



Tecnología Agroalimentaria

Boletín informativo del SERIDA

Número 21 - 2018

Control plagas manzano ■ Aves insectívoras en pumaradas de sidra ■ Faba asturiana y cambio climático
Fermentación sidras de hielo ■ Levaduras autóctonas ■ La fiebre Q ■ III Festival arándano y frutos rojos



SUMARIO

Tecnología Agroalimentaria - SERIDA

Número 21 • 2018

Actualidad

- 2** **Control de plagas del manzano de sidra por aves silvestres**
Daniel García García
Marcos Miñarro Prado
Rodrigo Martínez Sastre
Rocío Peña García

Información agrícola

- 10** **Biodiversidad de aves insectívoras en pumaradas de sidra**
Daniel García García
Marcos Miñarro Prado
Rodrigo Martínez Sastre
- 17** **Biodiversidad de polinizadores en el manzano de sidra**
Marcos Miñarro Prado
Daniel García García
Rodrigo Martínez Sastre
- 25** **El cultivo de la faba asturiana frente el cambio climático: adaptación de la fecha de siembra**
Juan José Ferreira
Ester Murube Torcida
Ana Campa Negrillo

- 30** **Fabas con crecimiento determinado o indeterminado trepador**
Juan José Ferreira
Ana Campa Negrillo

Información forestal

- 34** **Asociación sostenible entre el castaño y el porcino autóctono del tronco celta**
Marta Ciordia Ara
Alejandro Argamentería Gutiérrez
Begoña de la Roza-Delgado

Información ganadera

- 43** **La producción de cebón con razas bovinas asturianas aprovechando pastos de montaña**
Alicia Román Trufero
Rafael Celaya Aguirre
Antonio Martínez Martínez
Valentín García Prieto
Koldo Osoro Otaduy
- 53** **La fiebre Q: qué es, qué importancia tiene en Asturias y qué medidas de control pueden realizarse en las explotaciones ganaderas**
Alberto Espí Felgueroso



2



17



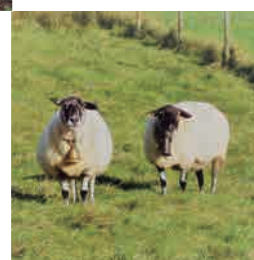
30



34



43



58

53

Tecnología de los alimentos

58 Fermentaciones de sidras de hielo: levadura autóctona vs levaduras comerciales

Rosa Pando Bedriñana
Anna Picinelli Lobo
Belén Suárez Valles

64 Levaduras autóctonas de origen sidrero para la elaboración de cerveza

Roberto Rodríguez Madrera
Rosa Pando Bedriñana
Belén Suárez Valles

Actividades de transferencia

69 III Festival del Arándano y Frutos Rojos de Asturias III Jornadas Técnicas del Cultivo y Comercialización del Arándano

Guillermo García González de Lena
Juan Carlos García Rubio
M^a del Pilar Oro García

Cartera de proyectos

72 Nuevos proyectos de I+D+I

Catálogo de convenios

75 Nuevos convenios, contratos y acuerdos

Tesis y Seminarios

76 Tesis doctorales Trabajos Fin de Máster Trabajos Fin de Grado

Publicaciones

80 Libros y folletos



69



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: Ramón Juste Jordán, Carmen Díez Monforte y M^a del Pilar Oro García

Coordinación editorial: M^a del Pilar Oro García

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

Sede central: Apdo. 13. 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.



Control de plagas del manzano de sidra por aves silvestres

DANIEL GARCÍA GARCÍA. Departamento Biología de Organismos y Sistemas. Unidad Mixta de Investigación en Biodiversidad. Universidad de Oviedo. danielgarcia@uniovi.es

MARCOS MIÑARRO PRADO. Área de Cultivos Hortofrutícolas y Forestales. Programa de Investigación en Fruticultura. mminarro@serida.org

RODRIGO MARTÍNEZ SASTRE. Área de Cultivos Hortofrutícolas y Forestales. Programa de Investigación en Fruticultura. rmsastre@serida.org

ROCÍO PEÑA GARCÍA. Departamento Biología de Organismos y Sistemas. Unidad Mixta de Investigación en Biodiversidad. Universidad de Oviedo. rocpengar@gmail.com

Mediante experimentos de campo, demostramos el importante papel de las aves insectívoras como predadores de artrópodos del manzano de sidra de Asturias. La presencia de aves en las pumaradas reduce notoriamente la cantidad y el daño de insectos plaga en el manzano. Eso sucede incluso teniendo en cuenta que algunos de los artrópodos consumidos por las aves son, a su vez, potenciales predadores de las plagas. Aves y artrópodos auxiliares actúan, en cualquier caso, de forma aditiva y complementaria sobre las plagas del manzano. La biodiversidad animal en las pumaradas asturianas proporciona, por tanto, un notorio servicio ecosistémico de control biológico de plagas.



Carbonero común depredando insectos en una pumarada.

Foto © Marcos Miñarro

Las aves insectívoras silvestres son tradicionalmente consideradas como beneficiosas para la agricultura, al depredar sobre invertebrados herbívoros (moluscos, insectos, etc.) que resultan dañinos para las plantas de cultivo. Este papel de control biológico de plagas determina

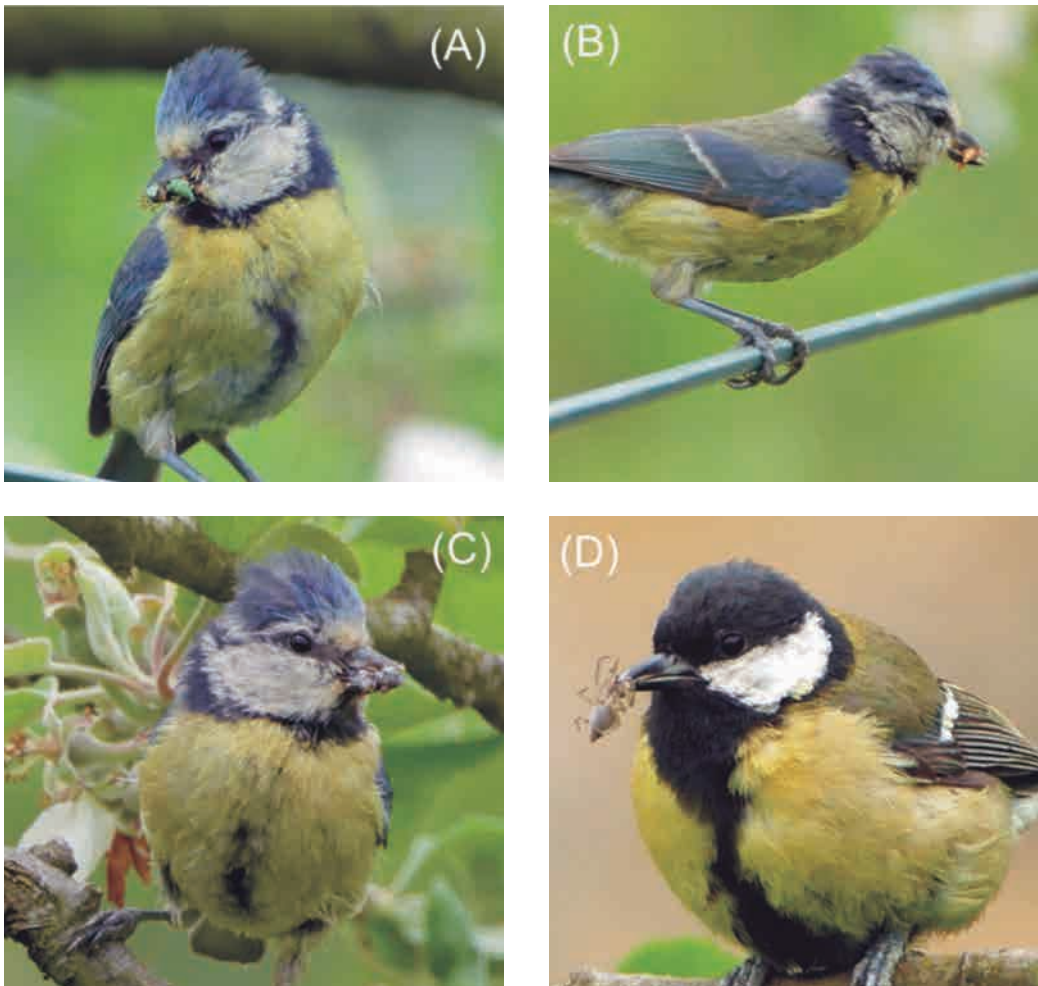
que la función ecológica proporcionada por la biodiversidad de aves se clasifique como un servicio ecosistémico (Whelan et al., 2008). Investigaciones recientes (García et al., 2018) subrayan la alta diversidad de aves insectívoras de las pumaradas de Asturias, pero ¿ejercen estas

aves un control efectivo sobre las poblaciones de artrópodos que viven sobre el manzano de sidra? Para tener una primera idea acerca de esta cuestión, podemos visitar una pumarada con cajas-nido para aves, y observar a los pájaros adultos cuando ceban a sus polluelos (Figura 1). Nos sorprenderá la altísima frecuencia con la que, por ejemplo, herrerillos y carboneros aportan alimento al nido y, sobre todo, nos resultará llamativa la variedad de sus presas (Figura 1A-C), que incluye importantes plagas del manzano, como pulgones o gorgojos de la flor (Miñarro et al., 2011). Sin embargo, también notaremos que las aves consumen artrópodos auxiliares, como arañas o tijeretas (Figura 1D), también enemigos naturales de las mencionadas plagas (Miñarro et al., 2011). ¿Cuál es, entonces, el efecto final de las aves sobre las plagas del manzano? En este artículo, respondemos esta pregunta partiendo de la teoría ecológica sobre redes tróficas y exponiendo resul-

tados de experimentos que permiten cuantificar, de forma precisa, el efecto de las aves sobre los artrópodos (García et al. 2018). Así mismo, distinguimos experimentalmente el papel de aves y artrópodos auxiliares como enemigos naturales de plagas del manzano (Miñarro y García, 2018).

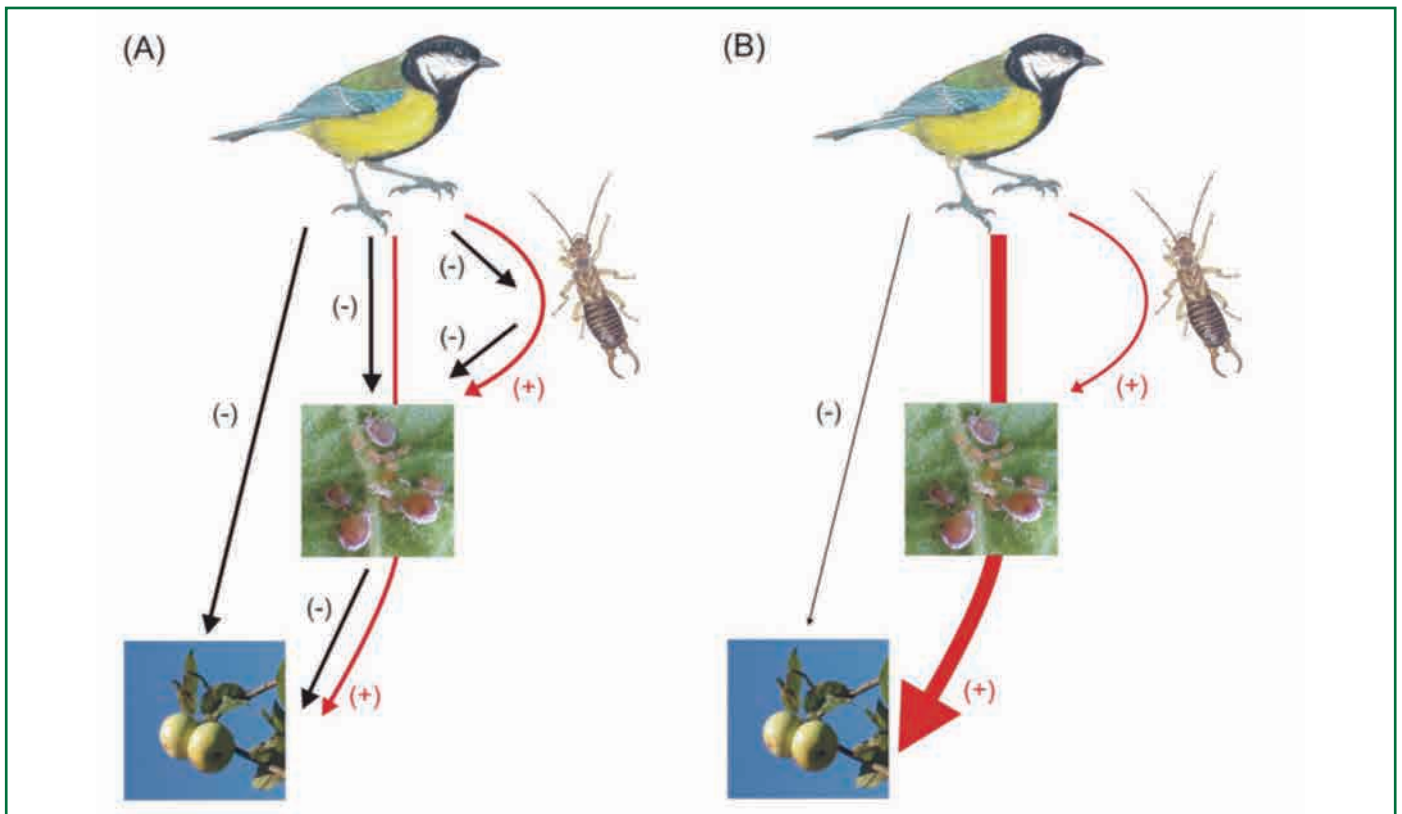
Las aves como controladoras de plagas: una visión basada en las redes tróficas

Para entender el efecto de las aves insectívoras sobre el manzano, necesitamos situar a aves y manzano en los niveles extremos de una red trófica donde plagas y artrópodos auxiliares ocupan posiciones intermedias (Maas et al., 2016; Whelan et al., 2016). La red representa cómo los organismos de un nivel, a través de la depredación y el consumo, pueden disminuir la abundancia de los



←
Figura 1.-Ejemplos de depredación de aves sobre artrópodos, tanto perjudiciales como beneficiosos para el manzano de sidra.
 A) herrerillo común (*Cyanistes caeruleus*) con curculiónidos verdes (*Polydrusus formosus*);
 B) herrerillo común con larva del gorgojo de la flor del manzano (*Anthonomus pomorum*);
 C) herrerillo común con pulgones cenicientos (*Dysaphis plantaginea*);
 D) carbonero común (*Parus major*) con araña.

Fotos © Marcos Miñarro.



↑
Figura 2.—Representación de red trófica incluyendo, como distintos niveles, el manzano, sus plagas, los artrópodos predadores de plagas (p.ej., tijereta *Forficula auricularia*) y las aves (p.ej., carbonero común *Parus major*).

A) Esquema teórico señalando, en negro, las interacciones directas, de efecto negativo (en cuanto que el aumento de actividad del nivel superior impacta negativamente en el inferior) y, en rojo, las interacciones indirectas, de efecto positivo (por concatenación de efectos negativos a través de un nivel intermedio).

B) La misma red que en A) subrayando los efectos globales principales observados en el manzano de sidra, y con grosos de flecha proporcionales a la importancia de cada efecto.

Fotos © Marcos Miñarro.
 Dibujos © Daniel García.

del nivel inmediatamente inferior (Figura 2A). Llamamos a estas relaciones de consumo “interacciones directas”, y les asignamos un signo negativo para representar que su efecto lleva a una *reducción* de la abundancia. Por ejemplo, tanto las aves como los artrópodos auxiliares son capaces de reducir las poblaciones de insectos herbívoros pueden disminuir la producción de manzana. También podemos pensar en una interacción directa entre aves y manzano, cuando estas picotean el fruto en otoño. Por otra parte, las aves actuarían como predadores apicales, situados en el vértice de la red, capaces de atacar no sólo a las plagas sino también a los artrópodos auxiliares. Como consecuencia de esa complejidad, en la red surgen “interacciones indirectas” entre aquellos niveles relacionados entre sí a través de otro nivel intermedio (flechas rojas, Figura 2A). Una interacción indirecta sería, por ejemplo, la influencia de las aves en el manzano a través de su efecto sobre las plagas. Paradójicamente, estas interacciones indirectas conducen a efectos de signo opuesto a los de las directas. Así, al co-

mer plagas, las aves permitirían un *aumento* (i.e. un efecto de signo positivo) en la producción del manzano. Siguiendo la misma lógica, al comer artrópodos auxiliares las aves podrían llegar a beneficiar incluso a las propias plagas, al librarlas de sus predadores intermedios. Por tanto, la influencia global final de las aves insectívoras sobre el manzano dependerá de sus efectos sobre plagas, predadores intermedios y el propio manzano, y también del papel de los artrópodos auxiliares sobre las plagas. Así, podría ocurrir que las aves perjudicaran al manzano si dañaran frecuentemente la manzana y apenas ejercieran control de plagas, por ejemplo, al consumir más artrópodos intermedios que plagas. Como demostraremos a continuación, este no parece ser el caso de las pumaradas asturianas. Al contrario, las aves parecen tener un efecto global positivo sobre el manzano de sidra, ya que su capacidad para controlar plagas importantes y, de rebote, disminuir sus daños, compensaría los picoteos esporádicos de manzana y la relajación del control biológico que también ejercen los artrópodos auxiliares (Figura 2B).

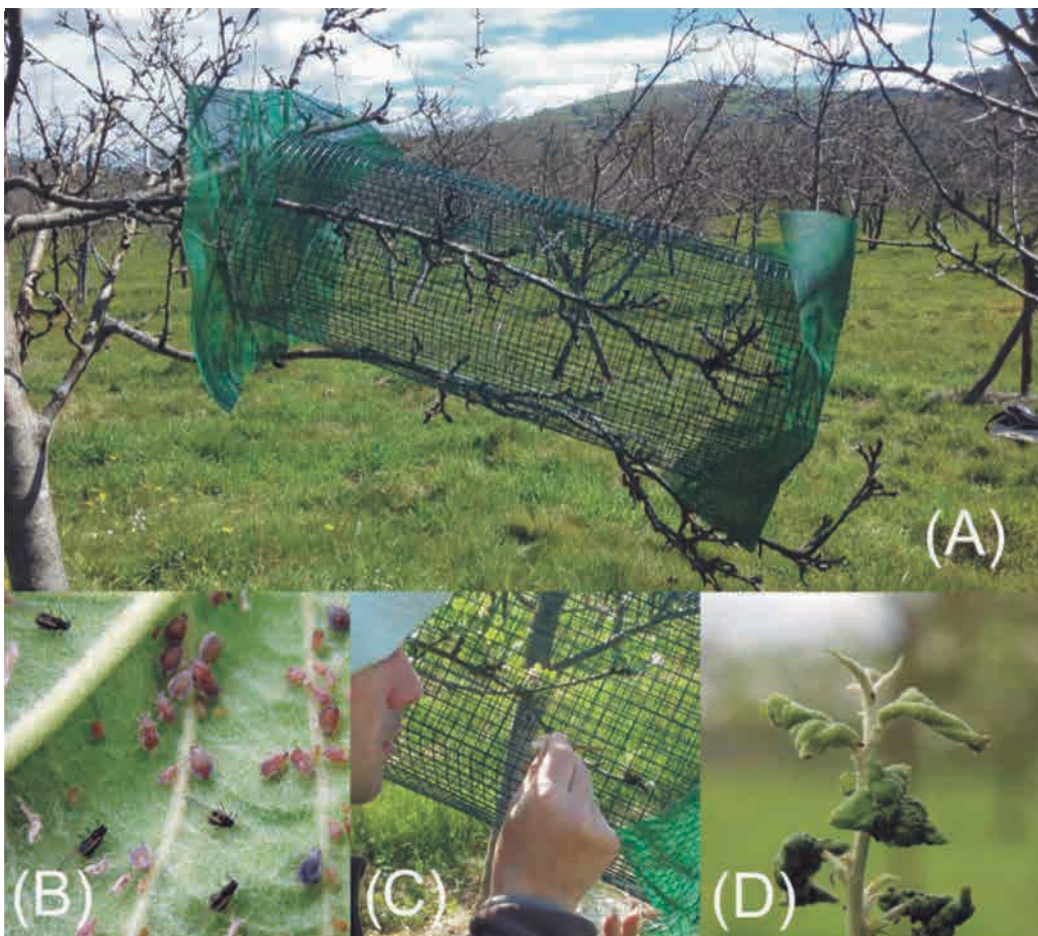


¿Cómo de importante es el efecto de las aves?

Evidencias experimentales

Para comprobar experimentalmente si las aves controlan las poblaciones de artrópodos en el manzano de sidra, comparamos los artrópodos encontrados en ramas donde habíamos impedido el acceso de las aves con los muestreados en ramas de los mismos árboles pero sin ningún tipo de manipulación (Cuadro 1). Asumimos que lo único que diferenciaba las ramas "excluidas" de las ramas "control" era la presencia de aves, y que el resto de condiciones eran similares. Las exclusiones se construyeron con jaulas de malla metálica y plástica, que dejaban pasar a los insectos pero no a las aves, y que no alteraban el microclima alrededor de la rama (Cuadro 1A). Este esquema se replicó, en la primavera de 2016, en 40 árboles distribuidos en 4 pumaradas. Además, en este primer experimento, tratamos de verificar el efecto de las aves

sobre alguna plaga concreta cuyos daños en las plantas fueran también fáciles de evaluar. Elegimos el pulgón ceniciento (*Dysaphis plantaginea*), cuyas hembras, inoculadas en los brotes, formaron rápidamente colonias notorias por provocar el enrollamiento del extremo de las hojas en crecimiento (Cuadro 1B-D). Los resultados del experimento, recogidos en García et al. (2018), fueron rotundos: la presencia de aves supuso una reducción del daño por pulgón (medido como proporción de brotes atacados) cercana al 70% (Figura 3). La exclusión de las aves supuso, además, que la abundancia global de artrópodos (medida como biomasa) se multiplicara por siete (Figura 4A). Replicamos el experimento en 2017, sin inocular pulgones e incluyendo 125 árboles distribuidos por 25 pumaradas, y encontramos el mismo patrón de diferencias: las aves redujeron la biomasa de artrópodos en el manzano en un 80% (Figura 4B). Ambos experimentos sirvieron también para diferenciar el efecto de las aves en



↙ Cuadro 1.-Cómo evaluamos el efecto depredador de las aves sobre las plagas y el daño en el manzano

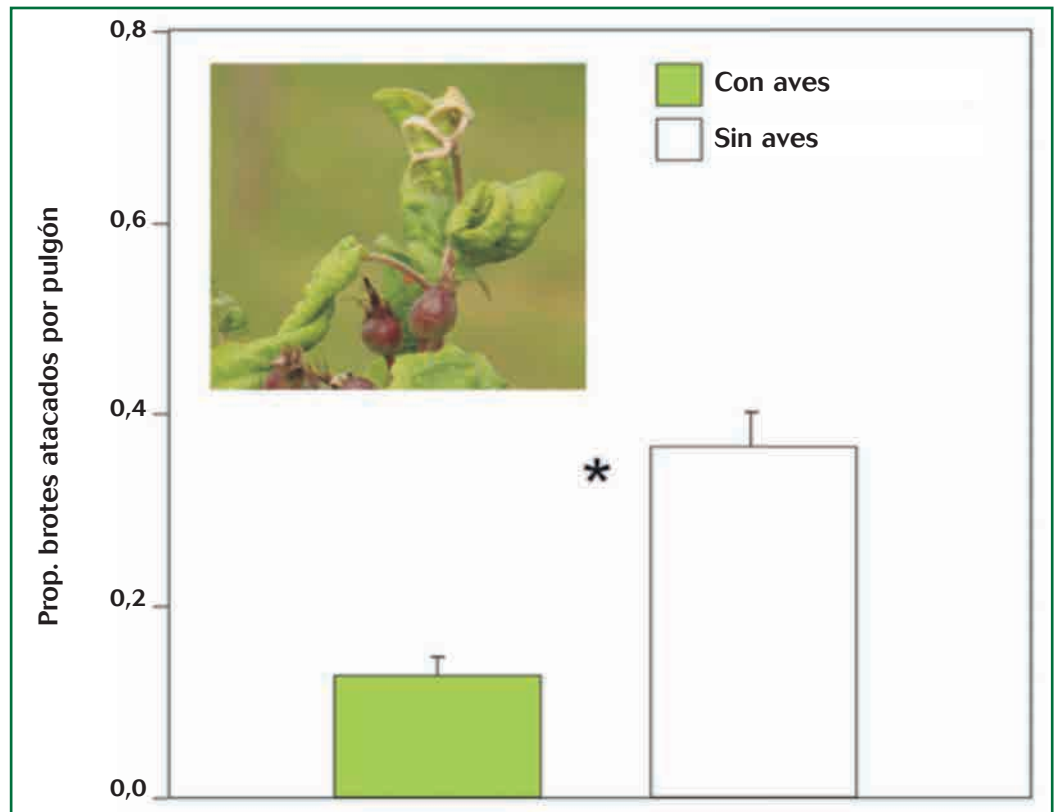
Para medir el efecto depredador de las aves comparamos la abundancia de artrópodos en ramas de manzanos donde, de forma natural, las aves pueden acceder sin restricciones, con la de ramas de los mismos árboles donde impedimos el acceso de las aves, mediante jaulones (A) colocados a mediados de abril (antes de la emergencia de los brotes nuevos). A finales de junio vareamos todas las ramas para hacer caer a los artrópodos en una bandeja y así recolectarlos. En 2016, realizamos un primer experimento sobre 40 árboles, distribuidos en 4 pumaradas. En este experimento, quisimos también evaluar el efecto de control biológico sobre el pulgón ceniciento (*Dysaphis plantaginea*) (B), inoculando, a mediados de mayo, 6 hembras sobre las ramas control y las excluidas (C). Cuantificamos los daños sobre la planta a través de los brotes atacados por los pulgones (D). En 2017, quisimos verificar la extensión de los resultados anteriores, y repetimos el experimento (sin añadir pulgones) sobre 125 árboles distribuidos en 25 pumaradas de la región central de Asturias.

© Fotos Daniel García (A-C) y Marcos Miñarro (B-D).



→

Figura 3.-Efecto de las aves en el daño del pulgón ceniciento (*Dysaphis plantaginea*) en el manzano de sidra, cuantificado como la proporción de brotes foliares atacados por pulgones (identificables por la curvatura de las hojas). Se representan los valores promedio (+ EE) de 40 árboles, para ramas excluidas (sin aves) y sin excluir (con aves), así como la significación estadística de la diferencia entre tratamientos (*: $P \leq 0.05$; modelo lineal generalizado mixto).
Foto © Marcos Miñarro.

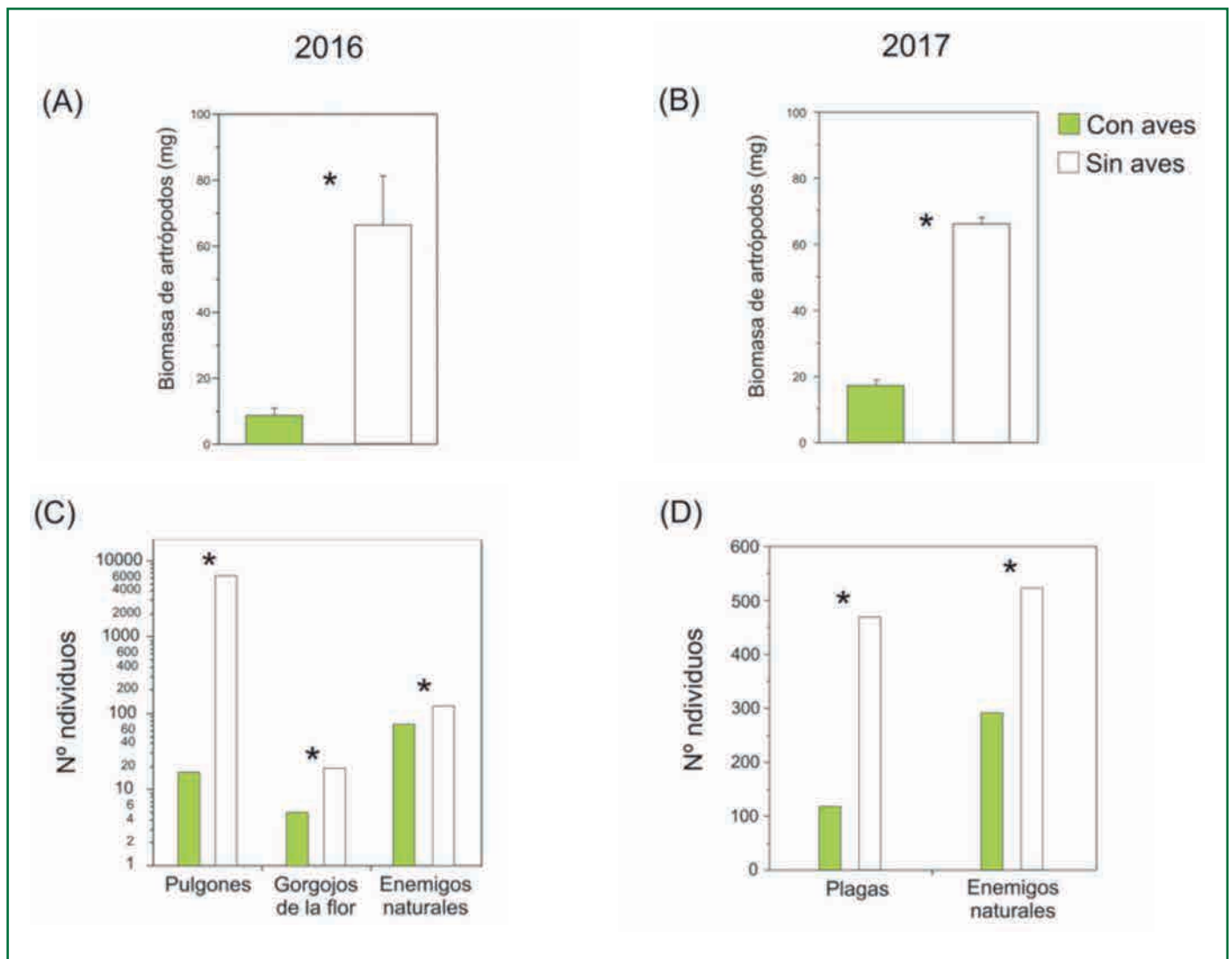


el número de individuos de distintos tipos de artrópodos, tanto plagas, como pulgones y gorgojos de la flor, como enemigos naturales de dichas plagas, como arañas y tijeretas (Figura 4C-D). La presencia de aves supuso una reducción importante de la abundancia, tanto de la de plagas como de la de sus enemigos naturales. No obstante, esta reducción fue más marcada en el caso de las plagas. Aunque en 2016 esta diferencia podía estar, en cierto modo, exagerada por el efecto de las poblaciones inoculadas de pulgón ceniciento (Figura 4C), también fue patente en 2017 (Figura 4D). Es esperable que las aves consuman con mayor intensidad los insectos plaga, habitualmente poco móviles y más abundantes (p.ej. los pulgones), que los artrópodos predadores, relativamente más escasos y capaces de escapar o defenderse con facilidad (p.ej. las arañas). En resumen, los experimentos demuestran que las aves ejercen un importante papel de control biológico sobre las plagas del manzano, disminuyendo sus daños, a pesar de que también depredan sobre otros enemigos naturales en la red trófica. El efecto indirecto de reducir la presión de estos predadores in-

termedios no parece lo suficientemente fuerte como para compensar el efecto directo de las aves sobre plagas.

¿Pueden complementarse aves y artrópodos predadores en el control de plagas?

Los experimentos de exclusión también pueden proporcionar información sobre el grado de depredación ejercido por las aves, en comparación al que pueden llevar a cabo, simultáneamente, los artrópodos auxiliares. En este sentido, realizamos un experimento para comparar la depredación de aves y artrópodos “no voladores” (que se desplazan habitualmente caminando por las ramas, p.ej. arañas y tijeretas) sobre el gorgojo de la flor del manzano (Miñarro y García, 2018). El experimento consistió en ofrecer adultos de gorgojo, pegados sobre ramitas de manzano, a aves y artrópodos, en tratamientos que restringían el acceso a uno, otro o ambos tipos de predadores, además de un tratamiento “control” con gorgojos accesibles a cualquier predador



(Cuadro 2). Los gorgojos excluidos de todos los predadores apenas desaparecieron del experimento, mientras que sí fueron notoriamente eliminados de las ramas accesibles a las aves, de las visitables por artrópodos no voladores y de las de acceso libre para ambos (Figura 5). Es más, el experimento mostró con claridad que, cuando actuaban por separado, aves y artrópodos auxiliares depredaron los adultos de gorgojo de la flor con intensidades equivalentes. Cuando actuaban simultáneamente, sus presiones resultaron aditivas (Figura 5). Este efecto aditivo probablemente surgió porque ambos tipos de predadores pueden llegar actuar de forma complementaria, por ejemplo, repartiendo su actividad en distintos momentos, durante el día las aves y durante la noche las tijeretas. En resu-

men, los niveles máximos de depredación sobre el gorgojo de la flor se consiguieron con la combinación de aves y artrópodos auxiliares, incluso a pesar de que, como sugerimos anteriormente, algunos de estos artrópodos sean también presa de las aves.

Conclusiones y recomendaciones de manejo

Nuestros estudios experimentales demuestran que las aves insectívoras silvestres tienen una evidente capacidad de control biológico sobre las plagas del manzano de sidra de Asturias. Las aves, en conjunto, generan una presión depredadora generalista, que afecta a diversas especies plaga del manzano (pulgones,

↑

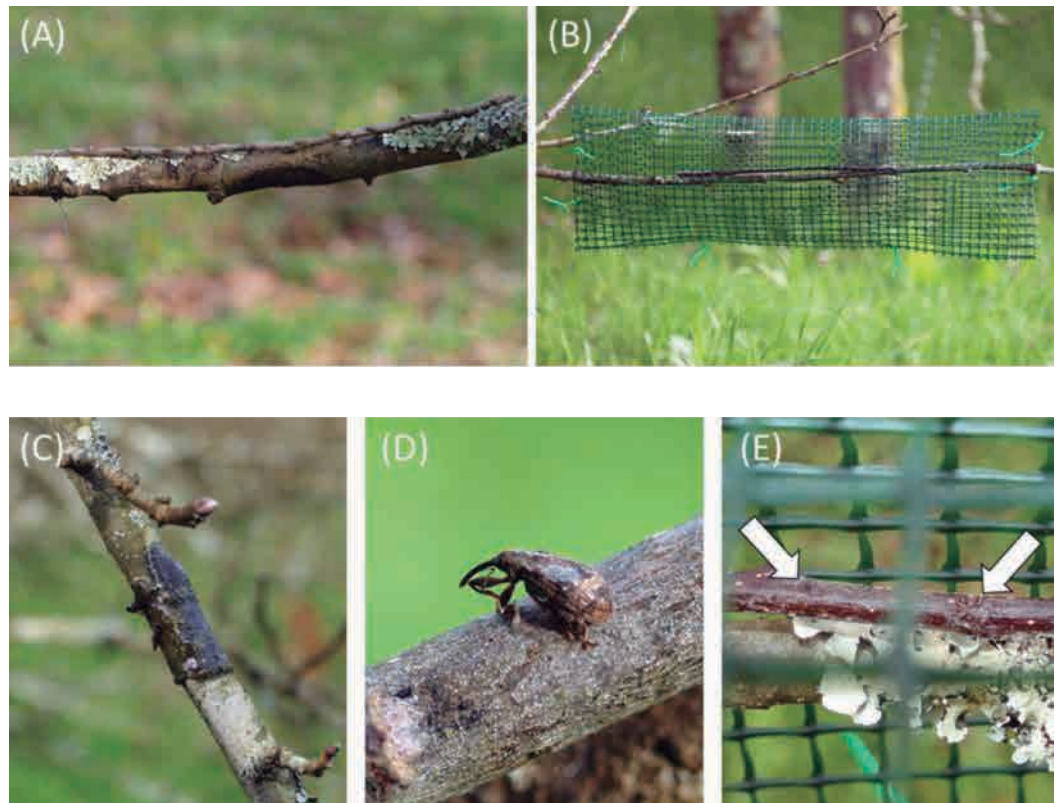
Figura 4.-Efecto de las aves en la abundancia de artrópodos en el manzano de sidra, evaluado a través de experimentos en distintos años de estudio (izda.: 2016; dcha.: 2017). La abundancia se representa (A-B) como biomasa total en mg (media + EE), o (C-D) como número de individuos de distintos grupos funcionales (nótese la escala logarítmica en C), para ramas excluidas (sin aves) y sin excluir (con aves). Se indica la significación estadística de la diferencia entre tratamientos (*: $P \leq 0.05$; modelos lineales generalizados mixtos).

→

Cuadro 2.-Cómo diferenciamos la depredación por aves y artrópodos sobre plagas del manzano.

Para diferenciar experimentalmente la depredación por aves y por artrópodos, nos centramos en los adultos del gorgojo de la flor del manzano. En una misma pumarada seleccionamos 10 árboles y en cada uno, cuatro ramas. A cada rama atamos con alambre una ramita de manzano de 25 cm con una fila de 10 gorgojos adultos adheridos con pegamento (A) (D, para el detalle de un gorgojo pegado). Los gorgojos habían sido recolectados en campo el año anterior y mantenidos en un congelador. Para impedir el acceso de las aves a los gorgojos, utilizamos jaulas cilíndricas de malla plástica, sostenidas paralelas a la rama y cerradas en ambos extremos (B). Para impedir el acceso de artrópodos no voladores colocamos anillos de cola adhesiva (que no se seca) en la base de la rama, al menos a 50 cm de los gorgojos (C). Al final tuvimos cuatro tratamientos, que fueron aplicados a las cuatro ramas de cada árbol: acceso de aves (sin malla, con anillo adhesivo), acceso de artrópodos (con malla, sin anillo adhesivo), acceso de aves y artrópodos (sin malla, sin anillo adhesivo) y exclusión de aves y artrópodos (con malla, con anillo adhesivo). A los 14 días revisamos el experimento y calculamos la tasa de depredación por rama como la proporción de gorgojos eliminados con respecto al número inicial de gorgojos (E; las flechas indican dónde estaban pegados los gorgojos). El experimento se repitió dos veces, en prefloración (abril-mayo) y en postfloración (junio-julio).

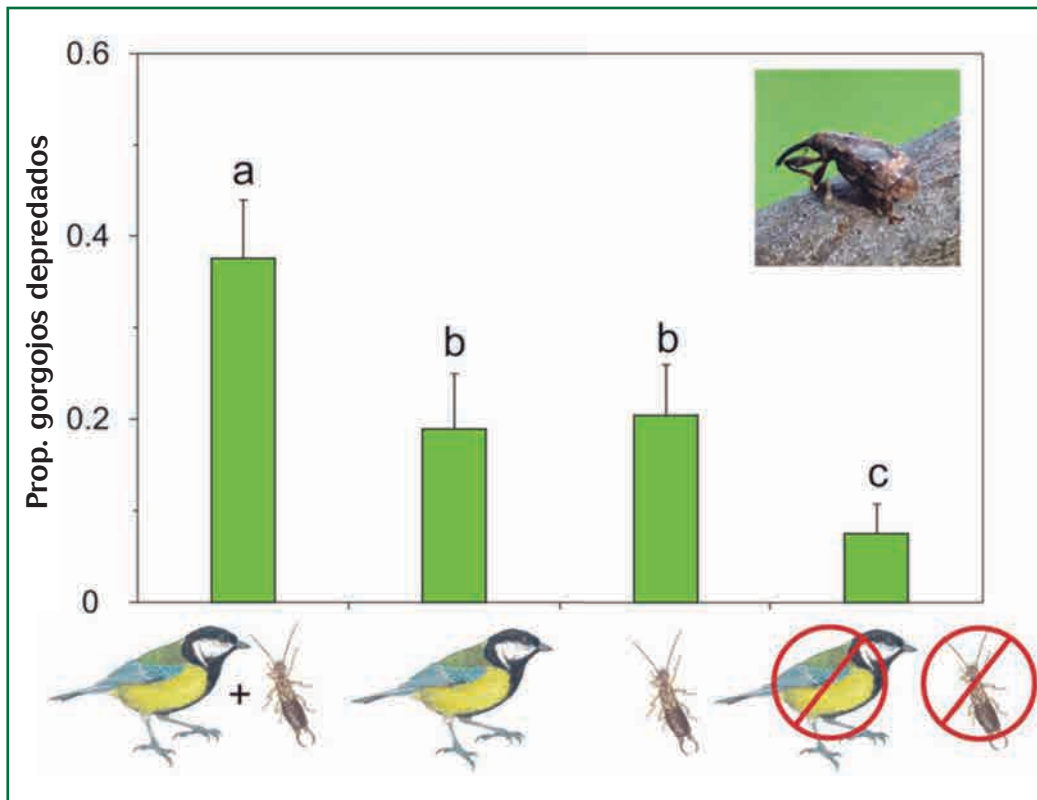
©Fotos Marcos Miñarro.



gorgojo de la flor,...) pero también a otros artrópodos como arañas y tijeretas, a su vez enemigos naturales potenciales de estas plagas. A pesar de estos efectos tróficos indirectos, las aves reducen significativamente las poblaciones de insectos plaga y los daños de las mismas en el manzano. Fomentar la presencia de aves silvestres en las pumaradas es, por tanto, una acción básica para implementar estrategias de control de plagas independientes del uso de pesticidas. Esto puede conseguirse a través de tres medidas (García et al., 2018; Miñarro y García, 2018): 1) la conservación de hábitats circundantes, como bosquetes autóctonos adyacentes y setos naturales (*sebes*), que “viertan” biodiversidad de aves hacia las pumaradas, sin apenas necesidad de intervención directa por parte de los productores; 2) el mantenimiento de una estructura de copa continua de los manzanos dentro de las fincas, que ofrezca protección y facilidad de movimiento a las aves insectívoras mientras consumen plagas; y 3) la atracción activa de aves insectívoras hacia las pumaradas mediante cajas-nido para fomentar la nidificación en primavera y verano (Figura 1).

Nuestros experimentos también revelan el papel, adicional y complementario al de las aves, de los artrópodos auxiliares en el control de plagas en el manzano de sidra, aun sufriendo también ellos la presión depredadora de las aves. La presencia de hábitats naturales, con microambientes que proporcionen refugio y alimento alternativo a estos depredadores intermedios, tanto en las sebes como en el interior de las plantaciones (cubiertas herbáceas con alta diversidad floral, mantenimiento de árboles con troncos rugosos), así como la restricción del uso de pesticidas de amplio espectro, son, entonces, medidas adicionales encaminadas hacia un control de plagas efectivo y, a la vez, de bajo impacto ambiental.

En conclusión, basándonos en evidencias empíricas, abogamos por una visión ecológica y sistémica del control biológico de plagas en el manzano de sidra de Asturias, que identifica claramente la biodiversidad animal (formada no sólo por especies, sino también por interacciones ecológicas entre especies) como proveedora de este servicio ecosistémico, y que propone medidas de gestión basadas en



←
Figura 5.-Efecto de las aves y los artrópodos como predadores del gorgojo de la flor del manzano. Distintas barras representan la proporción de gorgojos depredados (media + EE) en distintos tratamientos experimentales (de izda. a dcha.): acceso de aves y artrópodos, acceso de aves pero no de artrópodos, acceso de artrópodos pero no de aves, y exclusión de aves y artrópodos. Distintas letras de superíndice sobre las barras indican diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$; modelo lineal generalizado mixto). Foto © Marcos Miñarro; dibujos © Daniel García.

mecanismos naturales. Esta visión proporciona, finalmente, argumentos para la búsqueda de escenarios de compatibilidad y ganancia mutua entre agricultura y conservación de la biodiversidad.

Agradecimientos

Las investigaciones originales se han realizado con financiación de los proyectos PCIN2014-145-C02-02 (MinECo, BiodivERsA-FACCE2014-74), CGL2015-68963-C2-2-R (MinECo/FEDER) e INIA RTA2013-00139-C03-01 (MinECo/FEDER). Carlos Guardado, Alejandro Núñez y David Luna colaboraron en la toma de datos. Los técnicos de Campoastur S. Coop. Asturiana nos ayudaron en la selección de las plantaciones y muchos productores nos permitieron realizar los estudios en sus pumaradas.

Referencias bibliográficas

GARCÍA, D.; MIÑARRO, M.; MARTÍNEZ-SASTRE, R. 2018. Birds as suppliers of pest control in cider apple orchards: avian biodiversity drivers and insectivory effect. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 254: 233-243.

MAAS, B.; KARP, D.S.; BUMRUNGRI, S.; DARRAS, K.; GONTHIER, D.; HUANG, J.C.C., ... , MORRISON, E.B. 2016. Bird and bat predation services in tropical forests and agroforestry landscapes. *Biological Reviews* 91: 1081-1101.

MIÑARRO, M.; GARCÍA, D. 2018. Unravelling pest infestation and biological control in low input orchards: the case of apple blossom weevil. *Journal of Pest Science* 91: 1047-1061.

MIÑARRO, M.; DAPENA, E.; BLÁZQUEZ, M.D. 2011. Guía ilustrada de las enfermedades, las plagas y la fauna beneficiosa del cultivo del manzano. Ed. SERIDA. 211 pp. (disponible online: <http://www.serida.org/publicacionesdetalle.php?id=5019>).

WHELAN, C.J.; WENNY, D.G.; MARQUIS, R.J. 2008. Ecosystem services provided by birds. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1134: 25-60.

WHELAN, C.J.; TOMBACK, D.F.; KELLY, D.; JOHNSON, M.D. 2016. Trophic interaction networks and ecosystem services. En: Sekercioglu, C.H., Wenny, D.G., Whelan, C.J. (eds.) *Why Birds Matter: Avian Ecological Function and Ecosystem Services*, pp: 49-72. Chicago UP, Chicago. ■



Biodiversidad de aves insectívoras en pumaradas de sidra

DANIEL GARCÍA GARCÍA. Departamento Biología de Organismos y Sistemas. Unidad Mixta de Investigación en Biodiversidad. Universidad de Oviedo. danielgarcia@uniovi.es; www.unioviado.es/danielgarcia

MARCOS MIÑARRO PRADO. Área de Cultivos Hortofrutícolas y Forestales. Programa de Investigación en Fruticultura. mminarro@serida.org

RODRIGO MARTÍNEZ SASTRE. Área de Cultivos Hortofrutícolas y Forestales. Programa de Investigación en Fruticultura. rmsastre@serida.org

En el primer estudio sobre aves insectívoras de las pumaradas de sidra en Asturias, identificamos los factores que regulan su biodiversidad. Nuestros resultados muestran que las pumaradas y sus sebes circundantes albergan una variada comunidad de aves enemigas de las plagas del manzano. Tanto la abundancia como la riqueza de aves insectívoras aumentan en las fincas donde los manzanos forman un dosel más extenso, así como en aquéllas más rodeadas por sebes y bosquetes. Conservar las sebes que proporcionan lugares de nidificación y alimentos alternativos, y facilitar la reproducción mediante cajas-nido, son medidas básicas para fomentar la biodiversidad de aves insectívoras en las pumaradas.



Carbonero común alimentando a sus pollos en una caja-nido en una pumarada. Foto © Marcos Miñarro.

Las aves silvestres que basan su dieta en invertebrados, comúnmente llamadas aves insectívoras, son bien conocidas por actuar como enemigos naturales de plagas de cultivos anuales y leñosos (Whelan et al., 2008). Los agricultores que quieren recibir el efecto beneficioso de estos ani-

males dependen de los servicios espontáneos, y gratuitos, que proporciona la biodiversidad de aves, tanto la que se asienta en los propios cultivos como la que llega desde los hábitats circundantes. Conocer dicha biodiversidad, y entender los factores ambientales que la regulan,





son, por tanto, cuestiones esenciales para predecir el papel de las aves insectívoras en la agricultura.

Desde 2014, la Universidad de Oviedo y el SERIDA colaboran para estudiar la importancia de la biodiversidad en la provisión de los servicios ecosistémicos de polinización y control de plagas en frutales. Dentro de esta línea de investigación, estudiamos el rol de las aves silvestres como enemigos naturales de las plagas en el manzano de sidra, mediante 2 años de muestreo en 25 pumaradas de los concejos de Gijón, Noreña, Sariego, Siero y Villaviciosa (ver primeros resultados y detalles metodológicos en García et al., 2018). En el presente artículo, resumimos estos estudios abordando las siguientes cuestiones: 1) ¿Hasta qué punto usan las aves, especialmente las insectívoras, las pumaradas como uno de sus hábitats?; 2) ¿Cuánta diversidad de aves insectívoras albergan las pumaradas en distintas épocas del año?; 3) ¿De qué depende dicha diversidad?; y 4) ¿Cómo pueden los productores de manzana fomentar la presencia y la diversidad de aves insectívoras en sus pumaradas?

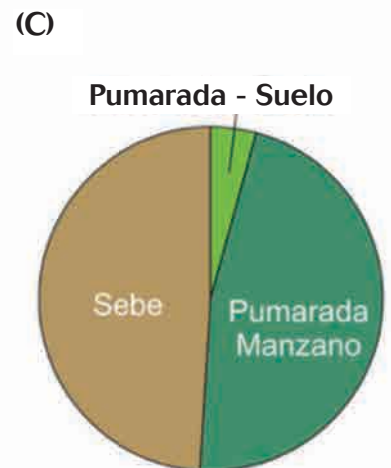
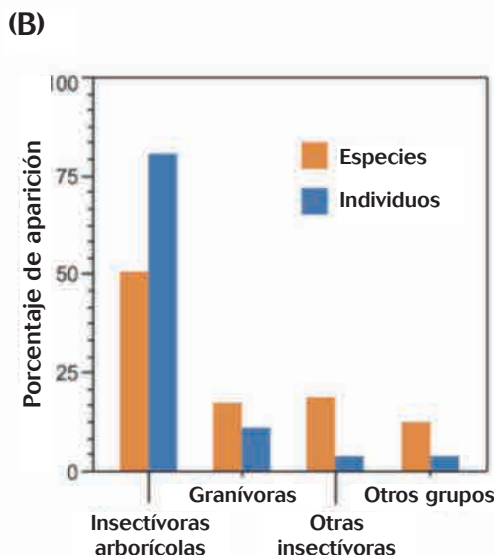
¿Usan las aves insectívoras las pumaradas?

Nuestro principal método de estudio consistió en realizar censos de aves en parcelas circulares (50 m de radio) que cubrían tanto el interior de las pumaradas como parte de sus lindes (Figura 1A), y

donde detectábamos las aves mediante la observación visual o el canto, en censos de media hora de duración. Tras 900 censos de aves a lo largo de 2 años y por todas las pumaradas, acumulamos cerca de 10.000 observaciones de aves pertenecientes a 63 especies diferentes. Clasificando estas especies dentro de distintos grupos funcionales, la mitad pueden considerarse como predadores potenciales de plagas en el manzano (Figura 1B), al tratarse de insectívoras con un hábito claramente arborícola (se posan preferentemente en vegetación leñosa). En términos de abundancia, estas especies acumularon más del 75% de los individuos registrados en los censos (Figura 1B). Por tanto, aun siendo conservadores (y excluyendo especies claramente insectívoras pero que rara vez cazarían posadas sobre árboles, como las lavanderas *Motacilla* spp., o las golondrinas y aviones), podemos decir que los enemigos naturales de las plagas dominan la comunidad aviar de las pumaradas, tanto en riqueza como en abundancia.

En términos de uso del hábitat, y distinguiendo las observaciones realizadas dentro de las pumaradas de las hechas en las sebes y los bosquetes adyacentes, constatamos que más de la mitad de las aves insectívoras arborícolas aparecieron dentro de las pumaradas (Figura 1C). Además, la mayoría de estas aves se detectaron en primera instancia sobre los manzanos, siendo observadas en el suelo de las pumaradas en pocas ocasiones.

↓
Figura 1.- A) Detalle de una parcela circular (radio de 50 m) para el monitoreo de la comunidad de aves, incluyendo parte de una pumarada y su linde de sebes y bosquetes adyacentes (Foto © Juan Rodríguez - Falcon Drones). B) Proporción de especies e individuos clasificables dentro de distintos grupos funcionales de aves observadas en las pumaradas y su entorno inmediato. C) Proporción de individuos de aves insectívoras arborícolas observados dentro de las pumaradas (distinguiéndose las posadas en los manzanos de las posadas en el suelo) y en las sebes circundantes.



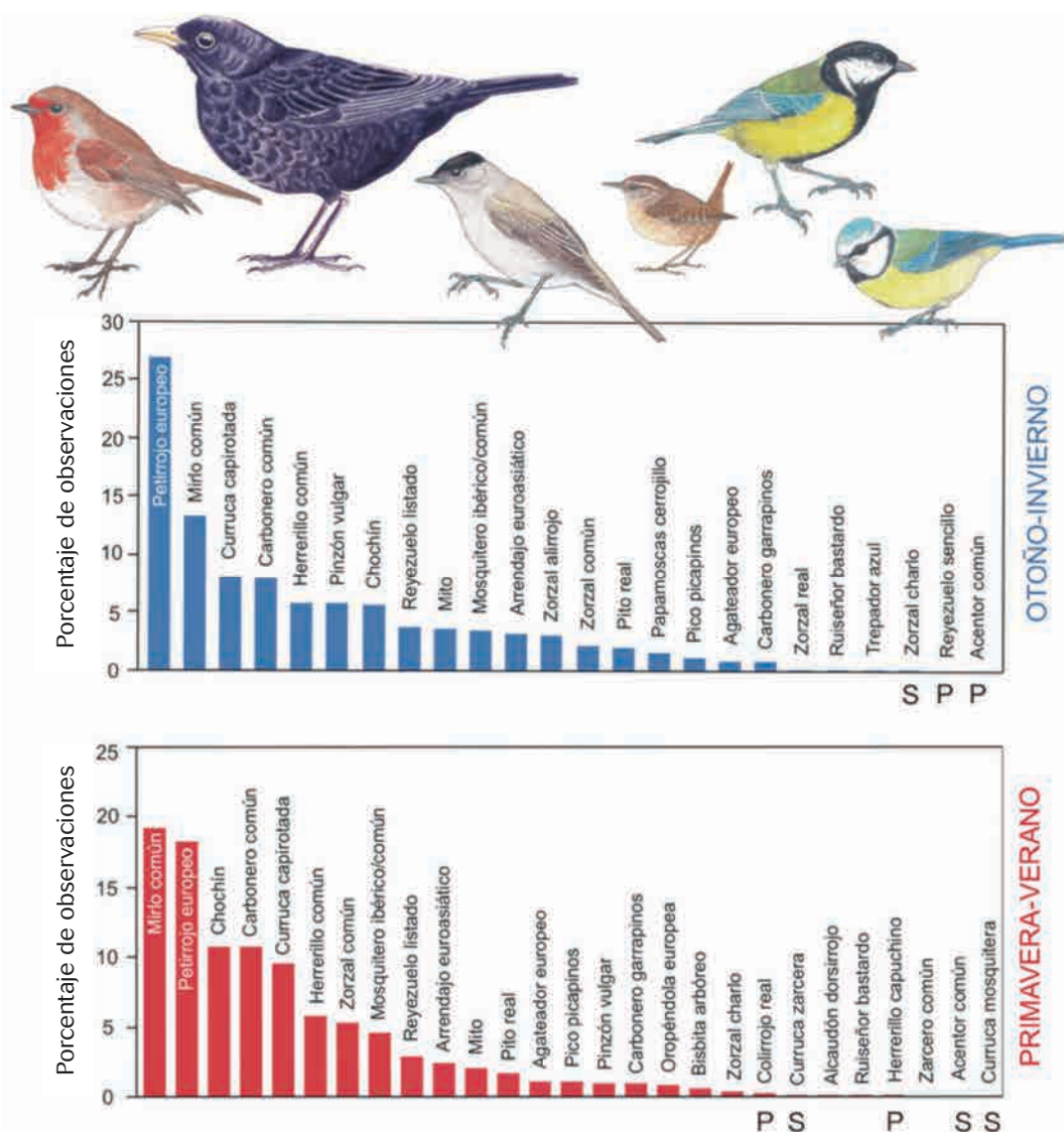
→ **Figura 2.-** Porcentaje de individuos de distintas especies de aves observadas en las pumaradas en distintas épocas del año (otoño-invierno: septiembre-diciembre; primavera-verano: abril-julio), durante dos años consecutivos. Bajo las barras de las especies se indica si se observaron dentro de las pumaradas (P), en las sebes y bosquetes circundantes (S) o en ambos hábitats (sin letra). Sobre las gráficas se representan las seis especies globalmente más abundantes: de izquierda a derecha, Petirrojo europeo (24% de las observaciones), mirlo común (17%), curruca capirotada (9%), chochín (9%), carbonero común (9%) y herrerillo común (5%). Dibujos © Daniel García.

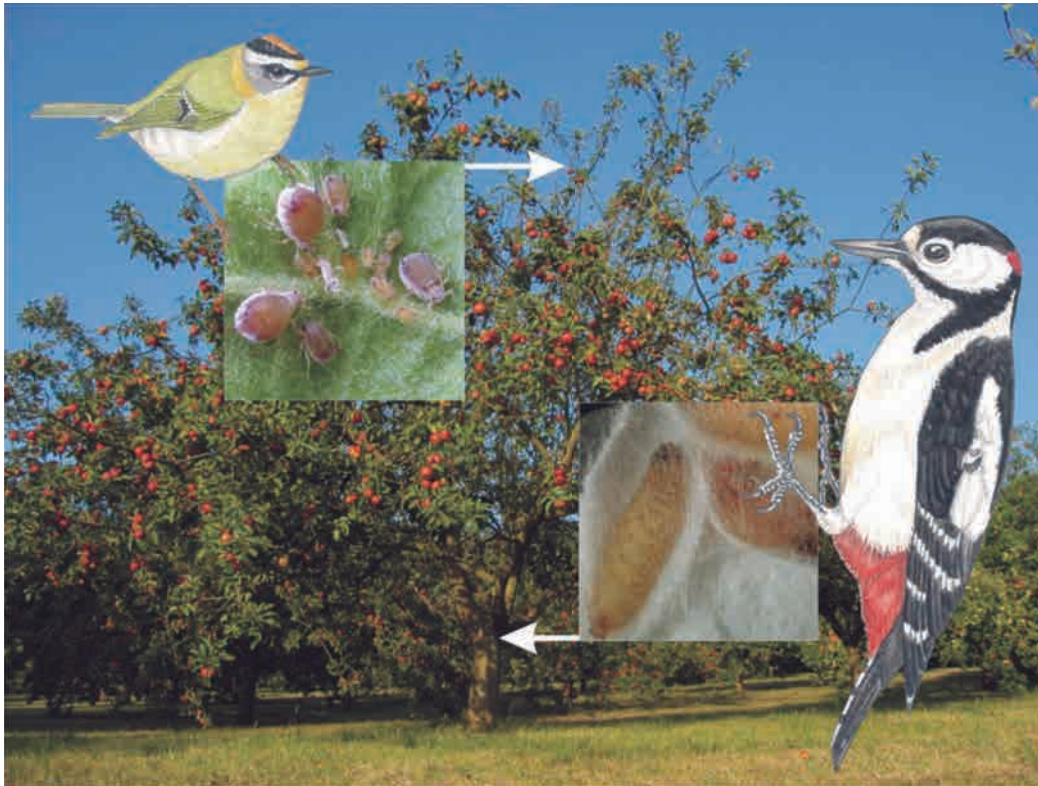
Por otra parte, las sebes y los bosquetes circundantes a las pumaradas acumularon también un alto porcentaje de las aves observadas (Figura 1C). Este patrón, junto al hecho de que casi todas las especies insectívoras arborícolas fueron detectadas tanto dentro de las plantaciones como en su periferia (Figura 2), sugiere que pumaradas y sebes funcionan como hábitats que intercambian, de forma muy intensa, su biodiversidad aviar.

¿Cómo de diversa es la comunidad de aves insectívoras en las pumaradas?

La comunidad de aves insectívoras de las pumaradas es variada (32 especies a

lo largo de todo el año) pero poco equitativa, ya que seis aves muy comunes acumularon más del 70% de las observaciones, tanto en otoño-invierno como en primavera-verano (Figura 2). Aunque el número de especies (riqueza) no mostró variaciones estacionales remarcables (24 especies en otoño-invierno frente a 27 en primavera-verano), la abundancia total de individuos fue sensiblemente mayor en otoño-invierno que en primavera-verano. Esto se debe principalmente a la irrupción otoñal de individuos migrantes de especies residentes, como el petirrojo europeo (*Erithacus rubecula*), el mirlo común (*Turdus merula*) y el pinzón vulgar (*Fringilla coelebs*). A pesar de la existencia de un núcleo permanente de especies comunes, la comunidad de aves





←
Figura 3.- Distintas especies de aves insectívoras representan rasgos y comportamientos complementarios a la hora de colaborar en el control de plagas del manzano. El reyezuelo listado (izda.) puede acceder con facilidad hasta los extremos de los brotes y las hojas del dosel para consumir pulgones cenicientos mientras que el pico picapinos (dcha.) está especializado en capturar insectos que viven en las grietas de la corteza, como la carpocapsa en su refugio invernal. Fotos © Marcos Miñarro. Dibujos © Daniel García.

cambió a lo largo de las distintas estaciones al aparecer o desaparecer especies (Figura 2). Así, la comunidad de otoño-invierno se distingue por la llegada de especies migrantes que usan las pumaradas como hábitats de parada temporal, como el papamoscas cerrojillo (*Ficedula hypoleuca*) o sitio de invernada, como el zorzal alirrojo (*Turdus iliacus*). La comunidad de primavera-verano quedaría caracterizada por especies como el bisbita arbóreo (*Anthus trivialis*), el alcaudón dorsirrojo (*Lanius collurio*) o el colirrojo real (*Phoenicurus phoenicurus*) que, tras pasar el invierno en África (migrantes sub-saharianos), vuelven a nuestras latitudes para nidificar.

Además de una alta diversidad desde un punto de vista puramente taxonómico (vista a través del número de especies), las pumaradas también albergan una importante diversidad funcional entre las aves insectívoras arborícolas. En este sentido, distintas especies representarían diferentes rasgos (como el tamaño corporal, la forma del pico, la forma de las alas, etc.) y comportamientos (relacionados con cómo y por dónde se mueven, cómo cazan insectos, etc.) presumiblemente importan-

tes para ejercer el rol como predador de artrópodos. Esta diversidad funcional puede ser muy relevante, por lo tanto, a la hora de componer una "cartera variada" de enemigos naturales frente a plagas que pueden ser muy distintas en su tipo de ataque y ciclo de vida (Miñarro et al. 2011). Así, la comunidad de aves insectívoras incorporaría desde aves de pequeño tamaño y pico muy fino, como los reyezuelos (*Regulus* spp.) y los mosquiteros (*Phylloscopus* spp.), capaces de moverse con facilidad en los brotes más finos del manzano para capturar insectos minúsculos como los pulgones ceniciento (*Dysaphis plantaginea*) y verde (*Aphis pomi/spiraecola*), hasta aves capaces de trepar por los troncos, como los pájaros carpinteros (*Picidae*), el agateador europeo (*Certhia brachydactyla*) y el trepador azul (*Sitta europea*), para entresacar con rapidez las orugas de carpocapsa (*Cydia pomonella*) refugiadas entre las grietas de la corteza (Figura 3). Otras aves, como carboneros y herrerillos (*Paridae*) y currucas (*Sylvia* spp.) se mueven bien tanto por ramas gruesas como por el follaje más denso, pudiendo alcanzar numerosas plagas en fase de desplazamiento, como las orugas de carpocapsa o los adultos del gor-





Figura 4.- Relaciones entre la biodiversidad de aves insectívoras arborícolas (aves IA) y las características de las pumaradas y su entorno. La abundancia (A) y la riqueza (B) de aves en la pumarada y su entorno dependen positivamente de la cobertura de sebes y bosquetes en el entorno de la pumarada. Considerando exclusivamente las aves dentro de la pumarada, se observa una relación positiva de la abundancia con el dosel de manzanos (C), y de la riqueza con la cobertura de sebes y bosquetes en un entorno en un radio de 1 km. Los puntos indican distintas pumaradas, con distintos colores para distintas épocas (blanco: otoño-invierno; negro: primavera-verano). Ajustes lineales derivados de modelos lineales generalizados mixtos ($P < 0.05$, en todos los casos).

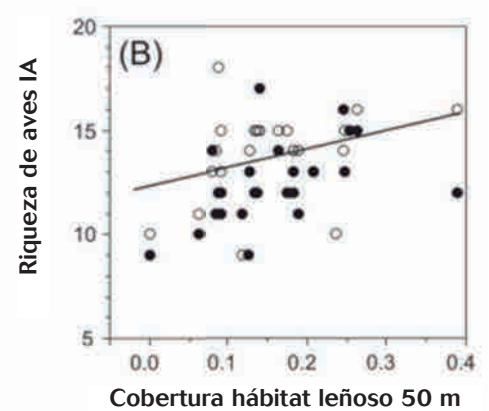
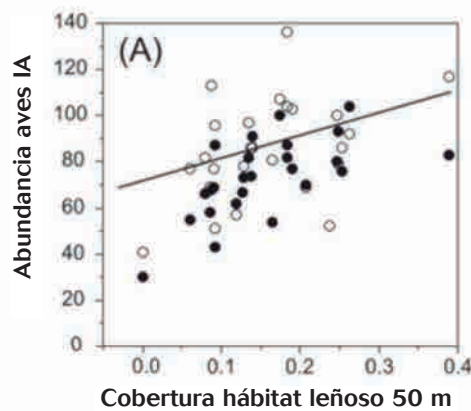
gojo de la flor del manzano (*Anthonomus pomorum*), o plagas típicas de las ramas como el pulgón lanígero (*Eriosoma lanigerum*). Finalmente, especies como el mirlo común y el petirrojo europeo, más propensos a bajar al suelo en invierno y rebuscar entre el mantillo y la hojarasca, pueden atacar a las larvas de carpocapsa y a los gorgojos adultos en diapausa en ese microhábitat. En resumen, distintas especies de aves insectívoras, gracias a sus diferentes rasgos y comportamientos, se complementarían a la hora de atacar plagas diferentes, en distintas fases de su ciclo de vida y en distintas partes del manzano, de forma que una mayor diversidad funcional de aves conduciría a un mejor servicio global de control biológico.

¿Cuáles son los factores que determinan la diversidad de aves?

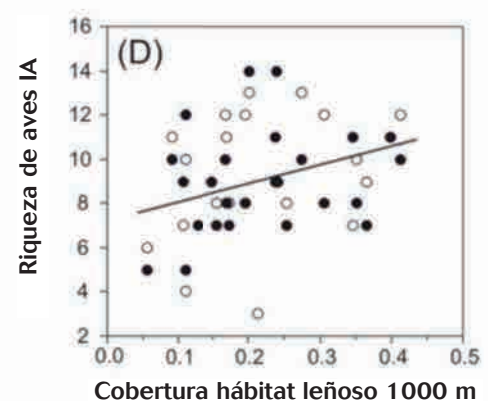
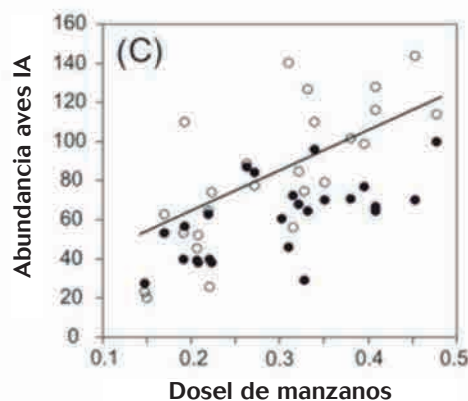
No todas las pumaradas albergan la misma biodiversidad aviar. Así, al abarcar fincas muy diferentes sobre una región

amplia, hemos podido detectar que la abundancia total y la riqueza de especies de aves insectívoras dependen de características de las propias pumaradas y de su entorno, tanto inmediato como a escala de paisaje. Concretamente, la abundancia y la riqueza de aves insectívoras en las pumaradas y las sebes periféricas aumentaron conforme fue mayor la superficie relativa de dichas sebes y bosquetes circundantes (Figura 4A-B). Estos hábitats leñosos naturales estarían proporcionando a las aves insectívoras lugares de nidificación (ramaje y huecos en árboles como robles, castaños y arces), protección frente a sus propios depredadores (árboles y arbustos con follaje densos como alisos, avellanos y sauces) y alimentos alternativos en épocas de carestía de insectos como otoño e invierno (frutos carnosos de espinos, zarzamoras, hiedras, aladiernos, endrinos, saúcos, etc.), actuando como reservorios permanentes que posibilitan el “vertido” de controladores de plagas hacia las pumaradas. Por otra parte, la abundancia de aves insectívoras dentro de las pumaradas de-

Pumarada y entorno inmediato



Pumarada



pendió del grado de cobertura que creaba el propio dosel de los manzanos: las pumaradas con árboles más grandes y extensos, formando un dosel continuo que ofrece protección y facilidad de movimiento a las aves, fueron las más visitadas (Figura 4C). Finalmente, las pumaradas inmersas en paisajes abigarrados, con mayor cobertura de bosquetes y sebes incluso a distancias de hasta 1 km, recibieron más especies (Figura 4D). Es decir, el efecto de “vertido” de los hábitats circundantes opera a escala de todo el paisaje, ya que las aves son capaces de desplazarse largas distancias, incluso en sus movimientos territoriales diarios.

Recomendaciones para fomentar la biodiversidad de aves insectívoras y el control de plagas

Teniendo en cuenta la idea de que el entorno de las pumaradas actúa como hábitat “donante” de biodiversidad aviar hacia el cultivo, es necesario conservar sebes y pequeños bosquetes que se extiendan al máximo por la linde de las fincas. Estas sebes tienen que ser diversas en sí mismas, conteniendo especies diferentes que proporcionen una estructura compleja, es decir, con distintos estratos de vegetación (desde árboles con troncos

bien desarrollados a zonas de matorral bajo espeso, pasando por arbustos de ramaje denso de altura intermedia y hiedras espesas), así como con variedad biológica que asegure recursos alimenticios adicionales (frutos carnosos; Figura 5). Debe, por tanto, evitarse la corta abusiva de las sebes y la pérdida de su continuidad a lo largo de las lindes. En aquellas pumaradas desprovistas de lindes leñosas, se puede iniciar su restauración mediante la plantación de especies que desencadenen un proceso posterior de regeneración a través de la sucesión ecológica (Benayas y Bullock 2015). Por ejemplo, una linde replantada de espinos promoverá seguramente la colonización espontánea de otras plantas, traídas por las aves, como endrinos y aladiernos dispersados por zorzales y currucas, o incluso avellanos y robles dispersados por arrendajos.

Además del entorno inmediato, los propietarios pueden gestionar su pumarada para convertirla en un hábitat “amigable” para las aves. Así, parece importante que los manzanos proporcionen un dosel continuo, sin huecos entre árboles, que facilite la conectividad ecológica. Dicho de otro modo, un dosel que permita que las aves se sientan seguras cuando atraviesan la pumarada, desplazándose de un manzano a otro, aprovisionándose



←
Figura 5.- Fomentar la biodiversidad de aves insectívoras en las pumaradas pasa por conservar las sebes y bosquetes de las lindes que ofrecen a las aves lugares de nidificación, refugio y alimento alternativo, como frutos carnosos (izquierda, de arriba abajo, espino albar, saúco y zarzamora; fotos © Daniel García). También se puede promover la nidificación de las aves dentro de la pumarada, mediante cajas-nido (derecha, fotos © Marcos Miñarro). La nidificación asegura el consumo de plagas dentro de la finca (en la foto central, herrerillo común cebando a los pollos con pulgón ceniciento, foto © Marcos Miñarro). Foto de fondo © Marcos Miñarro.

de artrópodos. Lograr que los árboles alcancen pronto un buen tamaño, y que los marcos de plantación no sean demasiado amplios, son cuestiones a tener en cuenta de cara a mantener una estructura continua en el dosel. Otro objetivo es aumentar la permanencia de las aves insectívoras en las pumaradas, y sobre todo, la intensidad de su actividad depredadora in situ. Esto puede conseguirse fomentando la nidificación dentro de las fincas mediante cajas-nido, ya que el período de cría y, especialmente, de ceba de los polluelos, dispara la demanda alimenticia (y por tanto la actividad insectívora; Figura 5) de las aves (Benayas et al. 2017). Aunque existen diversos tipos de caja-nido, adaptadas a distintas especies de aves, el más recomendable es el orientado a carboneros y herrerillos (Figura 5), por su facilidad de manejo y su eficacia de ocupación (pueden ser utilizadas también por otras especies). En concreto, esta caja-nido, construida habitualmente en madera, suele tener un tamaño de 21 (alto) x 15 (largo) x 15 (ancho) cm, y un frontal abatible con un orificio de unos 30 mm (ver también Miñarro, 2009). Las cajas pueden colocarse en la parte alta de los manzanos, dispersas por la superficie de las fincas.

Finalmente, y aunque queda fuera del ámbito de gestión local de los propietarios de las fincas, sabiendo que el efecto positivo de hábitats boscosos y sebes naturales opera incluso a escala de paisaje, es necesario plantear un uso del territorio que mantenga un nivel mínimo de cobertura de estos hábitats (30%, Figura 4D), y que favorezca el asentamiento de comunidades aviares diversas en las pumaradas. Se trataría, por tanto, de mantener el paisaje como un mosaico abigarrado, con parches de bosque autóctono de distintos tamaños, salpicando la matriz antrópica de pastos, cultivos y asentamientos urbanos, y conectados entre sí mediante hábitats leñosos lineales como sebes, linderos de arbolado y sotos fluviales. En este sentido, se requiere que las administraciones gestoras (Ayuntamientos y Consejerías del Gobierno del Principado de Asturias implicadas) consideren explícitamente la conservación de la cobertura de los hábitats boscosos y las sebes a la hora de establecer políticas de ordenación

territorial. Por ejemplo, urge que los proyectos de concentración parcelaria de terrenos agropecuarios utilicen criterios (y umbrales técnicos) basados en ecología del paisaje y orientados a la provisión de servicios ecosistémicos, tanto en su fase de evaluación ambiental como en una posterior verificación de su desarrollo.

Agradecimientos

Las investigaciones originales se han realizado con financiación de los proyectos PCIN2014-145-C02-02 (MinECo, BiodivERsA-FACCE2014-74), CGL2015-68963-C2-2-R (MinECo/FEDER) e INIA RTA2013-00139-C03-01 (MinECo/FEDER). Carlos Guardado colaboró de forma inestimable en la toma de datos. Los técnicos de Campoastur S. Coop. Asturiana nos ayudaron en la selección de las plantaciones y muchos productores nos permitieron realizar los estudios en sus pumaradas.

Referencias bibliográficas

- BENAYAS, J.M.R.; MELTZER, J.; DE LAS HERAS-BRAVO, D.; CAYUELA, L. 2017. Potential of pest regulation by insectivorous birds in Mediterranean woody crops. *PLoS one* 12: e0180702.
- BENAYAS, J.M.R.; BULLOCK, J.M. 2015. Vegetation restoration and other actions to enhance wildlife in European agricultural landscapes. En *Rewilding European Landscapes* (pp. 127-142). Springer, Cham.
- GARCÍA, D.; MIÑARRO, M.; MARTÍNEZ-SASTRE, R. 2018. Birds as suppliers of pest control in cider apple orchards: avian biodiversity drivers and insectivory effect. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 254: 233-243.
- MIÑARRO, M. 2009. Aves y agricultura: la importancia de mantener los pájaros en las pumaradas. *Tecnología Agroalimentaria* 6: 10-14. (disponible online: <http://www.serida.org/publicacionesdetalle.php?id=4063&anyo=>).
- MIÑARRO, M.; DAPENA, E.; BLÁZQUEZ, M.D. 2011. Guía ilustrada de las enfermedades, las plagas y la fauna beneficiosa del cultivo del manzano. Ed. SERIDA. 211 pp. (disponible online: <http://www.serida.org/publicacionesdetalle.php?id=5019>).
- WHELAN, C.J.; WENNY, D.G.; MARQUIS, R.J. 2008. Ecosystem services provided by birds. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1134: 25-60. ■



Biodiversidad de polinizadores en el manzano de sidra

MARCOS MIÑARRO PRADO. Área de Cultivos Hortofrutícolas y Forestales. Programa de Investigación en Fruticultura. mminarro@serida.org
 DANIEL GARCÍA GARCÍA. Departamento Biología de Organismos y Sistemas. Unidad Mixta de Investigación en Biodiversidad. Universidad de Oviedo. danielgarcia@uniovi.es
 RODRIGO MARTÍNEZ SASTRE. Área de Cultivos Hortofrutícolas y Forestales. Programa de Investigación en Fruticultura. rmsastre@serida.org

El manzano depende totalmente del servicio de polinización que brindan los insectos, sin los cuales no tendríamos ni manzanas ni un derivado tan emblemático para la región como es la sidra (Miñarro y García, 2016). A pesar de su indudable importancia, poco se sabe de quiénes son los polinizadores de los manzanos de sidra en Asturias, ni de cómo se comportan en relación al cultivo. En este artículo presentamos la comunidad de insectos que polinizan nuestros manzanos, haciendo hincapié no sólo en la biodiversidad taxonómica (abundancia y riqueza de especies) sino también en la biodiversidad funcional, evaluando las diferencias entre distintos tipos de insectos en relación a la polinización del manzano.

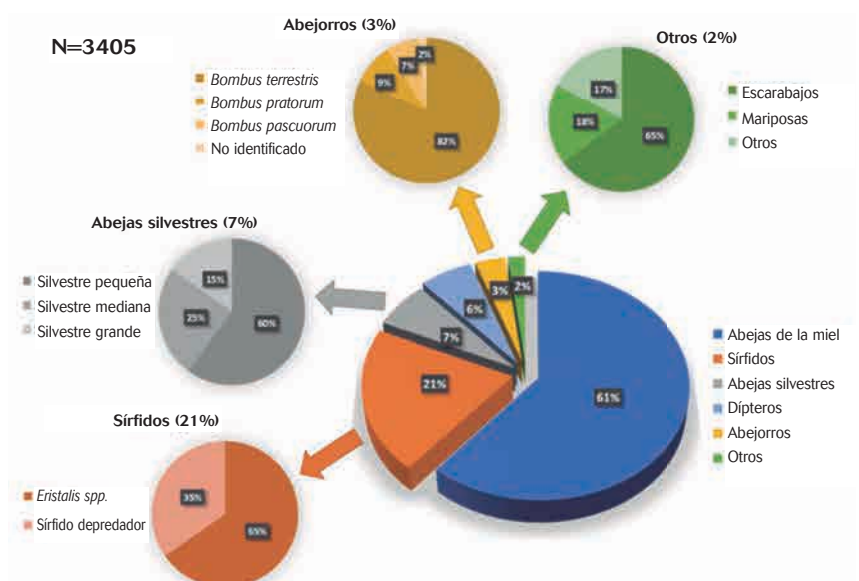
La comunidad de insectos que poliniza el manzano es abundante y diversa

En los años 2015-2016 cuantificamos la abundancia y la riqueza (el número de especies) de polinizadores en 26 plantaciones semi-extensivas en eje en los concejos de Gijón, Noreña, Sariego, Siero y Villaviciosa. Para tener una buena representación de diferentes condiciones de cultivo escogimos pumaradas de tamaño variable (entre 0,5 y 20,6 ha) y situadas a distinta altitud (entre 0 y 387 m). Las observaciones se hicieron sobre la variedad 'Regona'. Sólo en 3 de las 26 plantaciones se gestionaba la polinización mediante el uso de colmenas, dos de ellas con la abeja de la miel (*Apis mellifera*) y otra con abejorros (*Bombus terrestris*) comerciales (ésta sólo en 2015).

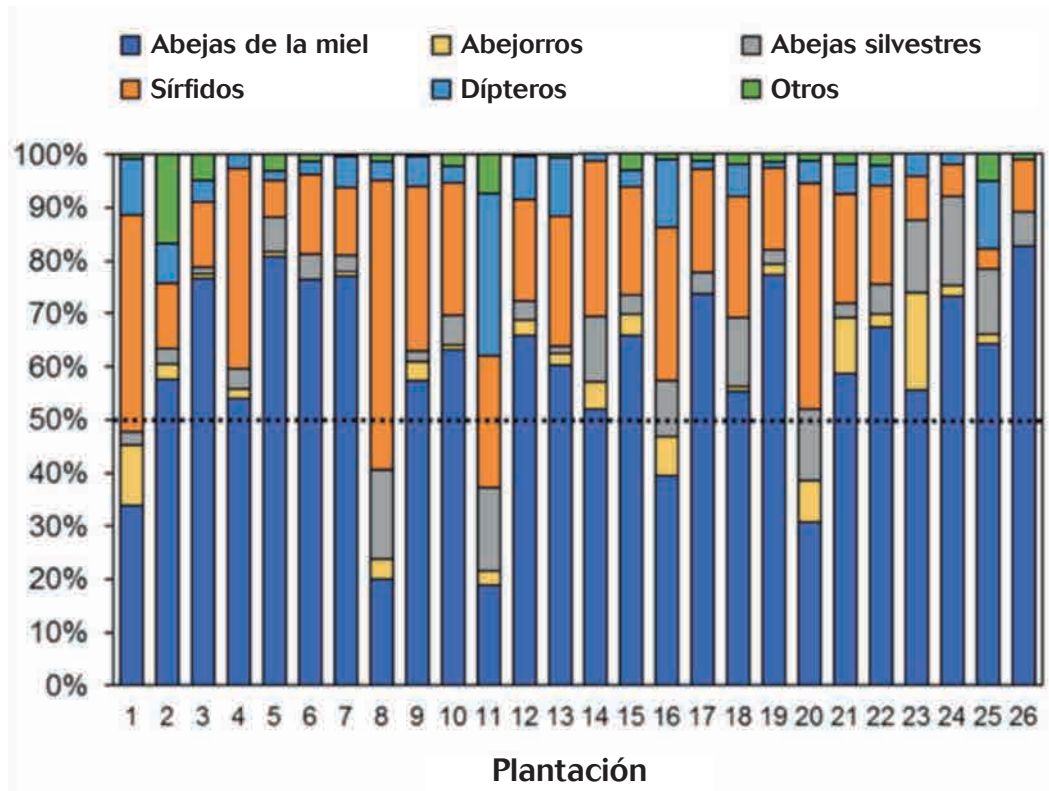
Cada año, cada plantación fue muestreada tres veces, cada vez a una hora distinta (mañana, mediodía y tarde), para cubrir al máximo el rango de actividad diaria de los polinizadores. En cada muestreo observamos las visitas de insectos a las flores en 5 árboles durante 5 minutos cada uno, lo que hace un total de 75 minutos de observación por plantación y año. Como resulta muy difícil distinguir a ojo la especie de polinizador en las flores, en cada muestreo dedicamos 10 minutos extra a capturar los insectos que visitaban las flores de los manzanos para, posteriormente, identificarlos en el laboratorio.

Tras más de 3400 observaciones de insectos visitando flores (Figura 1), podemos concluir que la comunidad de polinizadores del manzano de sidra en Asturias

Figura 1.-Composición de la comunidad de insectos polinizadores del manzano de sidra en Asturias. Datos de 2015-2016 en 26 plantaciones.



→
Figura 2.-Composición de la comunidad de insectos polinizadores del manzano de sidra en cada una de las 26 plantaciones muestreadas.



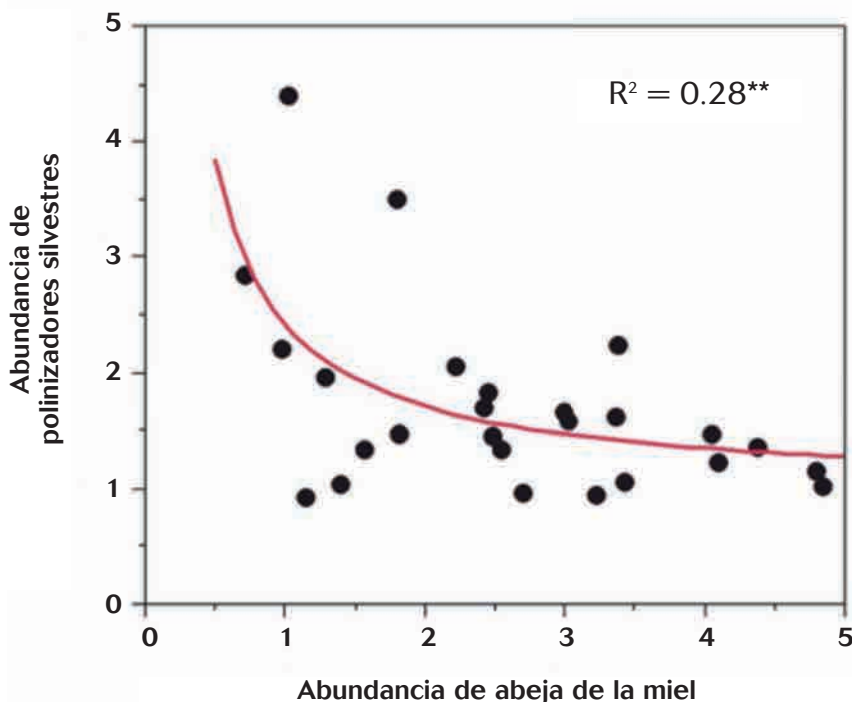
↓
Figura 3.-Relación entre la abundancia de la abeja de la miel y la de polinizadores silvestres en las 26 plantaciones muestreadas. Cada punto representa una pumarada. Ajuste no lineal ($y = 0.98 + 1.43/x$; $F_{1,24} = 9.34$; $P = 0.005$).

está formada mayoritariamente por la abeja de miel (61 % de abundancia), seguida por sírfidos (21 %), abejas silvestres (7 %), otros dípteros distintos de los sírfidos (moscas, a partir de ahora) (6 %) y abejorros (3 %), siendo el 2 % restante escarabajos, mariposas y otros insectos.

En la Figura 1 se muestra además de qué especies/taxones se compone cada uno de esos grandes grupos de polinizadores.

El número total de especies registradas durante los muestreos fue de 82, pero contabilizando especies de otros estudios de nuestro grupo, ese número se eleva hasta 101 (enlace a la lista completa al final). El orden de los himenópteros fue el más rico en especies (53), seguido de los dípteros (33) y los coleópteros (12). Las abejas silvestres, el grupo más rico, estuvo dominado por abejas de las familias Halictidae (23) y Andrenidae (16). El grupo de los sírfidos, con 23 especies, fue el más rico entre los dípteros.

Así pues, en términos de abundancia, la comunidad de polinizadores del manzano estuvo dominada por la abeja melífera, a pesar de que sólo dos pumaradas tenían colmenas de abejas. La presencia común de colmenas para autoconsumo de miel en el campo asturiano, así como la presencia de algunas poblaciones de abeja de la miel asilvestradas, explicaría el predominio de estas abejas en el cultivo. Sin embargo, aunque la abeja de la miel estuvo presente en todas las plantaciones,





su dominancia no fue generalizada: en varias pumaradas las abejas melíferas representaban menos del 20% de los visitantes florales, y en más de un tercio de las plantaciones, casi el 40% de las visitas eran de polinizadores silvestres (Figura 2).

En resumen, a pesar de ser un cultivo dominado -de forma cuantitativa- por las abejas melíferas, la manzana de sidra en Asturias se beneficia de una rica comunidad de polinizadores silvestres que pueden garantizar altas tasas de visita cuando la abeja es rara. Así, pumaradas con pocas abejas de la miel presentan abundancias

elevadas de polinizadores silvestres (Figura 3). Como resultado de este “recambio” de especies, estas pumaradas se aseguran tasas de visita similares a las dominadas numéricamente por las abejas melíferas.

Todos estos datos representan la diversidad taxonómica de los polinizadores del manzano, es decir, la abundancia y la riqueza de especies, que en comparación con otros estudios podemos considerar como elevada o muy elevada (Figura 4). Pero para entender el papel de los polinizadores hay que atender además a su diversidad funcional.



←
 Figura 4.-Ejemplo de polinizadores del manzano de sidra en Asturias.



La comunidad de polinizadores es también diversa funcionalmente

La diversidad funcional representa la variedad existente entre los insectos a la hora de ejercer su rol como polinizadores, y se mide a través de diferencias de rasgos morfológicos (p.ej. tamaño corporal, longitud de la lengua) o características comportamentales (p.ej. hora de vuelo, comportamiento de recolección de polen y néctar) que influyen claramente en dicho papel polinizador.

En este estudio representamos la diversidad funcional de los polinizadores del manzano de sidra a través de distintos aspectos del comportamiento de alimentación, como la tasa de visita a las flores, la legitimidad de la visita, el comportamiento de recolección de polen o néctar y la preferencia por visitar distintas partes de la copa. Además, registramos los patrones de actividad horaria de los polinizadores. Estos resultados se pueden ver con más detalle en Miñarro y García (2018).

La tasa de visita y los movimientos de los polinizadores entre árboles y filas se registraron en 2016, en una pumarada

con una comunidad de polinizadores abundante y diversa. Para ello, cada insecto localizado visitando una flor fue seguido hasta perderlo de vista, registrando el tiempo que duró el seguimiento, el número de flores visitadas y si cada flor visitada estaba en el mismo u otro árbol y en la misma o en otra fila de árboles. Así, pudimos calcular la tasa de visita (número de flores visitadas por minuto).

Durante el estudio de la abundancia de polinizadores, registramos la forma en que en cada visita el polinizador se acercó a las flores, distinguiendo dos tipos de visita: 'superior', cuando los insectos se acercaron por la parte superior de la flor, lo que aumenta la probabilidad de contactar con los órganos reproductores de la flor -anteras (parte productora del polen) y estigma (parte receptora del polen)-, y 'lateral', cuando los polinizadores aterrizaron en los pétalos y se acercaron a la flor desde un lado, insertando su lengua en la base de los estambres para recolectar el néctar (los nectarios, órganos que producen el néctar, están en la base de la flor). En las visitas laterales, el insecto rara vez entra en contacto con las anteras o el estigma, lo que supone una visita 'ilegítima' (el insecto toma néctar sin contribuir a la polini-

→
Figura 5.-Abeja de la miel tomando néctar en una visita lateral, no legítima porque consume néctar sin contribuir a la polinización.





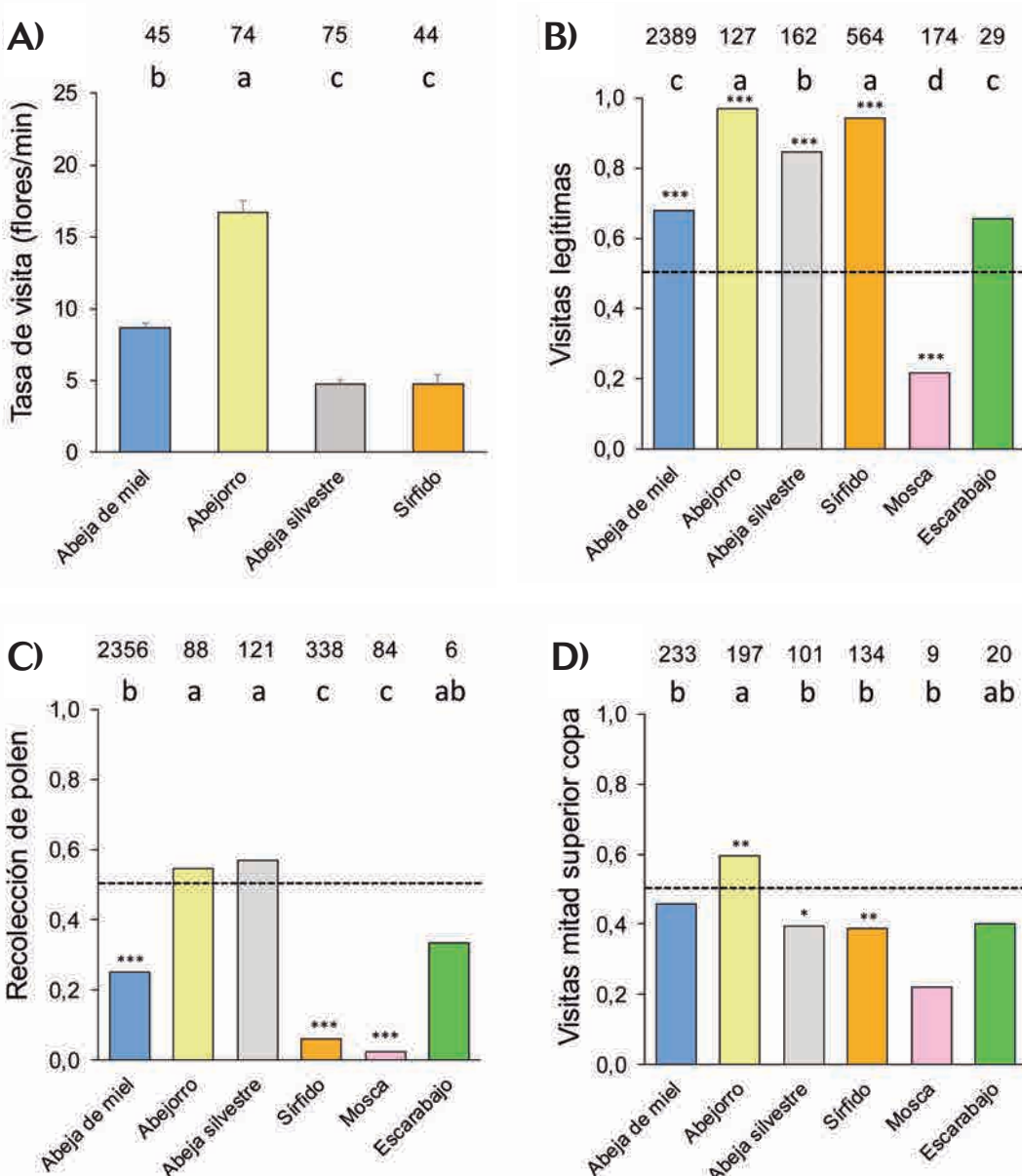
zación del cultivo; Figura 5). Así, para cada grupo de polinizadores calculamos la frecuencia de visitas legítimas, es decir la aproximación a la flor por la parte superior.

Para estudiar la distribución de las visitas de polinizadores entre las diferentes partes de la copa del árbol nos paramos frente a un árbol dado durante un minuto, registrando para cada visita de un polinizador si la flor visitada estaba en la mitad superior o inferior de la copa. De esta forma, pudimos estimar la frecuencia de las visitas a la mitad superior e inferior de la copa.

Los patrones de actividad horaria de los polinizadores se determinaron tras

observar la distribución de las visitas a las flores del manzano en diferentes momentos del día (de 09:00 a 18:00 h), a lo largo de 22 días. En cada censo, un observador registró, durante un minuto en 20 árboles diferentes, el número y la identidad de los insectos que visitaban las flores del manzano.

Los polinizadores mostraron una notable diversidad funcional, con diferencias en el comportamiento de alimentación y en los patrones de actividad. Primero, difirieron en la velocidad con que visitan las flores, es decir, en el número de flores visitadas por minuto (Figura 6A). Los abejorros fueron los más rápidos, visitando



←
Figura 6.-
 Comportamiento alimenticio de polinizadores del manzano de sidra. A) Tasa de visita (número medio de flores visitadas por minuto), B) visitas legítimas (contacto con órganos reproductores de la flor), C) frecuencia de individuos que recolectan polen y D) frecuencia de visitas registradas en la mitad superior de la copa. Los números en la parte superior de cada columna indican el tamaño de muestra. Diferentes letras indican diferencias entre grupos de polinizadores. Las barras sobre las columnas en A) indican el error estándar. Los asteriscos sobre las columnas en B), C) y D) reflejan desviaciones de la relación 1:1 (50%) para cada polinizador (**): P < 0.01, (*): P < 0.05, (***): P < 0.001.



16.7 flores por minuto, casi el doble que las abejas de la miel (8.7). Las abejas silvestres y los sírfidos fueron los que pasaron más tiempo en cada flor visitada, ya que sólo visitaron 4.8 y 4.7 flores por minuto, respectivamente.

Segundo, los polinizadores se diferenciaron en cómo se aproximaron a las flores: la abeja de la miel, los abejorros, los sírfidos y las abejas silvestres lo hicieron más desde la parte superior (lo que supone visitas legítimas; Figura 6B) que lateralmente, aunque con diferentes frecuencias (abejorros = sírfidos > abejas silvestres > abejas de la miel). Las moscas fueron observadas en su mayoría o descansando en los pétalos o recogiendo el néctar en visitas laterales. Para los escarabajos no detectamos diferencias en la frecuencia de las visitas superiores y laterales.

Tercero, observamos diferencias entre polinizadores en la frecuencia con que recogían polen y néctar: abejorros y abejas silvestres mostraron mayor preferencia por recolectar polen que la abeja de la miel, los sírfidos o las moscas (Figura 6C). Los insectos que recolectan polen siempre contactan con los órganos sexuales de la flor (al menos las anteras), y tales visitas pueden considerarse legítimas en

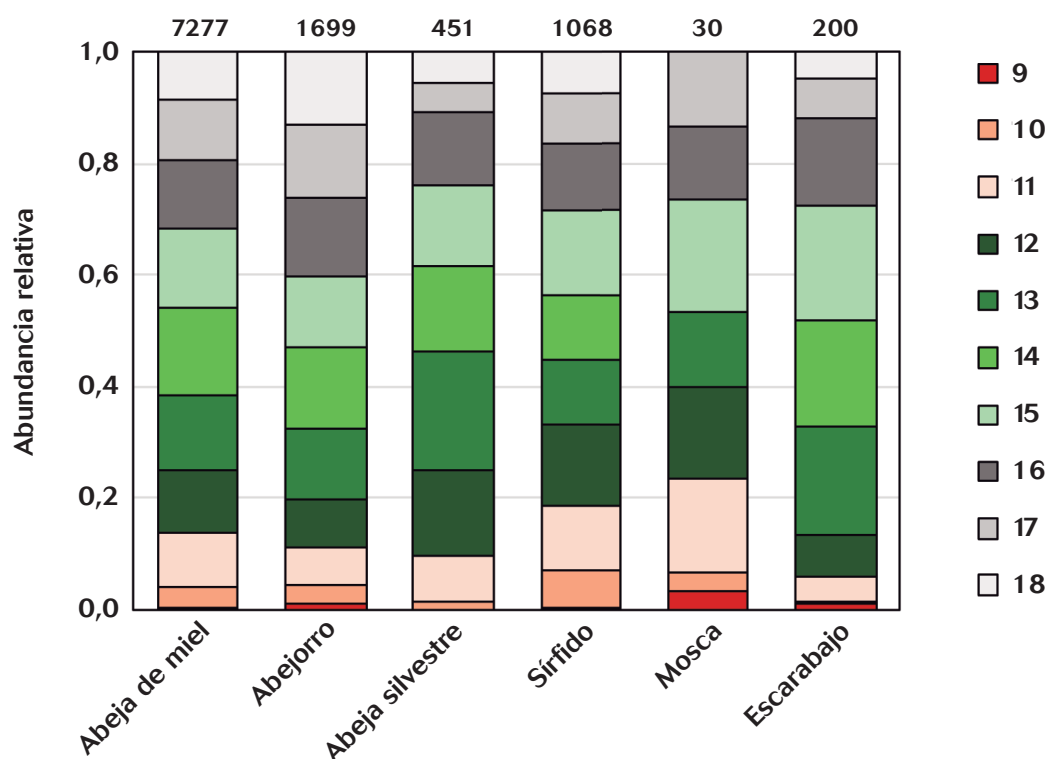
términos de polinización, ya que contribuyen a la transferencia de polen. Por el contrario, los insectos recolectores de néctar pueden acercarse desde un lado (visita ilegítima) o desde la parte superior (visita legítima).

También registramos cierta segregación espacial de los polinizadores dentro de las copas de los árboles, con los abejorros observados con mayor frecuencia en la parte superior o las abejas silvestres y los sírfidos en la parte inferior, mientras que observamos abejas de la miel repartidas por igual en toda la copa (Figura 6D).

Finalmente, encontramos diferencias en cómo los polinizadores distribuyeron sus visitas a las flores a lo largo del día (Figura 7). Por ejemplo, la abeja de la miel, los sírfidos y las moscas fueron más activos que otros grupos en las primeras horas del día (09:00 h - 11:00 h), las abejas silvestres y los escarabajos concentraron la mayor parte de su actividad en las horas centrales y los abejorros fueron quienes presentaron con mayor frecuencia actividad vespertina.

A la vista de las diferencias entre grupos de polinizadores en el comportamiento alimenticio y los patrones de actividad

→ **Figura 7.**-Distribuciones de frecuencias de visitas a las flores de manzana de cada grupo de polinizadores durante todo el día (de 09:00 a 18:00 h). Los números en la parte superior de cada columna indican el número de polinizadores observados en cada grupo.





podemos considerar que, aunque la comunidad de polinizadores esté dominada numéricamente por la abeja de la miel, el manzano de sidra en Asturias está lejos de ser un cultivo dependiente de abejas melíferas. Esto se debe a que los polinizadores silvestres muestran comportamientos diversos que pueden compensar, gracias a su calidad, sus abundancias generalmente más bajas. Por ejemplo, la alta tasa de visitas de los abejorros, menos comunes, supondría finalmente una alta proporción de flores polinizadas por estos insectos. De manera similar, es esperable una mayor eficiencia en la polinización por abejorros, abejas silvestres y sírfidos, gracias a sus mayores frecuencias de visitas legítimas y de comportamiento de recolección de polen. Por lo tanto, la magnitud del servicio de polinización se beneficiaría de la abundancia y la diversidad de especies de polinizadores en el cultivo. También surgiría complementariedad funcional entre los grupos de polinizadores a partir de la segregación espacial dentro de la copa del árbol (flores de diferentes partes de la copa darían fruto gra-

cias a diferentes insectos) y de la segregación temporal a lo largo del día (se incrementaría el periodo en que las flores son visitadas). En definitiva, pumaradas que albergan comunidades de polinizadores más diversas recibirían un mejor servicio de polinización, porque las distintas especies de insectos se complementarían generando un efecto aditivo (Miñarro y García, 2018). Esto incluye a la abeja melífera, cuya su presencia es indudablemente beneficiosa para la polinización del cultivo siempre que la gestión de las colmenas no afecte de manera negativa a las poblaciones de polinizadores silvestres.

Recomendaciones de manejo para fomentar la biodiversidad de polinizadores

Los insectos polinizadores que pueblan los agroecosistemas tienen tres requerimientos básicos: flores para alimentarse, condiciones para criar, y respeto con el uso de pesticidas, de modo que no afecten a sus poblaciones (Miñarro et al., 2018).



←
Figura 8.-Hotel para insectos (izquierda), nido para abejas (derecha arriba) y utilización del mismo (derecha abajo): en sentido horario desde arriba a la izquierda: una abeja *Osmia bicornis*, un tapón de barro sellando un nido, una bola de polen para alimento de las crías y un agujero vacío.



Como hemos visto, los polinizadores utilizan las flores del manzano para obtener polen y néctar para autoconsumo, pero también, en el caso de abejas y abejorros, para alimentar a sus crías. Sin embargo, el manzano (al igual que otros cultivos) ofrece recursos alimenticios abundantes pero solo disponibles un periodo de tiempo limitado, mientras que los polinizadores necesitan alimento en una ventana temporal más amplia, tanto antes como después del periodo de floración del manzano. La cubierta vegetal, espontánea y permanente, de las pumaradas alberga una comunidad de flores abundante y diversa que supone un recurso alimenticio para los polinizadores desde antes de la floración del manzano hasta el momento de cosecha (Rosa García y Miñarro, 2014). Promover la floración de la cubierta (espaciando más los segados, dejando una línea sin desbrozar en el centro de la calle, segando las calles alternativamente) contribuiría a fomentar las poblaciones de polinizadores en la pumarada. Un manejo adecuado de *les sebes* (setos) que suelen rodear el cultivo para promover su floración (evitando la poda en la mayor medida posible) también resulta beneficioso para los polinizadores (Miñarro y Prida, 2013).

Muchos insectos polinizadores, como las abejas, crían en nidos donde adultos y larvas se protegen de depredadores, parásitos, condiciones climáticas extremas o daños accidentales (Roulston y Goodell, 2011). La mayor parte de las abejas silvestres nidifica en el suelo, en galerías que ellas mismas excavan; otras nidifican en agujeros y pequeñas oquedades en cañas secas, madera o muros. Promover la nidificación mediante parches de suelo desnudo (el preferido para criar) o la introducción de nidos (Figura 8) facilitará el establecimiento de comunidades de insectos polinizadores.

Por último, los pesticidas a emplear deberían ser totalmente compatibles con la preservación de las comunidades polinizadoras y deberían aplicarse a primera o última hora del día, fuera del periodo de máxima actividad de vuelo de estos insectos tan beneficiosos para el cultivo.

Agradecimientos

A los proyectos INIA RTA2013-00139-C03-01 (MinECo y FEDER) y PCIN2014-145-C02-02 (MinECo, BiodivERSA-FAC-CE2014-74) por la financiación. A Alejandro Núñez, David Luna, Carlos Guardado y Aitor Somoano por su colaboración en la toma de datos. A los productores por dejarnos realizar los ensayos en sus plantaciones, a los técnicos de CAMPOASTUR por su ayuda en la selección de pumaradas. Y a Luis Óscar Aguado, Pilar Álvarez, Alejandro Núñez y Javier Ortiz por su inestimable contribución a la identificación de los polinizadores.

Referencias bibliográficas

- 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. (2018). Complementarity and redundancy in the functional niche of cider apple pollinators. *Apidologie* DOI: 10.1007/s13592-018-0600-4.
- 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.
- MIÑARRO, M.; GARCÍA, D., MARTÍNEZ-SASTRE, R. (2018). Los insectos polinizadores en la agricultura: importancia y gestión de su biodiversidad. *Ecosistemas* 72: 81-90.
- ROSA GARCÍA, R.; MIÑARRO, M. (2014). Role of floral resources in the conservation of pollinators in cider apple orchards. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 183: 118-126.
- ROULSTON, T.A.H.; GOODELL, K. (2011). The role of resources and risks in regulating wild bee populations. *Annual Review of Entomology* 56: 293-312.

Material suplementario

Enlace a lista completa de polinizadores:
https://www.unioviado.es/danielgarcia/pdfs/Minarro_etal_2018_TecnoAlim_MS.pdf ■



El cultivo de la faba asturiana frente el cambio climático: adaptación de la fecha de siembra

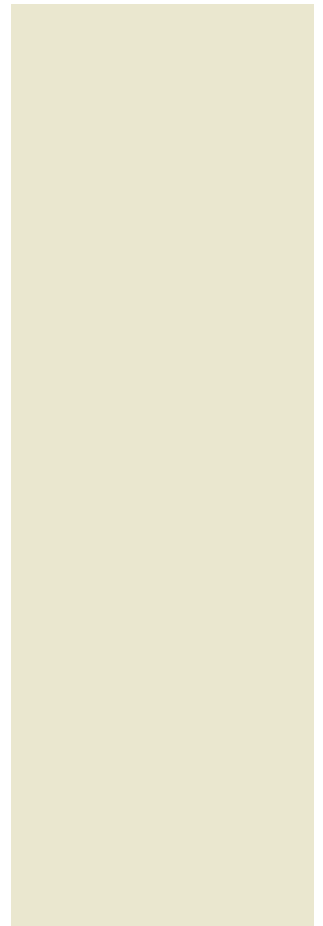
JUAN JOSÉ FERREIRA. Área de Cultivos Hortofrutícolas y Forestales. Programa de Genética Vegetal. jjferreira@serida.org
ESTER MURUBE TORCIDA. Área de Cultivos Hortofrutícolas y Forestales. Programa de Genética Vegetal. emurube@serida.org
ANA CAMPA NEGRILLO. Área de Cultivos Hortofrutícolas y Forestales. Programa de Genética Vegetal. acampa@serida.org

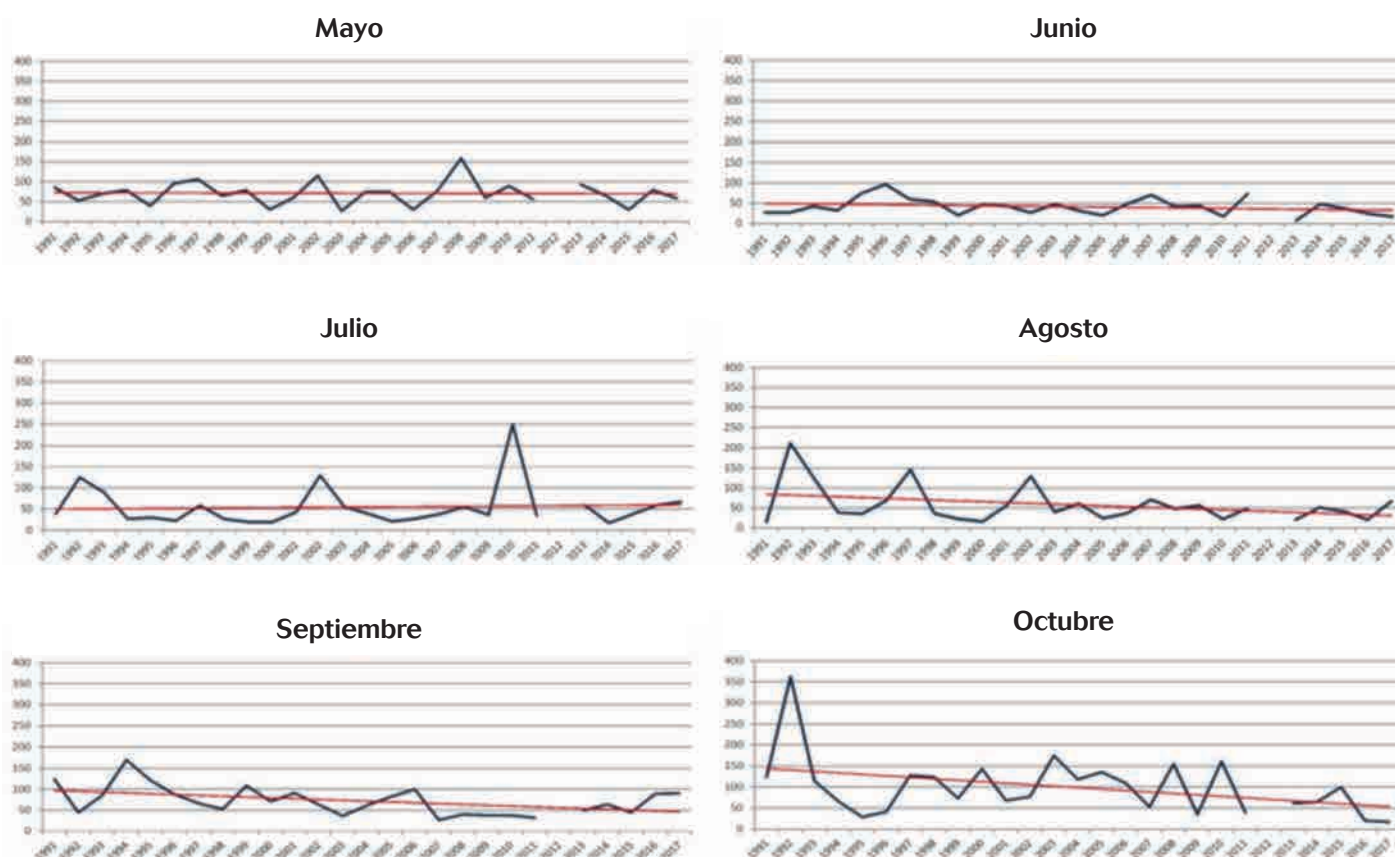
El cultivo de la 'Faba Asturiana' se desarrolla en unas condiciones climáticas muy específicas. Estamos inmersos en un proceso de cambio climático acelerado que, seguramente, cambiará estas condiciones y exigirá una adaptación. En este trabajo se estudia el comportamiento de dos variedades de faba en condiciones adversas y se evalúa el efecto de la fecha de siembra.

Generalmente el término **cambio climático** se aplica *al cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera (emisión de gases de efecto invernadero) y que se suma a la variabilidad natural del clima* (Convenio Marco de la ONU sobre el Cambio Climático). Los efectos del cambio climático se perciben en la modificación de la cantidad y distribución de la pluviosidad o en el número de días con eventos climáticos extremos como altas temperaturas, periodos de sequía o periodos de lluvias torrenciales. Los cultivos se ven afectados por estos cambios con la aparición de nuevas plagas o enfermedades, el incremento de los daños causados por plagas y enfermedades ya presentes, mayores problemas en el control de las malezas, y mayor incidencia de estreses abióticos como la sequía o cambios en la salinidad del suelo. Todo ello conduce a una reducción de la producción y/o mayores problemas en el manejo del cultivo.

El cultivo de la 'Faba Asturiana' en el norte de España no es ajeno a los efectos del cambio climático. De hecho, en

los últimos 25 años se observa una tendencia hacia una disminución de la pluviosidad en los meses en que se desarrolla este cultivo (véase Figura 1), particularmente en los meses de julio y agosto. Este hecho coincide con la etapa de floración y cuajado de las vainas, claves para la producción final del cultivo. Se han publicado diferentes modelos climáticos con los que se trata de predecir escenarios climatológicos a medio-largo plazo. Estos modelos apuntan hacia la variación en el régimen de pluviosidad y temperaturas que actualmente conocemos en el norte de España (véase Visor de Escenarios de Cambio Climático en www.AdapteCCa.es). Para la adaptación a los efectos del cambio climático se pueden plantear dos estrategias: el uso de variedades mejor adaptadas o la introducción de cambios en el manejo de los cultivos como la implantación de sistemas de riego, acolchados o la modificación de la fecha de siembra. En este trabajo se investiga el efecto de la fecha de siembra en la producción de dos variedades de 'Faba Asturiana' como estrategia para la adaptación a los efectos del cambio climático.





↑

Figura 1.—Pluviosidad media (mm) registrada en los meses de cultivo de Faba Asturiana (mayo-octubre) en el periodo 1991-2017 (fuente AEMET). Datos medios de las estaciones meteorológicas de Aeropuerto de Asturias (estación 1212E), Puerto de Gijón (1208H) y Oviedo (1249I). Se indica la línea de tendencia.

Descripción del ensayo

Se utilizaron la variedad de crecimiento determinado **Maruxina** y la variedad de crecimiento indeterminado **Maximina**, ambas desarrolladas en el SERIDA. Las dos variedades derivan de la variedad tradicional **Andecha** y presentan resistencia a antracnosis (gen *Co-2*), potyvirus (gen *I*) y alta tolerancia a oídio. Los ensayos se realizaron en una parcela del SERIDA-Villaviciosa durante las campañas 2016 y 2017 (43° 29 01 N, 5° 26 11 W; 6.5 m). En cada anualidad, los ensayos incluyeron tres parcelas por variedad y fecha de siembra. Las parcelas eran de unos 26 m² constituidas por 3 calles acolchadas con plástico negro de 150 galgas. Cada calle disponía de dos filas con 25 plantas lo que supone una densidad aproximada de 57.000 plantas/ha. Para garantizar esta densidad inicial se realizó un semillero y posterior trasplante en tres fechas: temprana (6/05/2016 y 5/05/2017), temporada (30/05/2016 y 26/05/2017) y tardía (13/06/2016 y 13/06/2017). En esta siembra tardía, el cultivo se desarrolla en unas condiciones más estresantes en

cuanto a disponibilidad de agua, humedad relativa y temperatura. En las parcelas de la variedad indeterminada se instalaron 8 varillas de 2,10 m y 12 mm de diámetro por calle. El cultivo se llevó a cabo con un abonado compuesto (9N:18P:27K; 150 kg/ha), sin tratamientos fitosanitarios y con control mecánico de las malezas entre calles.

En cada parcela se valoraron los siguientes caracteres relacionados con la producción: peso de vaina seca producida por parcela (g), peso de semilla seca producida por parcela (g), número de semillas en 25 vainas y peso de 100 semillas no deterioradas (g). También se valoró la duración del periodo transcurrido entre la siembra y la recolección, considerada cuando la mayoría de las vainas de la parcela estaban secas. Para cada carácter, fecha de siembra y variedad se consideró el valor medio de las dos anualidades. Se utilizó un análisis de varianza para conocer la significación de las diferentes fuentes de variación (variedad de faba, fechas de siembra e interacción variedad-fecha) con el programa R (R CoreTeam 2017).



Resultados

El cultivo se desarrolló con las incidencias habituales de plagas como pulgones, algunos chinches y presencia de oídio. En las dos campañas se observó una caída de flor relacionada con días muy calurosos en las últimas semanas de julio y episodios de estrés con las hojas orientadas en posición vertical y marchi-

tamiento de los ápices de los tallos. La Figura 2 muestra una secuencia de imágenes mensual con el desarrollo del cultivo en las tres fechas de siembra. En las condiciones en que se desarrolló este estudio se observó un menor desarrollo vegetativo de las plantas de las dos variedades en la fecha de siembra tardía, plantas con menor altura, menor ramificación y menos vigorosas.

↓
Figura 2.-Evolución del crecimiento y desarrollo de las variedades Maruxina (determinada) y Maximina (indeterminada) en las tres fechas de siembra (temprana -Siembra 1-, temporada -Siembra 2- y tardía -Siembra 3) durante el cultivo desarrollado en 2017.

Siembra 1



14/7/2017



31/7/2017



17/8/2017



1/9/2017

Siembra 2



Siembra 3



Fuentes de variación	g.i.	Estadístico F									
		Días a la cosecha		Producción vainas (g)		Producción semillas (g)		Nº Semillas en 25 vainas		Peso 100 semillas (g)	
Variedad de faba	1	0,23	ns	4,75	s	0,54	ns	1,01	ns	0,00	ns
Fecha de siembra	2	69,76	s	72,14	s	44,57	s	20,36	s	5,73	s
Interacción Variedad –Fecha de siembra	2	0,23	ns	6,10	s	3,72	s	7,10	s	0,69	ns

↑
Tabla 1.-Resultados del análisis de varianza realizado para identificar el origen de las diferencias significativas. s, diferencias significativas (p <0,05) ns, diferencias no significativas (p>0.05).

El análisis estadístico mostró que la fecha de siembra tiene una incidencia significativa en todas las variables medidas (Tabla 1) mientras que el tipo de variedad (Maruxina o Maximina) solo tiene un efecto significativo en la producción de vainas. Este resultado también queda reflejado en los histogramas de la Figura 3 en la que se aprecian cambios en las tres variables relacionadas con la producción (Producción de vainas, Producción de semillas y Peso de 100 semillas) en función de las fechas de siembra. Se observó una reducción de los valores para las tres variables conforme se retrasó la fecha de siembra. Es muy relevante la disminución del peso de 100 semillas en la siembra tardía, un carácter muy asociado a la calidad de la ‘Faba Asturiana’.

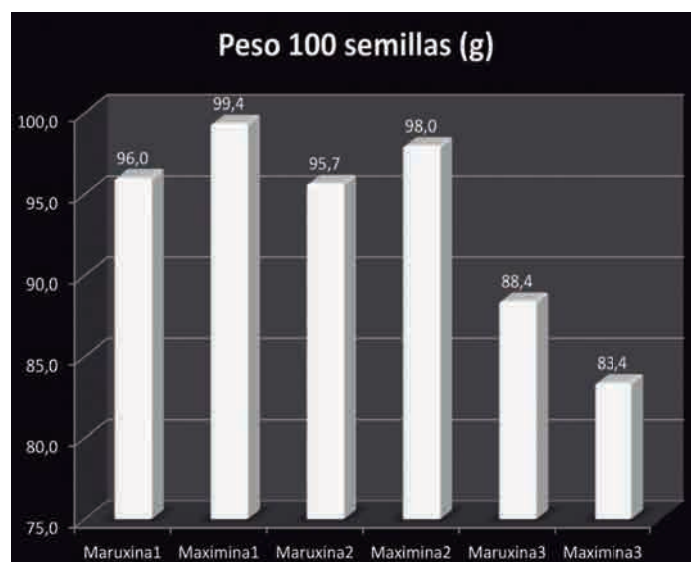
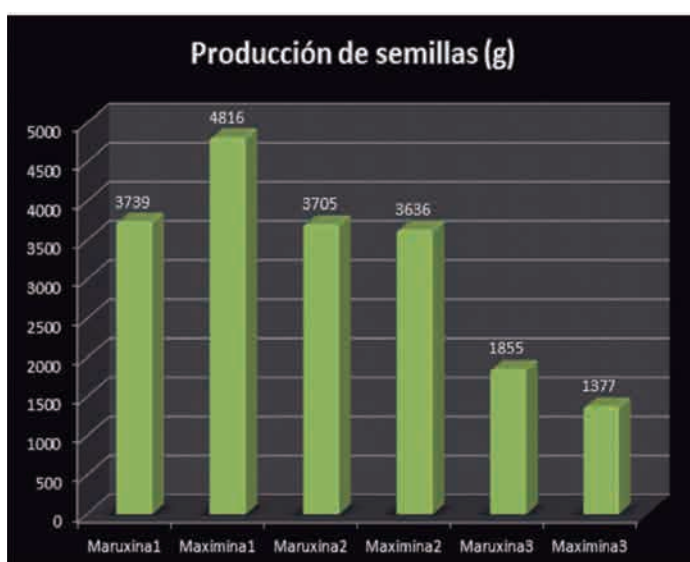
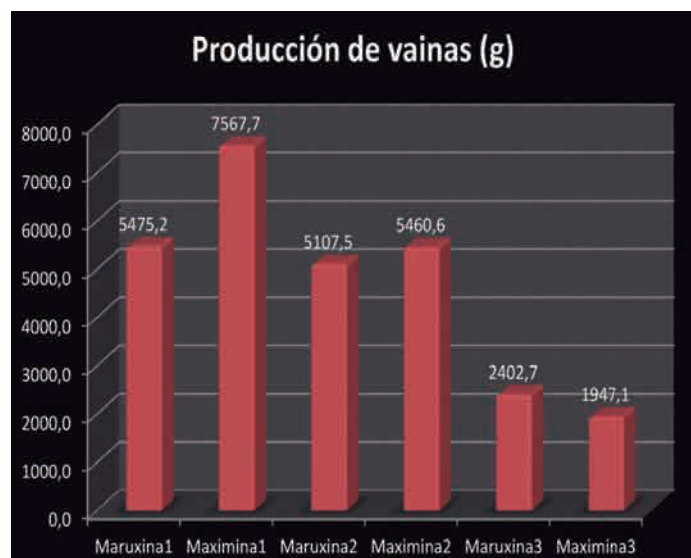
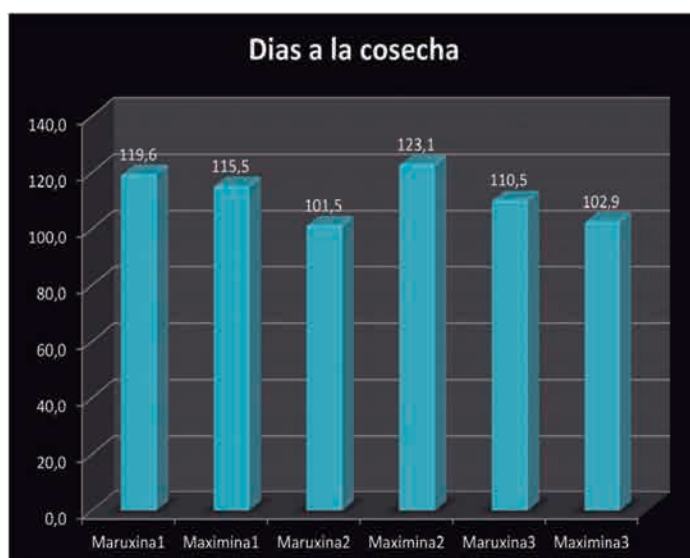
La interacción entre variedad y fecha de siembra fue significativa para las variables de producción (Producción de vaina y Producción de semilla) y para el número de semillas por vaina, indicando que las variedades Maruxina y Maximina responden de una manera diferente según la fecha de siembra. Por ejemplo, para las variables de producción, la primera fecha de siembra la variedad indeterminada Maximina presentó mayor producción que Maruxina (27% más en vainas y 22% más en semilla), mientras que en la siembra tardía Maximina presentó menor producción (19% menos en vaina y 26% menos en semilla). Este resultado indica que la variedad Maruxina está mejor adaptada que Maximina a las condiciones de cultivo de las siembras tardías, más adversas.

El desarrollo de la planta de judía presenta tres etapas principales: etapa de crecimiento vegetativo con desarrollo de

raíz, tallos, ramas y hojas; etapa de floración y cuajado de las vainas; etapa de maduración con desarrollo y deshidratado de las semillas. Unas condiciones adversas (p. ej. sequía, altas temperaturas o elevada radiación) afectan al desarrollo de la planta según la etapa en que ésta se encuentre. Si la planta está en la etapa de desarrollo vegetativo, unas condiciones adversas reducen su crecimiento y aceleran la entrada en floración y posterior maduración. Si la planta se encuentra en floración, es habitual observar una caída de la flor y problemas en el cuajado de las vainas. Esto parece haber ocurrido con la siembra tardía, cuya etapa de crecimiento vegetativo coincide con los meses más calurosos y de menor pluviosidad (julio-agosto; véase Figura 1). Por otra parte, el hábito de crecimiento también tiene una marcada influencia en la respuesta a condiciones estresantes, como revela el mejor comportamiento de la variedad determinada Maruxina en la siembra tardía. Las plantas determinadas tienen menor tamaño, de modo que se reduce la pérdida de agua por evapotranspiración en condiciones estresantes respecto a las indeterminadas (Maximina), facilitando de este modo su adaptación.

Conclusiones

Los resultados de este trabajo, desarrollado en las condiciones de Villaviciosa (Asturias), indican que la fecha de siembra tiene un impacto significativo sobre la producción de ‘Faba Asturiana’ y que, particularmente, las variedades con crecimiento indeterminado se ven más afectadas por las condiciones adversas asociadas a siembras tardías.



La elección de la fecha de siembra constituye una estrategia para la adaptación a los efectos derivados del cambio climático. Cada productor debería buscar en sus parcelas la fecha de siembra que aproveche las precipitaciones de primavera y minimice los efectos de estreses asociados al verano en las fases de crecimiento vegetativo y floración.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido, en parte, financiado por el proyecto AGL2017-87058R del Gobierno de España (Agencia Estatal de Investigación). A. Campa y E. Murube son beneficiarias de un contrato Doc-INIA (DR13-0222) y FPI-INIA (CPR2014-0224), respectivamente.

Referencias bibliográficas

R Core Team 2017. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>

↑
Figura 3.-Histograma mostrando los resultados (medias) obtenidos para los caracteres Días a las Cosecha (días), Producción de vaina seca por parcela (g), Producción de semillas por parcela (g) y Peso de 100 semillas (g) para las dos variedades y en las tres fechas de siembra (1 y 3).



Fabas con crecimiento determinado o indeterminado trepador

JUAN JOSÉ FERREIRA. Área de Cultivos Hortofrutícolas y Forestales. Programa de Genética Vegetal. jjferreira@serida.org
ANA CAMPA NEGRILLO. Área de Cultivos Hortofrutícolas y Forestales. Programa de Genética Vegetal. acampa@serida.org

Una de las cuestiones más controvertidas para los productores de 'Faba Asturiana' es el uso de variedades enanas o trepadoras. Este trabajo proporciona los datos más recientes obtenidos en el SERIDA para que los productores tomen las decisiones más apropiadas acerca del uso de los dos tipos de variedades.

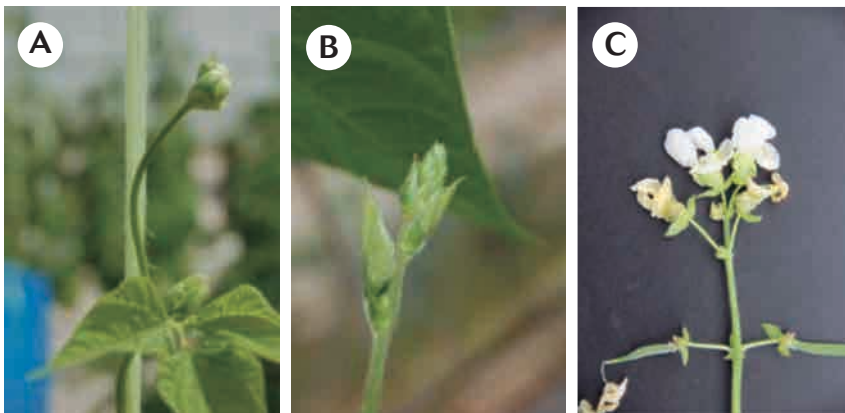
↓

Figura 1.—Tipos de terminación del tallo principal de la judía: a) Tallo principal con crecimiento determinado, terminación en inflorescencia (Maruxina), b) Tallo principal con crecimiento indeterminado, sin terminación en inflorescencia (Maximina) c) Inflorescencia de 'Faba Asturiana' mostrando dos flores abiertas, dos flores autofecundadas con dos días y dos vainas iniciando su desarrollo con una semana, aproximadamente.

Las plantas de judía común pueden presentar diferentes formas de crecimiento dependiendo de una combinación de caracteres como el número y longitud de los entrenudos, la capacidad de torsión del tallo, la capacidad de ramificación y la terminación de tallo principal. El crecimiento puede verse afectado tanto por variables ambientales (horas de luz, temperaturas disponibilidad de agua y nutrientes y enfermedades) como por la base genética. Por ejemplo, el gen *Fin/fin*, localizado en el cromosoma Pv01, determina si el ápice del tallo principal evoluciona para formar una inflorescencia (racimo de flores), en cuyo caso se habla de

crecimiento determinado, o mantiene el crecimiento indefinidamente, en cuyo caso se habla de crecimiento indeterminado (Figura 1). Aunque tradicionalmente se considera que el tipo comercial 'Faba Asturiana' tiene crecimiento indeterminado, la existencia de variedades locales con crecimiento determinado no es algo reciente. Puerta Romero (1961) describe dos accesiones recolectadas en Asturias con una semilla blanca, oblonga y grande similar a la que actualmente se conoce como 'Faba Asturiana': De la granja de pie (determinada) y De la granja (indeterminada).

Los productores de 'Faba Asturiana' tienen actualmente a su disposición variedades comerciales de crecimiento determinado (enanas) como Xana y Maruxina, y variedades de crecimiento indeterminado (trepadoras) como Andecha y Maximina (Figura 2), aunque sólo estas últimas están actualmente admitidas dentro de la IGP 'Faba Asturiana' (Orden 6-07-1990, BOE 170 del 17-07-1990). Este trabajo tiene por objeto presentar los datos más recientes obtenidos en el SERIDA sobre la producción de variedades determinadas e indeterminadas para que los productores tomen las decisiones más apropiadas





←
Figura 2.-Semilla de
cuatro variedades
comerciales de 'Faba
Asturiana'.

acerca del uso de los dos tipos de variedades.

Descripción del ensayo de campo

El estudio se desarrolló en las campañas 2016 y 2017 en las instalaciones del SERIDA (Villaviciosa; 43° 29' 01" N, 5° 26' 11" W; 6.5 m). Se utilizaron la variedad de crecimiento determinado **Maruxina** y la variedad de crecimiento indeterminado **Maximina**, ambas desarrolladas en el SERIDA. Las dos variedades derivan de la variedad tradicional **Andecha** y presentan resistencia a antracnosis (gen *Co-2*), potyvirus (gen *I*) y alta tolerancia a oídio.

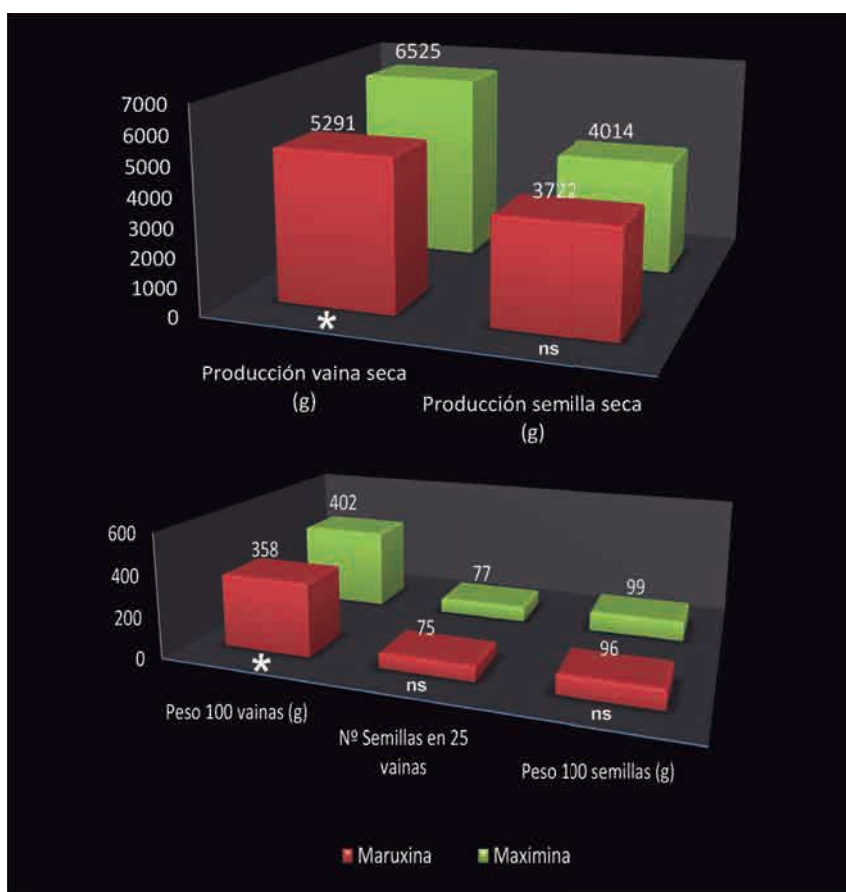
Los ensayos incluyeron seis parcelas por variedad y anualidad. Cada parcela tenía 26 m² y estaba constituida por 3 calles acolchadas con plástico negro de 150 galgas. Cada calle disponía de dos filas de 25 plantas, lo que supone una densidad aproximada de 57.000 plantas/ha. Se realizaron semilleros y posteriores trasplantes para alcanzar esta densidad de siembra. En las parcelas de la variedad indeterminada se instalaron 8 varillas de 2,10 m y 12 mm de diámetro por calle. El cultivo se desarrolló con un abonado

compuesto (150 kg/ha de 9N:18:P27K), sin ningún tratamiento fitosanitario y con control mecánico entre calles.

En cada parcela se valoraron cinco caracteres relacionados con la producción: Peso de vaina seca producida por parcela (g), Peso de semilla seca producida por parcela (g), Peso de 100 vainas (g), Número de semillas en 25 vainas y Peso de 100 semillas no deterioradas (g). En el momento en que se tomaron estos caracteres, el contenido en humedad de la semilla estaba entorno al 12% del peso. También se valoró el porcentaje de semilla deteriorada respecto a la producción total (destrío). Dentro del destrío de cada parcela se tomaron 3 muestras de 100 semillas que se clasificaron según el tipo de daño que presentaban: semillas podres, semillas rotas, semillas abiertas o arrugadas, semillas decoloradas o manchadas, semillas con gorgojos o mordidas o semillas pequeñas. Para todos los caracteres analizados se investigó la posible existencia de diferencias significativas entre ambas variedades mediante una T Student (R Core Team 2017).

Finalmente, en un lote de semillas de cada variedad de la cosecha 2017 se realizaron análisis de calidad sensorial por





↑ **Figura 3.**-Valores medios para cinco caracteres relacionados con la producción obtenida en las campañas 2016 y 2017 en las variedades Maximina y Maruxina. Se indican la existencia de diferencias significativas entre medias mediante el test T Student; ns, diferencia no significativa, *, diferencia significativa ($p < 0.05$).

→ **Tabla 1.**-Valoraciones obtenidas en el análisis sensorial de muestras de las variedades Maruxina y Maximina cultivadas en Villaviciosa en la campaña 2017. Los atributos son valorados en una escala 1-5.

el mismo comité de catas que realiza los análisis para la IGP 'Faba Asturiana' valorando los siguientes siete atributos estandarizados: integridad del grano, superficie de la piel, dureza de la piel, dureza del albumen, mantecosidad, granulosidad y harinosidad.

Resultados

El cultivo se desarrolló con las incidencias habituales de plagas y malezas. La re-

colección se realizó, como promedio, a los 119 días después de la siembra en ambas variedades (principios de septiembre). La Figura 3 representa las medias obtenidas para los cinco caracteres tomados en las variedades Maximina y Maruxina en las dos campañas. En las condiciones en que se desarrollaron los cultivos los resultados revelaron una mayor producción de la variedad Maximina. Esto se reflejó en un incremento del 19% y 7% en peso de vainas secas y peso de semillas secas, respectivamente, siendo significativa la diferencia sólo en el caso del peso de vaina seca. Para el resto de caracteres solo se detectaron diferencias significativas entre ambas variedades en el peso de 100 vainas. Es importante mencionar que las producciones registradas pueden estar infravaloradas por la presencia de semillas abortadas en vainas que podrían estar relacionadas con la incidencia de *Nezara viridula* L. observada en las fases de llenado de la vaina, y/o la caída de la flor observada en el mes de julio por altas temperaturas y estrés hídrico.

Por lo que respecta al porcentaje de destrío, la variedad Maruxina mostró unos valores medios ligeramente superiores ($23,2 \pm 2,5$) frente a la variedad Maximina ($18,6 \pm 1,5$). Al clasificar el destrío, se encontraron diferencias significativas entre Maruxina y Maximina para el porcentaje de Semillas podres, Semillas rotas, abiertas y arrugadas y Semillas decoloradas o manchadas. La mayor proporción de semillas podres y manchadas encontradas dentro del destrío de Maruxina (13% del destrío; ver Figura 4), guarda relación con la arquitectura de la planta ya que algunas vainas entran en contacto con el suelo y las semillas pue-

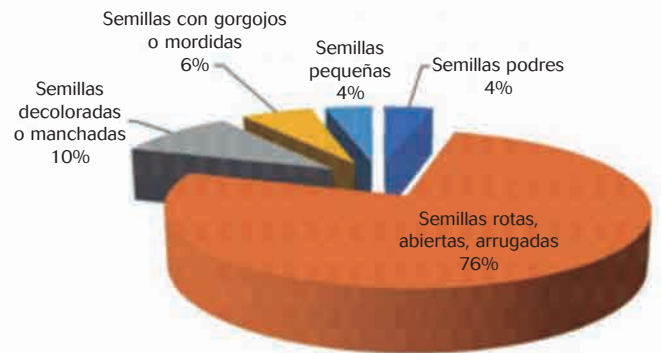
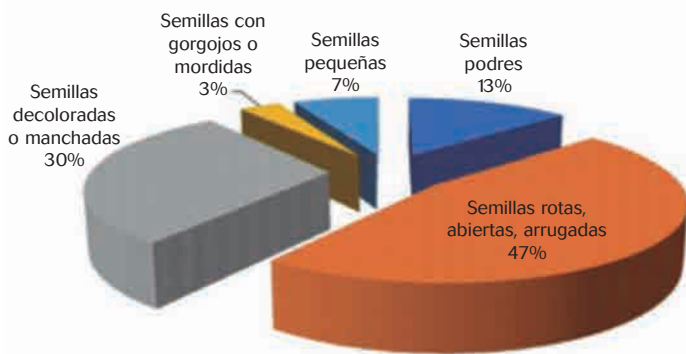
Atributos	Maruxina	Maximina
Integridad del grano	2,6	1,9
Superficie de la piel	1,4	1,0
Dureza de la piel	2,4	1,9
Dureza del albumen	0,7	0,4
Mantecosidad	3,4	3,3
Granulosidad	1,4	0,9
Harinosidad	2,9	2,4



1. Semillas podres 2. Semillas rotas, abiertas, arrugadas 3. Semillas con gorgojos o mordidas 4. Semillas decoloradas o manchadas 5. Semillas pequeñas

Maruxina

Maximina



den pudrirse. La mayor presencia de semillas podres (menos pesadas) en la variedad Maruxina probablemente es una de las causas que da lugar a una menor producción en términos de Producción de vainas y de Producción de semillas en esta variedad. La variedad Maximina, sin embargo, tiene una proporción de semillas rotas, abiertas o arrugadas significativamente mayor que Maruxina (76% del destrío; ver Figura 4).

Por último, los resultados de las valoraciones sensoriales realizadas por el comité de Catas fueron similares para las dos variedades en los siete atributos (Tabla 1). No obstante, el comité de catas calificó la variedad Maximina como 'excelente' y Maruxina como 'muy buena'.

Finalmente, los resultados de este trabajo revelan algunas diferencias entre las dos variedades cultivadas en idénticas condiciones lo que facilitará la decisión del tipo de material a usar por los productores. Además, en esta decisión debería

tenerse en consideración el coste de producción y la incidencia de variables climatológicas como pluviosidad, humedad relativa y temperaturas en ambos tipos de variedades.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto AGL2017-87058R del Gobierno de España. A. Campa es beneficiaria de un contrato Doc-INIA (DR13-0222).

Referencias bibliográficas

PUERTA ROMERO, J. 1961. Variedades de judías cultivadas en España. Monografía Inst. Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Ministerio de Agricultura, Madrid.

R CORE TEAM 2017. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/> ■

↑
Figura 4.-Clasificación del destrío en cinco clases. Porcentaje de tipos de semillas encontradas dentro de los lotes de destrío.



Asociación sostenible entre el castaño y el porcino autóctono del tronco celta

MARTA CIORDIA ARA. Área de Cultivos Hortofrutícolas y Forestales. Programa Forestal. mciordia@serida.org

ALEJANDRO ARGAMENTERÍA GUTIÉRREZ. ACGA. af@argamenteria.es

BEGOÑA DE LA ROZA-DELGADO. Área de Nutrición, Pastos y Forrajes. broza@serida.org

Introducción

El SERIDA está impulsando el proyecto *“Sinergias sostenibles del castaño y el porcino autóctono del tronco celta para su conservación”*, que bajo el acrónimo CASTACELTA cuenta con el apoyo del Ministerio para la Transición Ecológica, a través de la Fundación Biodiversidad y la colaboración de las asociaciones de criadores de las razas porcinas: Gochu Asturcelta (ACGA) en Asturias, y Poco Celta en Galicia (ASOPORCEL).

El objetivo general busca mitigar el declive del castaño y de las razas porcinas autóctonas del tronco celta (raza Celta, distribuida por diferentes puntos de la Comunidad Gallega y Gochu Asturcelta en Asturias), en un marco de cambio climático.

La información generada durante el desarrollo de este proyecto se recoge en su página web (castacelta.serida.org).

En el castaño, el abandono de las masas forestales, los cambios producidos en el uso y explotación de las masas y sotos, las amenazas sanitarias como el chancro y la tinta, y, recientemente, la plaga de la avispa, unido a la susceptibilidad al cambio climático, han acelerado el declive de esta especie. En otro sentido, las razas porcinas autóctonas del tronco Celta, perfectamente adaptadas al manejo en extensivo que evita los problemas medioambientales planteados por el modelo de producción intensiva, están en proceso de recuperación, tras sufrir desde mediados

del siglo pasado una continua reducción censal ocasionada por la importación de razas foráneas y por el cruce con éstas, para obtener mayores rendimientos cárnicos y menores tiempos de cebado.

La desaparición de los usos tradicionales pone en peligro una opción sostenible y saludable para los animales, los bosques y los consumidores. Por ello, la recuperación del pastoreo tradicional porcino en los castañares, con razas autóctonas del tronco Celta, es una actividad que resulta interesante como método para favorecer el desarrollo rural, ya que dota estos ecosistemas de un valor añadido.

Este sistema de gestión silvopastoral castaño-cerdo facilita la generación de externalidades positivas, donde se conjuga seguridad alimentaria y sostenibilidad:

- el aprovechamiento de ecosistemas de gran valor ecológico y ambiental,
- la prevención de incendios,
- la disminución de costes de mantenimiento de las masas forestales,
- la reducción de plagas,
- el abastecimiento de alimentos seguros a la población,
- la diversificación de los ingresos en el medio rural con su consiguiente estímulo de la economía local, y la fijación de población rural,
- así como la conservación del acervo genético de estas razas.

Además, esta actividad presenta un elevado interés en Asturias y Galicia, que puede suponer, y de hecho se está constatando, la recuperación de estos dos sectores, siempre y cuando se realice de forma sostenible. Es decir, el cerdo ha de adquirir un peso exigido por las industrias cárnicas, pero sin comprometer los recursos ni biodiversidad del castaño. Los resultados en cantidad y calidad de carne porcina procedente de un castaño dependerán, ante todo, de la producción de pasto y de frutos, así como del número de cerdos por unidad de superficie, es decir, de la carga ganadera.

El desarrollo de dos proyectos de investigación nacionales relacionados con esta temática INIA-RTA2011-00135-00 "Perfiles fenólicos en *Castanea sativa* Mill. y su interés desde el monte a la industria" e INIA-RTA 2014-00051-04 "Sostenibilidad de sistemas silvopastorales de frondosas caducifolias iberoatlánticas con razas autóctonas de cerdo en régimen extensivo", está permitiendo evaluar y cuantificar aspectos productivos y medio ambientales de la implementación de sistemas silvopastorales en robledales y castaños. Ello, con razas autóctonas de porcino de alta calidad de carne en régimen de explotación extensivo y con aprovechamiento final de fruto para la alimentación animal, buscando además, incrementar el uso múltiple del territorio con mejora de la rentabilidad de estos ecosistemas.

El castaño

El castaño europeo (*Castanea sativa* Mill.) tiene una gran importancia comercial, ecológica y sociocultural, tanto en la Península Ibérica como en el resto de Europa. Es una especie emblemática que forma una parte esencial del paisaje y la cultura de nuestros pueblos. En España, si bien se encuentra en casi todas las CCAA, con mayor o menor importancia, ocupando 442.665 ha según el Mapa Forestal Nacional, su presencia se centra en las provincias de Asturias, Lugo, Ourense, León y Salamanca.

Los sistemas silvopastorales, requieren tener en cuenta la producción de pas-

to: recursos vegetales que sirven de alimento al ganado (y, por extensión, a la fauna silvestre). Hay pastos herbáceos y pastos leñosos: subarborescentes, arbustivos o arbóreos. Los pastos con carácter forestal son aquellos que no soportan una gestión intensa y continuada por parte del hombre, que en este caso se denominarían pastos agrícolas (San Miguel, 2001).

Los pastos forestales, y específicamente los del castaño, son susceptibles de un uso múltiple y de generar servicios y beneficios que van más allá de considerar los pastos forestales como un sistema exclusivamente productivo para el ganado. Así, el aprovechamiento de la madera, plantas medicinales y aromáticas, apícola, biomasa, setas, obtención de polifenoles..., sin olvidarnos del valor paisajístico, cultural, patrimonial, o medioambiental, genera bienes indispensables a considerar como base para el desarrollo rural.

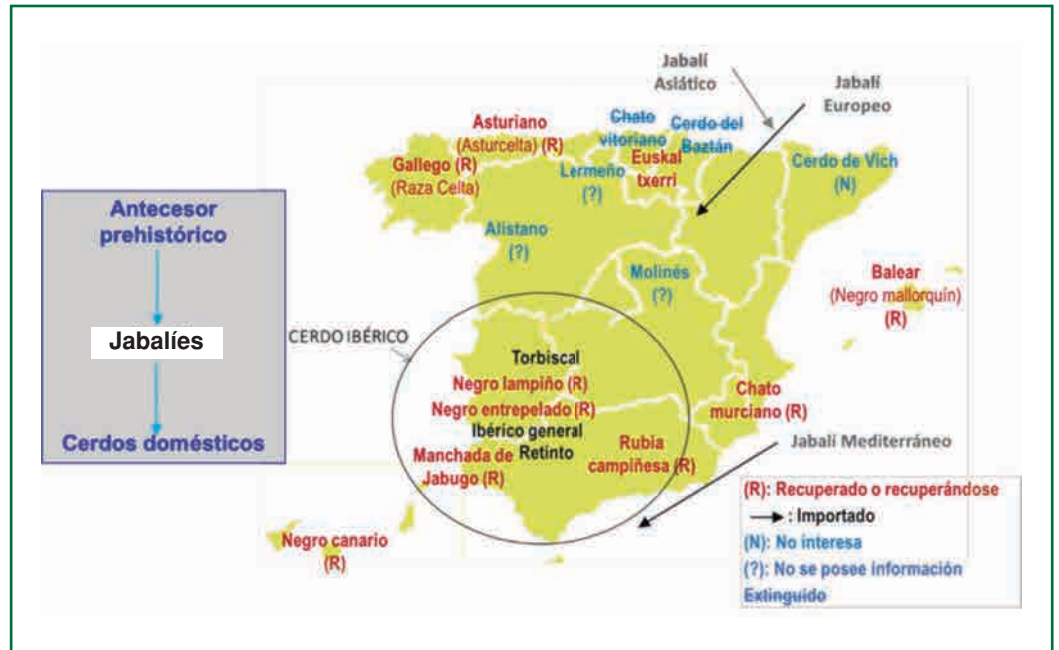
En Asturias hay más de 307.494,89 ha de pastos arbóreos (Álvarez García et al., 2004), de las que 180.560 contienen castaño como especie principal o secundaria. Predomina el monte bajo, siendo menos frecuentes las plantaciones injertadas, que presentan un estado de abandono acusado.

En Galicia, el castaño se localiza mayoritariamente en plantaciones orientadas a la producción de fruto, que totalizan una superficie de cultivo regular en torno a las 40.000 ha con una producción de 21.300 t, según datos de la Red Estatal del Castaño. También se encuentra orientado a aprovechamiento mixto de madera y fruto, y, con menos frecuencia, en monte alto o monte bajo.

La producción porcina del tronco celta en extensivo. Características generales

Actualmente, la mayor parte de la producción mundial de carne de cerdo tiene lugar en explotaciones intensivas: razas seleccionadas, aislamiento del medio ambiente, tecnificación, mano de obra especializada y primacía de cantidad sobre calidad. Pero, en España, se mantuvo una modalidad de producción extensiva: ra-

→
Figura 1.-Origen de los troncos raciales de la Península Ibérica y recuperación de razas porcinas autóctonas españolas. (Elaboración: A. Argumentería).



zas rústicas, permanencia al aire libre la mayor parte del tiempo, instalaciones muy sencillas, aunque funcionales, mano de obra conocedora del medio ambiente e importancia de la calidad de la carne y derivados cárnicos.

Al respecto, existen dos troncos raciales. El Ibérico (sur-sudoeste) y el Celta (norte-nordeste), con una zona intermedia de transición. Hoy en día se prefiere agrupar Ibérico + transición en tronco Mediterráneo (Figura 1).

A mitad del siglo pasado, la llegada de la peste porcina a España y la importación masiva de razas foráneas diezmó al tronco Mediterráneo y redujo al tronco Celta a residuos vestigiales, respectivamente.

A principios del siglo actual, surgió por todo el territorio nacional un interés en

las razas autóctonas y se procedió a su recuperación, con éxito en la mayor parte de los casos. En lo concerniente al tronco Celta, se logró para el Porco Celta (Galicia), Gochu Asturcelta (Asturias) y Euskal Txerri (País Vasco), y, se están realizando esfuerzos para el Cerdo del Baztán (Navarra). El éxito de todo este proceso radicó en que la consanguinidad en razas rústicas no tiene efectos tan perjudiciales como en las muy seleccionadas. Por supuesto, sí que se precisa un control de la endogamia.

Estas razas son morfológicamente muy parecidas. Tienen además en común la elevada rusticidad antes mencionada, que les permite ser explotadas al aire libre. Recuperar una raza autóctona carece de sentido si no se adopta de inmediato un sistema de explotación apropiado para ella. Si bien pueden ser alimentados con piensos compuestos elaborados según recomendaciones y requerimientos, la vocación del Porco Celta y Gochu Asturcelta (Foto 1 izda. y 1 dcha.) es claramente el aprovechar durante el verano los estratos arbustivo-subarbustivo y herbáceo de los bosques plano-caducifolios y los frutos (castañas, bellotas y hayucos) durante el otoño e invierno, aunque en función del momento del sacrificio pueden requerir suplementación final con castaña de destrío y/o aporte de pienso.

↓ ↘
Foto 1.-Porco Celta (izda.) y Gochu Asturcelta (dcha.) en extensivo.



© B. de la Roza-Delgado



© M. Ciordia

Las castañas montesas y las bellotas del roble carbayo (*Quercus robur* L.) se convierten así en un alimento potencial para animales silvestres y domésticos, incluido el ganado porcino. No son los únicos alimentos disponibles para el cerdo: hay que agregar bellotas de roble albar (*Quercus petraea* (Matts.) Liebl.), del rebollo (*Quercus pirenaica* Willd.), de roble orocantábrico (*Quercus orocantabrica* Rivas Mart. et al.), hayucos y otros frutos del ecosistema forestal, como avellanas y arándanos.

Las necesidades nutritivas del cerdo rústico, en fases de cebo y acabado a 12-14 meses con 150 kg de peso vivo, son elevadas. Es inevitable la suplementación con otros alimentos:

- pienso debidamente formulado durante los periodos en que no hay disponibilidad de frutos del bosque,
- castaña de destrío cuando disminuya la producción de frutos silvestres,
- aporte de hierba o forrajes verdes que compensen el escaso contenido en proteína bruta de los frutos del bosque, si el estrato herbáceo del ecosistema se agota.

Aprovechamiento de los recursos forestales por el ganado porcino del tronco celta

La experiencia de los autores de este artículo es sobre Gochu Asturcelta, pero la consideramos generalizable a todo el tronco Celta.

Estos animales son capaces de caminar por terrenos con fuertes pendientes, siguiendo las curvas de nivel. Su comportamiento instintivo les impulsa al hozado y mediante él extraen raíces, tubérculos y una pequeña parte de proteína animal. Distinguen bien las plantas tóxicas, probablemente gracias a un elevado sentido del olfato, e, ingieren un elevado número de taxones del estrato arbustivo-subarbustivo. Rechazan especies duras, coriáceas y espinosas, pero son capaces de aprovechar brotes tiernos de tojo y de brezo. En lo que respecta al estrato herbáceo, rechazan las gramíneas con eleva-

da proporción de tallo, pero aceptan gran cantidad de pratenses en general. Con una carga baja de 2,5 cerdos/ha, la superficie de prado no mostró daños por pisoteo y fue capaz de rebrotar a lo largo del otoño.

Según estudios de comportamiento animal, a través de observación directa, estos cerdos escupen la cúpula de las bellotas de roble carbayo e ingieren el resto del fruto sin decorticar. En cuanto a las castañas, mediante pisoteo extraen los frutos contenidos en los erizos y rechazan éstos. En monte bajo de castaño, donde la producción de fruto es escasa, ingieren la castaña también sin decorticar, sin embargo si se suplementa entre 2,5 -5 kg castaña de destrío/cerdo/día, ante la abundancia de frutos proceden a decorticar para ingerir únicamente el grano.

Es un hecho conocido que los jabalíes decortican bellotas y castañas, tanto los animales adultos como sus crías. La decorticación podría ser, pues, un indicador de la suficiencia o insuficiencia de la cantidad de alimento para los cerdos.

Las bellotas de roble carbayo y las castañas no son fuente de ácido oleico, como las bellotas de la dehesa. Tienen similar contenido en principios nutritivos y en ácidos grasos (AG), con una elevada proporción de ácidos grasos poliinsaturados linoleico y linolénico, que transmiten buen sabor a la carne. Con relación linoleico/linolénico inferior a 10 en el producto final, éste es más cardiosaludable, pero su bajo punto de fusión podría reblandece la grasa. Estos AG podrían provocar que la grasa resulte más sensible a la oxidación, pero la ingestión de antioxidantes naturales del ecosistema forestal, entre los que destacan principalmente los polifenoles, presentes en el pasto (frutos y vegetación), contrarrestan este efecto.

Limitaciones de los bosques planocaducifolios para la producción porcina extensiva

La producción de los sotos podrá ser íntegra para consumo animal, o, a repartir entre fruto para el hombre y destrío para los animales. En ambos casos, es impor-

tante tomar medidas contra los ataques criptogámicos y de parásitos, así como seguir todas las recomendaciones para el cultivo y aprovechamiento del castaño.

La producción del monte bajo de castaño necesita actualmente una revisión muy intensa. Muchos de los castañares de Asturias fueron utilizados durante mucho tiempo para fruto y madera, pero después se abandonaron, iniciándose un proceso de naturalización. Éste condujo a densidades de árboles excesivas. La condensación de humedad incrementa la intensidad de los ataques criptogámicos, y se dispara la competencia por la luz, agua y los nutrientes en el suelo, que conlleva una disminución del diámetro de los troncos y de la producción de frutos, en calidad y cantidad. También se reduce la biomasa de los estratos arbustivo-subarbustivo y, sobre todo, del herbáceo. A este respecto, la caracterización de la flora vascular del monte bajo de Asturias se realizó y publicó por el SERIDA en el Boletín Informativo-Tecnología Agroalimentaria nº 14, en el año 2014, y puede consultarse en la página web <http://www.serida.org/publicacionesdetalle.php?id=6004&anyo=>. Entre las familias más importantes desde el punto de vista florís-

tico, destacan las Gramíneas y las Rosáceas seguidas de Compuestas, Leguminosas y Liliáceas, en orden decreciente. El estrato herbáceo es el que tiene un mayor porcentaje de recubrimiento medio del suelo, en comparación con las matas y arbustos, si bien es muy débil (Foto 2).

Las estimaciones realizadas de producción de castañas señalan un muy bajo rendimiento productivo del monte bajo de castaño en Asturias, con producciones inferiores a los 300 kg en materia seca/ha. Esto supone un gran hándicap para los productores de Gochu Asturcelta, ya que para optimizar el sistema productivo en extensivo precisan al menos sustentar una carga de 5 cerdos/ha con los recursos que genera el bosque. En las condiciones actuales del monte bajo de castaño, cuya producción de frutos es muy baja, resulta imposible sin suplementación.

Medidas de mejora de la productividad del castañar

Para poder aprovechar la interesante asociación que hay entre cerdo celta y castaña, lo primero es recuperar la salud del castañar.

La mayor parte de las masas presentes en Asturias son particulares y carecen de programas de silvicultura dirigidas a mejorar el estado fitosanitario (enfermedad del chancro) y la calidad de la madera. Sin embargo, una gestión adecuada de éstas puede aumentar considerablemente su productividad y rentabilidad.

Algunos tratamientos selvícolas que ayudan a incrementar la producción del ecosistema forestal son los clareos y claras, como cortas de mejora; y las podas, clasificadas como otros tratamientos selvícolas parciales. La plantación con variedades tradicionales de castaño ayuda a incrementar la biodiversidad del castañar y su productividad.

a) Clareos y claras

Tradicionalmente, la gestión se ha realizado a través de cortas a matarrasa ca-

↓
Foto 2.-Flora vascular del monte bajo de castaño.



© M Ciordia

da 40-50 años, con escasas intervenciones intermedias. Pero, el futuro del aprovechamiento forestal del castaño requiere aplicar de nuevos modelos de gestión que aseguren producciones sostenibles y de calidad a través de una silvicultura más dinámica, basada en la ejecución de intervenciones selvícolas intermedias.

En la corta ordenada de pies arbóreos para reducir la densidad del arbolado (número de pies por hectáreas) en beneficio de los pies restantes, se diferencian claros y claras. Son cortas hechas en una masa arbórea con el fin de estimular el crecimiento de los árboles que restan y de aumentar la producción de material utilizable durante el turno. Se indica a continuación, a grandes rasgos, la diferencia entre claros y claras, en base a Serrada (2008) y la SECF (2005).

–**Clareo**: Corta de mejora de la masa principal en los estados de repoblado y monte bravo (etapa de desarrollo de un rodal en que los ejemplares alcanzan una altura entre 1 y 3 metros y sus ramas llegan hasta la base y se entrecruzan formando una masa impenetrable).

–**Clara**: Corta de mejora de la masa principal en los estados de latizal (etapa de desarrollo de un rodal en que se intensifica la poda natural en los individuos, y se alcanza el máximo crecimiento en altura) y fustal (Etapa de desarrollo de un rodal en que se alcanza la madurez de los individuos) (Foto 3).

Según se indica en el referente técnico de buenas prácticas forestales, en los señalamientos de claras, se aplicarán los principios básicos que los rigen evitando que con ellas se descapitalice el monte, ajustando la intensidad a los modelos selvícolas propuestos. No se cortarán los mejores pies, sino precisamente se intentará favorecerlos para que aumenten su capital.

Las recomendaciones existentes en Galicia y Asturias para el **castaño** se recogen en la Orden del DOG nº 106 de 2014/6/5 de la Xunta de Galicia y en el Catálogo de Modelos Selvícolas del Principado de Asturias (2015).



←
Foto 3.-Jornada demostrativa de claras en el monte bajo de castaño de Sela da Loura (Vegadeo, Asturias), proyecto CASTACELTA.

En lo que se refiere a Asturias, los modelos selvícolas que predominan para castaño son el CS. 1 y CS. 2. En sus estaciones óptimas el castaño presenta buenos a muy buenos crecimientos, por lo que resulta prioritario iniciar programas de cortas intermedias que reduzcan las densidades de los rebrotes desde edades tempranas y aumenten el volumen medio por pie. El CS. 3 sería el recomendable en buenas calidades de estación.

En el caso de **montes mixtos, con castaño como especie principal acompañado por roble**, su gestión es complicada, por la capacidad del castaño de ir expulsando al roble en las sucesivas cortas, debido a su fuerte rebrote. El éxito del roble queda condicionado por la realización de tratamientos selvícolas de selección de brotes y claras fuertes sobre el castaño, abriendo la masa desde edades tempranas. Debido a esta situación de equilibrio inestable, se ha optado por establecer un umbral mínimo, para proponer la ejecución de señalamientos sobre el roble, excepto si éste se presenta en el monte formando grupos o golpes, donde es posible mantener cierto regenerado. Por debajo de ese umbral, el roble como pies dispersos tiene poca viabilidad a medio plazo.

Algunas consideraciones a tener en cuenta en sistemas silvopastorales

–Se deberá respetar la proporción de árboles en el ecosistema. Así, por ejemplo, tenemos que los abedules no generan fruto comestible. Pero contienen muchas sustancias saludables para el reino vegetal y animal, y, quizás también para el fungii. No sería conveniente que el aclareo eliminase todos los abedules. En síntesis, el aclareo debe mantener la biodiversidad inicial.

–En zonas con presencia de chancro activo, causado por el hongo *Cryphonectria parasitica* (Murril) M.E. Barr, es recomendable señalar con pintura los pies afectados para aprovecharlos en último lugar, cuidando de realizar la gestión en tiempo seco y con poco viento, no trocear las zonas afectadas, desinfectar la cadena de la motosierra y sacar las trozas que porten un chancro para quemarlas lo antes posible.

Si se observa la existencia de pies con chancros mixtos o hipovirulentos (cicatrizados) se recomienda mantener en la clara al menos 1/3 de éstos para facilitar su dispersión natural y el futuro control biológico del chancro.

b) Podas

Las podas son necesarias para favorecer la aireación e iluminación (manteniendo una copa con la mayor superficie expuesta al sol), para evitar la competencia entre ramas (favoreciendo mejores diámetros), y, para eliminar las ramas secas o enfermas (mejorando la sanidad del árbol). Se trata, por tanto, de una labor cultural imprescindible para aumentar la producción, la calidad del fruto y el rendimiento de la plantación.

Se diferencian dos tipos de poda, relacionados con la fase de desarrollo de la planta: la poda de formación y la de fructificación.

La poda de formación se realiza en los primeros años del árbol, o fase juvenil, y tiene como finalidad guiar la madera nueva hasta conformar la arquitectura del sistema de formación elegido. Con marcos amplios, se suele hacer una poda tipo vaso, mientras que en marcos más intensivos o con orientación mixta (madera + fruto), se realiza poda de eje central.

La poda de fructificación tiene como objetivo fijar la capacidad productiva del árbol, manteniendo una copa equilibrada. Buscan abrir el árbol de copa para que entre luz y se favorezca la floración, ya que el castaño produce en los extremos de las ramas del año. Se realiza una vez que el árbol llega a la fase adulta. Para ello se deja la mayor cantidad de madera productiva capaz de dar fruta de calidad. Esta poda se realiza cada cuatro años. Se eliminan ramas deformes, secas, o con una clara dominancia vertical.

La poda tipo vaso es el sistema de poda más frecuente en frutales. Se inicia cuando el diámetro del tallo alcanza unos 7 cm en su base, que se guía vertical, y generalmente ayudado de un tutor. Con la primera poda se despunta la planta a una altura de 2-2,5 metros. Las podas posteriores seleccionan tres ramas principales formando entre sí un ángulo de unos 120°, y eliminan las demás ramas que surjan del tallo principal. Sobre las tres ramas irán apareciendo otras de carácter secundario, sobre las que se repite el procedimiento, dejando las que sean más gruesas. Y así sucesivamente, de forma que al

→
Foto 4.-Castaño juvenil podado en vaso.



final del proceso debemos tener 3 ramas principales y 2-4 ramas secundarias en cada rama principal (Foto 4).

En los años posteriores, el mantenimiento consistirá en la poda anual de las ramas chuponas, buscando darle una forma esférica a la copa. Al llegar el árbol al estado adulto, las podas se realizan cada 4 años, cortando ramas deformes, secas o muy próximas, dejando preferiblemente las ramas con crecimiento horizontal.

El sistema en eje central, utilizado en sistemas más intensivos y aprovechamientos mixtos, se basa, en cambio, en dejar un tallo principal vertical fuerte, con ramas alrededor del eje en ángulos abiertos y bien distribuidas a lo largo del fuste. Los árboles no se despuntan en el momento de la plantación. Es necesario eliminar con la poda en verde los brotes que surgen en la zona apical del eje, para facilitar el desarrollo de éste y la aparición de ramas con ángulos abiertos en la zona inmediata inferior. También es conveniente suprimir los brotes de la zona basal que presentan un ángulo muy cerrado, o un vigor excesivo. La poda de invierno permite eliminar ramas rígidas y muy fuertes o ramas muy próximas entre sí, de tal modo que se posibilita una forma cónica bien estructurada, ancha por la base y estrecha por la cima, con suficiente número de ramas de desarrollo vegetativo moderado, que permiten una buena penetración del sol, aireación y una rápida fructificación.

La **época más idónea para realizar las podas** es en primavera, antes del inicio de la brotación, porque así se favorecen los procesos de cicatrización de las heridas, se dificulta la infección por chancro y, además, se puede observar con mayor facilidad la arquitectura del árbol.

Al cortar una rama, la **forma del corte** ha de ser en bisel (Foto 6), a fin de facilitar la cicatrización de la herida de poda. Han de evitarse los cortes planos, que favorecen la acumulación de agua, y consecuentemente, la putrefacción; así como los cortes demasiado alejados o inclinados, que forman un muñón que termina pudriéndose con el tiempo.



© M Ciordia

Las **herramientas de poda** han de mantenerse siempre perfectamente limpias y afiladas para evitar desgarros en las ramas, que dificultarían la cicatrización y aumentarían la superficie de exposición a las esporas del hongo causante del chancro, extendiendo así la enfermedad. Además, hay que desinfectar las herramientas entre cada árbol, y muy especialmente si se ha observado presencia de chancro en ellos, así como al final de cada jornada. Para la desinfección se puede utilizar lejía comercial diluida al 50% o alcohol, bien mojando un trapo y



© B. de la Roza-Delgado

↑
Foto 5.-Castaños formándose en eje central.

←
Foto 6.-Rebajando, con corte en bisel, una rama podada de castaño. Jornada demostrativa de poda en Vilalba (Lugo), proyecto CASTACELTA.

limpiando los utensilios con él, o pulverizando directamente.

c) Plantación con variedades de castaño

La renovación del bosque, plantando variedades autóctonas de castaño, contribuye al mantenimiento del patrimonio genético de la especie, e incrementa el potencial productivo del monte bajo, al conseguirse una mayor producción por hectárea con fruta de mayor tamaño.

Tanto Asturias como Galicia, cuentan con una elevada diversidad de variedades de castaño. Algunas, se han registrado en la categoría Denominación Oficialmente Reconocida (DOR) en el Catálogo de Variedades Comerciales del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación 'Bacoá', 'Chamberga', 'Grúa', 'Miguelina' o 'Valduna' son ejemplos de clones seleccionados en Asturias; mientras que 'Amarelante', 'Amarela', 'Famosa', 'Negral' o 'Longal' lo son en Galicia.

A continuación, se indican algunos de los consejos a tener en cuenta a la hora de plantar. La época recomendada para ello es durante la parada vegetativa, entre noviembre y febrero. La plantación con variedades tradicionales requiere la utilización de marcos amplios, 10 x 10 ó 12 x 12 m. Es fundamental preparar previamente el terreno para facilitar la penetración de las raíces en el suelo. Pueden seguirse las recomendaciones de Rodríguez *et al.* (2014) editadas para el castaño. Las pozas han de ser amplias, no inferiores a 50 x 50 cm, y a la hora de plantar hay que asegu-

rarse de que las raíces de los plantones quedan bien extendidas y en contacto con la tierra, sin dejar bolsas de aire, para facilitar su arraigo. También es importante no cubrir demasiado el cuello de las plantas (no más de 5 cm), para evitar su daño, apretar la tierra sin exceso, y regar tras la operación. Conviene colocar protectores individuales a los plantones (Foto 7) u optar por cierres perimetrales de la finca con malla ganadera. El control de las malas hierbas durante los primeros años es otro factor a tener en cuenta para garantizar el éxito de la plantación.

Referencias bibliográficas

- ÁLVAREZ GARCÍA, M. A.; GARCÍA MANTECA, P.; VALDERRÁBANO LUQUE, J. 2004. Tipificación, cartografía y evaluación de los pastos españoles: Cartografía de los pastos de Asturias. Instituto de Recursos Naturales y Ordenación del Territorio de la Universidad de Oviedo. Mieres, Asturias (España). 138 pp.
- GOBIERNO DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS. 2015. Catálogo de modelos selvícolas del Principado de Asturias y Referente Técnico de Buenas Prácticas Forestales. 2015. Aprobadas por resolución de 9 de diciembre de 2015, BOPA NÚM. 295 DE 22-XII-2015. Consejería de Desarrollo Rural y Recursos Naturales, Servicio de Montes.
- ORDEN de 19 de mayo de 2014 por la que se establecen los modelos selvícolas o de gestión forestal orientativos y referentes de buenas prácticas forestales para los distritos forestales de Galicia. Diario Oficial de Galicia, DOG número 106, jueves 5 de junio de 2014, página 25488.
- RODRÍGUEZ GARCÍA, H.; LÓPEZ PÉREZ, M.; OTERO OTERO, F.; FERNÁNDEZ LÓPEZ, J. 2014. A plantación e os coidados do souto. En: Guía de cultivo do castiñeiro para a produción de castaña. Xunta de Galicia. Consellería do Medio Rural e do Mar. J. Fernández-López. pp: 77-98. ISBN 978-84-453-5160-4.
- SAN MIGUEL, A. 2001. Pastos Naturales Españoles. Caracterización, aprovechamiento y posibilidades de mejora. Fundación Conde del Valle de Salazar. Madrid. 319 pp. ISBN 8471149915.
- S.E.C.F, 2005. Diccionario forestal, Sociedad Española de Ciencias Forestales. Mundi-Prensa. ISBN 8484761894, 9788484761891. 1314 pp.
- SERRADA, R. 2008. Apuntes de Selvicultura. Servicio de Publicaciones. EUIT Forestal. Madrid. Capítulo XII.- Tratamientos Parciales. ■

→

Foto 7.-Castaño protegido con malla negra individual. Jornada demostrativa de plantación de variedades tradicionales de castaño, Friol (Lugo), proyecto CASTACELTA.





La producción de cebón con razas bovinas asturianas aprovechando pastos de montaña

ALICIA ROMÁN TRUFERO. Área de Sistemas de Producción Animal. aliromant@gmail.com

RAFAEL CELAYA AGUIRRE. Área de Sistemas de Producción Animal. rcelaya@serida.org

ANTONIO MARTÍNEZ MARTÍNEZ. Consejería de Desarrollo Rural y Recursos Naturales. antonio.martinezmartinez@asturias.org

VALENTÍN GARCÍA PRIETO. Consejería de Desarrollo Rural y Recursos Naturales. valentin.garciaprieto@asturias.org

KOLDO OSORO OTADUY. Área de Sistemas de Producción Animal. kosoro@serida.org

Introducción

Actualmente hay una gran demanda social de productos alimenticios de calidad, tanto por sus propiedades saludables como por las degustativas (sensoriales u organolépticas), además de existir una creciente preocupación por el medio ambiente y la conservación de la biodiversidad. Como biodiversidad debemos entender no solo la flora y fauna salvajes

de nuestros montes, sino también las razas autóctonas de ganado doméstico, tan importantes por su adaptación al medio, su productividad y calidad, su función medioambiental y su valor cultural.

La carne de cebón y de buey son productos muy valorados y su producción en Asturias es claramente deficitaria respecto a su demanda por parte de consumidores y agentes intermediarios (mataderos,



Foto 1.-Cebones de razas asturianas con unos 28 meses de edad en praderas previo a la fase de acabado.



empresas comercializadoras, mayoristas, carnicerías, grandes superficies y restaurantes). Es bien conocido que la castración de los terneros, sea para producir cebones (animales menores de 4 años) o bueyes (mayores de 4 años), a pesar de reducir las ganancias de peso, incrementa la deposición de la grasa en los tejidos (Field, 1971), sobre todo en lo que a la infiltración de grasa intramuscular se refiere, mejorando así las características sensoriales (flavor, jugosidad y terneza) de la carne (Osoro *et al.*, 2003; Serrano *et al.*, 2016).

Por otro lado, la sociedad y las políticas agroalimentarias europeas cada vez son más exigentes en cuanto a una utilización de los recursos naturales respetuosa con el medio ambiente, reducción de los niveles de contaminación, y conservación de la biodiversidad. Los retos de la nueva Política Agraria Comunitaria (PAC 2013-2020) incluyen la mejora de la eficiencia económica de la producción, la conservación del medio ambiente y la integración del territorio. Hoy en día se está produciendo un abandono progresivo de la actividad ganadera en muchas zonas de Asturias, sobre todo en aquellas más desfavorecidas (zonas de montaña, con suelos pobres, pendientes elevadas, etc.), pero también cada vez más en las zonas costeras y de valles, con mayor potencial productivo en cuanto a fertilidad del suelo y condiciones climáticas. Dicho abandono está propiciando cambios importantes en la vegetación existente, principalmente en lo que a la matorralización de los prados se refiere. La invasión de estas comunidades por malas hierbas,

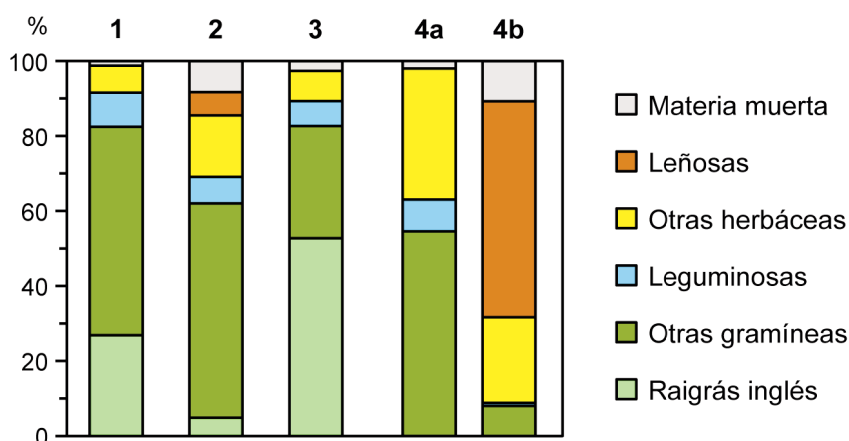
helecho y diversos arbustos origina una pérdida del valor nutritivo del pasto, además de un cambio del paisaje verde típico asturiano, si bien el mayor problema lo constituye el incremento del riesgo de incendios debido a la mayor combustibilidad de las plantas leñosas invasoras. El mantenimiento de la actividad ganadera es pues vital para la conservación de los recursos pasícolas, de alto valor productivo, cultural, paisajístico y medioambiental. Una utilización eficiente de los mismos, integrando los prados más productivos de las zonas bajas con los pastos de montaña en la época estival, podría generar riqueza (en forma de carne de cebón, por ejemplo) e incrementar la rentabilidad económica de las explotaciones ganaderas. En este sentido, en un sistema valle-puerto en el que los terneros ya destetados y castrados subieran a los pastos de puerto por segundo año consecutivo junto con el resto del rebaño (vacas madres con sus terneros lactantes del año) podría contribuir a mantener una presión de pastoreo más adecuada para reducir o controlar la matorralización en aquellos puertos con tendencia al abandono.

En este trabajo vamos a exponer los resultados obtenidos de un proyecto de investigación cuyo objetivo principal era estudiar el potencial de los pastos de alta montaña para la producción de cebón. Para ello, comparamos las dos razas autóctonas asturianas bajo dos sistemas de manejo: uno basado en la utilización estival de pastos de puerto en el segundo año de vida de los animales, y otro basado en la utilización de pastos mejorados de valle. Durante el tercer año, todos los cebones se manejaban en las praderas de valle hasta el inicio del acabado en el que se alimentaban a base de ensilado de maíz y pienso, tras el cual se sacrificaban con una edad de unos 33 meses.

Pastos utilizados y manejo de los animales

El estudio se llevó a cabo de 2010 a 2015 aprovechando los pastos de cuatro fincas experimentales del SERIDA, y cuya composición botánica se muestra en la Figura 1. Los pastos de zonas bajas in-

↓
Figura 1.-Composición botánica de prados y praderas de las zonas bajas (1: Villanueva; 2: Priesca; 3: La Matal) y de los pastos de montaña (Puertos de Agüeria: 4a: pasto herbáceo; 4b: gorbizal) aprovechados por los bovinos.



cluían prados típicos de la zona costera en Villanueva (Villaviciosa), prados semiabandonados con invasión incipiente de helechos y zarzas en Priesca (Villaviciosa), y praderas sembradas con raigrás inglés (*Lolium perenne*) y trébol blanco (*Trifolium repens*) en La Mata (Grado). Los pastos de montaña se localizaban en los Puertos de Agüeria (Parque Natural de las Ubiñas-La Mesa, Quirós) a 1600-1800 m de altitud, donde un 70% de la superficie consistía en pastos herbáceos dominados por festuca roja (*Festuca rubra*) y un 30% en gorbizal de *Calluna vulgaris* con manchas de jornal de *Genista florida*.

A pesar de la diferencias en composición botánica, la calidad nutritiva de la hierba de los prados y praderas de zonas bajas en mayo era similar, con contenidos en proteína bruta (PB) en torno al 19% sobre materia seca (MS), 47% de fibra neutro detergente (FND), 26% de fibra ácido detergente (FAD) y 3% de lignina. La hierba del pasto de montaña en julio y en septiembre presentó contenidos medios de 18% de PB, 53% de FND, 25% de FAD y 3% de lignina, es decir, similares a los encontrados en primavera en la hierba de zonas bajas. Como era de esperar, los brotes verdes de la brecina o gorbiza presentaban una calidad nutritiva inferior a la hierba, con 9% de PB, 41% de FND, 32% de FAD y 20% de lignina, mientras que los brotes de arándano (*Vaccinium myrtillus*) presentaron una calidad algo superior a la de la gorbiza (11% PB, 38% FND, 23% FAD, 9% lignina).

Para el estudio se utilizó un total de 83 terneros machos de las dos razas asturianas, 39 de Asturiana de los Valles (AV) y 44 de Asturiana de la Montaña (AM), nacidos en la paridera de invierno de cuatro años consecutivos (2010: 8 AV, 10 AM; 2011: 11 AV, 14 AM; 2012: 12 AV, 12 AM; 2013: 8 AV, 8 AM). Todos los animales de raza AV eran normales (no culones), puesto que los bovinos culones se adaptan peor a los terrenos más difíciles de montaña, debido a su menor capacidad cardiopulmonar y de locomoción en comparación a los no culones (Fiems, 2012). Los terneros se criaron junto a sus madres durante el pastoreo de primavera en los prados de Villanue-

va, y a mediados de junio subían con ellas a los pastos de puerto de Agüeria donde permanecían hasta finales de septiembre o principios de octubre. A la bajada de puerto, los terneros eran destetados, realizándose el pastoreo de otoño en los prados de Priesca hasta diciembre-enero. En invierno eran estabulados, recibiendo una alimentación restringida de 2,5 kg/día de pulpa de remolacha, 1,5 kg/día de concentrado y 1,5 kg/día de heno de hierba. En enero-febrero, cuando tenían alrededor de un año de edad, los terneros eran castrados quirúrgicamente. En la siguiente primavera, los terneros pastaban en los prados de Priesca de marzo a junio, tras lo cual, la mitad de los animales de cada raza se asignaron aleatoriamente a uno de los dos manejos estivales. Así, la mitad de los cebones subía a los pastos de puerto, mientras que la otra mitad permanecía en praderas de valle en La Mata.

Tras terminar el pastoreo de verano, los cebones de puerto bajaban al valle y se juntaban los rebaños en La Mata, llevando a cabo las sucesivas fases de pastoreo de otoño, invernada, pastoreo de primavera-verano y acabado. En la invernada los cebones recibieron raciones diarias de 3 kg de pienso, incrementando a 4 kg durante el último mes, más paja de cebada a libre disposición. El acabado duraba entre 3 y 4 meses (de agosto-septiembre a noviembre-diciembre) y la alimentación consistía en 5 kg/día de pienso (14% PB, 6% fibra bruta, 6% cenizas) y ensilado de maíz (8% PB, 47% FND, 30% almidón, 4% cenizas) a libre disposición, incluyendo paja de cebada en los primeros días. Los cebones fueron sacrificados al alcanzar una edad aproximada de 33 meses, variando entre años de un promedio mínimo de 972 días a uno máximo de 1024 días.

Los tratamientos zoonos sanitarios consistieron en la administración de antiparasitarios antes de los pastoreos de primavera, verano y otoño para prevenir infecciones por nematodos gastrointestinales. Previo al pastoreo de verano del segundo año, los cebones también se vacunaron contra bacterias del género *Clostridium*.

Crecimiento de los animales durante el ciclo productivo

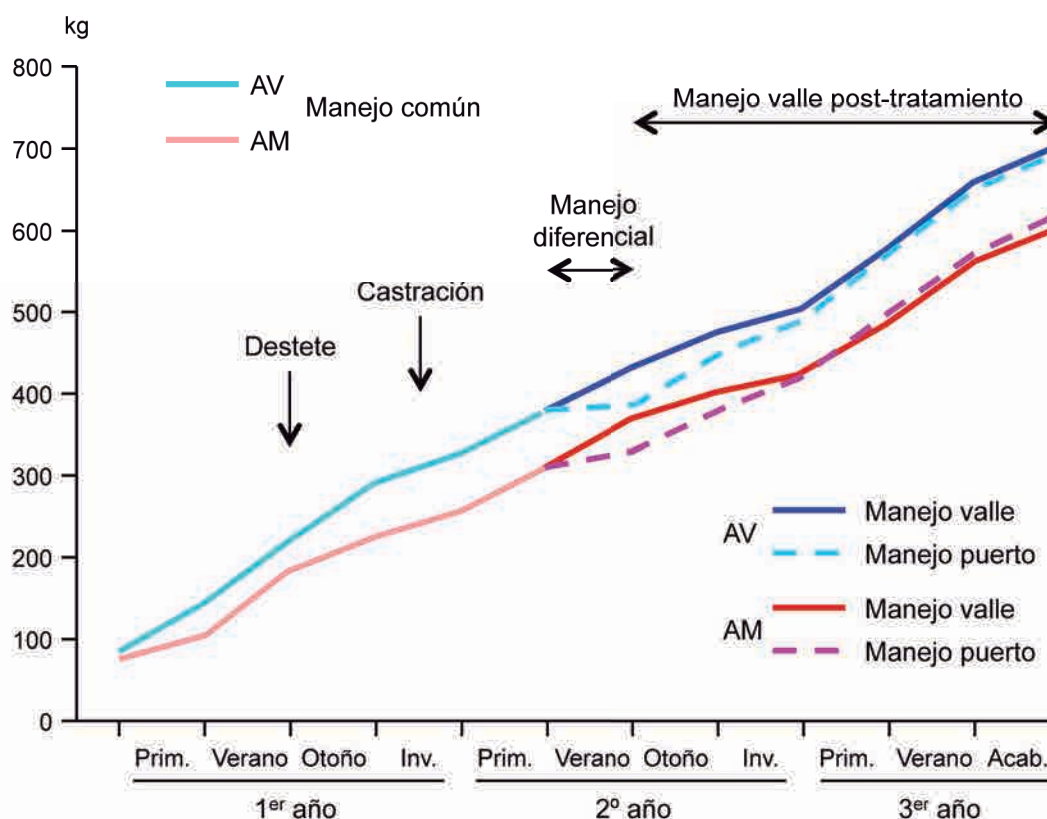
Manejo común pre-tratamiento

Como se puede observar en la Figura 2, los animales de raza AV en general mostraron unas ganancias de peso vivo (PV) mayores que los de raza AM, tal como era de esperar dado el mayor tamaño corporal y potencial de crecimiento de los primeros. Así, tanto durante la lactancia (pastoreo de primavera en prados de la zona costera y pastoreo de verano en puerto) como tras el destete (pastoreo de otoño en prados semi-abandonados de la zona costera), los terneros AV obtuvieron unas tasas de crecimiento superiores a los AM (Tabla 1). No obstante, en estudios previos en pastos de montaña se habían obtenido ganancias estivales similares entre las dos razas, en torno a 810-820 g/día, superiores a los 620-710 g/día observados en este trabajo, lo que se atribuía a la mayor producción de leche de las vacas de raza AM al final de la estación de pastoreo en puerto (Osoro *et al.*, 1999). Es posible que las condiciones climáticas y del pasto disponible fueran

peores en el presente estudio, limitando la nutrición y la cantidad y calidad de la leche de las madres. Tras la estancia en puerto, los terneros al destete pesarían unos 220 kg en el caso de los AV y 180 kg en el de los AM, llegando a la invernada con 290 y 225 kg respectivamente.

Durante la primera invernada no hubo diferencias significativas entre las dos razas, ganando una media de 642 g/día, lo cual en parte se debió a la alimentación restringida que recibieron los terneros con el objeto de reducir los costes, con lo que los animales, en especial los más grandes, no pudieron expresar su potencial de crecimiento en su plenitud. Se recomienda mantener niveles de crecimiento moderados en esta época, en torno a 750 g/día, aprovechando en lo posible subproductos y ahorrando en concentrados, para luego aprovechar su crecimiento compensatorio mediante un uso eficiente de la hierba de primavera. Por otro lado, la castración pudo afectar al ritmo de crecimiento de los terneros. En general, se recomienda realizar la castración a edades más tempranas, en torno a los 6 meses (p.ej. al destete) y antes

→ **Figura 2.**-Evolución del peso vivo durante el ciclo productivo de los cebones manejados en valle o en puerto durante el verano de su segundo año de vida (medias de 4 años).





(g/día)	Raza		e.s.m.	Significación (P)		
	AV	AM		Raza	Año	Raza × Año
Primavera (1 ^{er} año)	904	747	39,5	**	**	ns
Verano (1 ^{er} año)	711	618	28,5	*	*	ns
Otoño (1 ^{er} año)	688	501	39,6	**	**	(0,051)
Invierno (1 ^{er} año)	608	665	41,0	ns	***	ns
Primavera (2 ^o año)	487	620	53,6	(0,086)	ns	ns

de que alcancen la pubertad, para evitar un mayor estrés y la reducción de las ganancias de peso (Bretschneider, 2005). Sin embargo, la castración en invierno reduce la posibilidad de infecciones por las menores temperaturas. En cualquier caso, hay que extremar siempre los cuidados y la higiene en el postoperatorio.

Durante el siguiente pastoreo de primavera, al contrario que en el primer año de vida, los terneros AM tendieron a ganar más peso que los AV, que obtuvieron unas ganancias bastante limitadas (487 g/día), a pesar de que la calidad nutritiva de la hierba y su disponibilidad (altura media) en estos prados semi-abandonados eran similares a los observados en los otros prados de zonas bajas. La altura media de hierba se mantenía sobre los 10 cm, con lo que los cebones disponían de cantidad suficiente para maximizar la tasa de ingestión. Por tanto, dichas ganancias pobres en los cebones AV se deberían a otras causas, como la presencia de malas hierbas o el terreno más escarpado, incrementando el gasto energético más que en el caso de los AM, de menor tamaño, los cuales además parecían adaptarse mejor al cambio de dieta tras la invernada. Además de la disponibilidad de hierba de buena calidad, habría que procurar los terrenos más fáciles para

que estos cebones, castrados pocos meses antes, puedan manifestar un buen crecimiento compensatorio que haga eficiente la alimentación restringida recibida durante la invernada.

Manejo en puerto o valle

En el verano del segundo año se impusieron los tratamientos, subiendo un lote al puerto y el otro permaneciendo en praderas de valle. Los cebones añejos presentaban pesos medios de 374 kg (AV) y 313 kg (AM) al inicio. En esta fase, las ganancias de PV en general resultaron inferiores en los cebones del puerto frente a los de valle (193 vs. 485 g/día), aunque las diferencias variaron notablemente entre los cuatro años de estudio (Tabla 2). Si bien la calidad de la hierba del pasto de montaña era similar a la de la pradera, su disponibilidad era mucho menor en el puerto, sobre todo en la segunda mitad del verano. La altura media de la hierba en las praderas de valle disminuyó de 10,2 cm en junio a 6,2 cm en septiembre-octubre, mientras que en el pasto de montaña la altura media de hierba disminuyó de los 14,4 cm iniciales a solo 3,3 cm al final del verano. Esta baja disponibilidad de hierba limitó sobremanera su ingestión por los cebones, obligándolos a moverse a otras comunidades vegetales

←
Tabla 1.-Ganancias de peso vivo de terneros de raza Asturiana de los Valles (AV) y Asturiana de la Montaña (AM) durante las fases de manejo común pre-tratamiento: pastoreo de primavera (prados costeros) y de verano (pastos de puerto) amamantando sus madres, pastoreo de otoño tras destete, invernada, y pastoreo de primavera tras castración.
 e.s.m. error estándar de la media; * P< 0,05; ** P< 0,01; *** P< 0,001; ns no significativo (P> 0,1)

↓
Tabla 2.-Ganancias de peso vivo (g/día) de cebones de raza Asturiana de los Valles (AV) y Asturiana de la Montaña (AM) manejados en verano (2^o año de vida) en praderas de valle (V) o en pastos de montaña (M) y después manejados en valle hasta su sacrificio.
 e.s.m. error estándar de la media; * P< 0,05; ** P< 0,01; *** P< 0,001; ns no significativo (P> 0,1)

Raza (R)	AV		AM		e.s.m.	Significación (P)						
	V	M	V	M		R	T	R×T	Año (A)	R×A	T×A	R×T×A
Verano (2 ^o año)	512	133	459	252	37,9	ns	***	*	*	ns	**	ns
Otoño (2 ^o año)	402	710	298	575	42,9	**	***	ns	***	ns	***	ns
Invierno (2 ^o año)	516	621	434	572	35,9	(0,074)	**	ns	***	(0,084)	ns	ns
Primavera (3 ^{er} año)	800	1010	723	851	38,6	**	***	ns	***	ns	ns	ns
Verano (3 ^{er} año)	637	593	600	541	58,5	ns	ns	ns	***	ns	ns	(0,073)
Acabado (3 ^e año)	935	892	882	924	59,0	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns



más pobres, como veremos más adelante. En consecuencia, las diferencias entre los dos manejos (a favor del sistema de valle) se incrementaron de la primera mitad del verano (hasta inicios de agosto; 672 vs. 424 g/día) a la segunda (402 vs. 54 g/día). Además, las condiciones climáticas más duras de la alta montaña pudieron repercutir negativamente en los rendimientos de los cebones, aun estando ambas razas bien adaptadas a estos medios. Dada la notable incidencia de la disponibilidad de hierba de calidad en los rendimientos animales, sería recomendable bajar unas semanas antes los cebones del puerto para no reducir excesivamente las ganancias de PV al final de la estación y no frenar su desarrollo normal, sobre todo en veranos secos que resultan en una elevada presión de pastoreo y escasez de pasto herbáceo nutritivo.

Además de los rendimientos más pobres en los pastos de montaña respecto a las praderas de valle, se observó una interacción entre la raza y el manejo durante el verano, es decir, que los efectos del sistema de manejo (en valle o puerto) difirieron entre las dos razas, siendo más marcados en la AV. En el valle, los cebones AV ganaron más peso que los AM

(512 vs. 459 g/día), mientras que en puerto los AM obtuvieron mayores rendimientos que los AV (252 vs. 133 g/día). La interacción genotipo × ambiente se ha observado en numerosos estudios con vacuno y es un aspecto muy importante a la hora de seleccionar las razas más adecuadas para unas condiciones ambientales y de vegetación concretas. Por lo general, cuando los recursos pastables son pobres o escasos, las razas más pequeñas medran mejor que las razas más grandes y con mayores necesidades energéticas absolutas (Wright *et al.*, 1994; Osoro *et al.*, 1999).

Manejo común post-tratamiento

Al final del verano, los cebones de valle pesaban en torno a 40 kg más que los de puerto. Una vez que se bajaron los cebones de puerto y se reunieron con los otros en las praderas de valle, en las siguientes fases (pastoreo de otoño, invernada y pastoreo de primavera) los de raza AV continuaron ganando más peso que los de raza AM. En estas fases es de destacar que, independientemente de la raza, los cebones que bajaron de puerto experimentaron un crecimiento compensatorio, mostrando mejores rendimientos

↓
Foto 2.-Cebones añejos pastando en prados semi-abandonados en primavera.



que los que habían permanecido en el valle (642 vs. 350, 597 vs. 475 y 931 vs. 762 g/día en otoño, invierno y primavera respectivamente; Tabla 2). Los animales de la especie bovina poseen esta capacidad de compensación tras un periodo de alimentación restringida, si bien dicha capacidad varía según el nivel y la duración de la restricción, la edad y el estado de crecimiento del animal, etc. (Sainz *et al.*, 1995; Osoro *et al.*, 2003).

Durante el pastoreo de verano del tercer año de vida, no se observaron diferencias significativas en las ganancias de PV entre razas o los manejos previos, obteniendo ganancias medias de 591 g/día con alturas medias de hierba de unos 7 cm, llegando al inicio del acabado con 608 y 518 kg los cebones AV y AM, respectivamente. Previo al acabado, sería recomendable suplementar en pastoreo con unos 3-4 kg/día de pienso por cabeza durante 3-4 semanas cuando la altura media de la hierba disponible (de peor calidad que en primavera) se sitúa por debajo de los 6 cm. Con esta estrategia, aunque se incrementen los costes, además de mantener unas ganancias aceptables, los cebones se van habituando al cambio de dieta que experimentarán en el acabado.

Durante el acabado tampoco observamos ningún efecto significativo de la raza o el manejo. Los cebones obtuvieron ganancias medias de 922 g/día, menores que las obtenidas en otros estudios con añojos enteros (no castrados) alimentados de manera más intensiva a base de concentrado (1300-1400 g/día; Albertí *et al.*, 2008; Martínez *et al.*, 2010). El ensilado de maíz permite obtener buenos resultados, ahorrando considerablemente los gastos en concentrado, pero hay que valorar la superficie a cultivar de la propia explotación, lo que puede reducir la superficie pastable y, por tanto, el número

de animales destinados a su engorde. Los consumos estimados de concentrado durante el acabado fueron de 550 kg/cabeza (5 kg/día durante 110 días), a los que habría que añadir otros 100 kg/cabeza (a razón de 3,5 kg/día en un mes) para suplementar en el pastoreo pre-acabado. En cuanto al ensilado de maíz, se estimaron consumos diarios de alrededor de 14 kg (en verde) por cabeza, con lo que se necesitarían unos 1540 kg/cabeza para completar un acabado de 110 días. Estas cantidades se podrían reducir utilizando paja a discreción más pienso durante parte del acabado. La producción estimada de maíz fue de 47,6 toneladas/ha (en verde), y asumiendo pérdidas del 10% durante el proceso de ensilado y alimentación (Martínez-Fernández *et al.*, 2014), una hectárea de cultivo daría para alimentar 30 cebones durante 100 días. Dicho de otra manera, para cada cebón se necesitaría reservar una superficie de 333 m² para sembrar maíz.

Rendimientos al sacrificio

La edad media al sacrificio fue de 1.002 días. Además de variar entre años, la edad media fue algo superior en los cebones que pastaron en puerto el año anterior (1.013 días) frente a los que permanecieron en valle (990 días), mientras que no hubo diferencias entre razas. Para aislar la influencia de la edad de los efectos de la raza, el manejo y el año (y las interacciones entre dichos factores) sobre las variables productivas, se introdujo como covariable en el análisis estadístico. La edad influyó positivamente en el PV al sacrificio y el peso de la canal (mayores pesos a mayor edad), pero no en el rendimiento de la canal, calculado como porcentaje del PV. El PV al sacrificio era casi 100 kg mayor en los cebones AV que en los AM (714 vs. 616 kg), siendo

↓
Tabla 3.-Edad y rendimientos al sacrificio de cebones de raza Asturiana de los Valles (AV) y Asturiana de la Montaña (AM) manejados previamente (verano del 2º año) en praderas de valle (V) o en pastos de montaña (M), y después manejados en valle hasta su sacrificio (medias ajustadas según edad introducida como covariable).

e.s.m. error estándar de la media; Coef. coeficiente de la covariable edad; * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$; ns no significativo ($P > 0,1$). Las interacciones no significativas no se muestran.

Raza (R)	AV		AM		e.s.m.	Significación (P)					
	V	M	V	M		R	T	Año (A)	T×A	Edad	Coef.
Edad (días)	993	1013	988	1013	12,6	ns	(0,076)	*	ns	-	-
Peso vivo final (kg)	718	710	617	615	14,2	***	ns	**	ns	**	0,456
Peso canal (kg)	394	380	319	315	7,9	***	ns	**	ns	**	0,238
Rendimiento canal (%)	54,8	53,5	51,7	51,2	0,46	***	(0,065)	*	*	ns	-0,001

también mayor el peso canal en los primeros (387 vs. 317 kg), así como su rendimiento (54,1% vs. 51,5%; Tabla 3). Es de destacar que el manejo previo no afectó ni al PV final ni al peso canal, por lo que el crecimiento compensatorio mostrado por los cebones tras la bajada del puerto fue suficiente para igualar dichos parámetros productivos con los manejados en praderas de valle. Si bien en general los cebones manejados en valle presentaron rendimientos de canal ligeramente superiores a los de puerto (53,2% vs. 52,3%), las diferencias no eran constantes en los cuatro años, dándose una interacción entre el manejo y el año.

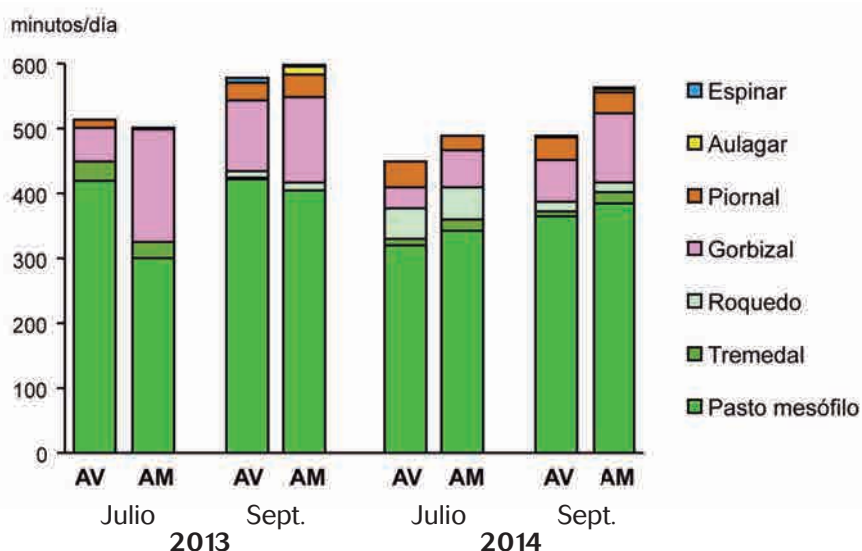
Utilización de los pastos de montaña

En dos de los años (2013 y 2014) se estudió la utilización de los pastos de montaña que realizaban los cebones en el verano de su segundo año de vida. A mediados de julio y a mediados de septiembre se estudió la conducta de pastoreo de los cebones, registrando cada 15 minutos desde el amanecer hasta el anochecer y durante dos días consecutivos la actividad y la comunidad vegetal en la que pastaba cada uno. Al día siguiente se recolectaban muestras rectales de heces para estimar la composición de la dieta mediante la técnica de los alcanos (Oliván y Osoro, 1997).

El tiempo diario de pastoreo fue similar en las dos razas, aumentando de julio a septiembre (488 vs. 557 minutos/día) como adaptación a la disminución en la disponibilidad de pasto herbáceo. La actividad de pastoreo se concentró por la mañana y al atardecer, y normalmente los cebones descansaban durante el mediodía, aunque había ciertas diferencias entre las dos épocas. Aunque ambas razas mostraron una clara preferencia por el pasto herbáceo, los cebones de raza AM utilizaron los gorbizales en mayor proporción del tiempo de pastoreo que los AV (21,5% vs. 12,5%). La utilización de los gorbizales se incrementó de julio a septiembre, sobre todo en el caso de los cebones AV (Figura 3). No hubo diferencias entre razas en el tiempo empleado en las otras comunidades vegetales de menor extensión. Los tremedales de zonas encharcadas y los pastos de roquedos calizos se utilizaron algo más en julio que en septiembre. Los cebones pastaron en los piornales de forma variable (6,6% en 2013, 3,6% en 2014), pero en ningún caso ramonearon los brotes verdes de los piornos. Los vacunos rechazan estas leguminosas (Osoro *et al.*, 2000), a pesar de que sus brotes presentan una calidad nutritiva aceptable, con elevados contenidos en PB (28% a finales de junio). Actualmente, la ausencia de pequeños rumiantes (ovino y caprino) en los puertos hace que los piornales proliferen cada vez más (González Díaz *et al.*, 2015), por lo que hay que recurrir a desbroces periódicos para frenar su invasión, con el consiguiente coste económico. De las otras comunidades arbustivas, tanto los aulagares calizos de *Genista occidentalis* como los espinares de agracejos (*Berberis vulgaris*) con escuernacabras (*Rhamnus alpina*) se utilizaron solo puntualmente.

Las diferencias en la selección de las comunidades vegetales no se reflejaron en diferencias en la composición de dieta entre las dos razas. Los cebones seleccionaron sobre todo las herbáceas (71-89%), mientras que, entre las leñosas, el porcentaje de arándano en la dieta era mayor (10-21%) que el de la brechina (2-8%), aumentando el porcentaje de ambas especies de julio a septiembre (Figura 4). Por tanto, una vez que la altura de hierba del pasto herbáceo dominante se

↓
Figura 3.-Tiempo de pastoreo de los cebones añojos en las distintas comunidades vegetales presentes en el puerto de alta montaña.



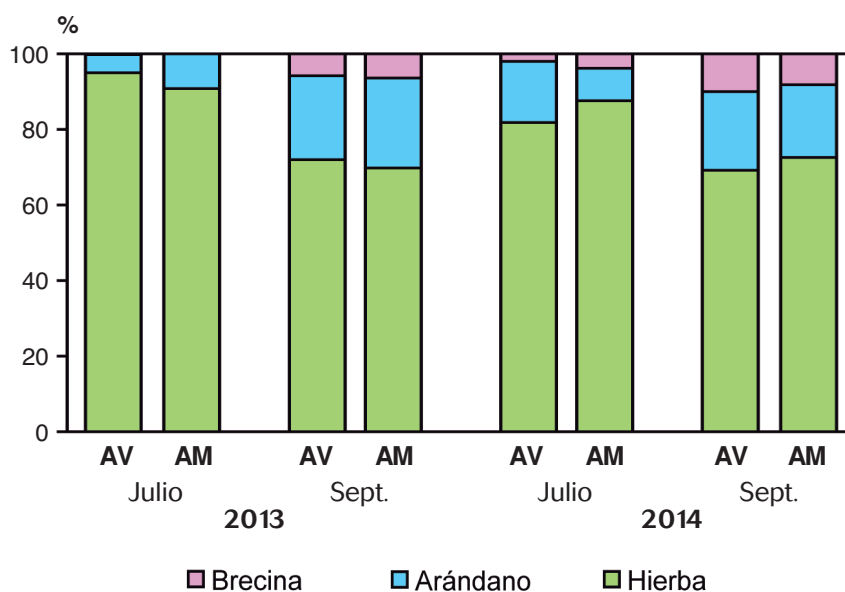
reduce por debajo de 4 cm, los cebones no son capaces de obtener ingestiones adecuadas de hierba de calidad, lo que intentan suplir incrementando el tiempo diario de pastoreo y seleccionando los brotes verdes de las leñosas. Aun así, dada la peor calidad de estas, los rendimientos de los cebones se ven reducidos e incluso experimentan pérdidas de peso, sobre todo en el caso de los AV.

Conclusiones

Aunque el manejo de cebones añojos en pastos de montaña durante el verano redujo considerablemente sus ganancias de peso respecto a los logrados en praderas de valle, el posterior crecimiento compensatorio mostrado por los primeros hizo que se equipararan los rendimientos finales al sacrificio. Por tanto, el sistema valle-puerto podría constituir una alternativa rentable para la producción de cebón con un manejo adecuado, no prolongando demasiado la estancia en puerto y proporcionando alimento suficiente tras la bajada en forma de pasto disponible o suplementando con concentrado en caso de baja disponibilidad de pasto, para que se pueda manifestar en grado suficiente dicho crecimiento compensatorio.

La mayor productividad de la raza AV frente a la AM es manifiesta. Sin embargo, la calidad del producto final debería considerarse también. Normalmente, la carne de casín (AM) muestra unos atributos sensoriales mejores que la procedente de animales de la raza AV (al menos en añojos enteros) debido a su mayor capacidad de engrasamiento (Martínez *et al.*, 2010; Sierra *et al.*, 2010). Esta mayor calidad, valorada en su justa medida, podría compensar en parte los menores rendimientos al sacrificio de los cebones AM.

También hay que valorar la utilización que hacen los cebones de los pastos de puerto. Los de la raza más pequeña y rústica (AM) utilizaron más las comunidades menos nutritivas como los gorbizales, y, al contrario que en las praderas de valle, presentaron mayores ganancias de peso que los animales de la raza AV, de mayor tamaño y con mayores necesidades energéticas, mostrando los primeros una



mejor adaptación a las condiciones de alta montaña. La selección de dieta realizada por los cebones en los pastos de puerto no difirió significativamente entre las dos razas, mostrando todos una mayor preferencia por las herbáceas que por las matas leñosas, y entre éstas, mayor por el arándano que por la brecina, mientras que los piornos fueron rechazados. Los cebones casinos aguantarían mejor la escasez de hierba al final del verano en puerto, si bien ambas razas mostraron una buena capacidad de crecimiento compensatorio tras bajar al valle.

Agradecimientos

El proyecto de investigación RTA2011-00122-00-00 fue financiado por el INIA y cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER). Queremos agradecer al personal del Área de Sistemas de Producción Animal por el manejo y cuidados de los animales, y por la dedicación y esfuerzo mostrados sobre todo en las difíciles condiciones de la alta montaña.

Referencias bibliográficas

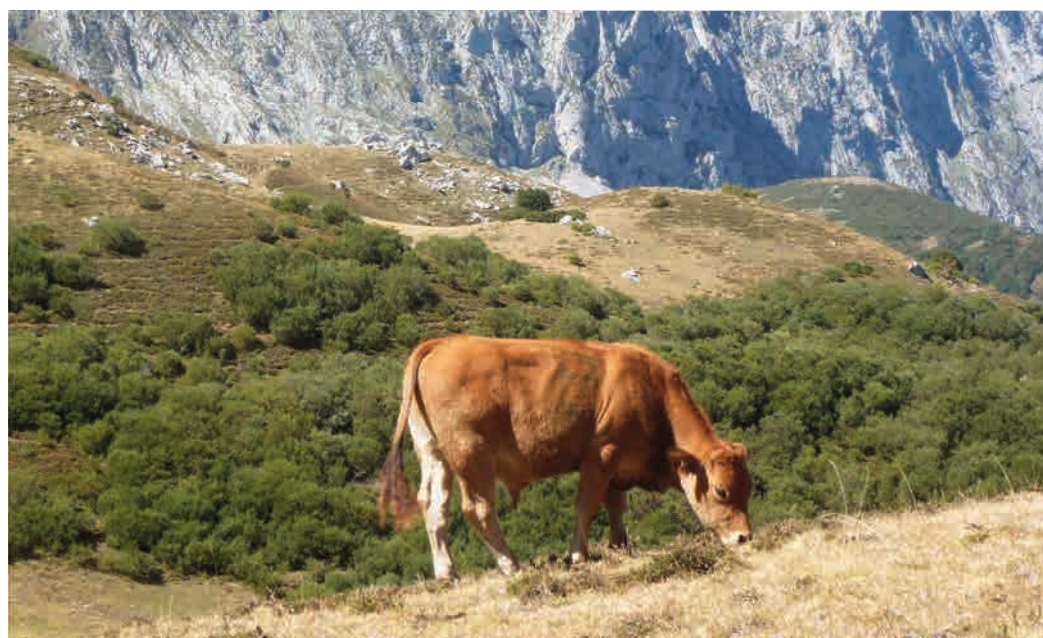
ALBERTÍ, P.; PANEA, B.; SAÑUDO, C.; OLLETA, J. L.; RIPOLL, G.; ERTBJERG, P.; CHRISTENSEN, M.; GIGLI, S.; FAILLA, S.; CONCETTI, S.; HOCQUETTE, J. F.; JAILLER, R.; RUDEL, S.; RENAND, G.; NUTE, G. R.; RICHARDSON, R. I.; WILLIAMS, J. L. (2008). Live weight, body size and carcass characteristics of young bulls of fifteen European breeds. *Livestock Science* 114:19-30.

↑
Figura 4.-Selección de dieta de los cebones añojos en los pastos de puerto.

- BRETSCHNEIDER, G. (2005). Effects of age and method of castration on performance and stress response of beef male cattle: A review. *Livestock Production Science* 97: 89-100.
- FIELD, R. A. (1971). Effect of castration on meat quality and quantity. *Journal of Animal Science* 32: 849-858.
- FIEMS, L. O. (2012). Double muscling in cattle: genes, husbandry, carcasses and meat. *Animals* 2: 472-506.
- GONZÁLEZ DÍAZ, J. A.; FERNÁNDEZ GARCÍA, F.; OSORO, K.; CELAYA, R.; ROSA GARCÍA, R. (2015). Cambios en los paisajes de montaña asociados a la cabaña ganadera y su manejo: un estudio en la Reserva de la Biosfera Las Ubiñas-La Mesa. *Tecnología Agroalimentaria, Boletín informativo del SERIDA* 16: 24-29.
- MARTÍNEZ, A.; ALDÍ, N.; CELAYA, R.; OSORO, K. (2010). Effect of breed body size and the muscular hypertrophy gene in the production and carcass traits of concentrate-finished yearling bulls. *Journal of Animal Science* 88: 1229-1239.
- MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A.; ARGAMENTERÍA, A.; DE LA ROZA DELGADO, B. (2014). *Manejo de forrajes para ensilar*. SERIDA, Villaviciosa, Asturias.
- OLIVÁN, M.; OSORO, K. (1997). Utilización de la técnica de los n-alcanos en estudios de ingestión y selección de dieta de los rumiantes en pastoreo: revisión. *ITEA-Información Técnica Económica Agraria* 93A: 193-208.
- OSORO, K.; CELAYA, R.; MARTÍNEZ, A.; ZORITA, E. (2000). Pastoreo de las comunidades vegetales de montaña por rumiantes domésticos: producción animal y dinámica vegetal. *Pastos* 30: 3-50.
- OSORO, K.; FERNÁNDEZ PRIETO, E.; CELAYA, R.; NOVAL, G.; ALONSO, L.; CASTRO, P. (1999). Respuesta productiva de dos razas de ganado vacuno manejadas en dos cubiertas vegetales de montaña. *ITEA-Información Técnica Económica Agraria* 95A: 188-203.
- OSORO, K.; MARTÍNEZ, A.; CASTRO, P. (2003). *Desarrollo de sistemas eficientes de producción de carne de calidad en zonas bajas*. SERIDA-KRK ediciones, Oviedo.
- SAINZ, R. D.; DE LA TORRE, F.; OLTJEN, J. W. (1995). Compensatory growth and carcass quality in growth-restricted and refed beef steers. *Journal of Animal Science* 73: 2971-2979.
- SERRANO, E.; HUMADA, M. J.; CASTRILLO, B. (2016). Utilidad de la castración para mejorar el engrasamiento de la canal y la calidad de la carne de añojos de raza Tudanca acabados en pastoreo. *Archivos de Zootecnia* 65: 241-245.
- SIERRA, V.; GUERRERO, L.; FERNÁNDEZ-SUÁREZ, V.; MARTÍNEZ, A.; CASTRO, P.; OSORO, K.; RODRÍGUEZ-COLUNGA, M. J.; COTO-MONTES, A.; OLIVÁN, M. (2010). Eating quality of beef from biotypes included in the PGI "Ternera Asturiana" showing distinct physicochemical characteristics and tenderization pattern. *Meat Science* 86: 343-351.
- WRIGHT, I. A.; JONES, J. R.; MAXWELL, T. J.; RUSSEL, A. J. F.; HUNTER, E. A. (1994). The effect of genotype X environment interactions on biological efficiency in beef cows. *Animal Production* 58: 197-207. ■

→

Foto 3.-En septiembre las ganancias de peso de los cebones añojos en puerto se ven reducidos por la escasa disponibilidad de pasto herbáceo de calidad, por lo que se incrementa la selección de matas leñosas como el arándano y en menor grado la brechina, mientras que los piornos (detrás) son rechazados.





La fiebre Q: qué es, qué importancia tiene en Asturias y qué medidas de control pueden realizarse en las explotaciones ganaderas

ALBERTO ESPÍ FELGUEROSO. Área de Sanidad Animal. aespi@serida.org

¿Qué es la Fiebre Q?

La Fiebre Q es una zoonosis (enfermedad transmitida de los animales a las personas) causada por la bacteria *Coxiella burnetii*, que está presente en todo el mundo.

¿Cómo se transmite?

Coxiella burnetii se mantiene en la naturaleza a través de dos ciclos:

- **Ciclo doméstico** del que forman parte los animales de granja, especialmente los rumiantes, y los animales de compañía (perros, gatos).

- **Ciclo salvaje** en el que están implicados los animales silvestres y las garrapatas.

La vía de contagio aerógena es la más importante en la transmisión a las personas y se produce por inhalación de aerosoles contaminados procedentes de establecimientos donde se manejan animales, a través del polvo contaminado por tejidos placentarios, líquidos del parto y heces de animales infectados.

La Fiebre Q en personas

La Fiebre Q en la población del norte de España cursa con cuadros de fiebre y

↑
2018 Ovejas Deva.

neumonía, a diferencia de lo que ocurre en otras zonas de España en las que predominan los cuadros de fiebre y hepatitis.

Desde 2015 la fiebre Q en humanos es de declaración obligatoria en España, lo que ha dado lugar a un aumento de las declaraciones de casos y brotes. Salud Pública está haciendo notar este hecho a las autoridades competentes en Sanidad Animal, por lo que es necesario dar una serie de respuestas para reducir la incidencia de la infección.

Por todo ello la colaboración entre los ámbitos de la Sanidad Animal y Salud Pública es imprescindible para llevar a cabo la elaboración de protocolos de actuación conjunta en la investigación de brotes humanos de fiebre Q.

La Fiebre Q en animales

En el ganado ovino y caprino la infección por *C. burnetii* produce abortos, mientras que en ganado vacuno está asociada a infertilidad y mamitis (Agerholm, 2013; García-Ispuerto et al., 2014). Los

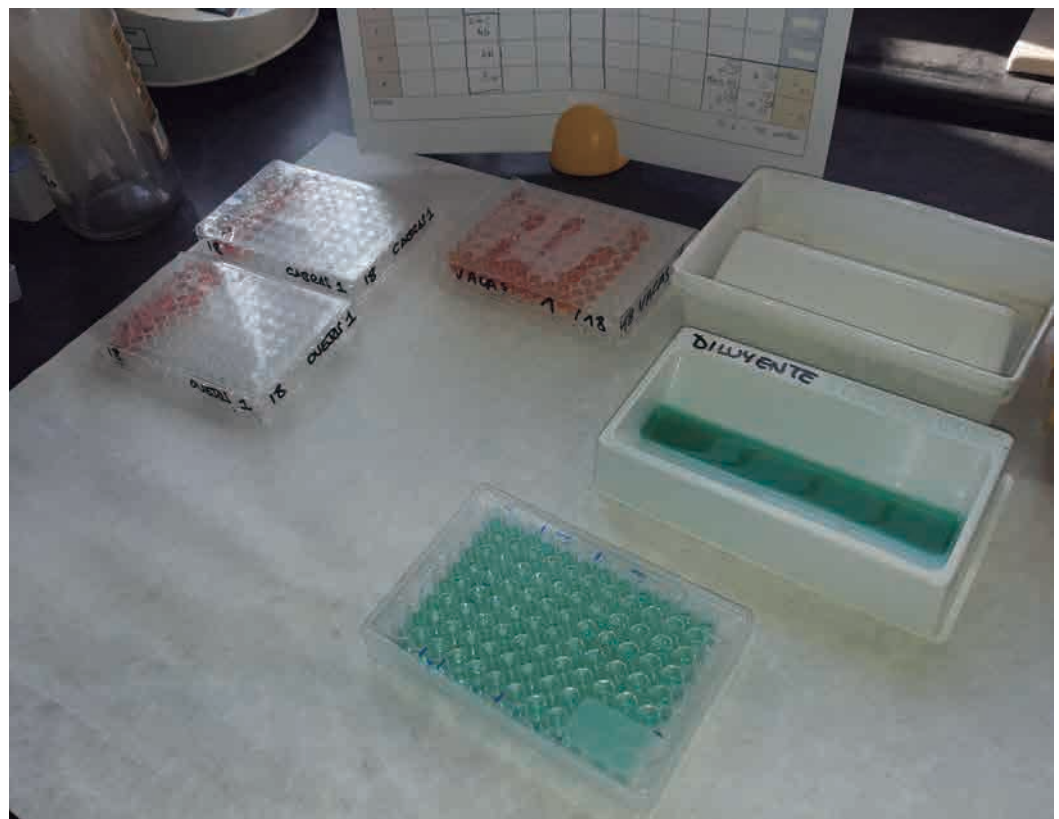
animales no gestantes raramente muestran signos clínicos tras la infección, que se localiza fundamentalmente en el aparato reproductivo de la hembra, incluida la glándula mamaria, desde donde la infección se puede reactivar. La bacteria se elimina al medio ambiente una vez que los animales quedan gestantes y abortan, o bien tras el parto normal.

En España, en la actualidad, se considera que la infección por *C. burnetii* tiene un gran impacto y prevalencia. En Asturias, la información al respecto es limitada, aunque ya en los años 1999 y 2000, se detectó en ovino una seroprevalencia cercana al 5% mediante la técnica de fijación del complemento (Espí et al., 2001). Dado que esta técnica es menos sensible que las empleadas en la actualidad, la seroprevalencia real es más elevada como luego mostraremos.

Proyecto coordinado NEIKER y SERIDA

En la última convocatoria de 2017 se aprobó un proyecto para el estudio de la

→
ELISA fiebre Q.



Fiebre Q en Asturias y País Vasco en coordinación con NEIKER.

Con este proyecto se pretende abordar mediante la estrategia "Una Salud" la infección por *C. burnetii* en animales domésticos, en humanos y el medio ambiente de una forma integrada. En él participan grupos de investigación en Sanidad Animal (NEIKER y SERIDA) y Salud Pública (Servicio de Epidemiología de Salud Pública de Bizkaia, Hospital Universitario Central de Asturias), con el apoyo del Instituto de Salud Carlos III (Centro Nacional de Microbiología).

Los objetivos planteados para Asturias son los siguientes:

1. Determinar la proporción de individuos infectados por *C. burnetii* en los rumiantes domésticos (ovino, caprino y vacuno), animales silvestres (ungulados, carnívoros y aves principalmente) y garrapatas de la vegetación de Asturias.
2. Determinar la casuística humana de Fiebre Q en Asturias, tanto de los casos clínicos agudos como de los crónicos.
3. Determinar los genotipos de *C. burnetii* presentes en Asturias en humanos, animales domésticos, silvestres y garrapatas.
4. Elaborar un procedimiento de investigación de brotes, y una guía de

recomendaciones para la prevención y el control de la fiebre Q en explotaciones ganaderas.

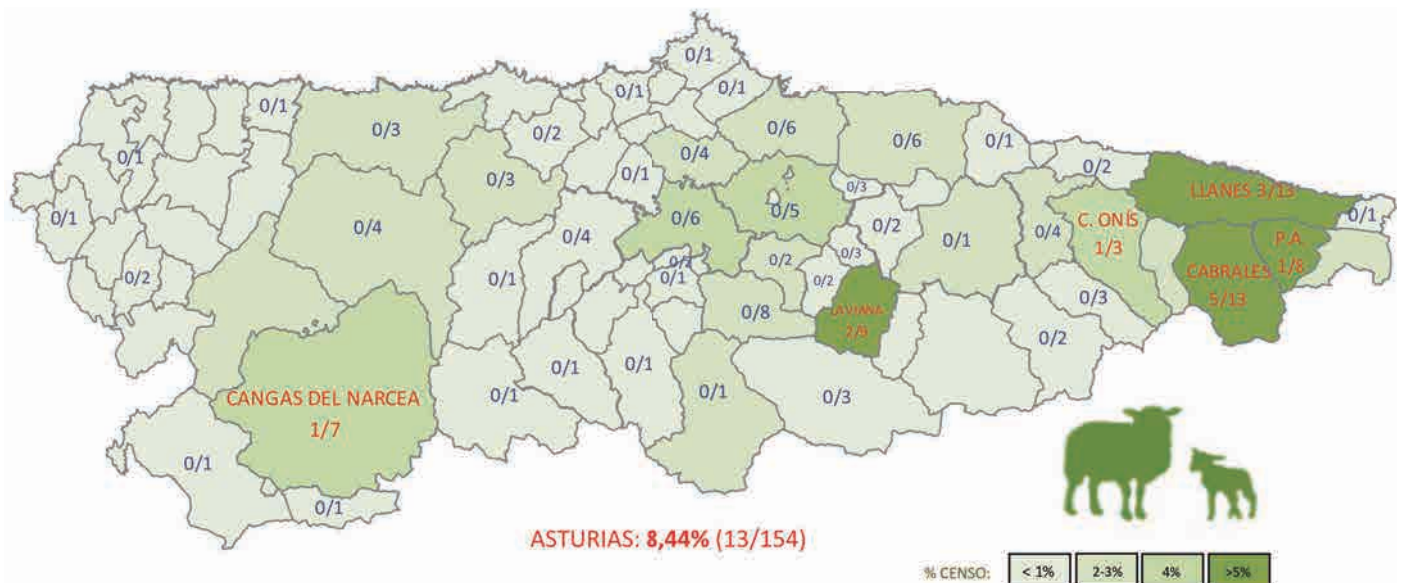
Resultados preliminares: casuística en rumiantes domésticos

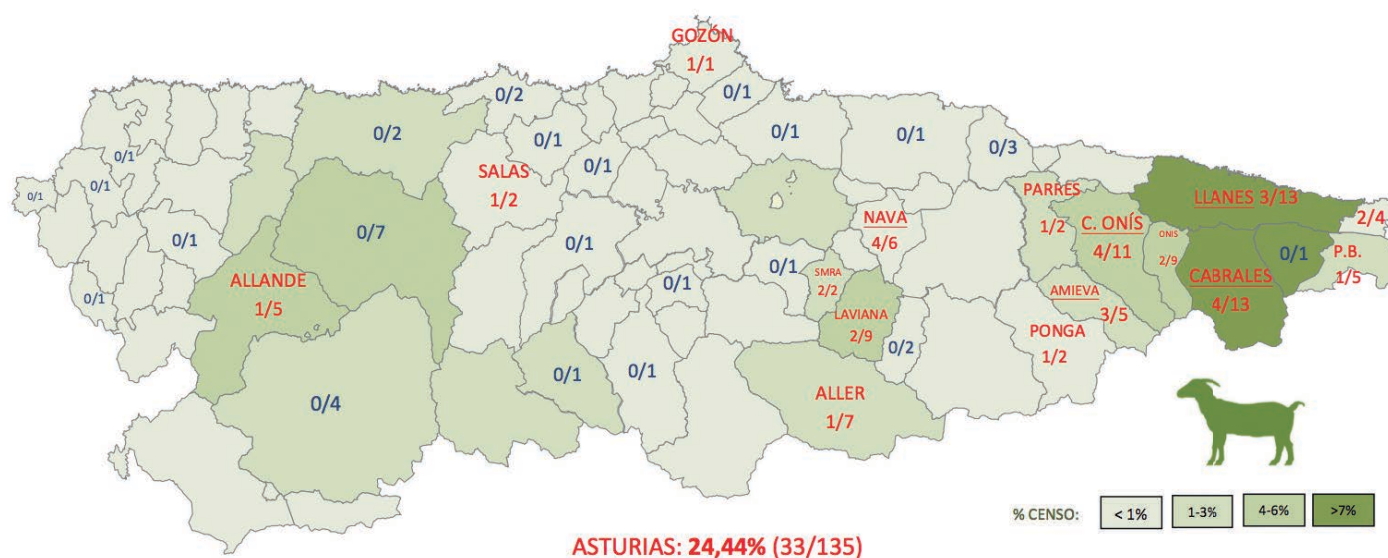
La cabaña de ovino y de caprino de Asturias está concentrada en el oriente de la región, aunque con presencia en la totalidad de los municipios. El tamaño medio de los rebaños es muy bajo, tan solo 12 animales en ovino y 25 en caprino.

Para el estudio de seroprevalencia frente a *C. burnetii* en los rumiantes domésticos de Asturias se ha contado con los sueros recibidos en el Laboratorio de Sanidad Animal del Principado de Asturias (LASAPA), procedentes de las Campañas de Saneamiento Ganadero. Los sueros se analizaron mediante un ELISA indirecto (PrioCHECK™ Ruminant Q Fever Ab Plate Kit, (ELISACOXLS2) que utiliza un antígeno de una cepa procedente de rumiantes, y cuya especificidad es del 99.5%.

Se han detectado anticuerpos frente a *Coxiella burnetii* en todas las especies domésticas estudiadas en Asturias. Las prevalencias obtenidas han sido del 8,44% (13/154) en el ovino, 24,44% (33/135) en

↓
Figura 1.-Número de animales analizados y número de seropositivos a la Fiebre Q en ganado ovino de diferentes municipios de Asturias (en tonos de verde se muestra el porcentaje del censo total de ovino de Asturias que tiene cada uno de los municipios).





↑
Figura 2.-Número de animales analizados y número de seropositivos a la Fiebre Q en ganado caprino de diferentes municipios de Asturias (en tonos de verde se muestra el porcentaje del censo total de caprino de Asturias que tiene cada uno de los municipios).

el **caprino** y 18,40% para el **vacuno** (30/163).

En general, puede apreciarse (figuras 1, 2 y 3) que la distribución geográfica de los animales seropositivos ha coincidido con la distribución de las tres especies estudiadas en la región y su consiguiente reflejo en la composición de los sueros del banco. No obstante, se han detectado animales seropositivos en zonas muy distantes lo que hace suponer que la infección es ubicua en la región.

Medidas de control

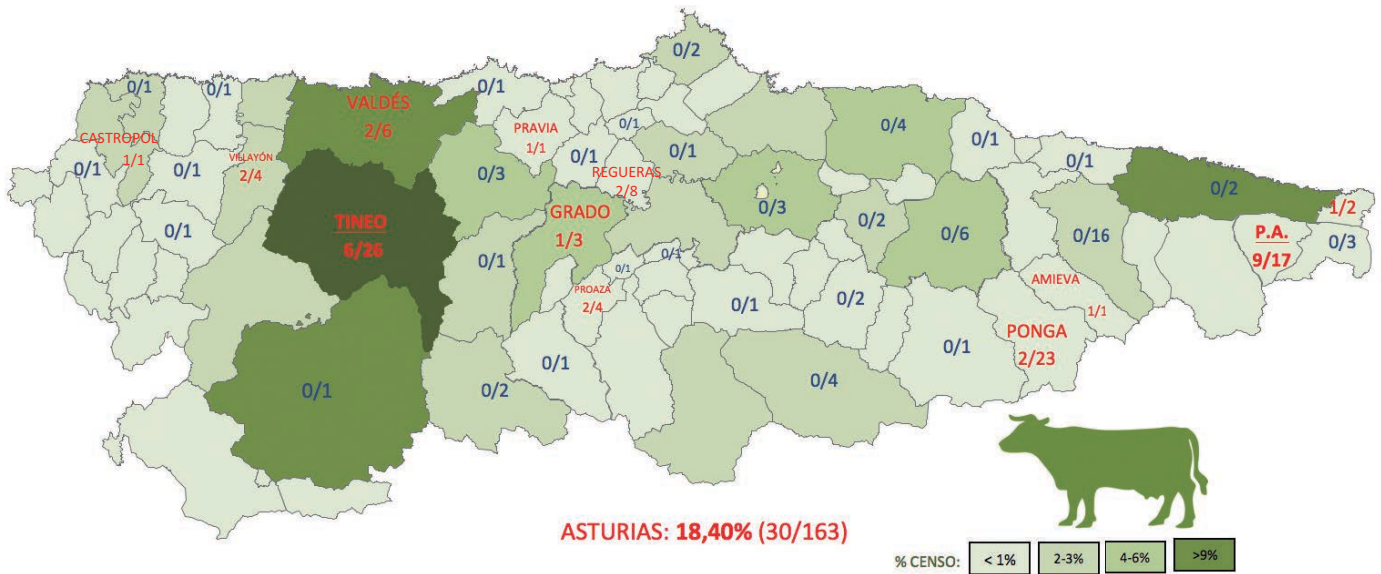
Las estrategias de prevención y control están encaminadas a limitar los riesgos de transmisión de *Coxiella burnetii* por vía aerógena:

- Evitar la salida del estiércol de la explotación para ser utilizado como abono antes de tener la completa seguridad de que la bacteria se encuentra inactivada (mínimo 1 mes tras los partos).
- Realizar labores de limpieza y desinfección de las instalaciones con productos que inactiven la bacteria.
- Evitar los partos fuera de las instalaciones. Retirada rápida y destrucción de fetos y placentas. Aislamiento de los animales que han abortado.

- Prohibición de acceso a la explotación de personal ajeno a la misma.
- Uso por parte del personal de la explotación de guantes, botas y ropa de uso exclusivo dentro de la explotación.

Algunas consideraciones importantes:

- El tratamiento antibiótico no es eficaz (Astobiza et al., 2010 y Taurel et al., 2012).
- La vacunación con vacuna inactiva en Fase I (única disponible en el mercado) es una opción para proteger frente al aborto y reducir (pero no eliminar totalmente) la excreción de la bacteria al medio (Arricau-Bouvery et al., 2005).
- Una vez que la infección se ha extendido en una explotación, la vacunación solo es efectiva para la reposición (animales susceptibles no infectados).
- La vacunación es una estrategia que ha de plantearse a largo plazo durante varios años consecutivos (Courcoul et al., 2011).
- Incluso sin vacunación, tras sucesivas parideras, se produce un descenso natural de la infección en las explotaciones ovinas infectadas.



Bibliografía

AGERHOLM, J. S., 2013. *Coxiella burnetii* associated reproductive disorders in domestic animals-a critical review. Acta Vet. Scand. 55, 13.

ANGELAKIS, E.; RAOULT, D., 2010. Q fever. Vet. Microbiol. 140, 297-309.

ARRICALU-BOLIVERY, N.; SOURIALU, A.; BODIER, C.; DUFOUR, P.; ROUSSET, E.; RODOLAKIS, A., 2005. Effect of vaccination with phase I and phase II *Coxiella burnetii* vaccines in pregnant goats. Vaccine 23, 4392-4402.

ASTOBIZA, I.; BARANDIKA, J. F.; HURTADO, A.; JUSTE, R. A.; GARCÍA-PÉREZ, A. L., 2010. Kinetics of *Coxiella burnetii* excretion in a commercial dairy sheep flock after treatment with oxy-tetracycline. Vet. J. 184, 172-175.

COURCOUL, A.; HOGERWERF, L.; KLINKENBERG, D.; NIELEN, M.; VERGU, E.; BEAUDEAU, F., 2011. Modelling effectiveness of herd level vaccination against Q fever in dairy cattle. Vet. Res. 42, 68.

EFSA, 2010. Scientific Opinion on Q fever. EFSA J. 8, 1595.

ESPÍ, A.; PRIETO, J. M.; ÁLVAREZ, M., 2001. Situación sanitaria del ovino en Asturias: seroprevalencia de la Enfermedad de la Frontera, Maedi-Visna, Aborto Enzoótico, Agalaxia Contagiosa, Fiebre Q y Leptospirosis. XXVI Jornadas Científicas y V Internacionales de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia. Sevilla, 2001. Libro de ponencias y comunicaciones (pp. 708-713).

GARCIA-ISPIERTO, I.; TUTUSAUS, J.; LOPEZ-GATIUS, F., 2014. Does *Coxiella burnetii* Affect Reproduction in Cattle? A Clinical Update. Reprod. Domest. Anim. 49(4):529-535.

GARCÍA-PÉREZ, A. L. y ESPÍ, A. 2017. Memoria científica del proyecto “Estrategia una sola salud (One Health) para el estudio de la Fiebre Q en la interfaz animales-humanos-medio ambiente en el norte de España”. INIA RTA2017-00055-C02.

TAUREL, A. F.; GUATTEO, R.; JOLY, A.; BEAUDEAU, F., 2012. Effectiveness of vaccination and antibiotics to control *Coxiella burnetii* shedding around calving in dairy cows. Vet. Microbiol. 159(3-4):432-7. ■

↑
Figura 3.-Número de animales analizados y número de seropositivos a la Fiebre Q en ganado vacuno de diferentes municipios de Asturias (en tonos de verde se muestra el porcentaje del censo total de vacuno de Asturias que tiene cada uno de los municipios).



Fermentaciones de sidras de hielo: levadura autóctona vs levaduras comerciales

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

ANNA PICINELLI LOBO. Área de Tecnología de los Alimentos. apicinelli@serida.org

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

Introducción

La elaboración de un producto diferenciado y de alta calidad como las sidras de hielo precisa el control de distintos factores tecnológicos que aseguren la obtención de sidras con la menor variabilidad posible entre cosechas o años (Picinelli Lobo y col., 2015; Pando Bedriñana y col., 2017).

En este sentido, la fermentación alcohólica conducida por las levaduras es una etapa que determinará la calidad y reproducibilidad de este tipo de sidras. El elevado contenido en sólidos solubles de los mostos (obtenidos por congelación) producirá en las levaduras un gran estrés os-

mótico. Bajo estas condiciones son habituales las ralentizaciones y/o las paradas de fermentación, así como los incrementos de acidez volátil. Una forma de controlar las fermentaciones es utilizar cepas de levaduras seleccionadas que, inoculadas al mosto en concentraciones superiores a las poblaciones indígenas, aseguren un buen desarrollo del proceso fermentativo. No obstante, a pesar de las ventajas que *a priori* tiene esta práctica, existe una cierta controversia sobre su utilización. El origen foráneo de las levaduras comercializadas en la actualidad, principalmente vínicas, puede producir un cambio en las características sensoriales de las sidras y por consiguiente una pérdida de singularidad.



Mezcla	M1		M2		M3	
	Durona de Tresali		Limón Montés + Perico		Verdialona + de la Riega+ Durona de Tresali + Raxao + Regona	
	Año	2014	2015	2014	2015	2014
Densidad (g/mL)	1,14811	1,14863	1,14804	1,14840	1,14782	1,14898
pH	3,42	3,43	3,30	3,25	3,22	3,24
AT (g sulfúrico/L)	12,07	12,20	14,85	12,87	14,77	15,59
PT (g tánico/L)	3,8	4,2	4,3	4,0	4,4	4,3

El SERIDA dispone de una Colección de Cultivos en la que se preservan microorganismos autóctonos aislados de sidras representativas de las localizaciones asturianas con mayor producción. Algunos de estos microorganismos han sido objeto de estudio en el marco de distintos proyectos de investigación. En este sentido, destaca la evaluación de la cepa autóctona *Saccharomyces bayanus* (C6) en la elaboración de distintos productos como la sidra natural, la sidra de segunda fermentación en botella o el aguardiente de magaya (Suárez y col. 2000; Pando Bedriñana, 2011; Rodríguez Madrera y col. 2016).

En este artículo se analiza el potencial de la levadura autóctona *S. bayanus* C6 para la obtención de sidras de hielo en comparación con dos cepas comerciales de origen vínico durante dos años consecutivos.

Materiales y Métodos

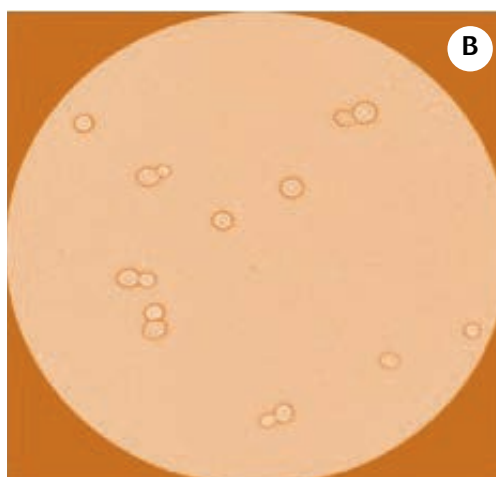
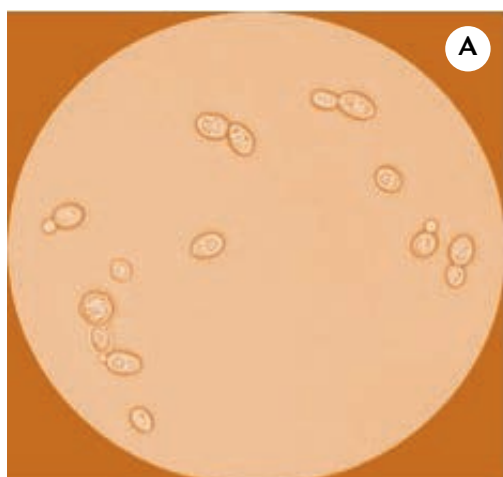
Cada año se fermentaron mostos enriquecidos en sólidos solubles mediante el

sistema de Agotamiento procedentes de la variedad Durona de Tresali y de dos mezclas de manzana (Pando y col. 2017). En la Tabla 1 se resumen sus características globales.

Las cepas de levadura utilizadas como iniciadoras de la fermentación fueron:

- *Saccharomyces bayanus* (C6), levadura autóctona perteneciente a la Colección de Microorganismos del SERIDA, baja productora de acidez volátil (Figura 1A).
- *Saccharomyces cerevisiae* (Levuline CHP, Oeno France), recomendada para la elaboración de vinos efervescentes.
- *Torulaspora delbrueckii* (Biodiva-TD291, Lallemand), indicada para la elaboración de vinos de hielo (Figura 1B).

Las fermentaciones se realizaron por duplicado en recipientes de 15L a 14 °C. En los mostos la cepa autóctona se inoculó a razón de 10 g de biomasa húmeda



↑
Tabla 1.-Composición físico-química de los mostos enriquecidos.

AT: Acidez total, PT: Polifenoles totales (Folin)

←
Figura 1.-Observación microscópica a 400X de cultivos puros de levaduras
A: *S. bayanus* C6;
B: *T. delbrueckii* (Biodiva-TD291).



por hectolitro (10^{10} ufc/mL), y las vínicas en la proporción de 25 g/hL.

Cuando las fermentaciones se dieron por finalizadas (grado alcohólico $> 9\%$ v/v) las sidras se mantuvieron en frío ($2\text{ }^{\circ}\text{C}$, 72 h) para facilitar la decantación de las lías. Posteriormente, se clarificaron (10 g bentonita/hL, 10 días, $4\text{ }^{\circ}\text{C}$), estabilizaron (60 mg/L SO_2 total/L), filtraron ($1,2\text{ }\mu\text{m}$ + filtro de membrana de $0,45\text{ }\mu\text{m}$), embotellaron y conservaron a $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta su análisis físico-químico y sensorial que se realizó a los tres meses. Se determinaron los parámetros globales (densidad, pH, acidez total y volátil, y polifenoles totales), azúcares y volátiles mayoritarios según procedimientos acreditados (ENAC N° 430/LE 930) y métodos oficiales.

Los datos obtenidos fueron analizados mediante análisis de varianza, tomando como factores fijos, la mezcla de manzana y la cepa de levadura y como factor aleatorio el año de elaboración. Todos los resultados expuestos en este trabajo son el promedio de los duplicados.

Resultados

Etapa fermentativa y características físico-químicas de las sidras

En cada una de las 36 unidades experimentales se realizó un seguimiento quin-

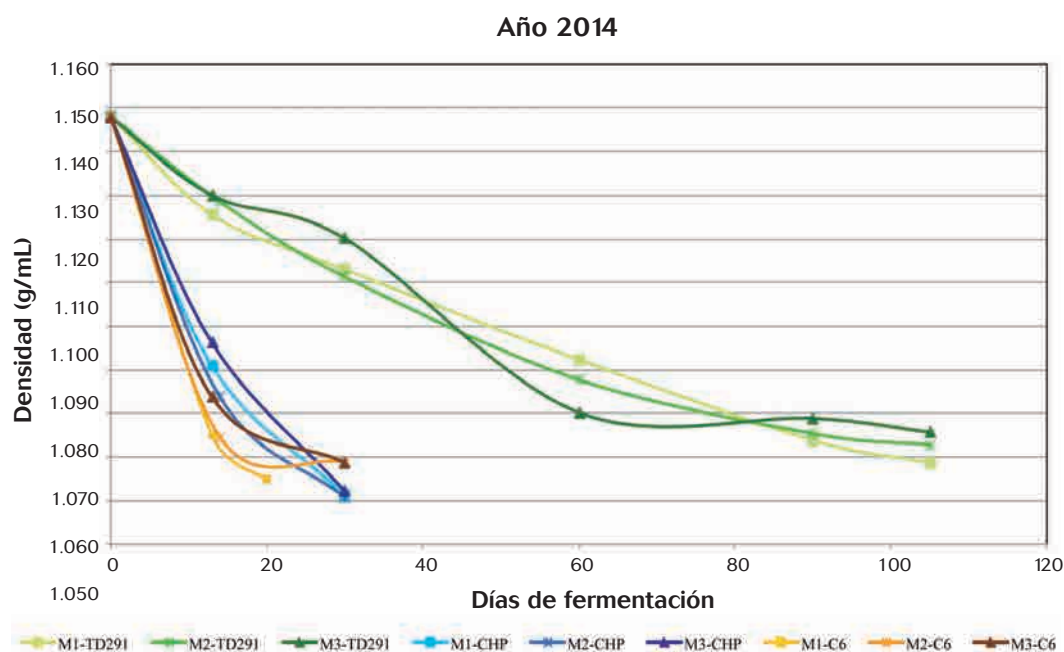
cenal de la concentración celular de levaduras, la velocidad para metabolizar azúcares y la capacidad para sintetizar etanol.

En todas las unidades experimentales se partió de un valor de densidad cercano a $1,150\text{ g/mL}$, detectándose la máxima concentración de levaduras (10^7 - 10^8 ufc/mL) a los 15 días de fermentación. Conforme el proceso fermentativo avanzó se observó el declive de la población de levaduras, la cual disminuyó dos órdenes de magnitud, hasta el momento en el que se forzó la parada de la fermentación mediante aplicación de frío.

El consumo de azúcares por día de las cepas *Saccharomyces* fue prácticamente idéntico durante los primeros 15 días de fermentación (descenso entre 3 y 6 puntos de densidad). Mientras que, el ritmo de metabolización de los azúcares de *T. delbrueckii* fue menor, con variaciones máximas de densidad de 2 puntos diarios. Este hecho motivó que estas fermentaciones se prolongaran durante 105 días el primer año y 75 días el segundo. En la Figura 2 se recoge la evolución de la densidad de las fermentaciones inducidas en el año 2014.

Asimismo, en los primeros 15 días del proceso, la formación de etanol osciló entre 0,4 y 0,7 grados por día para las cepas *Saccharomyces*, y entre 0,2 y 0,3 pa-

→ **Figura 2.**-Consumo de azúcares de las cepas *S. bayanus* (C6), *S. cerevisiae* (CHP) y *T. delbrueckii* (TD291) en los mostos M1 (Durona de Tresali); M2 (Perico + Limón montes) y M3 (Verdialona + Durona de Tresali + de la Riega + Raxao + Regona).





ra la *T. delbrueckii*. A partir de dicho periodo, el poder fermentativo de la levadura autóctona y de *T. delbrueckii* fue de 0,1 grados por día, mientras que la cepa *S. cerevisiae* fue capaz de generar alrededor de 0,3 grados por día.

En la Tabla 2 y Figura 3 se recogen las características analíticas de las sidras de hielo de las dos campañas estudiadas. El análisis estadístico de los datos permitió establecer las variables significativas ($p \leq 0,05$) en función de los factores estudiados.

La composición del mosto de partida (mezcla de variedades) resultó significativo para los parámetros pH, acidez volátil, azúcares, sorbitol, metanol y 1- butanol. Las sidras obtenidas de los mostos multi-varietales (M3) presentaron la mayor acidez (menor pH), los niveles más altos de sorbitol y 1-butanol, y las menores concentraciones de metanol.

La cepa influyó significativamente en la formación del 2-feniletanol, destacando la mayor producción de la cepa autóctona C6, hecho característico de la especie *S. bayanus* a la que pertenece. Además, las sidras obtenidas con esta cepa presentaron la menor acidez volátil, valores bajos de acetato de etilo y elevada concentración en alcoholes superiores (Tabla 2).

Por el contrario la cepa vínica *S. cerevisiae* (CHP) dio lugar a sidras de hielo con menor densidad, mayor acidez volátil y mayor grado alcohólico. El alto poder fermentativo de esta cepa redujo la relación entre los azúcares residuales y la acidez total, aspecto relevante para alcanzar un buen equilibrio entre dulzor y acidez.

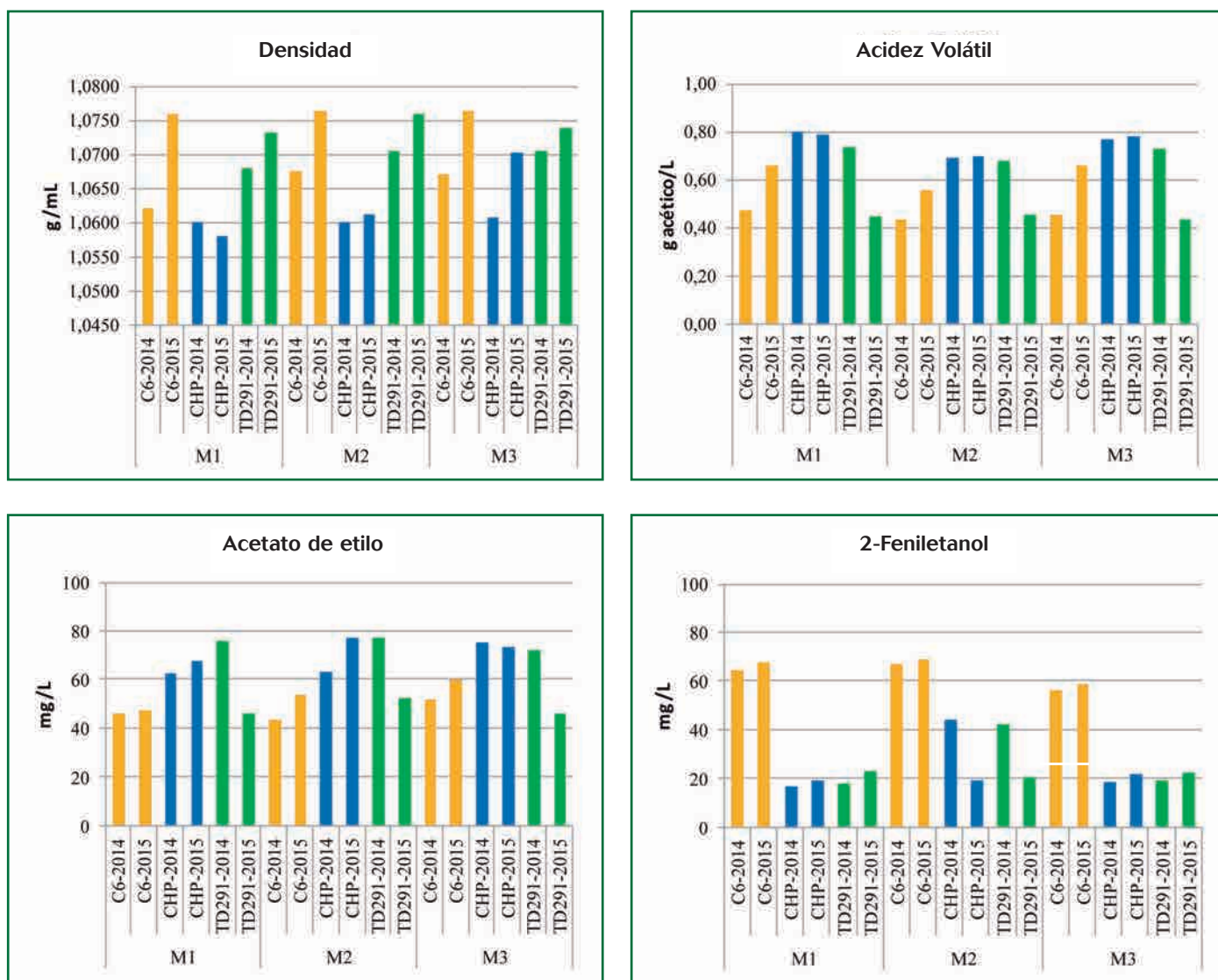
La cepa *T. delbrueckii* se mostró bajo productora de glicerina, acidez volátil y acetato de etilo.

↓

Tabla 2.-Caracterización físico-química de las sidras de hielo elaboradas con las cepas *S. bayanus* (C6), *S. cerevisiae* (CHP) y *T. delbrueckii* (TD291).
 PT: Polifenoles Totales (Folin);
 AT: Acidez Total;
 Alcoholes superiores (suma de 1-propanol, iso-butanol y amilicos);
 M1: Durona de Tresali;
 M2: Perico + Limón montes;
 M3: Verdialona + Durona de Tresali + de la Riega + Raxao + Regona.

Parámetros analíticos	Mezcla	M1			M2			M3		
	Cepa	C6	CHP	TD291	C6	CHP	TD291	C6	CHP	TD291
pH	2014	3,73	3,70	3,68	3,62	3,61	3,59	3,54	3,51	3,51
	2015	3,63	3,68	3,66	3,51	3,56	3,49	3,50	3,50	3,45
Grado alcohólico (% v/v)	2014	11,15	11,77	10,74	10,48	11,79	10,39	10,40	11,58	10,31
	2015	9,52	12,06	10,13	9,29	11,67	9,81	9,27	11,26	9,81
PT (Folin: g tánico/L)	2014	3,5	3,5	3,4	4,0	4,4	4,2	3,5	3,8	3,7
	2015	3,4	3,8	3,6	3,6	3,9	3,7	3,8	3,4	3,5
AZ/AT	2014	10,3	9,5	10,7	9,4	8,0	9,1	9,0	7,7	9,0
	2015	11,9	9,4	11,2	11,8	9,6	10,7	9,5	7,9	8,7
Glicerina (g/L)	2014	9,54	8,33	8,02	8,35	7,68	7,63	8,54	8,00	7,32
	2015	6,96	7,75	5,42	6,88	7,24	5,26	7,11	7,75	5,68
Sorbitol (g/L)	2014	26,5	25,9	25,9	20,8	20,5	20,5	26,7	26,8	26,2
	2015	19,7	20,1	19,8	16,8	16,5	16,9	20,3	20,5	20,4
Metanol (mg/L)	2014	53	51	52	55	53	54	42	40	41
	2015	40	41	40	43	44	43	30	29	27
1-butanol (mg/L)	2014	3	3	3	3	3	3	6	5	6
	2015	3	4	4	3	3	3	6	6	6
Alcoholes superiores (mg/L)	2014	378	274	284	372	281	291	384	278	285
	2015	260	278	256	282	265	249	278	274	252





↑
Figura 3.-Densidad, acidez volátil, acetato de etilo y 2-feniletanol en las sidras de hielo elaboradas con las cepas *S. bayanus* (C6), *S. cerevisiae* (CHP) y *T. delbrueckii* (TD291).
 M1: Duroña de Tresali;
 M2: Perico + Limón montes;
 M3: Verdialona + Duroña de Tresali + de la Riega + Raxao + Regona.

Características sensoriales de las sidras

Las sidras fueron evaluadas sensorialmente por un grupo de cata integrado por 9 personas. Las muestras se sirvieron a una temperatura de 10-12 °C; se identificó la presencia de 8 atributos de olor y sabor (caramelo, manzana/frutal, floral, mantequilla, frescor, dulzor, amargor y astringencia) y se puntuó la valoración global o calidad de las sidras con una escala de cinco puntos, de acuerdo con la metodología descrita por Pando Bedriñana y col. (2017). La evaluación de los datos obtenidos se realizó mediante un test Chi-cuadrado, tomando como factores la mezcla de manzana y la cepa de levadura.

La cepa de levadura utilizada como inóculo influye en la percepción de los

atributos floral, manzana, y mantequilla, y las sensaciones de frescor, amargor y astringencia. Las sidras elaboradas con la cepa vínica *S. cerevisiae* fueron significativamente peor valoradas que las obtenidas con las levaduras *S. bayanus* y *T. delbrueckii*.

En la Figura 4 se representa la proyección sobre el plano de las dos primeras componentes principales de los 18 tipos de sidras elaboradas en este estudio y 10 variables sensoriales y analíticas (amargor, manzana, caramelo, frescor, valoración global, grado alcohólico, acidez volátil, relación azúcares residuales/acidez total, acetato de etilo y 2-feniletanol).

En la parte izquierda de la primera componente principal se agrupan todas

las sidras obtenidas utilizando la cepa vínica *S. cerevisiae*, las cuales están asociadas con valores mayores de grado alcohólico, acidez volátil y concentración de acetato de etilo. Estas sidras fueron las peor valoradas, debido a su gran amargor. En el lado opuesto de este eje se sitúan todas las sidras obtenidas con la cepa autóctona y la comercial *T. delbrueckii* en el año 2015, asociadas con aromas a manzana y caramelo, la percepción de frescor, una alta valoración global, y un mayor valor de la relación entre azúcares y acidez total, relación cuya relevancia en la valoración de la calidad sensorial ya había sido destacada por consumidores en sidras de hielo elaboradas por el método de Crioextracción (Picinelli Lobo y col., 2017).

Conclusiones

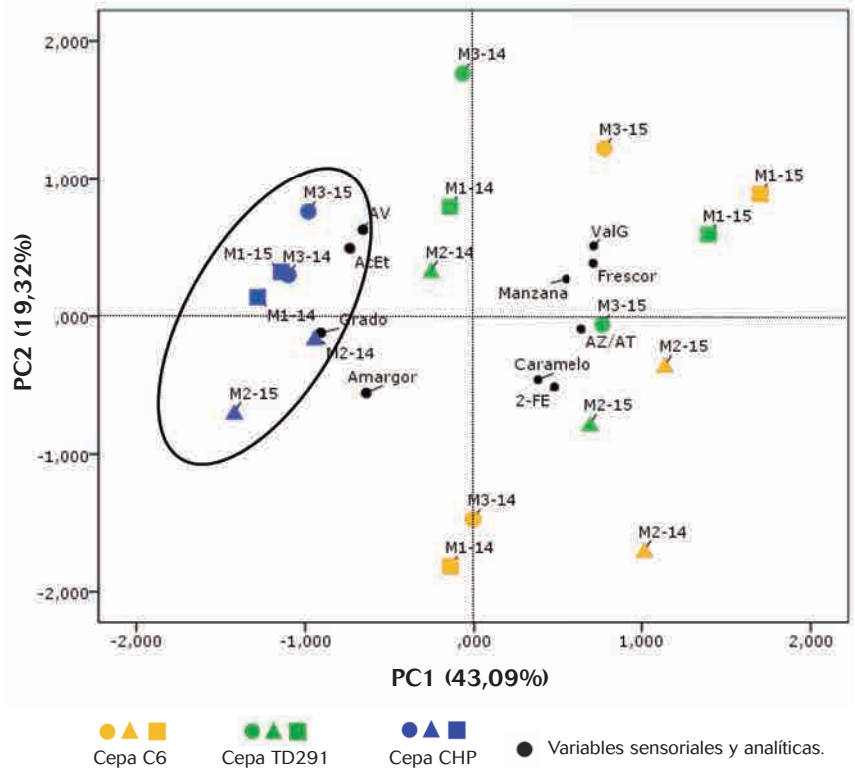
La levadura autóctona *S. bayanus* C6, debido a su muy baja producción de acidez volátil, tolerancia al choque osmótico y tipicidad aromática, está particularmente adaptada para la elaboración de sidras de hielo de calidad.

La levadura vínica *T. delbrueckii* TD291, indicada para obtener vinos de hielo, mostró velocidad de fermentación muy lenta y baja producción de acidez volátil y acetato de etilo.

La levadura vínica *S. cerevisiae* CHP, seleccionada para la obtención de vinos efervescentes, presentó una rápida cinética fermentativa, dando lugar a las sidras sensorialmente peor valoradas, con menor dulzor, mayor grado alcohólico y los niveles más elevados de acidez volátil y acetato de etilo.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA RTA2012-00075) y cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional. Proyecto en colaboración con la empresa Valle, Ballina y Fernández.



Referencias bibliográficas

PANDO BEDRIÑANA, R. (2011). Selección de levaduras para la elaboración de sidras naturales espumosas por el método tradicional o "Champenoise" II. *Tecnología Agroalimentaria* N° 10, 29-32.

PANDO BEDRIÑANA, R.; PICINELLI LOBO, A., & SUÁREZ VALLES, B. (2017). Evaluación de métodos para la elaboración de sidras de hielo. *Tecnología Agroalimentaria* N° 19, 36-42.

PICINELLI LOBO, A.; ANTÓN DÍAZ, M. J.; HORTAL GARCÍA, R.; PANDO BEDRIÑANA, R. & SUÁREZ VALLES, B. (2015). Evaluación analítica y sensorial de mostos de variedades asturianas enriquecidos por congelación. *Tecnología Agroalimentaria* N° 16, 36-40.

PICINELLI LOBO, A.; PANDO BEDRIÑANA, R. & SUÁREZ VALLES, B. (2017). Nuevos productos de la manzana de sidra: la voz de los consumidores, www.serida.org

RODRÍGUEZ MADRERA, R.; PANDO BEDRIÑANA, R.; SUÁREZ VALLES, B. (2016). Enriquecimiento nutricional de la magaya con levaduras autóctonas. *Tecnología Agroalimentaria* N° 17, 46-50.

SUÁREZ, B.; RODRÍGUEZ, R.; PICINELLI, A.; MORENO, J.; MANGAS, J. J. (2000). Elaboración de sidra en condiciones controladas. *Alimentaria*. Septiembre, 123-128. ■

↑
Figura 4.-Representación variables sensoriales, analíticas y de sidras de hielo elaboradas en las dos campañas.
 AcEt: Acetato de etilo, AV: acidez volátil, AZ/AT: relación azúcares residuales/acidez total; ValG: valoración global; M1: Duroña de Tresali; M2: Perico + Limón montes; M3: Verdialona + Duroña de Tresali + de la Riega + Raxao + Regona, 14-Campaña 2014, 15-Campaña 2015.

Levaduras autóctonas de origen sidrero para la elaboración de cerveza

ROBERTO RODRÍGUEZ MADRERA. Área de Tecnología de los Alimentos.

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

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



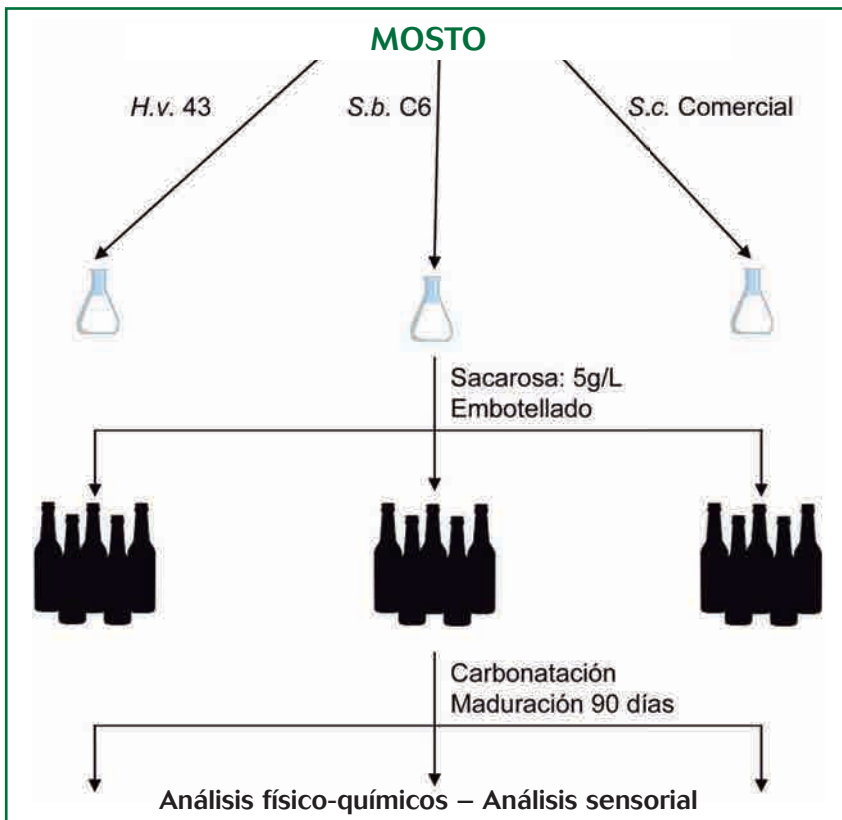
Figura 1.-Diseño experimental seguido para la elaboración de cervezas.

La reglamentación española define la cerveza como el “alimento resultante de la fermentación, mediante levaduras seleccionadas, de un mosto cervecero elaborado a partir de materias primas naturales” (Real Decreto 678/2016). Se entiende como mosto cervecero el producto obtenido a partir de malta molida o de sus extractos, mediante extracción acuosa al que se agregará lúpulo o sus derivados y que finalmente se somete a un proceso de cocción.

Es importante destacar que a diferencia de otras bebidas alcohólicas, en las que la fermentación se produce espontáneamente por la microbiota natural, en el caso de la cerveza se recurre al uso de un cultivo iniciador o *starter* de levaduras seleccionadas que garantizan la regularidad de las elaboraciones.

El principal papel de las levaduras es consumir los azúcares del mosto originando, además de etanol y anhídrido carbónico (CO₂), numerosos compuestos responsables de olores y sabores, que unidos a las características aportadas por la malta y el lúpulo, dan el perfil sensorial y la sensación en boca característica de cada cerveza. Es por ello, que existen en el mercado amplios catálogos de levaduras cerveceras, principalmente del género *Saccharomyces*, que permiten elegir la cepa en función del tipo de cerveza que se desee elaborar.

En el SERIDA se dispone de una Colección de Cultivos Autóctonos de origen sidrero constituida por cepas de levaduras, bacterias lácticas y bacterias acéticas. En los últimos años, se han realizado trabajos de identificación y caracterización de la Colección con el objetivo de contribuir al conocimiento y preservación de la biodiversidad microbiana, posibilitando con ello su uso en procesos biotecnológicos. En el caso particular de las levaduras, se han seleccionado cepas de diferentes géneros y especies, con excelente aptitud para realizar la fermentación alcohólica, capaces de dar lugar a productos con perfiles aromáticos bien diferenciados.





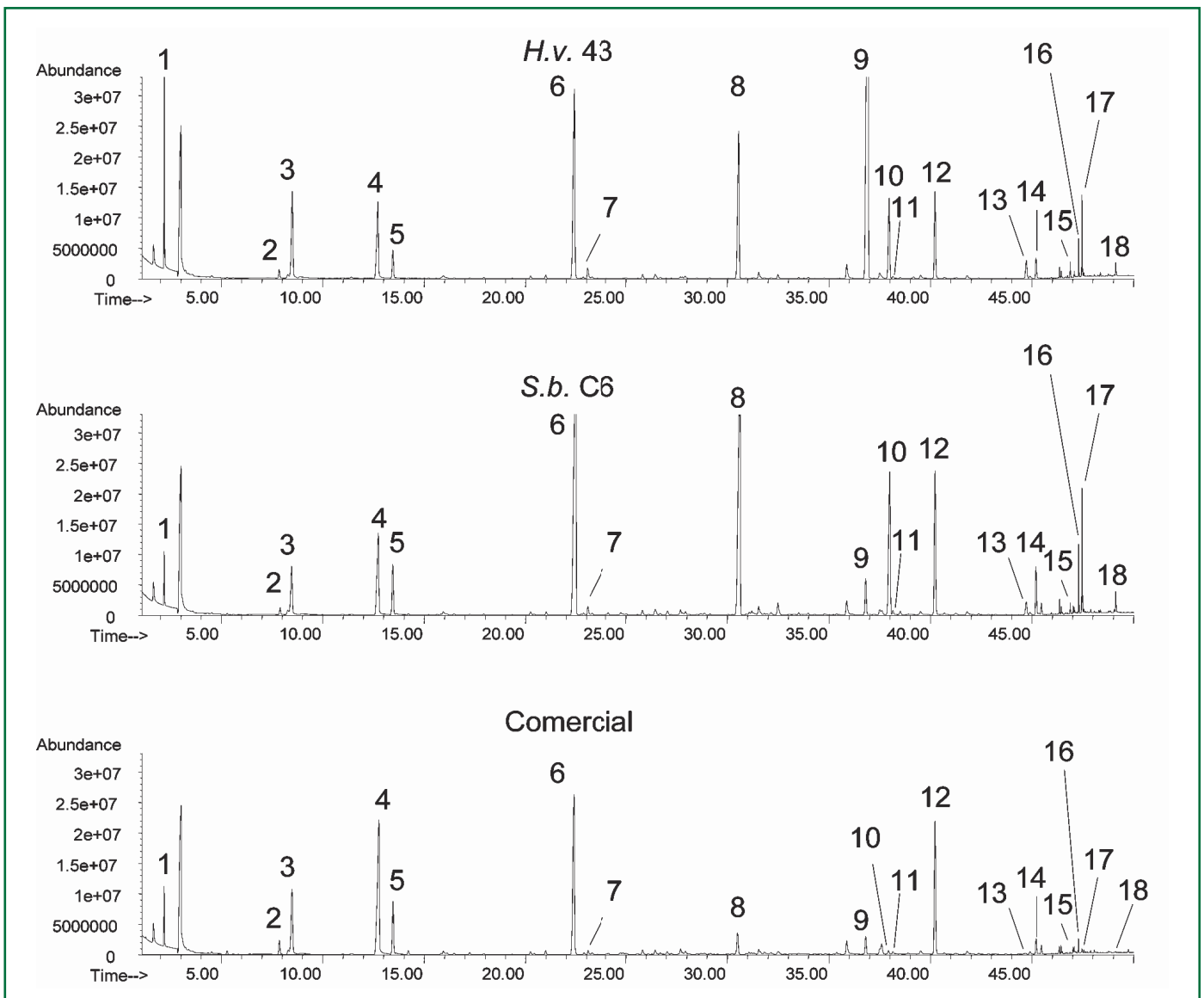
En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en la elaboración de cerveza con cepas sidreras de la Colección de Cultivos pertenecientes a las especies *Saccharomyces bayanus* y *Hanseniaspora valbyensis*.

Mosto cervecero y fermentación

El mosto de preparó a partir de un extracto comercial de malta y lúpulo "Brewmaker Pilsner Lager" (Brewmaker Cedars Malting Stowmarket Suffolk, Reino Unido). Según indica el fabricante se diluyó el extracto (100 g/L) en agua destilada y se suplementó con azúcar (33g/L). A continuación, el mosto se hierve (30 min), se enfría (20 °C) y se trasvasa a matraces de fermentación.

Para la elaboración de las cervezas se eligió una levadura cervecera *Saccharomyces cerevisiae* (Ref: Nottingham-Ale-Yeast, Lallemand) y las cepas sidreras *Saccharomyces bayanus* (Ref: S.b. C6, SERIDA) y *Hanseniaspora valbyensis* (Ref: H.v. 43, SERIDA). Las cepas autóctonas se inocularon a una concentración de 10⁶ ufc/mL, a partir de un cultivo puro con una densidad celular de 2x10⁹ ufc/mL, y la cepa comercial a una concentración de 100 g/hL. Todas las fermentaciones se realizaron por triplicado (20° C). Finalizada la fermentación alcohólica, cada lote de cerveza se decantó y se embotelló añadiendo 5g/L de sacarosa para facilitar la toma de espuma en botella. Las cervezas se mantuvieron a 20° C durante tres meses y al cabo de este tiempo se analizaron y cata-

↓
Figura 2.- Cromatogramas obtenidos por análisis del espacio de cabeza en las cervezas elaboradas.
 1: acetato de etilo; 2: isobutanol; 3: acetato de isoamilo; 4: alcoholes amílicos; 5: hexanoato de etilo; 6: octanoato de etilo; 7: ácido acético; 8: decanoato de etilo; 9: acetato de 2-feniletilo; 10: dodecanoato de etilo; 11: ácido hexanoico; 12: 2-feniletanol; 13: tetradecanoato de etilo; 14: ácido octanoico; 15: 4-vinilguayacol; 16: hexadecanoato de etilo; 17: ácido decanoico; 18: ácido dodecanoico.

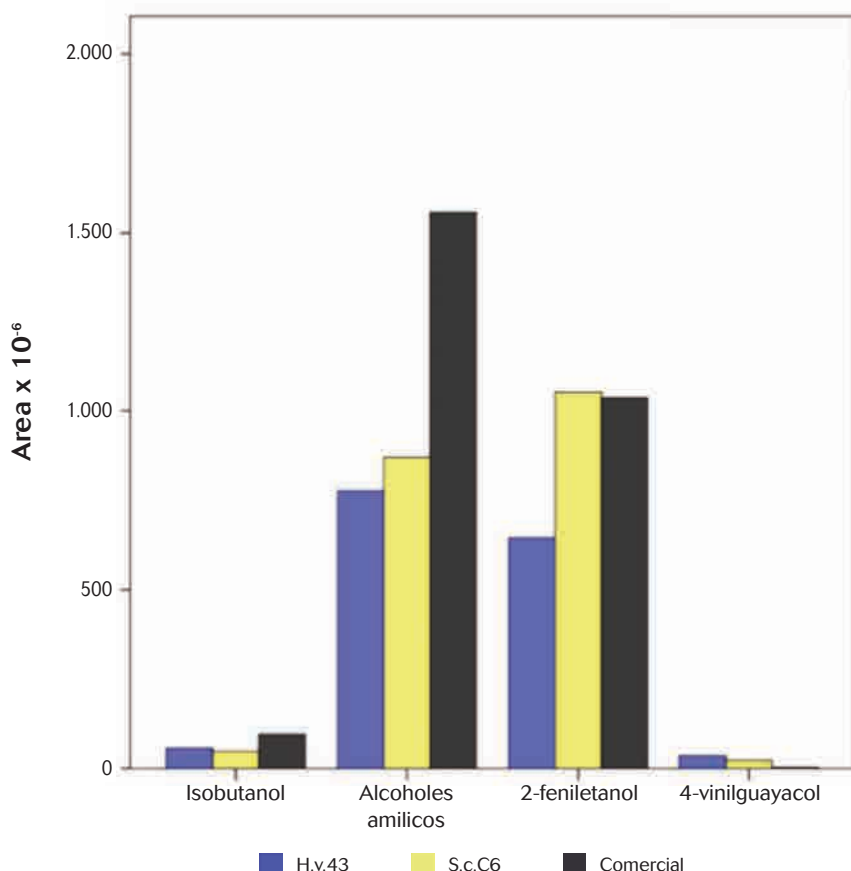


	Densidad (g/mL)	TS	DS	G (g/L)	F	Azúcares*	pH	Color	Amargor (IBU)	Extracto seco (g/100 mL)	% vol	°Plato
Mosto	1,0457	13,9	66,7	6,8	1,0	88,4	5,9	18,1	32,2	123,9	0,0	11,4
H.v. 43	1,0058	10,3	n.d.	n.d.	n.d.	10,3	4,1	16,6	29,7	40,4	5,6	12,4
S.b. C6	1,0072	12,3	n.d.	n.d.	n.d.	12,3	4,1	16,2	27,0	42,9	5,3	12,4
Comercial	1,0027	2,3	n.d.	n.d.	n.d.	2,3	3,8	17,0	28,0	33,4	5,9	12,3

↑
Tabla 1.-Características el mosto y las cervezas elaboradas.

TS: Trisacáridos, expresados como maltotriosa.
DS: Disacáridos, expresados como maltosa.
G: Glucosa. F: Fructosa.
n.d.: No detectado.
*: suma de TS, DS, F y G.

↓
Figura 3.-Niveles de alcoholes en las cervezas.



ron. En la Figura 1 se presenta el diseño experimental.

Análisis físico-químicos y sensoriales

En mosto y cerveza, se determinaron, siguiendo los métodos de la European Brewery Convention (EBC): la densidad (densimetría), el grado alcohólico (destilación y densimetría), el extracto seco primitivo o grado plato (cálculo: fórmula de Balling), el extracto seco total (densimetría), el pH (potenciometría), el amargor (IBU unidades: espectrofotometría a 275 nm) y el color (espectrofotometría a 430 nm). Los azúcares fueron analizados, siguiendo el método validado por nuestro

grupo de trabajo, sobre una columna Sugar-Pak y cromatografía HPLC-IR.

En las cervezas se analizó el perfil aromático mediante microextracción en fase sólida del espacio de cabeza seguido de análisis por cromatografía de gases y espectrometría de masas (SPME-HS-GC-MS). Las condiciones de la extracción fueron las siguientes: Volumen del vial: 20 mL; volumen de muestra: 10 mL; T^a extracción: 50 °C; Tiempo de extracción: 30 min. Fase estacionaria: PDMS/DVB (65 µm). Las condiciones cromatográficas fueron las siguientes: Temperatura del inyector: 280 °C; Tiempo de desorción 15 min; Modo de inyección: Splitless (2 min); Columna: DB-WAX 30 m x 320 µm x 0.5 µm; Flujo: 3 mL/min. Horno: Temperatura inicial: 40 °C (5 min) rampa 3 °C/min hasta 160 °C (0 min) rampa 30 °C/min hasta 225 °C (10 min). Detección: Modo Scan.

Las cervezas fueron evaluadas sensorialmente, en una única sesión, por cataadores habituales del Área de Tecnología de los Alimentos. Se utilizó una ficha cervecera clásica, en la que se valoran la fase visual, olfativa y de boca, además de la complejidad y equilibrio. Los atributos fueron valorados en una escala de intensidad creciente: 1 (Inapreciable), 2 (Suave), 3 (Fuerte), 4 (Intenso) y 5 (Muy intenso).

Resultados

En la Tabla 1, se resumen las características del mosto y las cervezas elaboradas.

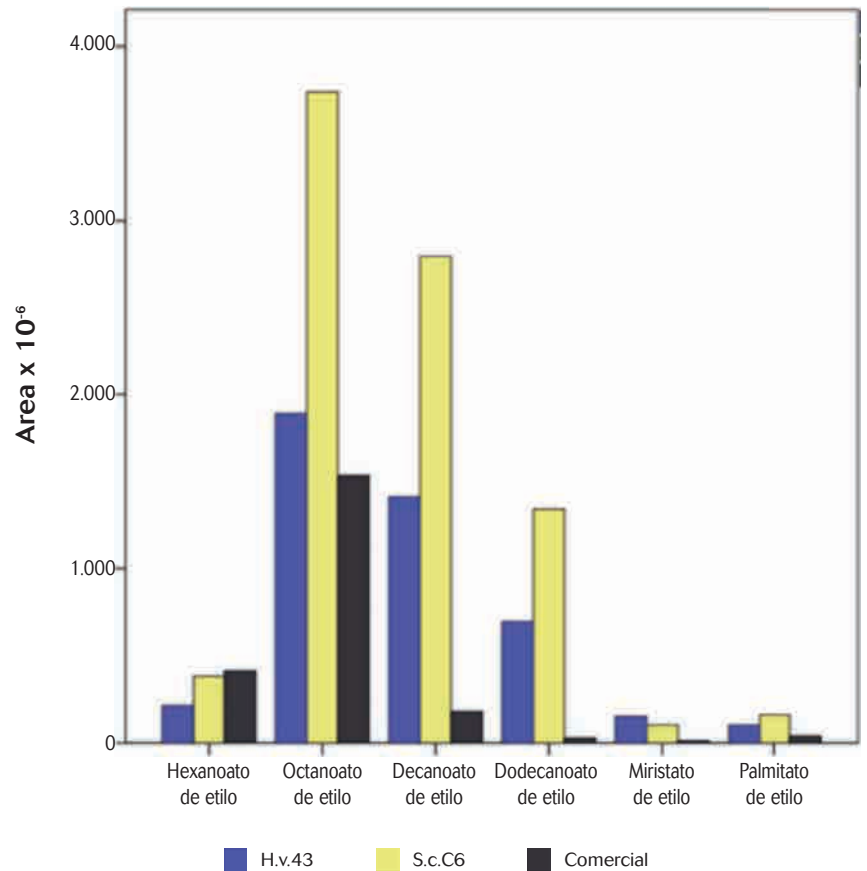
Se apreciaron diferencias importantes en el tiempo de fermentación del mosto en función de la cepa inoculada. La levadura comercial sólo necesitó dos semanas para consumir el 90% de los azúca-

res, mientras que las cepas autóctonas mostraron fermentaciones más lentas, especialmente, los mostos inoculados con la levadura no *Saccharomyces* (*H.v. 43*) cuya velocidad de metabolización de los azúcares resultó cuatro veces menor.

En todos los casos se detectó un descenso del pH durante la fermentación respecto al mosto, debido a la desaminación de los aminoácidos y a la producción de CO_2 , con valores finales ligeramente más elevados en las cervezas elaboradas con las cepas autóctonas. No obstante, todas las cervezas cumplen con el requisito de calidad establecido para este parámetro ($\text{pH} \leq 5,5$). También se detectaron diferencias en el extracto seco, la densidad y la producción de etanol, siendo la cerveza elaborada con la cepa *Saccharomyces* comercial la que mostró mayor grado alcohólico (Tabla 1).

Uno de los parámetros con mayor interés en el perfil sensorial de la cerveza es su amargor (IBU). Este parámetro es una característica deseable en toda cerveza y se contrapone al sabor dulce de la malta. La causa del amargor se deriva de la isomerización y la solubilización de los α -ácidos aportados por los lúpulos durante la cocción del mosto. La intensidad y calidad varían en función del estilo de cerveza. En todas las cervezas analizadas se detectó un ligero descenso del IBU frente al valor inicial del mosto, con variaciones que oscilaron entre el 7,6% (*H.v. 43*) y el 16,0 % (*S.b. C6*).

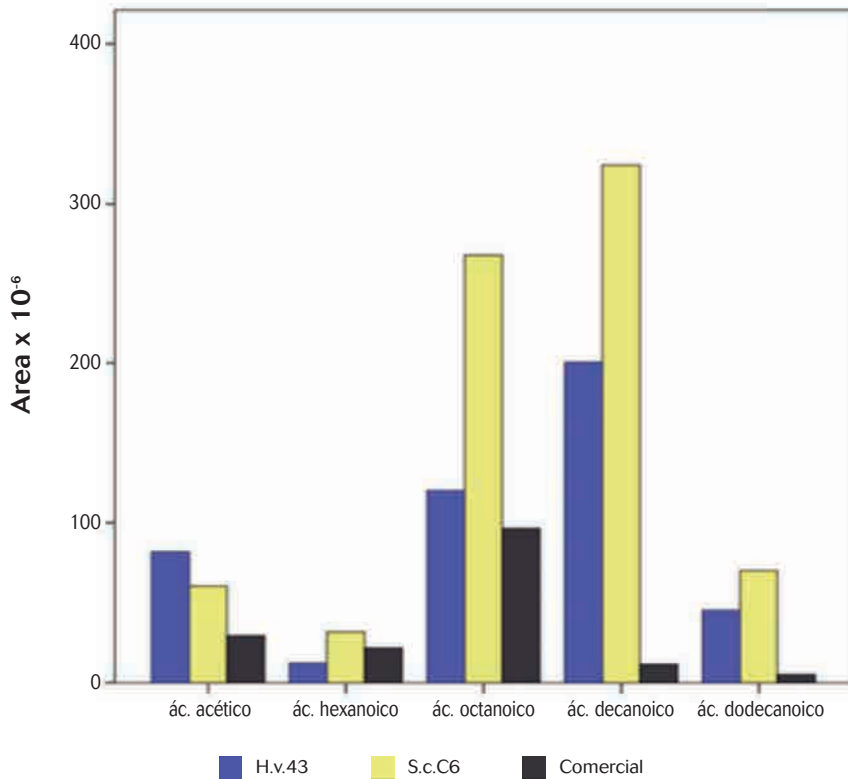
En cervecería, es habitual hablar del nivel de atenuación de la levadura usada, entendiendo como tal la capacidad para convertir los azúcares fermentables en etanol. Una levadura produce una alta atenuación cuando la práctica totalidad de azúcares han desaparecido, dando lugar a una cerveza proporcionalmente más alcohólica, con menos cuerpo y más seca. En este ensayo las cepas de origen sidrero poseen menor capacidad de atenuación, esto es, estas cepas únicamente metabolizaron pequeñas cantidades de maltotriosa. Este trisacárido de glucosa siempre está presente en el mosto cervecero y proviene, al igual que otras dextrinas y azúcares, de la degradación del almidón de los cereales.



Se eligió la técnica de microextracción en fase sólida (SPME) acoplada a cromatografía de gases para el análisis de los volátiles por ser una técnica sencilla, rápida, fácilmente automatizable y que no necesita solventes. Los compuestos fueron extraídos por inmersión de una fibra de polidivinilsiloxano/divinilbenceno en el espacio de cabeza (HS) de la muestra y finalmente liberados en el cromatógrafo de gases por desorción térmica. Se identificaron un total de 18 compuestos pertenecientes a distintas familias aromáticas (Figura 2).

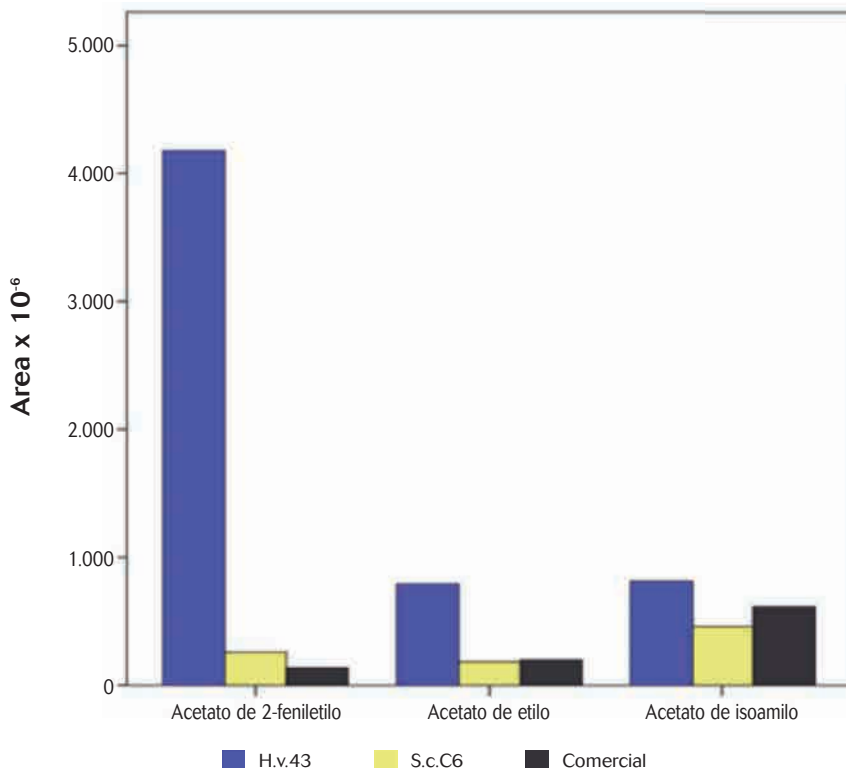
Los alcoholes amílicos (3-metil-1-butanol y 2-metil-1-butanol) son, junto con el etanol, los principales alcoholes de las bebidas fermentadas. El análisis del espacio de cabeza de las cervezas mostró una mayor concentración de estos alcoholes, entre 1,8 y 2,0 veces, en la fermentación con la cepa comercial (Figura 3). Igualmente se detectó un mayor contenido de isobutanol en la cerveza elaborada con la levadura comercial, mientras que la concentración de 2-feniletanol (aroma floral, rosas) fue superior en las cervezas elabo-

↑
Figura 4.-Niveles de ésteres etílicos en las cervezas.



↑
Figura 5.-Niveles de ácidos grasos en las cervezas.

↓
Figura 6.-Niveles de ésteres del ácido acético en las cervezas.



radas con las dos levaduras *Saccharomyces*. Por el contrario, las cepas autóctonas produjeron los mayores niveles de 4-vinilguayacol, responsable de un característico aroma especiado (clavo, curry).

Entre los volátiles minoritarios, se detectaron importantes diferencias en los perfiles de ácidos grasos y sus ésteres etílicos. En este sentido, cabe resaltar el mayor contenido global de ésteres observado en las cervezas elaboradas con las cepas autóctonas *S.b.* C6 y *H.v.* 43, destacando desde el punto de vista cuantitativo los ésteres octanoato, decanoato y dodecanoato de etilo (Figura 4). Esta familia aromática destaca por aportar a las bebidas carácter afrutado.

Al igual que se observó en los ésteres, las cepas autóctonas originaron mayor concentración de ácidos grasos, siendo su contenido mayor en la fermentación con *S.b.* C6, seguido de *H.v.* 43 y por último la cepa comercial (Figura 5).

Como era de esperar, la cepa no *Saccharomyces* (*H.v.* 43) dio lugar a los mayores niveles de ésteres del ácido acético (Figura 6), destacando especialmente la concentración de acetato de 2-feniletilo, responsable de un marcado aroma floral (rosas).

Sensorialmente, el panel de cata valoró como correctas todas las cervezas elaboradas, detectando diferencias en sus perfiles aromáticos como resultado de las cepas utilizadas. Así, en la cerveza fermentada con *H.v.* 43 destacó la presencia de aromas frutales y florales, asociados con ésteres del ácido acético, mientras que en las cervezas elaboradas con las cepas *Saccharomyces* predominó el aroma a lúpulo y malta. Por otro lado, no se detectaron diferencias en la sensación de amargor entre las cervezas, aunque la elaborada con la cepa no *Saccharomyces* resultó mas compleja en boca y con mayor cuerpo.

En resumen, la fermentación de mostos de malta con cepas de levaduras sidreras puede ser interesante en la búsqueda de cervezas más atractivas por sus diferentes cualidades organolépticas frente a las levaduras comerciales. ■

III Festival del Arándano y Frutos Rojos de Asturias

III Jornadas Técnicas Cultivo y Comercialización del Arándano

GUILLERMO GARCÍA GONZÁLEZ DE LENA. Área de Experimentación y Demostración Agroforestal. ggarcia@serida.org

JUAN CARLOS GARCÍA RUBIO. Área de experimentación y Demostración Agroforestal. jcgarcia@serida.org

M^º DEL PILAR ORO GARCÍA. Área de Transferencia y Formación. pilaroro@serida.org



Villaviciosa acogió el III Festival del Arándano y Frutos Rojos de Asturias celebrado del 27 al 29 de julio, que comenzó con las III Jornadas Técnicas del Cultivo y Comercialización del Arándano. El certamen, organizado por el Ayuntamiento de Villaviciosa, contó con la colaboración especial del SERIDA, así como de otras entidades, empresas y asociaciones.

III Jornadas Técnicas del Cultivo y Comercialización del Arándano

Las Jornadas tienen como finalidad la promoción y divulgación de los avances productivos y de comercialización de los frutos rojos reuniendo a expertos de diferentes ámbitos procedentes de Chile y España.

↑
Acto de inauguración, de izquierda a derecha Ramón A. Juste, director gerente del SERIDA y Alejandro Vega, alcalde del Ayuntamiento de Villaviciosa.

→
El Dr. Jorge Retamales
durante su intervención.



La cita tuvo lugar el día 27 de julio en el teatro Riera, y fue inaugurada por Alejandro Vega, alcalde de Villaviciosa, acompañado de Ramón Juste, director gerente del SERIDA.

Tras la inauguración, se presentó el libro "El cultivo del arándano en el norte de España" de los autores Juan Carlos

García Rubio, Guillermo García González de Lena y Marta Ciordia Ara, editado por el Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). El libro recoge un amplio trabajo llevado a cabo por investigadores de la entidad, y supone a su vez una actualización importante de otro estudio anterior de los mismos autores.

→
Presentación del libro
"El cultivo del arándano
en el norte de España".
De izquierda a derecha
Ramón A. Juste, director
gerente del SERIDA,
Marta Ciordia, Guillermo
García y Juan Carlos
García (autores).



Durante el transcurso de las Jornadas se desarrollaron varias ponencias de distintas empresas vinculadas al sector agrario y a la producción de frutos rojos. La primera charla versó sobre *El seguro agrario combinado. Seguro de explotación de fresón y otros frutos rojos*, a cargo de Ramón Martín Blanco, director territorial Noroeste de Agroseguro. A continuación Chema Les, director del Departamento Técnico de Cropclean Residuo Cero, presentó la charla *Patologías y control del arándano en ecológico*. Seguidamente intervino Adrián Guil, técnico asesor en berries, de la empresa Stoller Europe, con la conferencia *Nuevos productos nutricionales basados en la fisiología de los berries*. La última intervención correspondió al Dr. Jorge Retamales, ingeniero agrónomo de la Universidad de Chile con la ponencia *Efecto de las mallas de sombra en la producción y la fisiología del arándano*, patrocinada por el proyecto Frontur de la Diputación de Zamora. El evento finalizó con un coloquio, moderado por Moisés Fernandes (SERIDA).

III Festival del Arándano y Frutos Rojos de Asturias

El Festival se celebró durante los días 28 y 29 de julio en el Parque Ballina y fue inaugurado por María Jesús Álvarez, consejera de Desarrollo Rural y Recursos y Naturales, acompañada de Alejandro Vega, alcalde de Villaviciosa, así como de otros representantes de la corporación municipal y entidades colaboradoras.

Los frutos rojos centraron todas las actividades programadas durante el Festival, concursos, exposiciones, talleres, visitas a explotaciones, y el Mercado del Arándano y Frutos Rojos.

El Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario acudió a esta edición con una muestra de cultivos de frutos rojos (arándano, frambuesa, grosella y mora) y un stand donde se ofreció información y material divulgativo acerca de los trabajos de investigación desarrollados por la entidad, y en particular sobre los berries. ■

↓
Recorrido institucional por el Mercado del Arándano y los Frutos Rojos, en la foto M^a Jesús Álvarez, consejera de Medio Rural y Recursos Naturales y Alejandro Vega, alcalde del Ayuntamiento de Villaviciosa.





Nuevos proyectos de I+D+i

Área de Sistemas de Producción Animal

Desarrollo de nuevas herramientas diagnósticas y de control de la tricomonosis y campilobacteriosis genital bovina

Entidad financiadora: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), Ministerio de Economía y Competitividad, cofinanciado con Fondos FEDER.

Referencia: RTA2017-00076-00-00

Investigador Principal: Dr. Koldo Osoro Otaduy

Cantidad concedida: 96.174,00 €

Duración: 2018-2020

Descripción: La tricomonosis y campilobacteriosis bovina son dos enfermedades de transmisión sexual que producen fallo reproductivo temprano en el ganado bovino y son frecuentes en los sistemas de explotación extensivos donde se utiliza la monta natural. En España, los estudios más recientes, muestran una prevalencia en sementales del 15% y 9,5% para la tricomonosis y campilobacteriosis genital, respectivamente, llegando a suponer un descenso del 17% en el número de terneros nacidos por año en las granjas infectadas. La elevada prevalencia junto con el hecho de que el diagnóstico y control de estas enfermedades presentan limitaciones, no es obligatorio, y que en muchas ganaderías están presentes diversos factores de riesgo, como el uso de pastos comunales, toros compartidos o el comercio de animales de estado sanitario desconocido, ponen de manifiesto la necesidad de investigar nuevas herramientas que permitan la implantación de un diagnóstico rutinario y de medidas de control eficaces de la enfermedad, como la vacunación, en explotaciones con monta natural. Este proyecto podrá contribuir de manera indiscutible al desarrollo de sistemas sostenibles de producción ganadera ya que supondrá una mejora de los parámetros reproductivos de muchas ganaderías de vaca nodriza de nuestro país.

El objetivo general del proyecto es el desarrollo de nuevas herramientas que mejoren el diagnóstico y el control de la tricomonosis y campilobacteriosis genital bovina. Para su consecución, se desarrollarán los siguientes objetivos específicos:

- Mejora de los métodos actuales para el diagnóstico de la tricomonosis y campilobacteriosis bovina.
 - Desarrollo de una PCR en tiempo real multiplex en un solo tubo para el diagnóstico conjunto de la tricomonosis y campilobacteriosis genital bovina.
 - Desarrollo de un método rápido en campo basado en un sistema de LAMP.
 - Validación de los sistemas de diagnóstico desarrollados en muestras biológicas.
- Desarrollo una vacuna inactivada frente a la tricomonosis bovina. Se estudiará la seguridad y eficacia de una formulación basada en trofozoitos muertos con el adyuvante Quil-A en un modelo bovino. En estudios iniciales, con dicha formulación, todos los animales vacunados eliminaron la infección antes de día 42, y por tanto antes de que ésta pueda ser un riesgo para el embrión/feto.

- Caracterización molecular de aislados de *T. foetus* y especies de *Campylobacter* en muestras de prepucio de toro.
 - Desarrollo de marcadores moleculares para el estudio de la variabilidad genética de aislados de *T. foetus* y estudios de epidemiología molecular.
 - Caracterización de bacterias microaerofilas con morfología y motilidad similar a especies de *Campylobacter* en muestras de prepucio de toro.

Estrategias para frenar la matorralización y fomentar la producción animal en pastoreo en la montaña cantábrica y gallega

Entidad financiadora: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), Ministerio de Economía y Competitividad, cofinanciado con Fondos FEDER.

Referencia: RTA2017-00081-C04-03

Investigador Principal: Dr. Rafael Celaya Aguirre (subproyecto 3)

Cantidad concedida: 91.363,00 €

Duración: 2018-2020

Descripción: Los sistemas pastorales basados en una ganadería diversa, con razas autóctonas y una cultura rural muy arraigada, han sido tradicionalmente la principal forma de aprovechar un recurso abundante, pero disperso y difícil, como es la media montaña cantábrica y gallega. Esos sistemas tradicionales están hoy prácticamente desaparecidos, habiendo sido sustituidos por otros menos complejos (principalmente vacas nodrizas), poco exigentes en mano de obra, poco productivos, fuertemente subvencionados y muy dependientes de la demanda de un fuerte sector de cebo intensivo. Esta simplificación ha conducido a un aprovechamiento muy ineficiente de los pastos permanentes, resultando en una creciente matorralización por plantas como los tojos (*Ulex* spp.) o el helecho (*Pteridium aquilinum*). A su vez, esto se traduce en incendios más extensos e intensos, y pérdida en la provisión de otros importantes servicios ecosistémicos (SE) como biodiversidad, fertilidad del suelo, secuestro de carbono, producción de alimentos de calidad o cultura.

Este proyecto tiene el claro objetivo de aportar, tanto desde el punto de vista experimental como de la modelización dinámica, soluciones científicas a muchas de las incertidumbres existentes, y ponerlas a disposición de los agentes implicados como herramientas de apoyo a la toma de decisiones para la gestión pastoral de estos espacios. El proyecto coordinado integra todos los equipos de investigación que trabajan con ganado en pastoreo controlado en la montaña cantábrica-gallega. Estos equipos (CIFA, CIAM y SERIDA), así como el CTC especialista en calidad de carne, ensayarán, con una metodología común de cuantificación de varios SE, sistemas de producción animal y de mejora de pastos de interés en sus regiones, apoyándose en razas autóctonas de las cuatro especies de ganado tradicionales (vacuno, ovino, caprino y equino). Los resultados obtenidos, y otros previos, se integrarán en un modelo de simulación ya existente para evaluar el interés de múltiples escenarios pastorales aplicables a proyectos de gestión de montes representativos.



Área de Sanidad Animal

Investigación de la fiebre Q en Asturias. Estudio del ciclo doméstico y silvestre de la infección por *Coxiella burnetii* y su relación con los casos humanos

Entidad financiadora: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), Ministerio de Economía y Competitividad, cofinanciado con Fondos FEDER.

Referencia: RTA2017-00055-C02-02

Investigador Principal: Dr. Alberto Espí Felgueroso (subproyecto 2)

Cantidad concedida: 67.320,00 €

Duración: 2018-2020

Descripción: La fiebre Q es una zoonosis de distribución mundial causada por la bacteria *Coxiella burnetii*. La bacteria muestra un ciclo complejo en la naturaleza que incluye un amplio número de reservorios, siendo el ganado doméstico el principal origen de infección para las personas. Si bien la fauna silvestre y las garrapatas no parecen tener gran relevancia en la transmisión de la enfermedad en humanos, juegan un papel muy importante en el mantenimiento de la infección en el medio natural. El indudable interés por hacer que la actividad ganadera sea sostenible, pasa forzosamente por minimizar los efectos negativos derivados del mantenimiento o la transmisión de patógenos a la población humana. Por todo ello la colaboración entre la Sanidad Animal y el ámbito de la Salud Pública es imprescindible para llevar a cabo la elaboración de protocolos de actuación conjunta en la investigación de brotes humanos de fiebre Q. Por otra parte, todavía se dispone de pocos estudios sobre las variantes de *C. burnetii* que circulan en nuestro país, especialmente en la zona norte, donde parece que las formas neumónicas de la enfermedad son más frecuentes. Tampoco se conoce si todos los genotipos presentes en ganado son capaces de producir enfermedad en la población humana. Existe un conocimiento limitado sobre la evolución de la infección en las explotaciones ganaderas infectadas, es decir, sobre la duración del riesgo de exposición a *C. burnetii* tras la finalización del periodo de paridera, y también se desconoce el tiempo (años) que dura la infección activa en una explotación afectada una vez que se toman medidas de control. Por ello, en este nuevo proyecto coordinado en el que participan grupos de investigación en Sanidad Animal (NEIKER y SERIDA) y Salud Pública (Servicio de Epidemiología de Salud Pública de Bizkaia, Hospital Universitario Central de Asturias), con el apoyo del Instituto de Salud Carlos III (Centro Nacional de Microbiología), se pretende abordar mediante la estrategia "Una Salud" la infección por *C. burnetii* en animales domésticos, humanos y medio ambiente de una forma integrada.

Principales objetivos del proyecto:

1. Determinar las especies de rumiantes domésticos, animales silvestres e ixódidos que intervienen en los ciclos doméstico y silvestre de la fiebre Q en el norte de España.
2. Obtención de aislados de *C. burnetii* de diferentes especies animales, garrapatas, y de muestras de procedencia humana, para disponer de una colección de cepas para futuros estudios de metagenómica, proteómica y de virulencia en modelos animales.
3. Definir los genotipos presentes en la población animal y en el medioambiente que causan abortos en rumiantes y compararlos con los que producen enfermedad en la población humana. Toda esta información será de gran utilidad para la investigación de brotes.
4. Estudiar la viabilidad de *C. burnetii* en diferentes tipos de muestras de origen animal y medioambiental en el entorno de la explotación tras sucesivas parideras, después de aplicar diferentes métodos de control.

Área de Cultivos Hortofrutícolas y Forestales

Programa de Fruticultura

Mejora del servicio ecosistémico de polinización por insectos en manzano y arándano

Entidad financiadora: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), Ministerio de Economía y Competitividad, cofinanciado con Fondos FEDER.

Referencia: RTA2017-00051-C02-01

Investigador Principal: Dr. Marcos Miñarro Prado

Cantidad concedida: 67.321,00 €

Duración: 2018-2020

Descripción: La polinización entomófila se considera un servicio ecosistémico clave por ser indispensable para la producción global de alimentos. Sin embargo, la mayoría de los cultivos entomófilos sufren limitaciones de producción derivadas de la polinización porque no reciben los aportes máximos posibles de polen por parte de los insectos. Además, numerosas evidencias indican que las poblaciones de polinizadores están en declive. El servicio de polinización depende de la biodiversidad de estos polinizadores, que depende a su vez de la complejidad ambiental a escala de paisaje y de parcela. Hay, por tanto, poderosas razones ambientales, económicas y de seguridad alimentaria para impulsar y sostener el servicio de polinización entomófila en la agricultura. Manzano de sidra y arándano en Asturias y peral y limonero en Murcia son cultivos con notable importancia económica, social y cultural en dichas regiones. Todos ellos dependen de la polinización entomófila. Sin embargo, los estudios al respecto son muy limitados, lo que justifica la necesidad de mejorar el conocimiento sobre su polinización por insectos para desarrollar y proponer estrategias de manejo de polinizadores que sirvan para aumentar el rendimiento de estos cultivos y así las rentas de los agricultores. El proyecto persigue mejorar el servicio ecosistémico de polinización por insectos en estos cultivos frutales. Los objetivos del proyecto son:

1. Identificar la comunidad de insectos polinizadores en cultivos frutales y los factores que afectan a su biodiversidad.
2. Definir la dependencia del servicio de polinización agrícola respecto a la biodiversidad de insectos: contribución de los insectos y limitaciones de polinización.
3. Valorar medidas de intensificación ecológica sobre la biodiversidad de polinizadores y el servicio de polinización.
4. Valorar la percepción y el conocimiento de los fruticultores y la sociedad sobre la polinización entomófila en la agricultura.
5. Elaborar protocolos de polinización para los cultivos de estudio.

El desarrollo del Proyecto permitirá obtener información acerca de los factores que afectan a la comunidad de polinizadores y a su servicio en estos frutales, así como proponer estrategias de intensificación ecológica para compatibilizar la producción y la seguridad agroalimentaria con la conservación de la biodiversidad en estos agroecosistemas.



Programa de Genética Vegetal

Análisis genéticos para la actualización de conocimientos y desarrollo de herramientas útiles en la mejora genética de judía grano y verde (*Phaseolus vulgaris* L.)

Entidad financiadora: Agencia Estatal de Investigación (AEI), Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).

Referencia: AGL2017-87050-R

Investigador Principal: Dr. Juan José Ferreira, Dra. Ana Campa

Cantidad concedida: 84.700,00 €

Duración: 2018 - 2021

Descripción: La judía común (*Phaseolus vulgaris* L.) es un importante cultivo en todo el mundo. Dependiendo de los genotipos, esta leguminosa puede ser cosechada fresca como judía verde (snap bean) en la que las vainas son recolectadas antes del desarrollo de la semilla, o seca en el que las semillas son cosechadas cuando están secas (dry bean). Ambos grupos difieren en caracteres de vaina como dimensiones, dureza y composición en fibra. En España ha sido recolectada una amplia diversidad genética que está siendo mantenida en colecciones de germoplasma. El genoma de judía ha sido recientemente secuenciado y anotado y es necesario conectar los datos genéticos y genómicos. El análisis genético hacia delante (fenotipo>genotipo>genoma) es una estrategia útil para conocer los loci implicados en el control genético de caracteres relevante en mejora. En esta propuesta, se plantea estudiar:

1. La estructura y diversidad reunidas en un panel de 300 líneas que incluye la colección nuclear española de judías.
2. El control genético de caracteres morfológicos de semilla y vaina con particular énfasis en aspectos que diferencia la judía verde de la seca.
3. El control genético de la rotura de la semilla y el efecto de la fecha de siembra sobre dos líneas isogénicas de faba en la expresión de este carácter.
4. La variación y el control genético del contenido en fenoles de la semilla así como los parámetros nutricionales y funcionales de la vaina.
5. La resistencia a antracnosis, particularmente enfocada sobre loci localizados en los clusters Co-2, Co-3 y Co-5.
6. La organización de la resistencia a moho blanco.
7. La resistencia a mancha angular incluyendo la exploración de la variación patogénica en el cultivo local, la respuesta de un juego de líneas isogénicas de faba y el panel de diversidad.

Para desarrollar estos objetivos, se usará análisis genético de ligamiento, mapeo de QTL y mapeo por asociación (GWAS). El análisis de ligamiento y de QTL se utilizará para delimitar las regiones genómicas con locus o loci implicados en el control genético de los caracteres. El análisis del transcriptoma (RNA-seq o RT-qPCR) se usará para conocer los genes implicados en la reacción de resistencia a antracnosis incluyendo los genes localizados en las regiones delimitadas por ligamiento. GWAS se usará para revelar la arquitectura de los caracteres investigados. Se utilizará genotipado por secuenciación (GBS) en el genotipado masivo de la población de mapeo y el panel. Se espera que todos los hallazgos puedan ser trasladados al mejoramiento de la especie.

Área de Selección y Reproducción Animal

Acciones para la Conservación y Caracterización del Banco de Recursos Zoogenéticos de Razas Domésticas Autóctonas en Peligro de Desaparición del Principado de Asturias

Entidad financiadora: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), Ministerio de Economía y Competitividad, cofinanciado con Fondos FEDER.

Referencia: RTA2017-00008-00-00

Investigador Principal: Dr. Carlos Olegario Hidalgo Ordóñez

Cantidad concedida: 43.000,00 €

Duración: 2018

Descripción: El presente proyecto propone el mantenimiento de la colección de dosis seminales y embriones obtenida y mantenida en proyectos financiados anteriormente, y que componen en la actualidad el Banco de Conservación de Especies Domésticas en Peligro del Principado de Asturias: en concreto de las razas bovina Asturiana de la Montaña, la oveja Xalda, la cabra Bermeya, el caballo Asturcón y el Gochu Astur-Celta. La necesidad de producir alimentos con el mínimo coste ha incrementado el censo de razas domésticas foráneas muy productivas, a costa de desplazar a las razas nativas, menos productivas pero bien adaptadas al medio, hasta hacerlas casi desaparecer.

Son muchos los argumentos que justifican los esfuerzos para conservar los recursos genéticos de estos animales. Los bancos de germoplasma tienen un papel fundamental. Los objetivos a cumplir son el continuar con los trabajos iniciados con el establecimiento de las líneas directrices de creación del Banco de Recursos Zoogenéticos (BRZ) en el proyecto RZ 2004-00031, continuados en los RZP2009-00002-C02-01, RZ2010-00010 y RZP2013-006-00-00. Se trata de mantener las dosis seminales y los embriones, conservados hasta ahora, de las razas expuestas, realizando determinaciones de su viabilidad a lo largo del tiempo de almacenamiento, para garantizar su calidad, en caso de un eventual uso.

Esta estrategia permitirá conseguir la uniformidad de criterios y metodologías requeridas para la conservación *ex situ* de recursos animales en peligro de extinción, tal y como se expresa textualmente en el Documento de Líneas Directrices para la elaboración de planes de gestión de recursos genéticos de animales de granja de la FAO (1998) y en el ERFP (2003), también bajo los auspicios de la FAO. Se pretende contribuir a la difusión de la información sobre la preservación de germoplasma de las razas entre las distintas Asociaciones y entidades interesadas y contribuir a transferir al sector una metodología más sencilla y eficaz que la habitual, por medio de charlas y cursos de formación específicos desarrollados en colaboración con la Consejería de Desarrollo Rural y Recursos Naturales del Principado de Asturias y las diversas Asociaciones de criadores de las razas implicadas (ASEAMO, de la Asturiana de la Montaña; ACOXA, de la Oveja Xalda; ACRIBER de la cabra Bermeya; ACPRA del Poni Asturcón y ACGA, del Gochu Astur-Celta).

La importancia económica y social del proyecto proviene de la capacidad de asentamiento y fijación de la población que los animales autóctonos ejercen en el medio rural, ya que las razas autóctonas están siendo en gran medida desaprovechadas, siendo básico para el mantenimiento de las oportunidades que ofrece la diversidad genética para las explotaciones agrarias actuales y las futuras generaciones.

Se presentarán comunicaciones y pósters en diferentes reuniones nacionales e internacionales y publicaciones divulgativas sobre los Recursos Zoogenéticos específicos conservados, así como de los protocolos utilizados. ■





Nuevos convenios, contratos y acuerdos

Convenios

Convenio Marco de Cooperación Educativa entre la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) y el SERIDA para el desarrollo de prácticas académicas externas

Objeto: regular la colaboración entre las partes para el desarrollo de prácticas académicas externas (curriculares o extracurriculares) y de TFG, TFM, PFC y TD, según se establezca en los proyectos formativos individuales.

Duración: desde el 10 de mayo de 2018 hasta el 9 de mayo de 2022

Acuerdos

Acuerdo de Colaboración entre la Universidad de Oviedo y el SERIDA

Objeto: regular la colaboración para llevar a cabo el proyecto de investigación "Evaluación de caracteres relevantes para la gestión sostenible de *P. pinaster Ait.* y su interacción con nuevos escenarios climáticos", RTA2017-00063-C04-04.

Duración: desde el 24 de julio de 2018 hasta el 31 de diciembre de 2020



Protocolos

Protocolo de Investigación entre el SERIDA y Nuevas Tecnologías de Gestión Alimentaria, S.L.

Objeto: la implantación de la acreditación de la tecnología NIRS como herramienta para el control de calidad en agroalimentaciones en el marco de la norma UNE-EN ISO/IEC 17025.

Duración: desde el 24 de mayo de 2018 hasta el 23 de mayo de 2019

Protocolo de trabajo de investigación entre Kemin Industries

Objeto: realizar un "Ensayo *in vivo* para determinar la biodisponibilidad de una lisina bypass en vacas lecheras, mediante la técnica de dosis-respuesta".

Duración: desde el 12 de junio de 2018 hasta el 11 de octubre de 2018

Protocolo de Investigación entre el SERIDA y Consejo Regulador I.G.P. Ternera Asturiana

Objeto: realizar una investigación sobre "Análisis genéticos individuales para control de filiaciones, trazabilidad y selección en los individuos sometidos a la IGP Ternera Asturiana".

Duración: desde el 31 de mayo de 2018 hasta el 30 de mayo de 2019

Protocolo de investigación entre Asociación de Criadores de Oveja Xalda d'Asturies (ACOX)

Objeto: realización de una investigación sobre "Análisis genéticos individuales para control de filiaciones, control de consanguinidad y selección en la raza ovina Xalda".

Duración: desde el 15 de octubre de 2018 hasta el 14 de octubre de 2019 ■



Tesis y Seminarios

Tesis doctorales



Fenoles en *Castanea sativa* Mill.: desde el monte a la industria

Autor: Francisco Fuente Maqueda

Año: julio 2018

Directores: Dras. Isabel Feito (SERIDA) y Ana M^a Rodríguez (Universidad de Oviedo)

Lugar de presentación: Facultad de Biología. Universidad de Oviedo

Los fenoles constituyen una parte importante del llamado metabolismo secundario de las plantas. Sus funciones son muy variadas, formando parte de compuestos estructurales como la lignina, hormonales como el ácido salicílico y, sobre todo, en la interacción vegetal con su entorno, actuando como fitoalexinas, sustancias alelopáticas o disuasorios nutritivos. Sin embargo, el interés analítico en estas especies químicas se promovió por el papel que desempeñan en alimentación, farmacología y en numerosos procesos industriales como el curtido del cuero, el envejecimiento del vino y otras bebidas o en la durabilidad de la madera.

A pesar del gran interés potencial del castaño y de los fenoles, se dispone de poca información en ambos campos y menos aun considerándolos conjuntamente. Por esto con ánimo de fomentar la especie y los productos derivados de ella, los objetivos planteados en esta tesis son: optimizar la metodología del análisis fenólico para distintos

tejidos y órganos del castaño, valorar la importancia del perfil fenólico en la interacción ecosistema x árbol y determinar la influencia de la gestión forestal en el contenido fenólico como acción preventiva en las defensas de *C. sativa*.

El procedimiento analítico optimizado permitió obtener el perfil fenólico de todos los tejidos y órganos de interés de la especie.

Para la determinación de las interacciones entorno/planta se valoraron dos zonas contrastantes desde el punto de vista productivo, distinta Calidad de Estación (CE), dentro de la Comunidad Autónoma, que se comprobó modifican el perfil fenólico de los órganos y tejidos de esta especie de forma diferencial. Los órganos con mayor interacción con el entorno, como pueden ser las hojas o las cortezas, muestran un incremento general de estos metabolitos en la zona más desfavorable para la especie, concejo de Caso, y por el contrario los órganos menos expuestos, como puede ser la madera, muestran mayor acúmulo en la zona más favorable, concejo de Allande. En base a estos resultados se constata que el principal producto derivado de esta especie, la madera, se verá favorecida por una buena CE, no sólo en la cantidad producida sino también en la calidad, al aportarle estos compuestos una mayor durabilidad en su uso en construcción y un mayor potencial para tonelería. Por el contrario, la mayor concentración de metabolitos secundarios en los órganos externos de los árboles de Caso, que coinciden con los caducos o con los que se desprenden del árbol por diferentes causas, modificaran el entorno potenciando aspectos desfavorables como la menor disponibilidad de nutrientes, al actuar negativamente sobre la microbiota

Las actuaciones que se realizan en el monte, como podas y claras, tienen un efecto beneficioso sobre la incidencia de la principal enfermedad del castaño en Asturias, el chancho producido por *Cryphonectria parasitica*. Sin embargo, este efecto parece deberse a una menor presencia del hongo debido a la mejora de las condiciones ambientales, como mayor insolación y aireación, ya que no parece existir relación directa con la modificación observada en el perfil fenólico. Si bien, el papel de los fenoles en las defensas del árbol se puede presumir a partir de la mayor concentración detectada en el mes de julio, periodo en el que, según la bibliografía, la reacción frente a la enfermedad es mayor, y de su efecto inhibitor en el crecimiento *in vitro* de *C. parasitica* y hongos de pudrición de la madera.



Sistema de cultivo para mejorar la viabilidad de embriones bovinos producidos *in vitro*

Autor: Antonio Vinicio Murillo Ríos

Año: septiembre 2018

Directores: Dres. Enrique Gómez Piñeiro, Marta Muñoz Llamosas (SERIDA)

Lugar de presentación: Universidad Politécnica de Valencia

En la última década, la producción de embriones bovinos *in vitro* se ha incrementado notablemente, convirtiéndose en la principal tecnología de embriones a escala mundial. En bovino, la producción de embriones *in vitro* incluye el diseño y preparación de medios de cultivo, los cuales son esenciales para dar soporte al desarrollo de ovocitos y embriones. Sin embargo, la producción de embriones *in vitro* aún continúa limitada por varios factores. El cultivo *in vitro* después de la fecundación es un período crítico para producir embriones de buena calidad y viabilidad. Además, el correcto desarrollo y mantenimiento de la gestación hasta el parto y la adecuada salud perinatal de los terneros están altamente correlacionados con los medios y sistemas de cultivo *in vitro*. En bovinos, el cultivo individual *in vitro* en condiciones definidas después de día-6 favorece el desarrollo embrionario y permite realizar diferentes análisis no invasivos del medio de cultivo. Por el contrario, los suplementos no definidos presentes en los medios de cultivo convencionales pueden reducir la repetibilidad de los análisis. Por lo tanto, el objetivo

general de este trabajo de tesis doctoral fue optimizar un sistema de cultivo para mejorar la calidad y la viabilidad de embriones bovinos *in vitro*. Con este propósito se desarrollaron cuatro grupos de experimentos.

En primer lugar, evaluamos los efectos de la eliminación de proteína sobre el desarrollo de blastocitos durante un período corto de cultivo individual. La viabilidad del embrión a diferentes plazos fue analizada mediante supervivencia a la criopreservación y recuento diferencial de células embrionarias; porcentajes de gestación; y duración de la gestación, peso y morfometría de los terneros nacidos. Además, se realizó un análisis de expresión génica en blastocistos expandidos de Día-7 tanto antes como después de la criopreservación. De este capítulo se puede concluir que el cultivo de embriones individuales durante 24 h en un medio libre de proteína produce menos blastocistos pero aumenta los porcentajes de nacimiento después de la vitrificación y la transferencia a receptoras.

A continuación se abordó la evaluación de la viabilidad de los blastocistos expandidos producidos en función de la cinética del embrión y la restricción de proteína durante un periodo corto en cultivo individual. Así, las mórulas y los blastocistos tempranos de día 6 se cultivaron individualmente con y sin proteína durante 24 h. El desarrollo y el contenido de lípidos se analizaron en blastocistos expandidos derivados de mórulas (M-XB) y de blastocistos tempranos (EB-XB). La expresión de genes implicados en el metabolismo lipídico, las respuestas al estrés y la apoptosis se analizaron en M-XB frescos y vitrificados, producidos con y sin proteína. Los índices de gestación, los porcentajes de nacimientos y el peso al nacimiento se registraron después de la transferencia de embriones. Los resultados indican que la cinética embrionaria y la vitrificación impactan en los fenotipos al nacimiento, al menos en el subconjunto de las terneras. Las alteraciones pueden involucrar la proteína exógena y la movilización de las reservas de lípidos.

Posteriormente, se investigó si una concentración muy baja de FCS (0.1%) en cultivo desde el día 1 hasta el día 6 podría mejorar los porcentajes de blastocisto temprano (EB) y, a continuación, aumentar los porcentajes de blastocisto expandido (XB) en día 7 después de un cultivo individual sin proteína. La calidad de los embriones producidos se evaluó en términos de supervivencia a la criopreservación, porcentaje de apoptosis, acumulación de lípidos y transferencia a receptoras. Se concluye en este capítulo que la concentración mínima de FCS mejora los porcentajes de EB en el Día 6, permitiendo obtener más XB después de 24h de cultivo individual sin proteína. La calidad de los XB producidos con FCS es similar a los XB producidos con BSA en términos de apoptosis, acumulación de lípidos e índice de gestación.

Finalmente, el objetivo en el cuarto capítulo fue cuantificar la proteína total HDGF en el fluido uterino mediante multiple reaction monitoring (MRM), técnica que permite reconocer la proteína total. Además, analizamos los efectos de rHDGF en etapas embrionarias específicas con embriones bovinos de Día-6 cultivados *in vitro* con y sin proteína (BSA); y sobre la viabilidad de la preñez y los fenotipos de los terneros después de la transferencia de embriones a receptoras. Además, se cuantificó el ARNm de HDGF en células endometriales cocultivadas con un embrión macho o un embrión hembra. De este capítulo se puede concluir que el HDGF total cuantificado por MRM tendió a aumentar en el UF sin embriones, mientras que el sexo del embrión podría regular la expresión endometrial de HDGF. Sin embargo, se debe ser cauteloso con el uso de suplementos macromoleculares específicos en cultivo, ya que pueden contener el GF en estudio, como ocurre con la presencia de HDGF en la BSA comercial, lo que puede alterar los resultados de los experimentos. En última instancia, el uso de rHDGF es compatible con la gestación y el nacimiento de terneros normales.



Sistemas alternativos de producción de carne de vacuno en extensivo con razas autóctonas asturianas

Autora: Alicia Román Trufero

Año: octubre 2018

Directores: Dres. Rafael Celaya Aguirre, Koldo Osoro Otaduy (SERIDA)

Lugar de presentación: Facultad de Veterinaria, Universidad de León

Para esta Tesis se plantearon distintos sistemas alternativos a los convencionales para la producción de vacuno en extensivo. Co-

mo primera alternativa, se estudió la producción de cebón de las dos razas asturianas, Asturiana de los Valles (AV) y Asturiana de la Montaña (AM), comparando dos manejos, uno en el que los cebones añojos pastaban en puertos de montaña durante el verano, y otro en el que los cebones permanecían en praderas de valle. Los pastos de montaña (a 1600-1800 m de altitud) consistían en su mayor parte en pastos herbáceos dominados por *Festuca rubra*, siendo el resto matorrales de brecina (*Calluna vulgaris*) con arándano (*Vaccinium myrtillus*) junto con piornales de *Genista florida*. Las praderas de valle eran sembradas con rai-grás inglés (*Lolium perenne*) y trébol blanco (*Trifolium repens*). Se utilizaron un total de 83 terneros nacidos en la paridera de invierno de cuatro años, y que eran castrados cuando tenían alrededor de un año de edad. Los cebones se sacrificaban cuando tenían unos 33 meses.

En general, las ganancias de peso fueron mayores en los cebones AV que en los AM. Sin embargo, durante el verano de su segundo año de vida, en los pastos de montaña los AV presentaron menores ganancias que los AM, al contrario que en las praderas de valle, lo que resultó en una interacción genotipo x ambiente. En el puerto además se estudió la conducta de pastoreo mediante controles visuales y la selección de dieta mediante la técnica de los *n*-alcanos (marcadores fecales) en julio y en septiembre de dos años. El tiempo de pastoreo de los cebones añojos aumentó de julio a septiembre como adaptación a la disminución en la disponibilidad de pasto herbáceo. Aunque ambas razas mostraron preferencia por el pasto herbáceo, los cebones de raza AM pastaron sobre los brezales en mayor proporción que los AV. Los cebones de ambas razas seleccionaron mayoritariamente las herbáceas (71-89%), mientras que entre las leñosas, el porcentaje de arándano en la dieta era mayor (10-21%) que el de brecina (2-8%), aumentando el porcentaje de ambas especies de julio a septiembre.

Una vez que bajaban de puerto, los cebones mostraron un crecimiento compensatorio, alcanzando pesos similares a los cebones que permanecían en valles. En la fase de acabado, de 3-4 meses de duración, no se observaron diferencias en las ganancias de peso entre manejos o razas. El peso final al sacrificio resultó mayor en los cebones AV que en los AM (714 vs. 616 kg), al igual que el peso y el rendimiento de la canal, mientras que no se observaron diferencias entre los manejos.

La segunda alternativa planteada fue la del cebo ecológico de terneros, comparándose con un sistema convencional en régimen semi-extensivo. Se utilizaron 67 terneros de raza AV nacidos en la paridera de invierno durante tres ciclos productivos, cada uno

consistiendo en pastoreo de otoño tras destete, invernada, pastoreo de primavera y acabado. Se establecieron tres repeticiones por tratamiento, distribuyendo a los animales en 6 parcelas de 1,6 ha con praderas de raigrás-trébol, y manejando lotes de 4-5 animales por parcela. Las parcelas del manejo convencional se abonaron con fertilizantes sintéticos (NPK), mientras que en las de ecológico se utilizó estiércol.

No hubo diferencias entre tratamientos en los rendimientos individuales de los terneros, siendo las ganancias medias de 846, 786 y 1381 g/día en el pastoreo de otoño, invernada y pastoreo de primavera, respectivamente. En las parcelas tratadas con fertilizantes sintéticos la producción de hierba en primavera era mayor, permitiendo manejar una mayor carga ganadera que en los pastos ecológicos. Esto se tradujo en mayores ganancias diarias de peso por superficie en convencional que en ecológico, y por tanto en una mayor producción animal por hectárea al final del pastoreo de primavera en el primero (2183 vs. 1606 kg/ha).

En la fase de acabado, además del acabado convencional (a base de concentrado y paja de cereal), se compararon tres tipos de alimentación en ecológico: pastoreo, ensilado de hierba y ensilado de maíz, suplementados todos ellos con concentrado ecológico. Las mayores ganancias de peso las obtuvieron los añejos del acabado convencional (1340 g/día), si bien se consiguieron ganancias aceptables con ensilado de maíz (1116 g/día) y superiores a las obtenidas en pastoreo (753 g/día) o con ensilado de hierba (664 g/día). Tras el sacrificio, la disección de la 6ª costilla reveló mayores porcentajes de grasa en los tratamientos convencional y de ensilado de maíz respecto a los de ensilado de hierba y pastoreo (10,2% vs. 7,5%).

Trabajos Fin de Master



Mapeo por asociación para la identificación de las regiones genómicas implicadas en el control genético de la respuesta a *Sclerotinia sclerotiorum* en judía común (*Phaseolus vulgaris*)

Autora: Sarah Panera Martínez

Año: junio 2018

Directora: Ana Campa Negrillo

Lugar de presentación: Universidad de Oviedo

El moho blanco o esclerotinia, es una enfermedad causada por el hongo *Sclerotinia sclerotiorum*, que afecta a los cultivos de ju-

día común (*Phaseolus vulgaris*). El objetivo de este estudio fue identificar las regiones genómicas implicadas en la resistencia genética a un aislamiento local de esclerotinia mediante un análisis de mapeo por asociación. Para ello se utilizó el Panel-SERIDA, compuesto por 308 accesiones previamente genotipadas mediante GBS para 3099 marcadores SNP. La respuesta al aislamiento local de esclerotinia se evaluó en condiciones controladas de invernadero. Se verificó la herencia cuantitativa de este carácter y se identificaron 22 líneas que pueden ser consideradas potenciales fuentes de resistencia. El mapeo por asociación se realizó utilizando el método lineal mixto y permitió identificar un total de 24 SNPs significativamente asociados con la respuesta a esclerotinia, localizados en todos los cromosomas excepto en el cromosoma Pv11. Se consideraron 100 Kb arriba y abajo de la posición de cada SNP de manera que los 24 SNPs se agruparon en 17 regiones cromosómicas. De estas 17 regiones, 7 habían sido identificadas en otro trabajos previos de mapeo en poblaciones biparentales (QTLs WM1.1, WM3.3, WM5.5, WM7.4 y WM8.3, así como los meta-QTLs WM5.4 y WM6.2) de manera que los resultados obtenidos en este trabajo permiten validar su implicación en la respuesta a esclerotinia. Se proponen 8 nuevas regiones en los cromosomas Pv01, Pv02, Pv04, Pv09 y Pv10 que parecen estar implicadas en la resistencia a esclerotinia y no habían sido identificadas hasta la fecha. Finalmente, se estudiaron los genes subyacentes a estas regiones anotados en el genoma de judía y se identificaron un total de 55 genes cuyas funciones se relacionan con la interacción planta-patógeno y por tanto se proponen como genes candidatos a participar en la respuesta a esclerotinia en judía.





Identificación de regiones genómicas implicadas en el control del tamaño y peso de la semilla de judía mediante GWAS

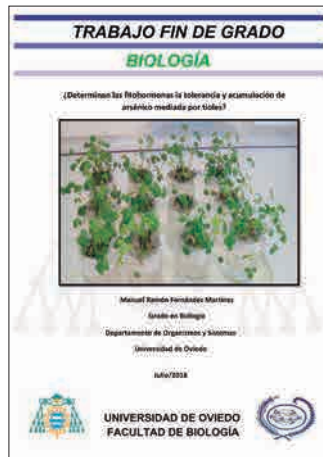
Autor: Brezo Mateos Suárez

Año: septiembre 2018

Directores: Prof. Dr. Jaume Prohens, COMAV (Universidad Politécnica de Valencia), Juan José Ferreira (SERIDA)

Lugar de presentación: Universidad Politécnica de Valencia

Trabajo Fin de Grado



¿Determinan las fitohormonas la tolerancia y acumulación de arsénico mediada por tioles?

Autor: Manuel Ramón Fernández Martínez

Año: julio 2018

Directores: Dras. Aida González Díaz (Universidad de Oviedo), Isabel Feito Díaz (SERIDA)

Lugar de presentación: Universidad de Oviedo

La creciente acumulación de metales pesados en el suelo o agua supone un gran problema ambiental. La acumulación de As en las plantas de cultivo y su posterior consumo plantea una grave amenaza para la salud pública en todo el mundo. *Medicago sativa L.*, es una planta forrajera con potencial para ser utilizada en fitoestabilización, por lo que en este trabajo se plantea evaluar su capacidad de acumulación de As en diferentes partes de la planta así como valorar la influencia de la aplicación exógena de benziladenina (BA) frente al As en relación con el metabolismo tiólico y el perfil hormonal. Los análisis se realizaron tras la exposición durante 72 h a una concentración 30 µM de As (V), en presencia de BA (10 y 50 µM) o en ausencia de esta fitohormona. Los resultados muestran que la alfalfa jugaría un rol importante en la fitoestabilización puesto que acumula concentraciones elevadas de As en las raíces. También, se observó que la alfalfa, en respuesta a As promueve la síntesis de compuestos tiólicos, los cuales están en mayor cantidad en la parte aérea que en raíz a pesar de que el As se concentra fundamentalmente en el sistema radical. La aplicación de Benziladenina (BA) promueve la acumulación de As ya que se encontraron mayores concentraciones de este elemento en todos los tratamientos y tejidos a excepción de la raíz con aplicación de 10 µM de BA. Esta fitohormona modifica el metabolismo de tioles y a nivel hormonal modifica el perfil no solo por la mayor actividad citoquinina debida a la absorción de BA sino también a través de la modificación del resto de grupos hormonales y fundamentalmente de los reguladores del crecimiento relacionados con el estrés. ■

El peso y la morfología de la semilla son caracteres de gran relevancia en judía (*Phaseolus vulgaris L.*) debido a que determinan la clase comercial y el rendimiento de los cultivos. En este estudio se llevó a cabo un estudio de asociación (GWAS) con 3099 SNP (distancia > 500pb, valores perdidos < 5%, MAF > 0.01) sobre un panel de diversidad de 308 genotipos (SERIDA-Diversity Panel) previamente genotipados mediante GBS (Genotyping by Sequencing). Se detectaron 231 asociaciones significativas que implicaban 146 SNP. Estos SNP fueron agrupados en 25 regiones etiquetadas por al menos 2 SNP y situadas a una distancia física superior a 1 Mb. 9 regiones detectadas se solapaban con QTL asociados con caracteres de semilla en estudios previos. 11 de estas regiones contenían 16 genes candidatos propuestos por su homología con genes de la especie modelo *Arabidopsis thaliana L.* que participan en el control del fenotipo de la semilla. Los resultados de este trabajo permitieron validar algunos QTL e identificar nuevas regiones relacionadas con el control del fenotipo de la semilla.



Publicaciones

LIBROS

Memoria de Actividades del SERIDA 2017

Año: 2018
 Edita: SERIDA
 [On line] <http://www.serida.org/publicacionesdetalle.php?id=7456>

La Memoria SERIDA 2017 recoge información de los proyectos de I+D+I, de la labor contractual y relacional con otros organismos, agentes e instituciones, así como de las actividades científicas, técnicas, divulgativas, promocionales y de formación, desarrolladas por la entidad durante el año 2017.



El cultivo del arándano en el norte de España

Juan Carlos García Rubio
 Guillermo García González de Lena
 Marta Ciordia Ara
 Depósito Legal: AS 1968-2018
 Año 2018
 Edita: SERIDA, Consejería de Desarrollo Rural y Recursos Naturales
 Páginas: 188
 [On line] <http://www.serida.org/publicacionesdetalle.php?id=7452>



Esta publicación recoge en diez capítulos, entre otros aspectos las principales variedades de arándano, técnicas de plantación y cultivo, técnicas alternativas de producción, multiplicación vegetativa, sanidad del cultivo, recolección y comercialización, así como datos económicos.

Esta obra representa una revisión importante de otro trabajo anterior y del que también son autores, los técnicos e investigadores del SERIDA, Juan Carlos García, Guillermo García y Marta Ciordia.

FOLLETOS

Principales plagas y enfermedades del castaño

Marta Ciordia Ara
 Ana Jesús González
 Depósito Legal: AS 03673-2018
 Año: 2018
 Edita: SERIDA, con el apoyo de Fundación Biodiversidad. Ministerio para la Transición Ecológica, y la colaboración de ACGA y ASO-PORCEL.
 [On line] <http://www.serida.org/publicacionesdetalle.php?id=7457>

El folleto se enmarca dentro del proyecto CASTACELTA, y muestra en sus páginas las principales plagas y enfermedades que afectan al castaño.



Producción extensiva de porcino del tronco Celta en el castaño: una asociación sostenible

Begoña de la Roza Delgado
 Marta Ciordia Ara
 Alejandro Argamentería Gutiérrez
 Depósito Legal: AS 03759-2018
 Año: 2018
 Edita: SERIDA, con el apoyo de Fundación Biodiversidad. Ministerio para la Transición Ecológica, y la colaboración de ACGA y ASO-PORCEL.
 [On line] <http://www.serida.org/publicacionesdetalle.php?id=7458>

El folleto se enmarca dentro del proyecto CASTACELTA, y presenta las características del tronco Celta y de la producción porcina extensiva, así como el aprovechamiento de los recursos forestales por el Gochu Astur-celta.



Polinizadores del manzano de sidra



© Marcos Miñarro

1. *Apis mellifera*, 2. *Bombus terrestris*, 3. *Bombus pascuorum*, 4. *Bombus pratorum*,
 5. *Bombus sylvarum*, 6. *Bombus hortorum*, 7. *Xylocopa violacea*, 8. *Osmia bicornis*, 9. *Osmia*
sp., 10. *Andrena nitida*, 11. *Andrena pilipes*, 12. *Andrena flavipes*, 13. *Lasioglossum sp.*,
 14. *Halictus tumulorum*, 15. *Eucera sp.* 16. *Nomada sp.*, 17. *Eristalis tenax*, 18.
Episyrphus balteatus, 19. *Chrysotoxum festivum*, 20. *Tricogena rubricosa*, 21. *Bombylius sp.*,
 22. *Neomyia cornicina*, 23. *Oxythyrea funesta*, 24. *Oedemera nobilis*, 25. *Vanessa atalanta*



APOYAMOS

CULTURA
SIDRERA
ASTURIANA

CANDIDATURA A PATRIMONIO INMATERIAL DE LA HUMANIDAD