes de Villaviciosa*, en la que intervinieron el alcalde de Villaviciosa Alejandro Vega; la directora gerente del SERIDA, Mamen Oliván; el presidente de la IGP Faba Asturiana Sergio López, David Fernández de la empresa Gustatio y José Ramón Villa, presidente de la Cofradía de Les Fabes.

Las *XXVIII Xornaes de les Fabes de Villaviciosa*, que se celebraron desde el 22 al 27 de marzo, contaron en esta edición con una Jornada Técnica a cargo del SERIDA, que tuvo lugar el día 24 en la Casa de los Hevia.

Este encuentro con el sector tuvo como objetivo divulgar los trabajos y resul-

tados de investigación que se desarrollan y generan en la entidad en torno al cultivo de la faba, uno de los más tradicionales y arraigados en Asturias.

Juan José Ferreira, responsable del Programa de Genética Vegetal y Ana Campa, investigadora del mismo Programa, ofrecieron dos ponencias, la primera bajo el título *Estrategias para avanzar en la sostenibilidad del cultivo de faba granja asturiana*, en la cual Juan José Ferreira destacó la importancia de las rotaciones de cultivo, el abonado de precisión, la adaptación de las fechas de siembra al cambio climático y la innovación para incrementar los rendimientos. Así mismo, realizó un repaso sobre cómo ha ido evolucionando el cultivo de la faba en los últimos 30 años y cuáles han sido las





principales aportaciones realizadas desde el SERIDA.

Por su parte, Ana Campa presentó la ponencia *Líneas de trabajos de investigación en curso para incrementar la sostenibilidad del cultivo de faba granja asturiana*. El objeto principal de esta ponencia fue acercar la ciencia a la sociedad explicando cuáles son los proyectos vigentes actualmente en el equipo y cuáles son las principales líneas de trabajo que se están desarrollando en este cultivo dentro de un contexto regional, nacional y europeo.

La cita finalizó con una mesa redonda en torno a la faba por parte de la Cofradía de Amigos de Les Fabes, en la cual participaron productores, expertos en turismo y marketing gastronómico.

Por otra parte, en el marco de estas jornadas, durante el fin de semana se celebró el "Mercado de Primavera" con la presencia destacada de productores e instituciones, en torno a la marca "Alimentos del Paraíso". El SERIDA estuvo presente con una muestra de variedades de judía y ofreció información sobre la investigación agroalimentaria. ■

←  
Intervención del  
Dr. Ferreira.

↙  
Intervención de la  
Dra. Ana Campa.

↓  
De izquierda a derecha,  
Mamen Oliván, directora  
gerente del SERIDA,  
Víctor Manuel, cantante  
"Embajador de les Fabes,  
2022" Alejandro Vega,  
alcalde de Villaviciosa y  
Begoña López, directora  
general de Desarrollo  
Rural y Agroalimentación.



# Exposición Los Recursos Genéticos: la conservación de la biodiversidad y el futuro del campo

CARMEN DíEZ MONFORTE. Responsable de Biotecnología Reproductiva del SERIDA. [mcdiez@serida.org](mailto:mcdiez@serida.org)



↑  
Inauguración de la muestra en la Sala de Exposiciones del Centro Municipal Integrado Gijón Sur.

El Convenio de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica (<https://www.cbd.int/convention/>) reconoce que la conservación de la biodiversidad es un interés común que está estrechamente ligado al desarrollo, la salud y el bienestar de las personas, y constituye una de las bases del desarrollo social y económico. La biodiversidad para la Alimentación y la Agricultura incluye los recursos genéticos vegetales (fitogenéticos), animales (zoogenéticos) y microbianos, que contribuyen a la producción agrícola y alimentaria. También el Pacto Verde Europeo (*Green Deal*), hace una fuerte apuesta por la profundización en el conocimiento y valorización de los recursos genéticos.

Durante las últimas décadas, gran parte de la alimentación y aprovechamientos forestales están basados en la explotación de sólo unas pocas especies animales y vegetales, de forma que el número de razas y cultivos y su heterogeneidad han ido descendiendo progresivamente. Las razones de este fenómeno son varias:

- un desarrollo agrícola e industrial que ha conducido a la progresiva unificación de hábitos culturales y alimenticios
- el despoblamiento rural y pérdida de actividad agraria, así como la deslocalización de la producción de alimentos



– la introducción de variedades comerciales mejoradas surgidas de los programas de mejora genética, más uniformes y adaptadas a las técnicas modernas de producción y a los nuevos sistemas de comercialización; estas variedades tienen numerosas ventajas y han conseguido mejorar notablemente la calidad de nuestros alimentos, por lo que es importante que nutran también los bancos/colecciones de germoplasma.

Consecuentemente, hay que mantenerse vigilantes ante el desplazamiento o abandono de variedades locales tradicionales que se encuentran altamente adaptadas a su ambiente local y son poseedoras de una gran diversidad genética.

La conservación y recuperación de las razas ganaderas autóctonas y las variedades locales de frutas, hortalizas, cereales, especies forestales o microorganismos que intervienen en diferentes procesos de elaboración de productos y en la producción agraria, representan una oportunidad para el desarrollo de nuevos productos; además, tienen una incidencia positiva en la rentabilidad de las explotaciones, en un mercado donde cada vez es más importante la diferenciación de la oferta por sus características organolépticas y su asociación a territorios concretos y a manejos sostenibles con el medio ambiente. Así, el reto de presente y futuro no está solo en la recogida y conservación de materiales locales, sino en la exploración de sus posibilidades de aprovechamiento y contribución al sistema productivo, sin olvidar los aspectos medioambientales. En este sentido, la conservación y el uso no deben contemplarse como conceptos independientes e incompatibles, sino como complementarios.

Consciente de todo ello, el SERIDA lleva desarrollando desde hace años una actividad importante en este campo, haciendo de la conservación de la biodiversidad a través de la creación, ampliación y mantenimiento de Bancos y Colecciones de recursos genéticos y de la difusión de su importancia para la sociedad, una de sus líneas de trabajo más importantes.

Entendemos que es fundamental que la sociedad en general, y la asturiana en particular, conozca, valore y colabore en el cuidado de los recursos genéticos, que constituyen no sólo una fuente de materiales con importante valor desde el punto de vista agroalimentario o paisajístico, sino también un legado cultural que refleja la adaptación de los recursos al medio ambiente y su resiliencia ante potenciales situaciones de estrés. Además, estamos firmemente convencidos de que este aprendizaje debe fomentarse ya desde las aulas, concienciando a los alumnos desde las edades más tempranas de la importancia de esta actividad.

Por todos estos factores creemos que es importante transmitir entre la población la importancia de los recursos genéticos, no sólo como una forma de preservar la identidad de nuestros recursos agro, sino también como instrumento para la introducción de mejoras en las producciones. Los recursos genéticos constituyen un patrimonio de gran valor, por lo que es preciso promover, en el ámbito científico, técnico y formativo y en la sociedad una sensibilización sobre su valor y la necesidad de la conservación y uso de los recursos genéticos locales de cada zona, dada además su importancia en la



←  
Cartel publicitario de la exposición.

prestación de una amplia gama de servicios ecosistémicos.

El SERIDA ha organizado durante el año 2022 (mayo-junio) la exposición titulada *Los Recursos Genéticos: la conservación de la biodiversidad y el futuro del campo*, que pretende potenciar la conexión, distribución e intercambio de conocimiento con el público general de una de las actividades más reconocidas del SERIDA, así como de sus principales repercusiones en la vida ciudadana. Los objetivos de la muestra han sido los siguientes:

- 1) Transmitir y fomentar entre la población los conceptos de Biodiversidad y Recurso Genético, así como la importancia de su conservación, caracterización y uso.
- 2) Dar a conocer los diferentes tipos de Recursos Genéticos de interés para la agricultura y la alimentación y sus formas de conservación.
- 3) Divulgar las actividades que realiza el SERIDA en el ámbito de la conservación, caracterización y uso de los Recursos Genéticos.

El formato de la actividad consistió en una exposición itinerante que recorrió los municipios de Gijón (del 16 al 31 de mayo), Grado (del 2 al 15 de junio) y Villaviciosa (del 20 al 30 de junio), y que ha realizado un viaje descriptivo sobre qué son los recursos genéticos y la biodiversidad, su importancia, los diferentes tipos de recursos genéticos, cómo se obtienen y cómo se conservan y cuáles son las actividades de caracterización y evaluación; tipos de bancos/colecciones y otros aspectos a tener en cuenta (infraestructuras, personal especializado, ...). La exposición incluyó:

- Paneles Explicativos
- Vídeos
- Reproducción de “minibancos”
- Realización de visitas guiadas

Y el contenido tuvo la siguiente organización:

- 1) PRESENTACIÓN DE LA EXPOSICIÓN
- 2) LOS RECURSOS GENÉTICOS VEGETALES (FITOGENÉTICOS)
  - a) Colecciones de semillas.
  - b) Colecciones de leñosas.
  - c) Colecciones de especies forestales.
- 3) LOS RECURSOS GENÉTICOS MICROBIANOS
  - a) Colección de Cultivos Autóctonos de origen sidrero del SERIDA.
  - b) Colección de Patología Vegetal del Principado de Asturias.
- 4) RECURSOS GENÉTICOS ANIMALES (ZOOGENÉTICOS)
  - a) Banco de germoplasma de especies domésticas en riesgo de desaparición del Principado de Asturias.
  - b) Banco de tejidos y de ADN del SERIDA.

La exposición ha sido financiada por la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, a través del proyecto FC-20-16490, aprobado en la convocatoria de ayudas para el fomento de la cultura científica, tecnológica y de la innovación (año 2020), y ha contado con la colaboración de los Ayuntamientos de Gijón, Grado y Villaviciosa, que cedieron los espacios municipales donde se instaló la muestra: Centro Municipal Integrado Gijón Sur, Casa de la Cultura de Grado y Casa de los Hevia, respectivamente.

La exposición ha recibido la vista de 2.000 personas y, una vez finalizado el periodo de vigencia del proyecto, tiene prevista su continuidad en la Feria Internacional de Muestras de Asturias (Gijón, del 6 al 21 de agosto) y en la Feria del Campo y de las Industrias Agrícolas, Ganaderas, Forestales y Pesqueras AGROPEC (Gijón, 23-25 de septiembre). Además, a partir del otoño la muestra iniciará un recorrido por diferentes ayuntamientos asturianos. ■

# Nuevos proyectos de I+D+i

## Área de Sistemas de Producción Animal

**Detección temprana de defectos de calidad en la carne de vacuno: análisis del papel de los procesos celulares y metabólicos en la calidad final y su monitorización mediante tecnología NIRS (Espectroscopía de Infrarrojo cercano).**

**Entidad financiadora:** Agencia Estatal de Investigación

**Referencia:** PID2021-123933OR-C31

**Investigadores Principales:** Dras. M<sup>a</sup> Carmen Oliván García y Verónica Sierra Sánchez

**Cantidad concedida:** 160.204 €

**Duración:** 2022-2024

**Descripción:** El objetivo de BEEFs-360° es identificar y validar biomarcadores asociados a los procesos biológicos que ocurren en el tejido muscular *post-mortem* y que pueden ocasionar la aparición de defectos de calidad de la carne con impacto negativo tanto a nivel económico para la industria cárnica como en la percepción del consumidor, que rechaza productos basándose solo en la apariencia y ocasionando un grave problema de desperdicio de alimentos.

Los objetivos específicos del proyecto son:

- Estudiar la frecuencia, características y factores de manejo que provocan defectos de calidad de la carne en diferentes regiones de España.
- Comprender los procesos celulares y metabólicos asociados a la calidad de la carne.
- Detectar y validar biomarcadores -ómicos de calidad innovadores, fiables y sensibles.
- Analizar el efecto del envasado sobre los defectos de calidad y la percepción del consumidor a lo largo del proceso de comercialización y durante toda su vida útil.
- Digitalizar la detección, y monitorización de los principales defectos de la carne de vacuno mediante el uso de tecnologías basadas en la espectroscopía de infrarrojo cercano (NIRS) que permitan la toma de decisiones de forma temprana en la cadena productiva.
- Desarrollo de un método analítico eficaz, asequible, sostenible y de uso sencillo para la evaluación temprana de la calidad de carne de vacuno que permita reducir el rechazo por parte de los consumidores y en consecuencia el desperdicio de alimentos.

BEEFs360° se realizará mediante tres subproyectos en los que participan además del SERIDA, la Asociación de Investigación de Industrias Cárnicas (ASINCAR), y los organismos de investigación IATA, CSIC, CICYTEX y UNEX. El proyecto cuenta también con la colaboración de personal técnico de algunas de las principales empresas del sector cárnico nacional (Cárnicas Medina, Alimerka, Encinar de Humienta y Xata Roxa). Los resultados de este proyecto permitirán desarrollar herramientas para la detección temprana de la calidad de la carne asequibles y de fácil transferencia a la industria y que permitirán reducir el desperdicio alimentario de acuerdo a la estrategia “de la granja a la mesa”.

## Área de Sanidad Animal

**Nuevas herramientas de identificación y caracterización de animales tolerantes a la paratuberculosis bovina mediante proteómica y un modelo in vitro de la mucosa intestinal**

**Entidad financiadora:** Agencia Estatal de Investigación

**Referencia:** PID2021-122197OR-C22

**Investigador Principal:** Dra. Rosa Casais Goyos

**Cantidad concedida:** 193.600 €

**Duración:** 2022-2024

**Descripción:** La paratuberculosis bovina (PTB) es una enteritis granulomatosa crónica, provocada por *Mycobacterium avium* subsp. Paratuberculosis (MPA), responsable de importantes pérdidas económicas en los rebaños lecheros de todo el mundo, debido a la disminución de la producción de leche, el aumento de los costes de gestión y el sacrificio prematuro o muerte por enfermedad clínica. Se han desarrollado varios programas de control de la PTB basados en la vacunación y el saneamiento, pero la PTB sigue siendo un desafío. En tal contexto el proyecto trata de identificar y seleccionar ganado capaz de tolerar la enfermedad, sin que su salud y la producción de leche se puedan ver comprometida.

En este proyecto se utilizarán estrategias innovadoras (análisis proteómico de muestras de suero y tejido intestinal), que tienen el potencial de identificar biomarcadores asociados con diferentes fenotipos de tolerancia a la PTB. Se estudiarán dos grupos de tolerancia: (i) animales con lesiones multifocales y (ii) animales con carga de MPA sin lesiones en sus tejidos intestinales. Los biomarcadores identificados serán validados midiendo sus niveles de expresión mediante ELISAs específicos y análisis inmunohistológico de muestras de referencia. El biomarcador con mejor rendimiento será seleccionado para el desarrollo de una plataforma de detección tipo *point of care*, un biosensor químico, óptico y de bajo coste.

## Área de Nutrición, Pastos y Forrajes

**Desarrollo de una plataforma genérica basada en nanopartículas para la identificación de ácidos nucleicos en la industria láctea: Autenticación de la leche ecológica**

**Entidad financiadora:** Agencia Estatal de Investigación

**Referencia:** PID2021-1260100R-100

**Investigador Principal:** Dres. Mario Menéndez y Luis J. Royo

**Cantidad concedida:** 169.400 €

**Duración:** 2022-2025

**Descripción:** El proyecto desarrollará herramientas para el análisis rápido y a bajo coste de biomarcadores (miRNA o ADN bacteriano) que diferencian la leche obtenida bajo diferentes formas de producción. Potenciará así el valor de los productos lácteos ecológicos, buscando la trazabilidad con el fin de contribuir a revalorizar dichos pro-





ductos mejorando su posicionamiento en el mercado y potenciando la supervivencia de este tipo de ganadería sostenible.

Objetivos específicos:

- “Desarrollo de nanobiosensores”. Desarrollar tecnologías novedosas (Biosensor basado en nanopartículas, como plataforma genérica) para la detección y cuantificación de Ácidos Nucleicos de forma sencilla y a bajo coste en leche.
- “Búsqueda de biomarcadores”. a/ Estudiar cómo los sistemas de producción ecológica modifican tanto la regulación epigenética de la glándula mamaria bovina a través de los miRNA como el microbioma de la leche cruda; b/ Buscar miRNA dietéticos y bacterias transversales en la leche cruda.
- “Del laboratorio a la granja”. Explorar la portabilidad y las capacidades de análisis multiparamétrico.
- “Traslado del conocimiento científico al sector agrícola” Validación de la metodología desarrollada para caracterizar la leche ecológica. Este proyecto permitirá potenciar el valor de mercado de los productos lácteos producidos en explotaciones ecológicas sostenibles. También permitirá mejorar los métodos de diagnóstico de ácidos nucleicos en general.

## Área de Cultivos Hortofrutícolas y Forestales

### Programa de Genética Vegetal

**Análisis genéticos para incrementar los conocimientos y herramientas para la mejora genética y sostenibilidad del cultivo de judía común.**

**Entidad financiadora:** Agencia Estatal de Investigación

**Referencia:** PID2021-123919OB-100

**Investigador Principal:** Dres. Juanjo Ferreira (IP1) y Ana Campa (IP2)

**Cantidad concedida:** 136.730 €

**Duración:** 2022-2025

**Descripción:** La UE promueve la transición de una agricultura convencional hacia una agricultura orgánica o ecológica. En este sentido, la **mejora genética vegetal** tiene un papel relevante a través del desarrollo de nuevas variedades adaptadas a desafíos específicos y permitiendo el desarrollo de cultivos más sostenibles. La mejora genética actual es una mejora de precisión que se basa en el conocimiento para acelerar el desarrollo de nuevos cultivares. Las legumbres también tienen un papel importante en esta transición hacia sistemas agrícolas más sostenibles, ya que aportan grandes beneficios ambientales, mejorando la calidad de los suelos, y sociales, ya que son una importante fuente de proteínas y minerales. La judía común (*Phaseolus vulgaris* L.) es una de las leguminosas más importantes que se cultiva ampliamente en todo el mundo. La judía es además considerada como cultivo objetivo en los programas de biofortificación para el control de la alimentación humana global. La Península Ibérica cuenta con una importante producción de judía, sin embargo son numerosos los factores bióticos y abióticos que pueden provocar pérdidas en la producción. La antracnosis y la mancha angular son dos enfermedades comunes en el cultivo local.

El objetivo principal de este proyecto es obtener nuevos conocimientos, conectando los fenotipos, genotipo y genoma, así como obtener herramientas para acelerar los programas de mejora de esta especie y la sostenibilidad del cultivo.

Objetivos específicos:

- Mapeo de características morfológicas y químicas para utilizar en la mejora genética.
- Aproximación a los genes candidatos implicados en la respuesta a la antracnosis.
- Análisis genético a la respuesta a la mancha angular e introgresión de la resistencia en Faba Granja.
- Análisis del efecto del manejo orgánico y convencional sobre la calidad de la semilla de judía.

Se utilizará una combinación de metodologías como fenotipado y genotipado de alto rendimiento, análisis genético de ligamiento, mapeo de QTL, estudio de asociación de todo el genoma (GWAS), análisis segregante masivo (BSA-seq), pruebas de resistencia, selección asistida por marcadores y análisis de genes expresados diferencialmente (RNA-seq) Se espera que los resultados obtenidos en esta propuesta den lugar al desarrollo de nuevas variedades y aporten información que favorezca la transición de un cultivo convencional hacia un cultivo más sostenible.

### Programa Forestal

**Resiliencia del castaño europeo, *Castanea sativa* Mill, a la plaga de la avispa, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (ReCEPA)**

**Entidad financiadora:** Agencia Estatal de Investigación

**Referencia:** PID2021-126139OR-100

**Investigador Principal:** Dra. Isabel Feito Díaz

**Cantidad concedida:** 96.800 €

**Duración:** 2022-2024

**Descripción:** La prospección, selección y promoción de los recursos genéticos que muestren resistencia a las plagas son opciones de lucha sostenibles utilizadas en todas las especies vegetales de interés. Por el origen de la plaga, los ejemplares resistentes más destacados son híbridos que incorporan el castaño asiático, una opción que se sigue usando en la lucha contra la avispa del castaño (*Dryocosmus kuriphilus*). El objetivo principal de este proyecto es definir el modelo de respuesta de los ejemplares locales de *C. sativa* resistentes a la plaga de la avispa (*D. kuriphilus*): antibiosis o tolerancia, según repelan, inhiban su desarrollo o muestren mecanismos de compensación que minimicen las pérdidas que genera.

Los objetivos específicos que se plantean son:

- Caracterizar fisiológicamente la interacción hospedador-plaga en el modelo definido como antibiosis, ya que se produce la muerte del insecto, en híbridos de *C. sativa* x *C. crenata*.
- Seleccionar, evaluar y definir los modelos de respuesta de *C. sativa* locales resistentes. Se prospectarán 61 parcelas permanentes, una de ellas orientada a ser un futuro huerto semillero.
- Identificación de especies e híbridos naturales mediante marcadores moleculares y morfométricos. Se identificarán y agruparán genotípicamente los castaños seleccionados por su resistencia a (*D. kuriphilus*) en función de los análisis moleculares a realizar.
- Iniciar la transferencia para promover la resistencia de *C. sativa* frente a *D. kuriphilus* para considerarlos potenciales ejemplares a incorporar a un futuro huerto semillero clonal. ■



# Tesis y seminarios

## Tesis doctorales



**Biología de la floración y requerimientos agroclimáticos de cultivares de manzana de sidra (*Malus domestica* Borkh.) de Asturias en un contexto de cambio climático**

**Autor:** Álvaro Delgado Delgado

**Año:** 2022

**Director:** Dr. Enrique Dapena de la Fuente (SERIDA)

**Lugar de presentación:** Universidad de Oviedo

El manzano (*Malus domestica* Borkh.), al igual que la mayoría de las especies leñosas perennes originarias de climas fríos, pasa los meses de invierno en una fase de letargo invernal o dormancia que le permite sobrevivir a las condiciones climáticas desfavorables (Campoy et al., 2011; Faust et al., 1997; Saure, 1985). Para romper la dormancia deben satisfacerse unos requerimientos climáticos específicos de cada variedad. Una inadecuada salida de la dormancia se traduce en una escasa brotación y una floración irregular que repercute negativamente en la producción (Erez, 2000; Sunley et al., 2006). Debido a que el letargo se caracteriza por la ausencia de cambios fácilmente observables en las yemas u otras estructuras del árbol, la identificación de las fases de acumulación de frío y calor sigue siendo difícil de abordar de forma satisfactoria (Fadón et al., 2020).

Asturias (noroeste de España) tiene una larga tradición en el cultivo de manzano y la producción se sustenta en gran medida en variedades locales de manzana de sidra. Hasta la fecha, las consecuencias negativas de una insuficiente acumulación de frío invernal en las plantaciones comerciales de la región

han sido escasas. Sin embargo, existen numerosos estudios científicos que afirman que las temperaturas están aumentando en todo el mundo (Cook et al., 2016) y se espera que estos cambios puedan desencadenar graves consecuencias ambientales y biológicas (IPCC, 2014). Uno de los principales objetivos de esta tesis es conocer si las variedades procedentes de Asturias y actualmente adaptadas a las condiciones ambientales de la zona seguirán siendo adecuadas en el futuro. El conocimiento de los requerimientos de temperatura de las variedades tiene una notable importancia práctica (Fennell, 1999) para científicos y productores, ya que el frío invernal puede disminuir como consecuencia del calentamiento global en muchas zonas del planeta (Luedeling et al., 2011).

La presente tesis doctoral tiene como objetivo conocer los requerimientos agroclimáticos de las variedades locales de manzano, así como la disponibilidad de frío invernal en Asturias en el futuro. Para ello, en primer lugar, la tesis se centra en cómo los cambios en la acumulación de frío y calor han afectado a la fenología de las variedades de manzano en la región. En segundo lugar, este trabajo ha evaluado los impactos del cambio climático en la disponibilidad de frío invernal durante el siglo XXI con el objetivo de elegir las variedades de manzano más adecuadas para la región. En tercer lugar, este trabajo pretende mejorar el conocimiento de varios caracteres relacionados con la floración de una amplia colección de variedades de manzano seleccionadas por el Programa de Investigación de Fruticultura del SERIDA, con el fin de gestionar de una manera más eficaz las variaciones interanuales en la polinización. Esta tesis está organizada en cuatro capítulos que corresponden a cuatro artículos científicos.

En esta tesis, se determinaron experimental y estadísticamente las necesidades de frío y calor de un conjunto de variedades locales de manzano. Los estudios sugieren que la metodología utilizada para estimar las necesidades agroclimáticas tiene un impacto significativo en los resultados. Sin embargo, ambos enfoques mostraron que la mayoría de las variedades de manzano asturianos tienen unas necesidades de frío medias a altas.

De acuerdo con los escenarios futuros, Asturias no experimentará una disminución elevada del frío invernal a lo largo del siglo XXI. Sin embargo, las proyecciones para un escenario pesimista muestran un riesgo elevado de que variedades con elevadas necesidades de frío no alcancen sus requerimientos de frío después del 2070. Dado que se esperan 72 porciones de frío en el peor escenario, el desarrollo de estrategias de adaptación parece bastante factible para la industria frutícola. Este trabajo afirma que la opción de adaptación más prometedora

es hacer coincidir las necesidades agroclimáticas de las variedades con las condiciones climáticas locales.

La mayoría de las variedades de manzano son autoincompatibles, por lo que el periodo de floración, la compatibilidad genética y la viabilidad del polen son de vital importancia para producir rendimientos aceptables. La caracterización fenotípica de la colección de variedades del Programa de Investigación de Fruticultura del SERIDA demostró que existe una gran variabilidad fenotípica en caracteres relacionados con la biología floral. Varias variedades presentan un largo periodo de floración, un elevado nivel de retorno de la floración y producen abundantes cantidades de polen viable. Algunos de los mejores polinizadores son las nuevas obtenciones del programa de mejora 'X9406-11', 'Perurico' y 'Raxila Dulce', 'Raxona Dulce' y 'Raxona Acida'. En general, se espera que los resultados y métodos desarrollados en esta tesis sean de utilidad en el proceso de obtención de variedades que sigan siendo viables en un futuro más cálido. Además, las metodologías presentadas en este trabajo pueden ser fácilmente implementadas por institutos de mejora genética de frutales de todo el mundo.



**Estrategias de control de enfermedades micobacterianas**

**Autor:** Cristina Blanco Vázquez

**Año:** 2022

**Director:** Dras. Rosa Casais Goyos (SERIDA), Ana M<sup>a</sup> Balseiro Morales (Universidad de León)

**Lugar de presentación:** Universidad de León

La tuberculosis (TB), enfermedad zoonótica por excelencia, y la paratuberculosis (PTB), cuyo agente causal presenta potencial zoonótico, son enfermedades micobacterianas que, por su importancia desde el punto de vista económico y de la salud pública, constituyen el objeto de esta Tesis Doctoral.

En general, para el control de una enfermedad existen cinco estrategias que incluyen el tratamiento, la mejora genética, la vacunación, la adopción de medidas higiénico-sanitarias y de manejo y el saneamiento. Tres de esas estrategias se tratan en esta Tesis Doctoral a través de dos Capítulos; el primero (Capítulo I) se centra en las estrategias de toma de medidas higiénico-sanitarias, de manejo y bioseguridad y vacunación; y el Capítulo II, en el desarrollo de nuevos test diagnósticos de aplicación al saneamiento, entendido este último como el diagnóstico de la enfermedad y la retirada de los animales positivos.

El Capítulo I, a su vez, consta de dos subcapítulos. El Capítulo I.1. investiga si el tejón europeo (*Meles meles*) es relevante como hospedador de mantenimiento o reservorio de la TB en ambientes atlánticos, con el fin de evaluar la eficacia de posibles medidas de control de la enfermedad (vacunación) en el Capítulo I.2. Los resultados obtenidos indican que existe una asociación espacio-temporal de la enfermedad entre el tejón y el ganado bovino, además de una transmisión interespecífica, puesta de manifiesto mediante técnicas bacteriológicas y moleculares. Por consiguiente, el tejón debe considerarse una especie silvestre relevante bajo ciertas circunstancias en cuanto al mantenimiento de la TB, como sucede con ungulados silvestres como el jabalí o el ciervo en ambientes mediterráneos. En este sentido, la monitorización sanitaria del tejón se debe incluir en los planes de vigilancia de TB en la fauna silvestre, donde nuevas técnicas de diagnóstico, como el ensayo por inmunoabsorción ligado a enzimas (ELISA) basado en el derivado proteico p22, ha demostrado ser muy útil y más sensible y rápido que el cultivo bacteriológico.

A su vez, y como parte de las actuaciones a llevar a cabo sobre la fauna silvestre en materia de TB, ha de considerarse la estrategia de vacunación. En el Capítulo I.2. se ha estudiado la respuesta inmune inducida a nivel local de dos candidatos vacunales: la vacuna viva atenuada bacilo de Calmette-Guérin (BCG) y la vacuna *Mycobacterium bovis* inactivada por calor (HIMB). Un hallazgo relevante es que HIMB induce una mayor respuesta inmune humoral que predominaría sobre la respuesta celular.

Por su parte, el Capítulo II de esta Tesis se compone de tres subcapítulos cuyo objetivo radica en la búsqueda de nuevas herramientas diagnósticas sensibles y específicas, capaces de diagnosticar bovinos en distintos estadios de la PTB. Estos tres estudios están fundamentados en el trabajo de Alonso-Hern y cols. (2019) en el que se identificaron mediante RNA-Seq (secuenciación masiva

del transcriptoma completo) numerosos genes expresados diferencialmente (ED) en sangre completa y válvula ileocecal (VIC) de bovinos con distintos tipos de lesiones histológicas a nivel intestinal y animales control sin lesiones. Las proteínas codificadas por estos genes ED constituyen candidatos a biomarcadores de diagnóstico de la enfermedad, teniendo especial interés los biomarcadores capaces de detectar infecciones subclínicas.

Así, el Capítulo II.1. investiga, en base a los resultados del análisis transcriptómico, el potencial de ELISAs basados en la detección de cinco proteínas candidatas a biomarcadores de diagnóstico. Entre estas proteínas, el transportador de casetes de unión al ATP, miembro 13 de la subfamilia A (ABCA13) y la metaloproteínasa de matriz extracelular 8 (MMP8), por su función biológica y su alta precisión diagnóstica para detectar bovinos con lesiones de PTB de tipo focal y difusa, respectivamente, parecen presentar potencial para ser considerados biomarcadores diagnósticos de la PTB.

Como continuación de este estudio, el Capítulo II.2. trata de confirmar dicha afirmación con la validación a gran escala de los ELISAs basados en la detección de ambas proteínas, confirmando que el ELISA basado en la detección de la proteína ABCA13 constituye una nueva técnica diagnóstica más sensible que los métodos de diagnóstico convencionales para detectar infecciones subclínicas, mientras que se descarta el empleo de la MMP8 como biomarcador para el diagnóstico de la PTB. Además, al comparar el rendimiento diagnóstico del ELISA basado en la detección de ABCA13 y el de otros métodos diagnósticos convencionalmente empleados, aplicando el modelo de simulación dinámica a 20 años desarrollado por Juste y Casal (1993), se comprobó que el empleo del ELISA basado en ABCA13 permitiría la erradicación de la PTB en menos de la mitad del tiempo necesario para hacerlo con el ELISA de IDEXX y el aislamiento bacteriológico y PCR a tiempo real en muestras de heces. A pesar de que la ratio beneficio/coste del empleo del ELISA basado en ABCA13 calculado a 20 años disminuyó entre un 8% y un 54% en comparación con la ratio calculada para el ELISA convencional de IDEXX, esta técnica ofrece una nueva alternativa a los ganaderos y gestores de sanidad animal para ayudar a controlar rápidamente cualquier brote de PTB.

De manera similar, el Capítulo II.3. analiza el uso potencial de la intelectina 2 (ITLN2), como posible biomarcador *post mortem* de la infección.

En definitiva, los trabajos llevados a cabo a lo largo de estos cuatro años se recogen en cinco publicaciones científicas que conforman los capítulos de "Metodología y Resultados" presentados en esta Tesis Doctoral y, que constituyen un documento único sobre avances en las estrategias de control de la TB y PTB, enfermedades micobacterianas que, dadas sus graves repercusiones a nivel mundial, precisan de un correcto y completo abordaje para su adecuado control.

## Trabajo Fin de Grado



### Ectoparasitos asociados a poblaciones de rata topera (*Arvicola scherman*) en la Cornisa Cantábrica

**Autor:** Xana García Fernández

**Año:** 2022

**Director:** Dres.: Andrés Arias Rodríguez (Universidad de Oviedo), Aitor Somoano García (SERIDA)

**Lugar de presentación:** Universidad de Oviedo

La rata topera *Arvicola scherman* causa graves pérdidas agrícolas en Asturias, y su presencia puede suponer un riesgo importante para la salud debido a su papel como reservorio de enfermedades zoonóticas, siendo endémica para esta región la borreliosis de Lyme. Se sabe que los agentes causales de estas enfermedades son transmitidos principalmente por garrapatas, sin embargo, otros artrópodos hematófagos podrían jugar un papel importante como vectores. Para abordar este tema, los artrópodos ectoparasitos de 100 ejemplares de *Arvicola scherman* fueron estudiados, identificándose un total de 2.979 individuos pertenecientes a 19 taxones, mediante claves taxonómicas y análisis de secuenciación mediante la amplificación de los marcadores COI y 28S. La especie más abundante resultó ser *Laelaps muris* (32%), seguida de *Hyperlaelaps microti* (19%), *Laelaps* sp. (9%) y *Haemogamasus* spp. (5%). Otras especies hematofagas menos abundante fueron identificadas (*Eulaelaps stabularis*, *Haemogamasus nidi*, *Haemogamasus hirsutus*, *Ixodes ricinus*, *Macrocheles* spp., especies del género *Laelaps*, y ejemplares correspondientes a Parasitinae) así como no hematofagas, siendo el género más abundante *Listrophoridae*. Se observó una variación en la parasitación a lo largo del año ( $H' = 15,999$ ;  $p < 0,01$ ), siendo mayor en invierno. Finalmente, dada la elevada abundancia a lo largo de todo el año de algunos grupos, se plantean estudios de prevalencia de *Borrelia burgdorferi* s.l. en las especies con mayor representación. ■



# Publicaciones

## LIBROS

### Memoria de Actividades del SERIDA 2021

Año: 2022  
 Edita: SERIDA  
 [Online]  
<http://www.serida.org/publicacionesdetalle.php?id=8388>

La Memoria SERIDA 2021 recoge información de los proyectos de I+D+i, de la labor contractual y relacional con otros organismos, agentes, instituciones y empresas, así como de las actividades científicas, técnicas, divulgativas, promocionales y de formación desarrolladas por la entidad durante el año.

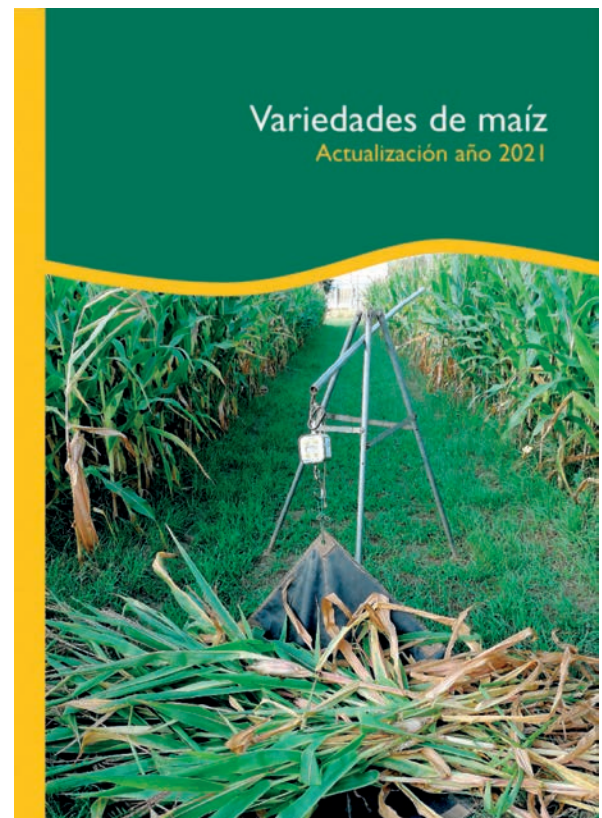


## FOLLETOS

### Variedades de maíz. Actualización año 2021

Alfonso Carballal Samalea  
 Consuelo González García  
 Isabel Piñeiro Sierra  
 Natalia Martínez Borrajo  
 Cristina Cueto Álvarez  
 Adela Martínez Fernández  
 Año: 2022  
 Edita: SERIDA, Consejería de Medio Rural y Cohesión Territorial  
 [Online] <http://www.serida.org/pdfs/8299.pdf>

La publicación presenta los datos actualizados de evaluación de variedades de maíz realizadas por el SERIDA, los criterios recomendados para elegir las más adecuadas a cada explotación, así como la metodología empleada en la evaluación de variedades de maíz para silo. Los resultados se presentan en tres listas para cada una de las cuatro zonas edafoclimáticas de Asturias, que son aptas para el cultivo del maíz forrajero: zona costera occidental, costera oriental, interior alta e interior baja.



# LOS RECURSOS GENÉTICOS

La conservación de nuestra biodiversidad y el futuro del campo

La ciencia y los recursos genéticos: un seguro de vida para la sociedad del futuro

