



Tecnología Agroalimentaria

Boletín informativo del SERIDA

Número 20 - 2018

■ Antioxidantes y ácidos grasos en leche de vaca ■ El gorgojo de la flor del manzano ■ Reproducción de la rata topera ■ Minipropagación de especies forestales ■ Nuevos productos de manzana de sidra



SUMARIO

Tecnología Agroalimentaria - SERIDA

Número 20 • 2018

Actualidad

2 Antioxidantes y ácidos grasos en la leche de vaca según el tipo de alimentación

Senén de la Torre
Loubna Abou El qassim
Luis J. Royo Martín
Fernando Vicente Mainar

Información forestal

28 Minipropagación de plantas forestales

Ángelo Kindelman Dantas
Juan Majada
Marta Ciordia Ara
Isabel Feito Díaz

Información agrícola

10 El gorgojo de la flor del manzano: ¿un problema para las pumaradas de Asturias?

Marcos Miñarro Prado
Daniel García García

18 Aplicación del análisis de imágenes en la caracterización del fruto de variedades de arándano

Juan José Ferreira
Ana Campa Negrillo

22 Reproducción continua de la rata topera en pomaradas asturianas

Aitor Somoano García
Jacint Ventura Queija
Marcos Miñarro Prado

Tecnología de los alimentos

37 Nuevos productos de la manzana de sidra: la voz de los consumidores

Anna Picinelli Lobo
Rosa Pando Bedriñana
Belén Suárez Valles

44 Uso de la madera de castaño autóctono para el envejecimiento alternativo de aguardiente de sidra

Roberto Rodríguez Madrera
Belén Suárez Valles
Francisco Fuente-Maqueda
Isabel Feito Díaz



10

28



2

22



44



18

37



Actividades de transferencia

51 | II Festival del Arándano y Frutos Rojos de Asturias. Jornada Técnica del Cultivo y Comercialización del Arándano

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

53 | Jornada técnica: Elaboración de sidra de hielo

Rosa Pando Bedriñana
Anna Picinelli Lobo

54 | Jornada Técnica de Presentación de Nuevas Variedades de Manzana

Enrique Dapena de la Fuente
M^a del Pilar Oro García

56 | Exposición Nuevas Variedades de Manzana Acogidas a la DOP 'Sidra de Asturias'

M^a del Pilar Oro García
Enrique Dapena de la Fuente

57 | Jornadas Formativas y de Intercambio sobre Agricultura Ecológica en Zona Templado-Húmeda

M^a del Pilar Oro García
Enrique Dapena de la Fuente
Javier González Aguilar

58 | Curso de Bioeconomía

Carmen Díez Monforte
M^a del Pilar Oro García

Cartera de proyectos

61 | Nuevos proyectos de I+D+i

Catálogo de convenios

63 | Nuevos convenios, contratos y acuerdos

Tesis y seminarios

64 | Tesis doctorales, Trabajos Fin de Máster y Trabajos Fin de Grado

Publicaciones

69 | Folletos y libros

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: Gráficas Eujoa S.A.

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.



Antioxidantes y ácidos grasos en la leche de vaca según el tipo de alimentación

SENÉN DE LA TORRE. Área de Nutrición, Pastos y Forrajes. senen.torresantos@serida.org

LOUBNA ABOU EL QASSIM. Área de Nutrición, Pastos y Forrajes.

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

FERNANDO VICENTE MAINAR. Área de Nutrición, Pastos y Forrajes. fvicente@serida.org

La leche, por sus características nutricionales, tiene una gran importancia para el ser humano por su rol alimentario, proporcionando un elevado contenido de nutrientes en relación a su contenido calórico. Hoy en día, no sólo el valor nutricional, sino también otros componentes de la leche (antioxidantes y ácidos grasos) han atraído el interés por su importante relevancia en la salud humana y en el valor añadido de la leche y sus derivados. La composición de la leche determina su calidad nutricional e industrial, lo que, afecta directamente la rentabilidad y competitividad de la producción de leche (Chilliard

et al., 2007; García y Panadero, 2012). Su composición es el reflejo de múltiples factores que pueden ser o no modificados a través de diferentes prácticas.

Los factores relacionados con la nutrición y el manejo de los rebaños lecheros pueden producir cambios que pueden ser observados a corto plazo. La composición de la leche es muy dependiente de la alimentación. Como el pago por calidad de la leche depende en gran medida de su proporción de proteína y grasa, tanto ganaderos como nutricionistas ponen especial atención en el racionamiento para



Fotografía 1.- La Cornisa Cantábrica cuenta con unas condiciones edafoclimáticas que la dotan de una gran capacidad para la producción de pastos y forrajes utilizables para la alimentación del ganado lechero.



optimizar dichos componentes. Sin embargo, otros componentes de interés se ven afectados por el sistema de producción y de alimentación.

En este trabajo se presentan los resultados de trabajos llevados a cabo en el SERIDA con objeto de evaluar la influencia del tipo de alimentación sobre la composición de antioxidantes y ácidos grasos en la leche.

Antioxidantes

En un sistema biológico, un antioxidante puede ser definido como "cualquier sustancia que, aunque presente en bajas concentraciones, retrasaría significativamente o impediría la oxidación" (Halliwell *et al.*, 1995). Los antioxidantes son capaces de inhibir o retardar la oxidación de dos maneras: captando radicales libres (compuestos fenólicos como la vitamina E o alfa-tocoferol) o por mecanismos de unión a metales pesados, captación o desactivación de oxígeno, conversión de hidroperóxidos, absorción de la radiación UV, etc. (Pokorny *et al.*, 2001).

Los antioxidantes juegan un papel importante en la protección de las células animales de los daños ocasionados por la presencia de radicales libres (McDonald, 2002). Su uso se considera un tratamiento preventivo contra el envejecimiento celular. Por lo tanto, la suplementación con antioxidantes proporcionaría un valor añadido al producto animal obtenido, ya sea leche o carne (Castillo *et al.*, 2013). La calidad de la leche también puede basarse en el contenido de antioxidantes que la protegen mediante la reducción de la oxidación (Castillo *et al.*, 2013). Compuestos tales como carotenoides y compuestos fenólicos, son trazadores potenciales en la carne y la leche de las dietas de los animales (Prache, 2009). La concentración de carotenoides es elevada en los forrajes verdes, sin embargo su contenido disminuye con la conservación del forraje (Nozière *et al.*, 2006). El pastoreo o una dieta rica en extractos de plantas, al presentar altos contenidos en antioxidantes y un mayor contenido de precursores de los mismos, como la vitamina A (Daley *et al.*, 2010) y la vitamina E (Luciano *et al.*,

2011), se refleja en la producción de leche y carne, incluyendo a estos alimentos de origen animal en la categoría de alimentos funcionales en la dieta humana.

Ácidos Grasos

Los ácidos grasos son los principales componentes de la grasa de la leche. La grasa es esencial en una dieta equilibrada, constituyendo la principal fuente de energía, lo que permite su almacenamiento para cubrir los requerimientos energéticos necesarios del humano (Collette y Monnier, 2011). Los ácidos grasos presentes en la leche son producidos en la glándula mamaria por elongación de los ácidos acético y butírico sintetizados por la flora ruminal cuando tienen entre 4 y 14 átomos de carbono, así como la mitad de los ácidos con 16 átomos de carbono. La otra mitad de estos ácidos grasos y todos los que tienen 18 o más átomos de carbono son derivados de los ácidos grasos de la dieta o de las reservas corporales del animal (Bauman y Grinari, 2001).

En general, el contenido en ácidos grasos de la leche cambia en cantidad y calidad según 3 factores: el animal, la dieta y el ambiente (Kay *et al.*, 2005; Bargo *et al.*, 2006; Morales-Almaráz *et al.*, 2011 y Hernández-Ortega *et al.*, 2014), por lo que, el contenido en grasa y el perfil de ácidos grasos pueden ser un indicador de la dieta de los animales (Vicente *et al.*, 2017) y del sistema de manejo (Morales-Almaráz *et al.*, 2011).

Descripción del Ensayo

Se han llevado a cabo dos muestreos en 22 granjas lecheras de Asturias que colaboran habitualmente en los estudios de campo del SERIDA durante el otoño de 2016 y la primavera de 2017. Estas ganaderías están clasificadas en función de su sistema de producción, alimentación y manejo: intensivo, semi-intensivo, extensivo y con certificado de producción ecológica. En la figura 1 se muestra la distribución geográfica de las ganaderías colaboradoras.



Figura 1.- Mapa de Asturias y concejos de las ganaderías colaboradoras. Entre paréntesis, número de granjas muestreadas en el concejo.



En cada visita, se realizaba una entrevista personal con el titular de la ganadería para recoger información referente al número de vacas en lactación, raza y producción media del ganado en los 3 días anteriores. Asimismo, se tomaban datos relacionados con la alimentación de las vacas en lactación durante los tres días anteriores a la visita, ingredientes, cantidades ofertadas de cada ingrediente, consumo de hierba fresca, modo de oferta de la hierba y horas en pastoreo en caso de realizarlo. El consumo de hierba en la ganaderías que practican pastoreo, se estimó sustrayendo la cantidad aportada en el pesebre del consumo teórico total de las vacas, calculado mediante la ecuación del NRC (2001), considerando las vacas con 620 kg de peso vivo y en mitad de lactación.

En cada granja se tomaron muestras de los alimentos ofertados. Éstos fueron analizados en el Laboratorio de Nutrición Animal del SERIDA (ENAC LE/930) mediante espectroscopia en el infrarrojo cercano (NIR) a través de ecuaciones de predicción desarrolladas en el SERIDA. En el forraje verde, los forrajes secos, ensilados y los concentrados se determinó el contenido en materia seca, cenizas, proteína bruta, fibra ácido detergente y fibra neutro detergente (libres de cenizas). En los ensilados de maíz y los concentrados además se determinó el contenido en almidón. En todos los alimentos se estimó la digestibilidad enzimática de la materia orgánica, la energía metabolizable, las unidades forrajeras leche y la energía neta de lactación.

Se tomaron muestras del tanque de leche en cada granja tras agitación del mismo para su homogeneización. Se requirió que el contenido del tanque fuera de al menos dos ordeños para evitar la diferente composición de la leche entre los ordeños de la tarde y de la mañana. Por lo tanto, son muestras representativas de todas las vacas que comen el mismo alimento (cualquiera que sea el nivel genético de la vaca, la edad y el estado de lactación). Las muestras de leche se conservaron en frío hasta su procesado. Los análisis físico-químicos de la leche fueron realizados en el Laboratorio Interprofesional Lechero y Agroalimentario de Asturias (LILA). El perfil de ácidos grasos y de antioxidantes de la leche fueron analizados en el Laboratorio Interprofesional Gallego de Análisis de Leche (LIGAL).

Resultados

Las granjas colaboradoras tenían, en el momento de los muestreos, entre 7 y 250 vacas en lactación. El valor de la mediana es 35 vacas, con un 25% de granjas con menos de 21 vacas y el 75% con menos de 77 vacas en lactación. La raza dominante es la Frisona-Holstein de modo que representa el 99% en el total de animales, siendo el 1% restante Asturiana de los Valles, Jersey o cruces con Azul Belga. La producción media diaria declarada por los ganaderos es de $27,2 \pm 6,81$ L, con una producción mínima de 16,6 L y máxima de 37,4 L. La media de la producción de leche por lactación es de 7.975 L, con un rango de entre 5.063 y 11.407 L.

Gracias a las condiciones edafo-climáticas de Asturias, un 55% de las granjas muestreadas incluyen forraje verde como parte de la ración, bien en pastoreo (46% de las ganaderías), segándolo diariamente y aportándolo en el pesebre (36%) o con ambos manejos simultáneamente (18%). Además se utilizan forrajes conservados, principalmente ensilados de hierba, raigrás o maíz y en menor medida secos (heno de hierba, veza-avena, paja o alfalfa). Todas las granjas incluyen piensos compuestos o concentrados en la ración.

Para agrupar las ganaderías según el tipo de dieta, se calcularon los porcentajes de inclusión en la ración de cada ingrediente según fuera concentrado, forraje conservado o forraje fresco. De este modo se establecieron 3 grupos diferenciados por el tipo de alimentación, clasificado de la siguiente manera: 1) ganaderías que aportan más del 40% de la dieta en concentrados, 2) ganaderías que aportan más del 40% de forrajes conservados, y 3) ganaderías que ofertan en pesebre o en pastoreo más del 40% de forraje verde del total de la ración.

En la tabla 1 se muestran los resultados de producción diaria de leche y la composición de la leche según el tipo de alimentación. No se observaron diferencias significativas en la producción de leche según el tipo de alimentación. Tampoco se encontraron diferencias en los componentes mayoritarios de la leche, con la excepción del nivel de la materia grasa, donde podemos encontrar una menor concentración de grasa en la leche producida por animales alimentados con una alta proporción de forrajes verdes. Este resultado ya se ha

constatado en otros estudios de campo y es atribuible al bajo aporte de fibra efectiva de la hierba fresca.

El contenido en antioxidantes liposolubles según el tipo de alimentación se muestra en la tabla 2. No se observaron diferencias significativas en el contenido de vitamina A (retinol) ni de la principal forma de vitamina E (alfa-tocoferol) en la leche debidas al tipo de alimentación. La leche producida con una ración que incluye más del 40% de concentrados presentó una concentración significativamente superior en gamma-tocoferol que la leche producida por vacas cuyo principal alimento es la hierba verde. Este hecho podría venir derivado de la suplementación con tocoferol de los piensos compuestos.

Los carotenoides son los pigmentos orgánicos naturales de las plantas. Los animales son incapaces de sintetizarlos y deben obtenerlos a través de su dieta. Estos compuestos son importantes por su función biológica ya que, en su mayoría, actúan como pro-vitamina A. Una pro-vitamina es un compuesto que puede y tiene que ser transformado a la forma activa de la vitamina mediante procesos metabólicos normales. El metabolismo transforma sólo la cantidad necesaria de la provitamina en vitamina, previniendo así los efectos negativos de una posible hipervitaminosis si se ingirieran elevadas dosis de la vitamina. En general, la leche procedente de vacas alimentadas con más de un 40% de concentrado presenta niveles de carotenoides inferiores a la de vacas que consumen principalmente forrajes, bien conservados o frescos, especialmente luteína y β -carotenos.

	AC	AFC	AFV	RSD	P
Producción	26,48	29,14	26,24	5,995	NS
Grasa	3,81 ^b	3,89 ^b	3,31 ^a	0,450	*
Proteína	3,23	3,25	3,15	0,169	NS
Lactosa	4,71	4,72	4,70	0,161	NS
Extracto seco magro	8,69	8,71	8,59	0,290	NS
Urea (mg/L)	264	276	276	57,2	NS
Críoscopía (-m°C)	521	529	529	10,8	NS
Células (x1000/mL)	170	241	246	144,5	NS

AC: > 40% Concentrado, AFC:>40% Forraje Conservado, AFV: >40% Forraje Verde
 Letras diferentes en la misma fila indica diferencias significativas al nivel indicado.



Tabla 1.- Producción (L/d) y composición (%) de la leche según el tipo de alimentación.



Tabla 2.- Contenido de antioxidantes (ng/mL) en la leche de vaca según el tipo de alimentación.

	AC	AFC	AFV	RSD	VALOR P
Vitaminas					
Retinol	911	966	840	278,6	NS
α-tocoferol	1172	1478	1574	711,3	NS
γ-tocoferol	43,1 ^a	34,4 ^{ab}	28,6 ^b	13,34	*
Carotenoides					
Luteína	10,14 ^b	18,07 ^a	19,86 ^a	8,366	**
Zeaxantina	0,71 ^b	0,92 ^{ab}	1,11 ^a	0,461	*
β-criptoxantina	1,38 ^b	2,13 ^a	1,82 ^{ab}	0,589	**
trans-β-caroteno	136,53 ^b	225,66 ^a	214,03 ^a	83,420	**
9cis-β-caroteno	0,76 ^b	1,64 ^a	1,22 ^{ab}	0,969	*
13cis-β-caroteno	4,06 ^b	8,25 ^a	8,28 ^a	4,140	**

AC: > 40% Concentrado, AFC:>40% Forraje Conservado, AFV: >40% Forraje Verde
 Letras diferentes en la misma fila indica diferencias significativas al nivel indicado.

Fotografía 2.-

La intensificación en la producción lechera ha generalizado el uso de raciones completas mezcladas.



En la tabla 3 se muestra el perfil de ácidos grasos de la grasa de la leche según el tipo de alimentación. La grasa de la leche de vacas alimentadas con forraje verde presenta un menor grado de saturación, 63,8 g/100 AG, frente a la leche de vacas que consumen concentrados o forrajes conservados (69,8 g/100 AG). Ello

es debido especialmente a los bajos niveles de ácido mirístico (C14:0) y palmítico (C16:0) en este tipo de leche. Así mismo, presenta una mayor proporción de ácidos monoinsaturados (30,6 g/100 g AG), principalmente ácido oleico (c9-C18:1), y poliinsaturados (4,6 g/100 g AG), especialmente debido a la mayor concentración de CLA (c9-t11-CLA) y ácido linolénico (C18:3(n3)) en la leche producida en base a forraje verde. Hay que destacar también la elevada proporción de ácido vaccénico (t11-C18:1) en la leche procedente de vacas alimentadas con forraje verde. La alta proporción en el forraje fresco de ácidos grasos insaturados, especialmente ácido linolénico, incrementa la proporción de este ácido graso en las vacas que se alimentan en base a forraje verde, a pesar de que los ácidos grasos poliinsaturados de la dieta son desaturados por la flora ruminal. Más del 99% del ácido linolénico ingerido por las vacas es desaturado total o parcialmente en el rumen a ácido vaccénico y esteárico (C18:0). Cuando estos dos ácidos grasos son absorbidos y llegan a la glándula mamaria, son transformados respectivamente a c9-t11-CLA y ácido oleico (c9-C18:1(n9)). Esto demuestra que la ingestión de forraje fresco mejora la concentración de ácidos grasos saludables en la leche, mientras que cuando las vacas se alimentan con concentrados o forrajes conservados se reduce su contenido.



	AC	AFC	AFV	RSD	VALOR P
C4	5,68	5,61	6,04	0,623	NS
C6:0	2,57 ^a	2,44 ^{ab}	2,36 ^b	0,203	*
C8:0	1,34 ^a	1,25 ^{ab}	1,16 ^b	0,125	**
C10:0	3,06 ^a	2,76 ^b	2,42 ^c	0,377	***
c9-C10:1	0,07 ^a	0,07 ^a	0,06 ^b	0,014	**
C11:0	0,04 ^a	0,03 ^{ab}	0,02 ^b	0,020	**
C12:0	3,58 ^a	3,20 ^a	2,80 ^b	0,467	***
C13:0	0,08 ^a	0,07 ^{ab}	0,05 ^b	0,023	**
C14:0 iso	0,12	0,12	0,10	0,038	NS
C14:0	12,27 ^a	11,78 ^a	10,72 ^b	0,962	***
C15:0 iso	0,22	0,23	0,25	0,066	NS
c9-C14:1	1,16 ^a	1,14 ^a	0,98 ^b	0,171	*
C15:0 anteiso	0,56	0,59	0,65	0,096	NS
C15:0	1,24	1,22	1,24	0,148	NS
c10-C15:1	0,004	0,002	0,003	0,002	NS
C16:0	31,03 ^a	31,04 ^a	24,91 ^b	2,752	***
c9-16:1(n7)	2,01	2,04	1,93	0,197	NS
C17:0	0,62	0,64	0,76	0,093	NS
C18:0	8,58 ^b	8,94 ^b	10,96 ^a	1,285	***
t6+t9-C18:1	0,51 ^b	0,47 ^b	0,68 ^a	0,151	**
t10-C18:1	0,41	0,29	0,48	0,222	NS
t11-C:18:1	1,01 ^b	1,40 ^b	2,46 ^a	0,752	***
t12-18:1	0,33	0,28	0,39	0,105	NS
c9-C18:1(n9)	18,65 ^b	19,65 ^b	22,94 ^a	1,898	***
c11-C18:1(n7)	0,53	0,49	0,56	0,104	NS
c12-18:1	0,17 ^a	0,12 ^b	0,10 ^b	0,055	**
t-C18:2(n6)	0,07	0,07	0,11	0,092	NS
c-C18:2(n6)	2,27	1,98	2,00	0,449	NS
c9-t11-CLA	0,47 ^b	0,65 ^b	1,06 ^a	0,312	***
c10-t12-CLA	0,12	0,12	0,13	0,032	NS
C18:3(n6)	0,03	0,03	0,02	0,008	NS
C18:3(n3)	0,48 ^b	0,54 ^b	0,80 ^a	0,150	***
C20:0	0,14	0,14	0,16	0,034	NS
c11-C20:1(n9)	0,02	0,02	0,03	0,017	NS
C20:2(n6)	0,02	0,02	0,01	0,006	NS
C20:3(n6)	0,10	0,09	0,11	0,061	NS
C20:3(n3)	0,18 ^a	0,15 ^b	0,12 ^c	0,029	***
C20:4(n6)	0,00 ^b	0,01 ^b	0,01 ^a	0,004	*
C20:5(n3)	0,01	0,01	0,01	0,004	NS
C21:0	0,03 ^b	0,03 ^b	0,04 ^a	0,007	*
C22:0	0,03	0,04	0,04	0,014	NS
C22:2(n6)	0,05 ^b	0,06 ^{ab}	0,07 ^a	0,023	*
C22:5(n3)	0,06 ^b	0,07 ^b	0,09 ^a	0,232	*
C22:6(n3)	0,01 ^a	0,00 ^a	0,01 ^a	0,008	NS
C23:0	0,02	0,03	0,03	0,011	NS
C24:0	0,05	0,05	0,05	0,019	NS
C24:1(n9)	0,00	0,00	0,01	0,004	NS

←
Tabla 3.- Perfil de Ácidos Grasos (g/100 g ácidos grasos) en la leche de vaca según el tipo de alimentación.

AC: > 40% Concentrado, AFC:>40% Forraje Conservado, AFV: >40% Forraje Verde
Letras diferentes en la misma fila indica diferencias significativas al nivel indicado.

Conclusiones

A partir de los resultados descritos en este estudio se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1. No existen diferencias marcadas en la producción de leche total, ni en sus componentes mayoritarios, excepto en el contenido en grasa, provocadas por el tipo de alimentación.
2. Se observa una marcada diferencia en cuanto a la composición de antioxidantes en las dietas que incluyen un alto consumo de forrajes, tanto verdes como conservados.
3. Existen diferencias significativas muy marcadas en el perfil de ácidos grasos de los diferentes tipos de alimentación, lo cual, muestra así el papel importante que juega ésta en las proporciones presentes de cada ácido graso en la materia grasa de la leche. La leche producida a partir de la alimentación con forrajes verdes tiene una mejor calidad desde el punto de vista del grado de insaturación de los ácidos grasos.

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer la ayuda y disponibilidad de los ganaderos colaboradores en este trabajo. Los autores expresan asimismo su agradecimiento al personal del Laboratorio de Nutrición Animal del SERIDA, del LILA y del LIGAL por su labor analítica. Trabajo financiado por el INIA mediante el proyecto RTA2014-00086-C02, cofinanciado con fondos FEDER. S. De La Torre Santos está financiado por una beca de doctorado SENACYT-IFARHU. L. Abou El qassim, está financiada por una beca del Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza.

Referencias bibliográficas

- BAUMAN, D. E. & GRINARI, J. M. (2001). Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-fat milk syndrome. *Livestock Production Science*, 70: 15-29.
- BARGO, F., DELAHOY, J. E., SCHROEDER, G. F., BAUMGARD, L. H. & MULLER, L. D. (2006). Supplementing total mixed rations with pasture increase the content of conjugated linoleic acid in milk. *Animal Feed Science and Technology* 131: 226-240.
- CAPUANO, E., BOERRIGTER-EENLING, R., ELGERSMA, A. & VAN RUTH, S. M. (2014). Effect of fresh grass feeding, pasture grazing and organic/biodynamic farming on bovine milk triglyceride profile and implications for authentication. *European Food Research and Technology*, 238: 573-580.
- CASTILLO, C., PEREIRA, V., ABUELO, Á. & HERNÁNDEZ, J. (2013). Effect of supplementation with antioxidants on the quality of bovine milk and meat production. *The Scientific World Journal*, 2013, ID616098.
- CHILLIARD, Y., GLASSER, F., ENJALBERT, F., FERLAY, A., BOCQUIER, F. & SCHMIDELY, P. (2007). Resultados recientes sobre los efectos de la alimentación en la composición en ácidos grasos de la leche de vaca, cabra y oveja. *Revista Argentina de Producción Animal*, 27: 197-213.
- COLETTE, C. & MONNIER, L. (2011). Acides gras: Classification, fonction et équilibre entre les différentes familles. *Médecine des Maladies Métaboliques*, 5: 237-245.
- DALEY, C. A., ABBOTT, A., DOYLE, P. S., NADER, G. A. & LARSON, S. (2010). A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. *Nutrition journal*, 9: 10.
- GARCÍA, I. C. & PANADERO, A. N. (2012). Factores que influyen en la composición nutricional de la leche. *Revista Ciencia Animal*, 5: 73-85.
- HALLIWELL, B., MURCIA, M. A., CHIRICO, S. & ARUOMA, O. I. (1995). Free radicals and antioxidants in food and in vivo: what they do and how they work. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 35: 7-20.
- HERNÁNDEZ-ORTEGA, M., MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A., SOLDADO, A., GONZÁLEZ, A., ARRIAGA-JORDÁN, C.M., ARGAMENTERÍA, A., DE LA ROZA-DELGADO, B. & VICENTE, F. (2014). Effect of total mixed ration composition and daily grazing pattern on milk production, composition and fatty acids profile of dairy cows. *Journal of Dairy Research*. 81: 471-478.

- KAY, J. K., WEBER, W. J., MOORE, C. E., BAUMAN, D. E., HANSEN, L. B., CHESTER-JONES, H., CROOKER B. A. & BAUMGARD, L. H. (2005). Effects of week of lactation and genetic selection for milk yield on milk fatty acid composition in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 88: 3886-3893.
- LUCIANO, G., MOLONEY, A. P., PRIOLO, A., RÖHRLE, F. T., VASTA, V., BIONDI, L., LÓPEZ-ANDRÉS, P., GRASSO, S. & MONAHAN, F. J. (2011). Vitamin E and polyunsaturated fatty acids in bovine muscle and the oxidative stability of beef from cattle receiving grass or concentrate-based rations. *Journal of Animal Science*, 89: 3759-3768.
- MCDONALD, P. (2002). *Animal nutrition*. 7th edition. Londres, Reino Unido, Pearson education. pp 692.
- MORALES-ALMARÁZ, E., DE LA ROZA-DELGADO, B., GONZÁLEZ, A., SOLDADO, A., RODRÍGUEZ, M. L., PELÁEZ, M. & VICENTE, F. (2011). Effect of grazing or indoor systems to increase unsaturated fatty acid level in milk of dairy cows *Renewable Agriculture and Food Systems*, 26: 224-229.
- NOZIÈRE P., CALDERÒN F., MARTIN B., PRACHE S., PRADEL P., PAPON Y., JESTIN M. & ANDUEZA D. (2006). Comparison of two spectral methods for tracing diets of dairy cows via milk. *Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants*, 13, 192.
- NRC (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7th revised edition. National Research Council, National Academy Press, Washington, DC. pp. 381.
- POKORNY, J., YANISHLIEVA, N. & GORDON, M. (2001). *Antioxidantes de los Alimentos: Aplicaciones Prácticas*. Zaragoza, España, Editorial Acribia, S.A. Pág 7-21.
- PRACHE, S. (2009). Diet authentication in sheep from the composition of animal tissues and products. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38: 362-370.
- VICENTE, F., SANTIAGO, S., JIMÉNEZ-CALDERÓN, J.D. & MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A. (2017). Capacity of milk composition to identify the feeding system on dairy cows. *Journal of Dairy Research*, 84: 254-263.

Fotografía 3.-
Cargando hierba recién segada para servir en el pesebre a los animales.





El gorgojo de la flor del manzano: ¿un problema para las pumaradas de Asturias?

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

En el primer estudio sobre la importancia del gorgojo de la flor como plaga de los manzanos de sidra en Asturias, identificamos los factores que regulan su nivel de infestación y los agentes de su control biológico. Nuestros resultados muestran que el ataque del gorgojo depende de características de la propia pumarada y del paisaje circundante que reflejan la disponibilidad de recursos (alimento, reproducción y refugio) para el insecto. También descubrimos que tres tipos de enemigos naturales (parasitoides, aves y artrópodos depredadores) se complementan para atacar a los gorgojos en diferentes etapas de su ciclo de vida.

El gorgojo de la flor del manzano (*Anthonomus pomorum*), también conocido como antonomo, es un escarabajo pequeño, de unos 5-6 mm, de color marrón y negro, y con un característico dibujo en forma de V de color claro en el extremo posterior del dorso (Miñarro et al., 2011). Este insecto se reproduce en las flores del manzano, desecándolas y, en consecuencia, impidiendo la formación de la manzana, es decir, el cuajado (Figura 1). Es, por

tanto, una plaga potencial de los manzanos, aunque hasta ahora no se habían realizado estudios para definir su estatus como plaga en las pumaradas de sidra de Asturias.

Durante los años 2015 y 2016, en el marco de la colaboración entre el SERIDA y la Universidad de Oviedo para estudiar la importancia de la biodiversidad para la provisión de los servicios de polinización



←
Figura 1.- Inflorescencias del manzano con varias flores dañadas por el gorgojo (las marrones cerradas).
 ©Marcos Miñarro

y control de plagas en frutales, se realizó un estudio en 23 pumaradas (ubicadas en los concejos de Gijón, Noreña, Sariego, Siero y Villaviciosa) con el objetivo de determinar: 1) cómo de importante es el gorgojo como plaga de nuestros manzanos; 2) cuáles son los enemigos naturales que controlan esta plaga; y 3) cuáles son los factores (a escala de plantación y de paisaje) que determinan el nivel de infestación de gorgojo y su control biológico. El trabajo acaba de ser publicado en una revista científica en la que pueden consultarse detalles de la metodología aplicada (Miñarro y García, 2018). En este artículo, resumimos los principales resultados de la investigación, interpretándolos en términos de manejo de esta plaga potencial.

¿Es el gorgojo una plaga para los manzanos de Asturias?

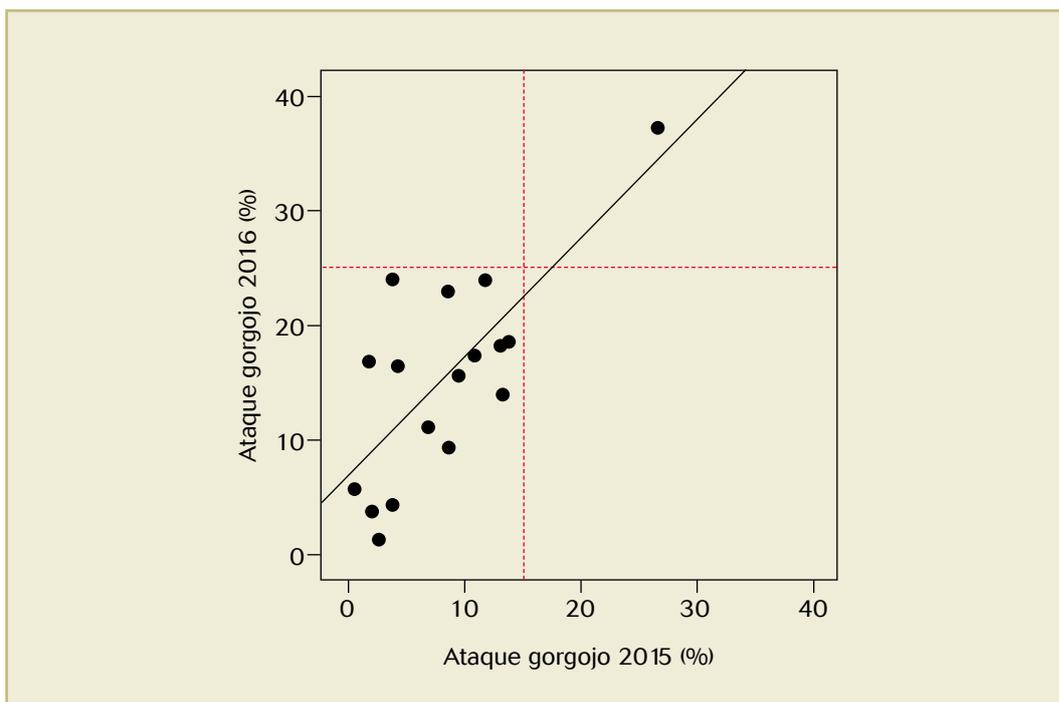
Detectamos la presencia de gorgojo en las 23 pumaradas de estudio, por lo que podemos considerar que este insecto está ampliamente extendido por la región. No obstante, el porcentaje de flores atacadas por el mismo varió ampliamente (0,4-37,4%) dependiendo de la pumarada y el año. El ataque medio en 2016 (14,7%) fue casi el doble que en

2015 (8,0%). Además, el ataque del primer año predijo bien el del siguiente en cada pumarada: parcelas muy atacadas en 2015 mostraron también ataques altos en 2016, mientras que las poco afectadas en 2015 tampoco lo fueron en 2016 (Figura 2).

Pero, ¿resultan estos niveles de daño económicamente nocivos para el cultivo?, es decir, ¿afectan negativamente a los niveles de cosecha? Aunque el gorgojo impide que las flores se conviertan en frutos, esta pérdida reproductiva no necesariamente se traduce en una reducción de la cosecha de manzanas, ya que muchas flores, aún sin ser atacadas, tampoco se convierten en frutos. De hecho, nuestros datos sobre cuajado en manzano de sidra muestran que menos del 30% de las flores llega a producir manzanas (Miñarro y García, 2016). Por tanto, es interesante considerar cuántas flores deben ser atacadas por los gorgojos antes de que haya efectos netos negativos sobre la cosecha. En un experimento con dos variedades de manzana de mesa ('Golden Delicious' y 'Royal Gala') se eliminaron entre una y tres de las cinco flores de una inflorescencia y se descubrió que, cuando quedaban al menos tres flores, el cuajado y el rendimiento eran similares en inflorescencias



Figura 2.- Ataque de gorgojo en 2015 y 2016. Cada punto corresponde a una de las 17 pumaradas que fueron muestreadas ambos años. La línea roja vertical representa un ataque del 15% en 2015, y la horizontal del 25% en 2016. Todas las fincas menos una están por debajo de esos niveles de daño. El nivel de daño entre años se correlacionó positivamente ($r=0,74$; $P<0,001$).



manipuladas y no manipuladas (Miranda et al., 2005). Sólo se observó una reducción del rendimiento cuando quedaron dos o menos flores por racimo. Así que, en teoría, la producción no se vería comprometida a menos que el ataque de gorgojo superase el 40% (2 de cada 5 flores), situación que no detectamos en nuestro estudio: en 2015, todas las pumaradas menos una sufrieron ataques menores al 15% y en 2016, todas menos una estuvieron por debajo del 25% (Figura 2).

Otro factor que reduce la variabilidad de la cosecha es que las manzanas son más pesadas cuando la carga de fruta es menor, debido a la menor competencia entre los frutos (Miranda et al., 2005). La carga afecta a su vez al retorno floral del año siguiente: cargas altas de manzana inhiben la inducción floral y, por lo tanto, la producción de fruta al año siguiente. Así pues, el ataque del gorgojo podría tener incluso un efecto de aclareo de flores que disminuyese el número de frutos por inflorescencia, amortiguando así la alternancia bianual de cosechas (vecería). De hecho, esta alternancia es un problema clave en Asturias, donde la producción anual de manzana en pumaradas individuales, y también a escala regional, puede variar más de cinco veces entre años consecutivos.

Con estos resultados y los argumentos anteriores, no podemos afirmar que el gorgojo suponga un grave impacto económico en los manzanos asturianos. Dicho esto, se necesita más investigación para cuantificar el efecto real del ataque del gorgojo sobre el cuajado, el rendimiento y la regularidad productiva para comprender mejor la importancia de esta plaga y establecer umbrales económicos de daño.

¿Cuáles son los enemigos naturales que controlan esta plaga?

Para estudiar los diferentes enemigos naturales de los gorgojos aplicamos diferentes enfoques y escalas espacio-temporales. Para estudiar el parasitismo que sufren las larvas mientras se desarrollan en el interior de las flores, hicimos muestreos en las 23 pumaradas y en los dos años de estudio. Para evaluar la depredación que sufren los gorgojos adultos por parte de aves y artrópodos depredadores, hicimos experimentos antes y después de floración. Nuestros resultados mostraron que parasitoides, aves y artrópodos depredadores atacan a los gorgojos en distintos momentos de su ciclo vital, y que tienen un efecto aditivo que ayuda a controlar la plaga (Figura 3).

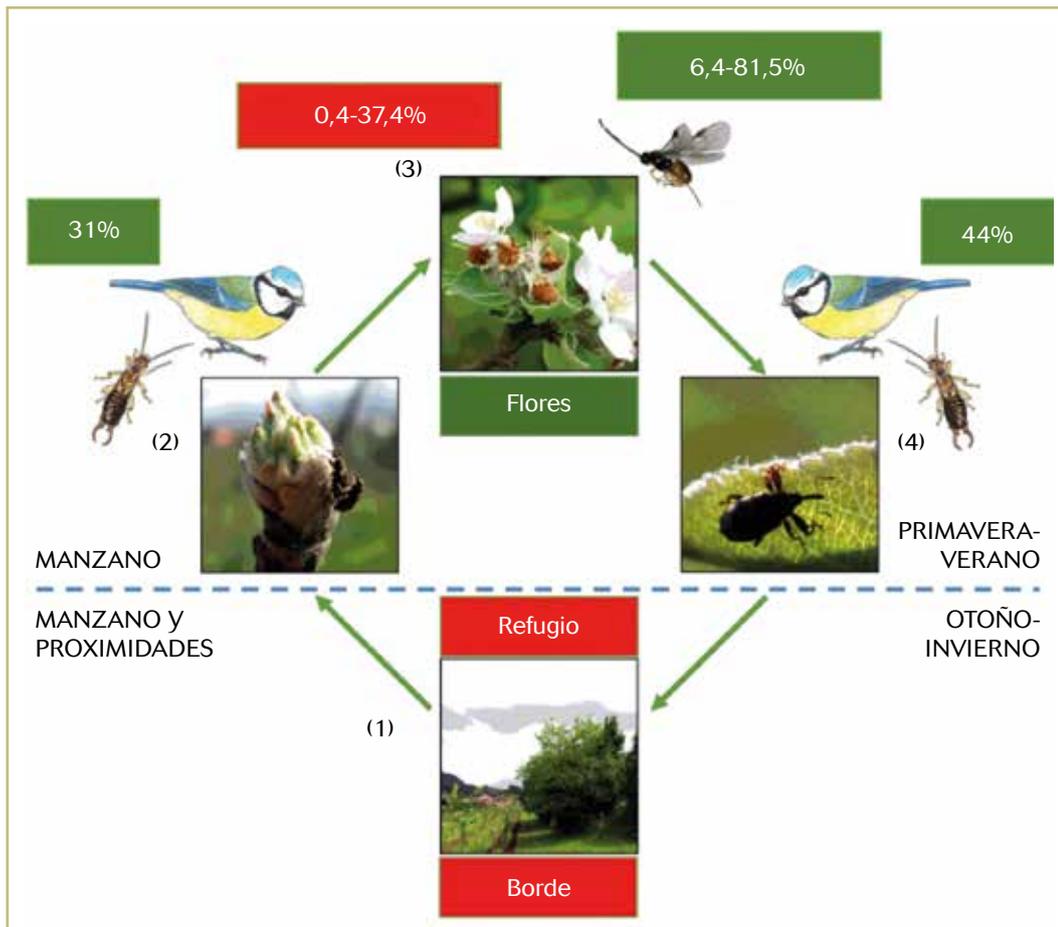


Figura 3.- Resumen del ciclo de vida del gorgojo y de los factores que afectan a sus poblaciones. En rojo se señalan los factores que favorecen al gorgojo, y por tanto perjudican al productor de manzana, y en verde, lo contrario.

(1) El gorgojo pasa el invierno como adulto, preferiblemente escondido bajo la corteza de los manzanos u otros árboles cercanos. La presencia de dichos refugios invernales favorece las poblaciones de gorgojos.

(2) A principios de primavera, los adultos abandonan los cuarteles de invierno y se alimentan de manzanos perforando las yemas hinchadas, próximas a abrirse, y chupando los jugos. Alternan la alimentación y el descanso durante varios días hasta que se produce la cópula y la puesta de huevos. Estos adultos son atacados por aves y artrópodos, que eliminan hasta el 31% de la población.

(3) Al inicio de la floración (estado D-E), las hembras ponen los huevos en los botones de flor. Cuanto mayor sea la cantidad de flor, menor es el porcentaje de daño del gorgojo, por un efecto de dilución. Las larvas se alimentarán de las partes reproductivas de la flor impidiendo su desarrollo.

En este momento, las larvas son atacadas por parasitoides, que en algunos casos matan hasta el 81 % de las mismas.

(4) Finalmente, las larvas pupan dentro de la flor y emerge una nueva generación de adultos. Estos adultos jóvenes se alimentan durante varios días en el envés de las hojas del manzano antes de buscar los refugios de invierno. En esta etapa, vuelven a ser atacados por depredadores, que eliminan casi la mitad de la población.

©Fotos Marcos Miñarro y dibujos Daniel García.

Los parasitoides estuvieron presentes en todas las pumaradas, con un total de siete especies atacando a las larvas del gorgojo (Figura 4), y con hasta cinco especies a la vez en una misma pumarada. El ataque de los parasitoides afectó al 6,4-81,5% de las larvas de gorgojo, dependiendo del sitio y del año. En promedio, los parasitoides eliminaron un tercio de los gorgojos (34,1% en 2015 y 32,4% en 2016). Sin embargo, este complejo parasitoides es ineficaz para prevenir el daño en los manzanos en un año dado, ya que atacan a los gorgojos una vez que ya están dentro de las flores, y por tanto éstas ya están dañadas. Dicho esto, hay que señalar que los parasitoides sí contribuirían a reducir la población de gorgojos (un tercio en promedio) de un año para otro.

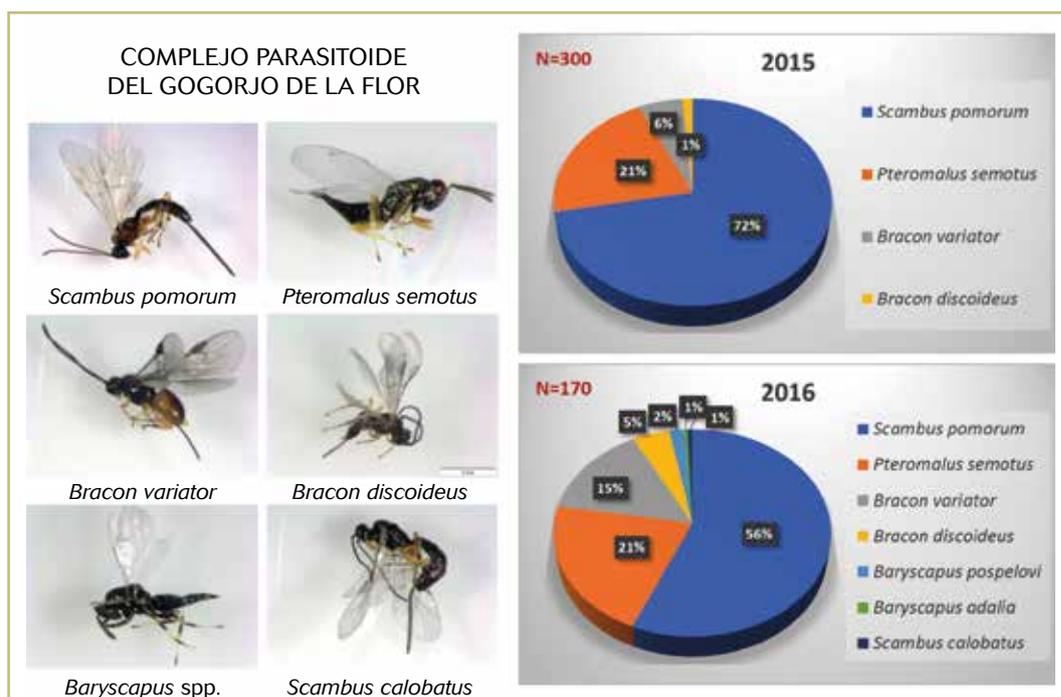
Aves y artrópodos depredaron sobre los gorgojos adultos, eliminando hasta el 31% de los adultos antes de floración y el 44% tras la floración. Así pues, estos depredadores reducen los daños a las

flores tanto en un año dado (al evitar la puesta de huevos) como al año siguiente (al disminuir la población de gorgojos tras la floración). Además de eliminar gorgojos adultos, se sabe que las aves también abren capullos florales para alimentarse directamente de las larvas de gorgojo, aunque nosotros no hemos cuantificado este efecto. Los resultados del presente estudio sobre depredación de aves están respaldados por los de otro experimento en estas mismas plantaciones en el que se comprobó que las aves insectívoras tienen un fuerte efecto en la reducción de la población de insectos plaga, gorgojos inclusive (García et al., 2018). Es probable que aves insectívoras abundantes, como los carboneros y herrerillos, las currucas capirotadas y los mosquiteros, sean las principales especies de aves depredadoras de gorgojo. Entre los artrópodos que podrían depredar sobre el gorgojo estarían hormigas, arañas o tijeretas, todos ellos abundantes en nuestras pumaradas (Miñarro et al., 2011).



Figura 4.- Complejo parasitoide del gorgojo de la flor del manzano. Se representan las siete especies parasitoides (*Baryscapus* spp. representa a dos especies) y la abundancia relativa de cada una en los dos años de muestreo.

©Marcos Miñarro



Las tasas de parasitismo (6,4-81,5%) y de depredación observadas (31-44 %) son lo suficientemente altas como para considerar que estos enemigos naturales ejercen en su conjunto un efecto de regulación sobre la dinámica poblacional del gorgojo.

¿Cuáles son los factores que determinan el nivel de ataque del gorgojo?

Las pumaradas estudiadas recibieron en general pocas o ninguna aplicación pesticida (entre 0 y 2 al año), aunque ninguna contra el gorgojo, por lo que no esperamos que la variación tan amplia en los niveles de ataque de gorgojo (0,4-37,4%) tuviese relación con el uso de pesticidas. Por el contrario, sí identificamos otros factores, tanto a escala local (plantación) como paisajística, que explican esas diferencias en el nivel de ataque.

En primer lugar, el nivel de floración es el principal responsable de las diferencias interanuales en el daño del gorgojo. Como ya se ha comentado y es de sobra conocido, la producción de manzana en Asturias sufre una marcada vecería, resultando los años impares mucho más pro-

ductivos que los pares. En 2015, un año de floración intensa, el ataque de gorgojos para el global de plantaciones fue menor (8,0%) que en 2016 (14,7%), un año de floración escasa. Esta caída en la tasa de ataque en el año de abundante floración parece el resultado de un efecto de dilución: un mismo número de flores atacadas (el gorgojo no parece poder aumentar el número de adultos y larvas de forma drástica de un año para otro) en relación a un mayor número total de flores iniciales lleva necesariamente a un menor porcentaje de daño. Este mismo efecto de dilución se observó a nivel de plantación: el ataque del gorgojo disminuyó al aumentar el nivel de floración en las pumaradas, es decir, las pumaradas con mayor cantidad de flores presentaron niveles de ataque de gorgojo menores (Figura 5A).

El paisaje que rodea la pumarada también afecta al nivel de ataque del gorgojo. En primer lugar, el porcentaje de flores atacadas aumentó con la extensión cubierta por pumaradas alrededor de las plantaciones. Dicho de otro modo, pumaradas rodeadas por otras pumaradas cercanas sufrieron mayores niveles de daño (Figura 5B). Esto se explica porque el antonomo es una plaga especialista, que utiliza el manzano para

alimentarse, aparearse, reproducirse y refugiarse durante el invierno y, por lo tanto, es razonable esperar un aumento en sus poblaciones relacionado con una mayor cobertura de su hospedador, el manzano. En segundo lugar, la cobertura de vegetación leñosa (bosques, sebes, árboles aislados) alrededor de las plantaciones también tuvo un efecto positivo en el ataque de gorgojos (Figura 5C), y es que ese tipo de vegetación ofrecería refugio invernal para los gorgojos adultos, que frecuentemente hibernan bajo la corteza de distintos árboles. Por último, el ataque del gorgojo disminuyó con la distancia de los manzanos al borde de la plantación (Figura 5D). Al final del invierno, los gorgojos viajan desde sus refugios boscosos hasta las pumaradas, donde tendrá lugar la reproducción. El gorgojo es bastante sedentario, y tiende a permanecer en el primer manzano que coloniza (que suele ser de los más

próximos al borde) o a moverse sólo distancias cortas. Este tipo de patrón de colonización explicaría el efecto borde detectado en nuestro estudio.

En resumen, todas estas características que explican las diferencias en la incidencia del gorgojo entre pumaradas reflejan la importancia de la disponibilidad de recursos para alimentarse (yemas y hojas del manzano), para la reproducción (flores del manzano) y para la hibernación (vegetación leñosa, incluyendo al propio manzano) para la prevalencia de esta plaga (Figura 3).

En contraste con los resultados para los gorgojos, e inesperadamente, no detectamos ningún factor que explicase las variaciones en la abundancia o la riqueza de los parasitoides. En otros trabajos hemos evaluado qué factores locales y paisajísticos afectaban a los depredadores de los

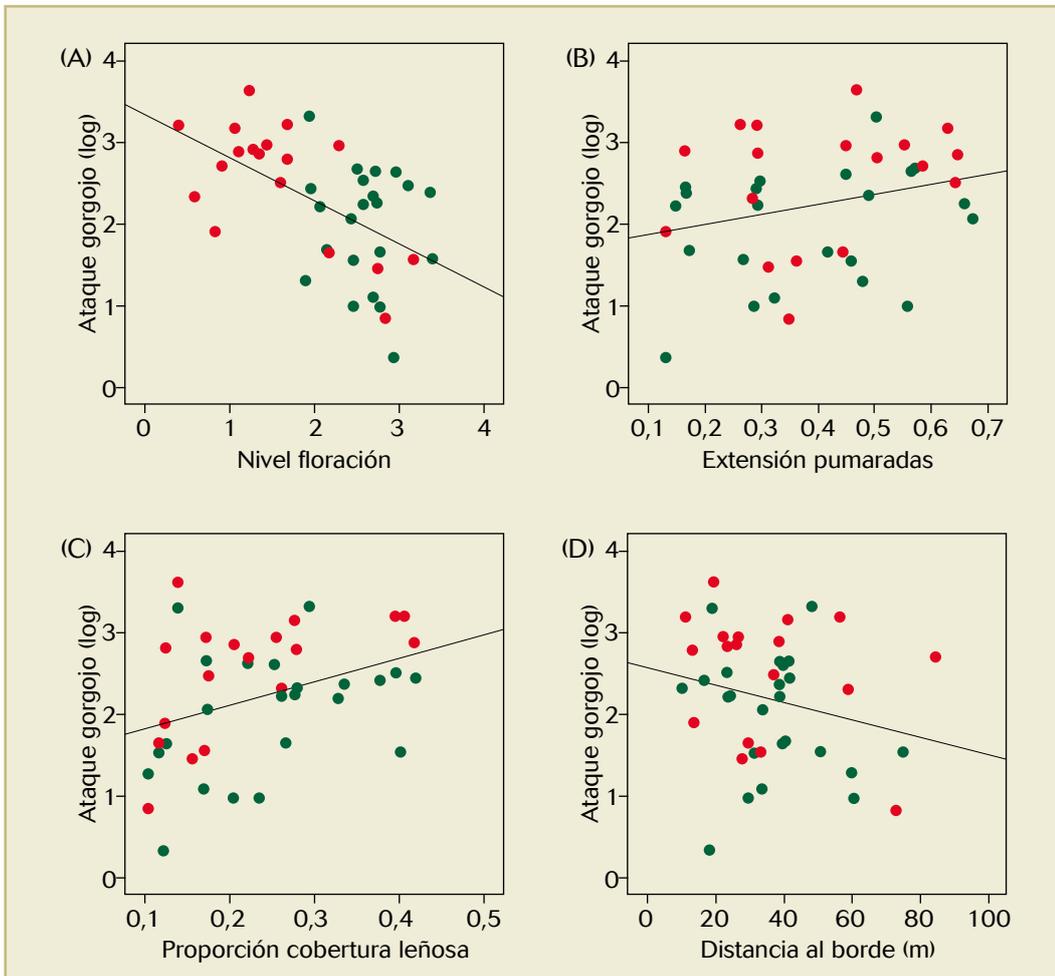


Figura 5.- Efecto de factores locales y paisajísticos sobre el ataque de gorgojo. Efectos de (A) el nivel de floración, (B) la extensión de pumaradas en un radio de 125 m, (C) la proporción de rodales de bosque y setos en un radio de 1 km, y (D) la distancia al borde de la plantación. Los puntos indican distintas pumaradas, con distintos colores para distintos años (verde: 2015; rojo: 2016). Las rectas indican la tendencia de la relación (todas $P < 0.05$, en modelos lineales generalizados mixtos).



gorgojos adultos. Por ejemplo, la abundancia y riqueza de aves insectívoras en estas mismas pumaradas aumenta cuanto más extensos son las copas de los manzanos dentro de las plantaciones y los rodales de hábitats leñosos alrededor de las plantaciones (García et al., 2018). La diversidad de artrópodos depredadores como arañas, hormigas o tijeretas también está influenciada por las características del paisaje y por el manejo de la plantación (Miñarro et al., 2009; Lefebvre et al., 2017).

Recomendaciones de manejo

Nuestros resultados sugieren que el gorgojo de la flor del manzano no es una amenaza agronómica grave en Asturias y que, gracias a la diversidad funcional de los enemigos naturales, las pumaradas disponen de un mecanismo de control biológico suficientemente eficaz como para mantener la plaga en niveles no dañinos. Además, los niveles de esta plaga son predecibles porque el porcentaje de flores dañadas dependerá del daño del año anterior. Esto tiene dos implicaciones de manejo. En primer lugar, permite a los productores predecir el nivel de daño en su pumarada y tomar decisiones en base a esa predicción. En segundo lugar, si se logra un buen control de la población probablemente no se necesiten más medidas de control durante algunos años, hasta que la densidad del gorgojo pueda volver a aumentar.

Los resultados también indican la necesidad de gestionar el paisaje, aunque se reconoce que la gestión a una escala tan grande está generalmente fuera del alcance del productor. Aunque el paisaje boscoso alrededor de las pumaradas puede proporcionar un entorno adecuado para el gorgojo, estaría también favoreciendo la biodiversidad de aves insectívoras y artrópodos depredadores, que contribuyen decisivamente en el control de todas las plagas del manzano, incluido el gorgojo (García et al., 2018). Por lo tanto, el papel del paisaje debe evaluarse de forma integradora, como un balance entre servicios ecosistémicos positivos (control de plagas, polinización) y negativos (promoción de algunas plagas como el gorgojo).

Como estrategia general para incrementar la presencia de enemigos naturales y promover así el control biológico de las plagas se recomienda una intensificación ecológica a nivel de finca. Por ejemplo, las cajas nido para pájaros insectívoros (ver detalles de ocupación en pumaradas y un posible diseño de caja nido en Miñarro, 2009) pueden promover el control biológico de plagas agrícolas (Benayas et al., 2017). Otras medidas de manejo, como la conservación de las sebes o de flores en el suelo de la pumarada o sus alrededores, también favorecen la biodiversidad de enemigos naturales que controlan las plagas.

Finalmente, los insecticidas sólo deben considerarse en casos de ataque muy intenso. En este caso se recomienda: 1) aplicar el insecticida el año de floración (y producción) escasa, ya que es cuando se registra más daño, cuando más se resiente la cosecha y cuando mejorar la cosecha contribuye más a la regularidad productiva; 2) tener en cuenta el efecto borde (mayor daño en los bordes de la plantación), reduciendo la pulverización desde el borde hacia el centro de la plantación; y 3) realizar la aplicación después de que los adultos hayan colonizado el cultivo y antes de que ocurra la puesta de huevos, y preferiblemente en días cálidos, cuando los adultos son más activos (los insecticidas se dirigen sobre todo a eliminar a los adultos).

Agradecimientos

A los proyectos INIA RTA2013-00139-C03-01 (MinECo y FEDER) y PCIN2014-145-C02-02 (MinECo, BiodivERsA-FACCE2014-74) y CGL2015-68963-C2-2-R (MinECo) por la financiación. A Kent Twizell, David Luna, Carlos Guardado, Alejandro González y Alejandro Núñez por su colaboración en la toma de datos. A los técnicos de Campoastur S. Coop. Asturiana por ayudarnos en la selección de las plantaciones. A los productores por dejarnos realizar los ensayos en sus pumaradas. A Vladimir Žikic, Hossein Lotfalizadeh y David Luna por la identificación de las especies parasitoides.

Bibliografía

- 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.
- 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.
- Lefebvre, M., Papaix, J., Mollot, G., Deschodt, P., Lavigne, C., Ricard, J-M., Mandrin, J-F., Franck, P. 2017. Bayesian inferences of arthropod movements between hedgerows and orchards. *Basic and Applied Ecology* 21: 76-84.
- 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., García, D. 2016. Manzana, kiwi y arándano: sin insectos no hay frutos ni beneficios. *Tecnología Agroalimentaria* 18: 4-8. (disponible online: <http://www.serida.org/publicacionesdetalle.php?id=6725&anyo=>).
- 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*. doi.org/10.1007/s10340-018-0976-y.
- Miñarro, M., Espadaler, X., Melero, V.X., Suárez-Álvarez, V. 2009. Organic versus conventional management in an apple orchard: effects of fertilization and tree-row management on ground-dwelling predaceous arthropods. *Agricultural and Forest Entomology* 11: 133-142.
- 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>).
- Miranda, C., Santesteban, L.G., Royo, J.B. 2005. Removal of the most developed flowers influences fruit set, quality, and yield of apple clusters. *HortScience* 40: 353-356.



Figura 6.- El gorgojo de la flor del manzano

Aplicación del análisis de imágenes en la caracterización del fruto de variedades de arándano

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

El fruto del arándano (*Vaccinium* spp) es una baya de color azul dispuesto en racimos más o menos densos. En el mercado hay numerosas variedades disponibles que habitualmente se clasifican atendiendo a la especie (*Vaccinium corymbosum* L., *Vaccinium virgatum* Aiton, o híbridos interespecíficos), a sus requerimientos en horas de frío (mayor o menor de 700 horas) o a la época de producción (temprano, temporada o tardío). Sólo en la Oficina Comunitaria de Variedades Vegetales se han

registrado 117 variedades de *Vaccinium corymbosum* L., 12 de *Vaccinium virgatum* Aiton y 11 híbridos de *V. corymbosum* x *Vaccinium angustifolium* Aiton (consultado el 10-11-2017).

La diferenciación de las variedades de arándano basada en características morfológicas del fruto resulta difícil por el limitado polimorfismo que muestran estas especies (Figura 1). Este tipo de caracterización se apoya en una serie de descriptores o



Figura 1.- Muestra de la variación morfológica de fruto en seis variedades mantenidas en la colección de arándanos del SERIDA.



Powderblue



Brigitta



Nui



Maru



Palmetto



Liberty

Carácter de fruto	Clases fenotípicas			
	muy pequeño	pequeño	medio	grande
Tamaño	muy pequeño	pequeño	medio	grande
Forma sección longitudinal	elíptico	redondo	oblongo	
Porte de los sépalos	erecto	intermedio	semi-erecto	
Curvatura de sépalo	un-curvado	recto	re-curvado	
Diámetro cavidad cáliz	pequeño	medio	grande	
Profundidad cavidad cáliz	poco profunda	media	profunda	
Intensidad de la pruina	muy débil	débil	media	fuerte
Color epidermis	azul claro	azul medio	azul oscuro	rojo azulado

←
Tabla 1.- Lista de rasgos de fruto propuestos por la UPOV para la caracterización y diferenciación de variedades de arándano.

rasgos morfológicos. Así, la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV) propone ocho caracteres (Tabla 1) en los que se diferencian entre tres y cuatro clases cualitativas (UPOV 2016) que no siempre son fáciles de identificar, ya que su valoración tiene una componente subjetiva incluso disponiéndose de variedades de referencia para cada clase fenotípica. Por otro lado, teniendo en cuenta que el fruto de arándano es perecedero, la caracterización simultánea de un elevado número de genotipos resulta impracticable. Por ello, la aplicación de nuevas herramientas que permitan una caracterización del fruto rápida, precisa, eficiente y que, además, faciliten la discriminación entre las variedades resulta de gran interés.

En este trabajo se describen los primeros resultados obtenidos con el uso del análisis de imágenes de frutos de arándano para su caracterización y diferenciación. El método consiste en tomar imágenes de la sección de los frutos de arándano y, con ayuda de un programa informático, obtener diferentes caracteres cuantitativos e índices del fruto a partir de tales imágenes.

Descripción del trabajo

Para desarrollar este trabajo se utilizaron 61 variedades mantenidas en la colección de campo del SERIDA durante la campaña 2016. Se tomaron 20 frutos maduros por variedad procedentes de dos fechas recolección. Los frutos se mantuvieron 24-48 horas en frío a 4-7°C y oscuridad, se cortaron longitudinalmente y sus imágenes se digitalizaron con un

escáner a una resolución de 200 dpi. A partir de estas imágenes se obtuvieron los siguientes caracteres morfológicos básicos de fruto utilizando el programa Tomato Analyzer (Brewer et al., 2006): **perímetro del fruto (cm)**, **área del fruto (cm²)**, **ancho a media altura (cm)** y **altura a media anchura (cm)**. También se estimaron tres índices relacionados con la forma del fruto: **elipsoidal** (error del ajuste del perímetro del fruto a una elipse/área del fruto), **circular** (error del ajuste del perímetro del fruto a una circunferencia/área del fruto) y **rectangular** (área del rectángulo externo al fruto/área del rectángulo interno del fruto). Finalmente, se registró digitalmente el color del fruto como los valores del espacio tridimensional de color CIELab donde: **color L*** representa el nivel de luminosidad (+L*) / oscuridad (-L*); **color a*** representa el nivel de color rojo (+a*) a verde (-a*) y **color b*** representa el nivel de color amarillo (+b*) a azul (-b*). Para la identificación de grupos de variedades con rasgos significativamente diferenciados se realizó un análisis cluster combinado con un análisis de componentes principales y los resultados se visualizaron en un cluster-plot (R Core Team 2016).

Resultados obtenidos

Los resultados revelaron una amplia variación en el juego de variedades analizadas para los caracteres relacionados con las dimensiones del fruto. Para el perímetro y el área de fruto los menores y mayores valores fueron observados en las variedades Northcountry (3,65 cm y 0,89 cm²) y Denise Blue (6,30 cm y 2,70 cm²), respectivamente. El ancho a media altura

varió entre 1,14 cm de Alapaha y 2,04 cm de Chandler mientras que la altura a media anchura osciló entre 0,81 cm de Northcountry y 1,59 cm de Denise Blue. Con respecto a los índices relacionados con la forma del fruto, la mayor variación se observó para el índice de circularidad que osciló entre 0,06 en las entradas Powderblue, Alapaha, Aron y Pink Limonade y 0,18 de Cosmopolitan. Los valores bajos de este índice indican un buen ajuste al círculo. El índice elipsoidal apenas mostró variación entre variedades, oscilando desde 0,03 de Denise Blue y Blue Pearl hasta 0,09 de Columbus, a pesar de que a simple vista se observa variación, existiendo variedades de frutos redondos y otras de frutos oblongos. Finalmente, para el índice rectangular se encontraron unos valores intermedios que oscilaron entre 0,51 de Pink Limonade y 0,58 de Duke, Nui II y Cosmopolitan, lo que indica que en todos los casos la forma del fruto dista de la rectangular.

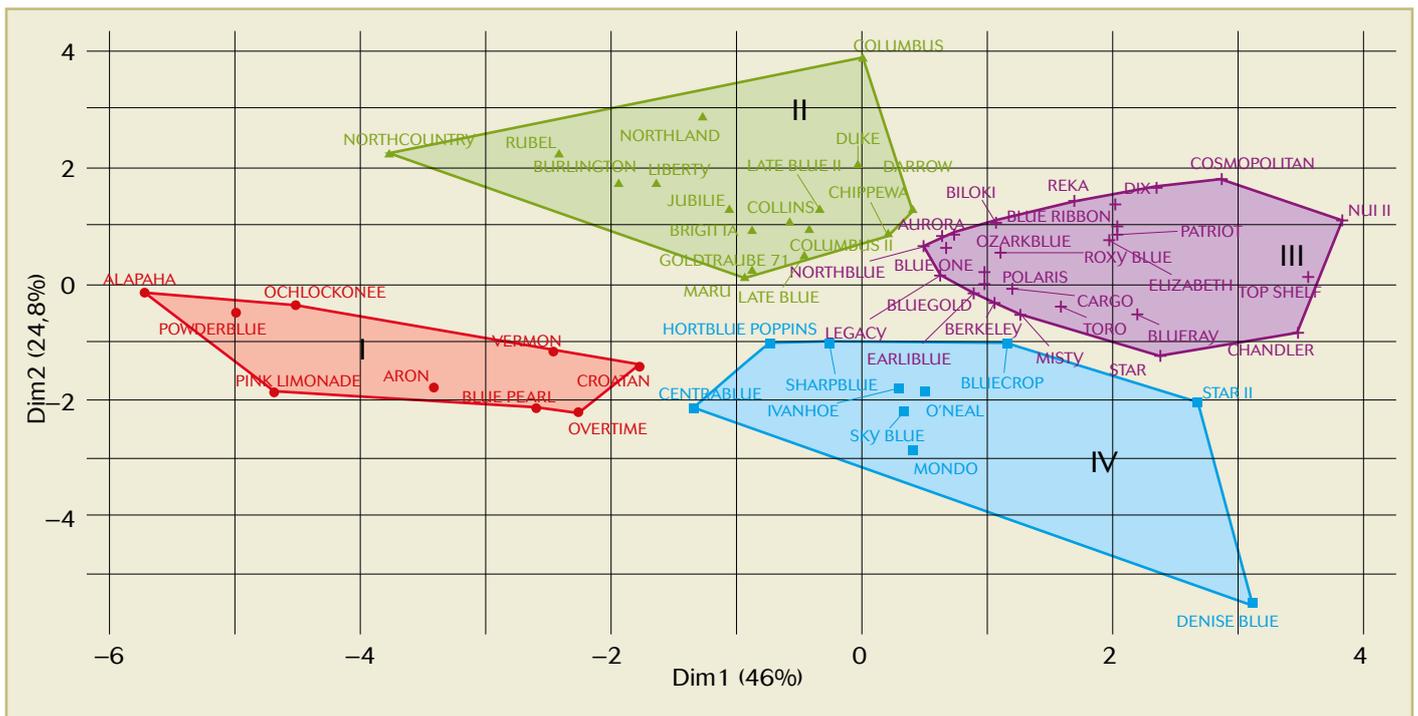
Respecto al color, para la dimensión L* se encontraron valores positivos entre 39,3 en Alapaha y 56,68 en Denise Blue. Para la dimensión a* se observaron valores que oscilaron entre -2,85 de Star II y 8,85 de Pink Limonade, una variedad que tiene fruto de color naranja. La mayor parte de las variedades tienen unos valores

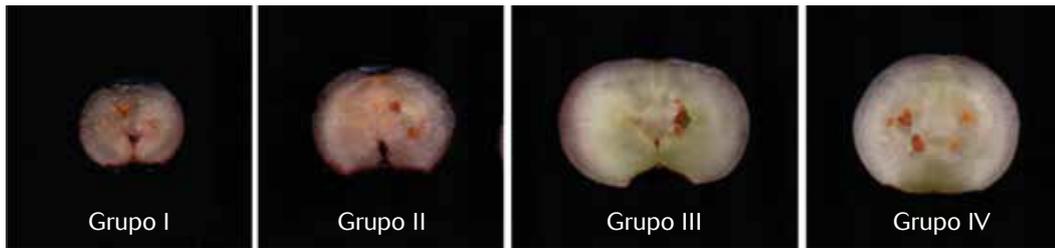
negativos (verdes) o próximos a cero. Finalmente, los valores para el eje b* fueron positivos (azules) y oscilaron entre 5,70 de Aron y 22,14 de Star.

El análisis cluster combinado con el análisis de componentes principales reveló cuatro grupos principales que explican el 70,8% de la variación total (Figura 2). Las características principales de fruto que definen cada uno de los grupos son:

- **Grupo I**, constituido por 9 variedades, en su mayor parte pertenecientes a la especie *V. virgatum*, con frutos pequeños y circulares (Figura 3). Además, este grupo presenta los mayores valores para la dimensión de color a*, es decir, tiene tonalidades más rojizas en el interior del fruto.
- **Grupo II**, formado por 17 variedades que, en general, presentan frutos de un tamaño medio y poco circulares (Figura 3). Además, este grupo presenta valores intermedios para la dimensión de color a* del interior del fruto aunque no significativamente diferentes del grupo I.
- **Grupo III**, constituido por 25 variedades con frutos grandes y oblongos

Figura 2.- Cluster-plot mostrando la distribución de las variedades de arándano atendiendo a las dos principales componentes identificadas en el análisis de componentes principales y a los cuatro principales grupos detectados en el análisis cluster.





(Figura 3). En cuanto al color presentan los valores a^* más bajos, que se corresponden con tonalidades verdosas.

- **Grupo IV**, constituido por 10 variedades con frutos grandes pero más circulares que los del Grupo III (Figura 3). También presentan valores bajos para la dimensión de color a^* .

Conclusiones

Este trabajo muestra que el análisis de imágenes de fruto con el software Tomato Analyzer en la caracterización de arándano ofrece la posibilidad de:

- Medir más rasgos que en una caracterización manual clásica. Fue posible medir de una manera fiable 4 caracteres de dimensiones de fruto (perímetro, área, ancho y altura), tres índices y tres caracteres de color del interior del fruto (L^* , a^* y b^*), si bien este software permite registrar más caracteres.
- Incrementar la eficiencia de la caracterización, ya que es posible medir más rasgos en menor tiempo.
- Caracterizar frutos fuera de estación. La toma de imágenes se realiza en la época de cosecha pero el análisis de las imágenes puede realizarse en cualquier época del año.
- Minimizar la subjetividad de las caracterizaciones clásicas, dado que este tipo de caracterizaciones no implican valoraciones del técnico.

Sin embargo, también se observaron ciertas limitaciones del software en la medida de los rasgos del fruto definidos por la UPOV como profundidad de la cavidad del cáliz, diámetro de la cavidad del cáliz y la forma de los sépalos. Estos aspectos probablemente tengan algún efecto también en las estimaciones de los índices elipsoidal y circular. En todo caso, los resultados facilitan la caracterización de la colección de arándanos reunida en el SERIDA, así como los numerosos híbridos seleccionados en el programa de mejora que se está desarrollando.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado en parte con el proyecto RTA2013-0076-C0-00. Los autores agradecen el apoyo en la digitalización de las imágenes de Monserrat Movilla y Marcos Bueno. Ana Campa es beneficiaria de un Doc-INIA (DR13-0222).

Referencias bibliográficas

- Brewer MT, L Lang, K Fujimura, N Dujmovic, S Gray, E van der Knaap. 2006. Development of a controlled vocabulary and software application to analyze fruit shape variation in tomato and other plant species. *Plant Physiol.* 141(1), 15-25
- R Core Team 2016. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>
- UPOV. 2016. Blueberry. Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability http://www.upov.int/edocs/mdocs/upov/en/twf_47/tg_137_5_proj_2.pdf



Figura 3.- Sección de los frutos de cuatro variedades de arándano que representan los grupos I (variedad representativa Ochlockonee), II (Columbus), III (Chandler) y IV (Denise Blue) detectados en el cluster-plot.



Reproducción continua de la rata topera en pomaradas asturianas

AITOR SOMOANO GARCÍA. Área de Cultivos Hortofrutícolas y Forestales. Programa de Investigación en Fruticultura. SERIDA. aitors@serida.org
JACINT VENTURA QUEIJA. Universitat Autònoma de Barcelona. Facultat de Biociències, Departament de Biologia Animal, de Biologia Vegetal i d'Ecologia. jacint.ventura.queija@uab.cat
MARCOS MIÑARRO PRADO. Área de Cultivos Hortofrutícolas y Forestales. Programa de Investigación en Fruticultura. SERIDA. mminarro@serida.org

La rata topera (*Arvicola scherman*; anteriormente *Arvicola terrestris*) es una especie ampliamente extendida en Asturias que habita principalmente plantaciones de frutales y prados desde el nivel del mar hasta las montañas. En las pomaradas se alimenta de las raíces de los manzanos (Figura 1) causando importantes pérdidas económicas. De hecho, los daños producidos por este roedor constituyen en la actualidad uno de los principales factores limitantes del cultivo del manzano en Asturias. Dos artículos publicados previamente en esta misma revista (Miñarro y Dapena 2010, Miñarro *et al.* 2013) ofrecían información básica para diferenciar las especies de micromamíferos presentes en las pomaradas de Asturias

y para reconocer los indicios en superficie derivados de la actividad cavadora de la rata topera, el topillo lusitano (*Microtus lusitanicus*) y el topo ibérico (*Talpa occidentalis*). El presente artículo tiene como objetivo profundizar en el conocimiento de la biología de la rata topera, aportando información relevante sobre su reproducción en las plantaciones de manzano (Somoano *et al.* 2016, 2017). Conocer en detalle las características reproductivas de una especie plaga es fundamental para mejorar e implementar métodos de control sostenibles (Somoano 2017). En este sentido, se discuten las implicaciones prácticas de nuestros resultados para el control poblacional de la rata topera.



Figura 1.- Daños en manzano producidos por la rata topera.

Para realizar el estudio se analizaron más de 800 ejemplares de rata topera capturados a lo largo de dos años (febrero de 2011-enero de 2013) en pomaradas ubicadas en la Comarca de la Sidra. Se llevaron a cabo prospecciones mensuales con el objetivo de disponer de una muestra bien estructurada en el tiempo (20-47 ejemplares/mes). Las capturas se efectuaron mediante trampas de golpe (Topcat®, Supercat® o pinzas) colocadas en las galerías. De cada individuo se registró el peso corporal, la longitud corporal (cabeza y cuerpo) y la madurez sexual, esta última determinada a partir del desarrollo y estado de los órganos reproductivos. En hembras gestantes se estimó el tamaño de camada a partir del número de embriones implantados.

Dimensiones corporales, madurez sexual y organización social

No hubo diferencias entre sexos ni en el tamaño ni en el peso corporal. Los valores medios de la longitud y el peso corporales de machos y hembras adultos fueron de 130 mm y 82 g, respectivamente (Tabla 1). Los individuos más grandes midieron 167 mm y pesaron 124 g. Teniendo en cuenta a todos los ejemplares de la muestra, se estimó que los machos son sexualmente maduros cuando superan los 122,8 mm de longitud corporal y pesan más de 64,9 g; en el caso de las hembras, cuando éstas sobrepasan los 121,9 mm y los 59,9 g (ver Somoano *et al.* 2017).





Tabla 1.- Longitud y peso corporales de la rata topera según el sexo y el estado de madurez sexual.

Sexo	Madurez sexual	Nº ejemplares	Longitud corporal (mm)		Peso corporal (g)	
			Media	Rango	Media	Rango
Machos	Inmaduros	116	107,6	79,5 - 133,7	45,6	18 - 91
	Maduros	285	131,2	110,3 - 166,8	82,2	48 - 115
Hembras	Inmaduras	106	104,7	75,3 - 127,5	41,7	15 - 80
	Maduras	316	132,6	96,3 - 153,2	81,7	42 - 124

Las madrigueras estaban habitadas por grupos familiares constituidos frecuentemente por una pareja junto con su descendencia. Este hecho, asociado a la ausencia de diferencias en el peso y longitud corporales entre sexos, y un tamaño relativamente pequeño de los testículos, sugiere que la monogamia es el principal sistema de apareamiento en estas poblaciones de rata topera. Tanto el macho como la hembra serían los responsables del mantenimiento y defensa de la madriguera (Quéré 2009).

Ciclo reproductivo

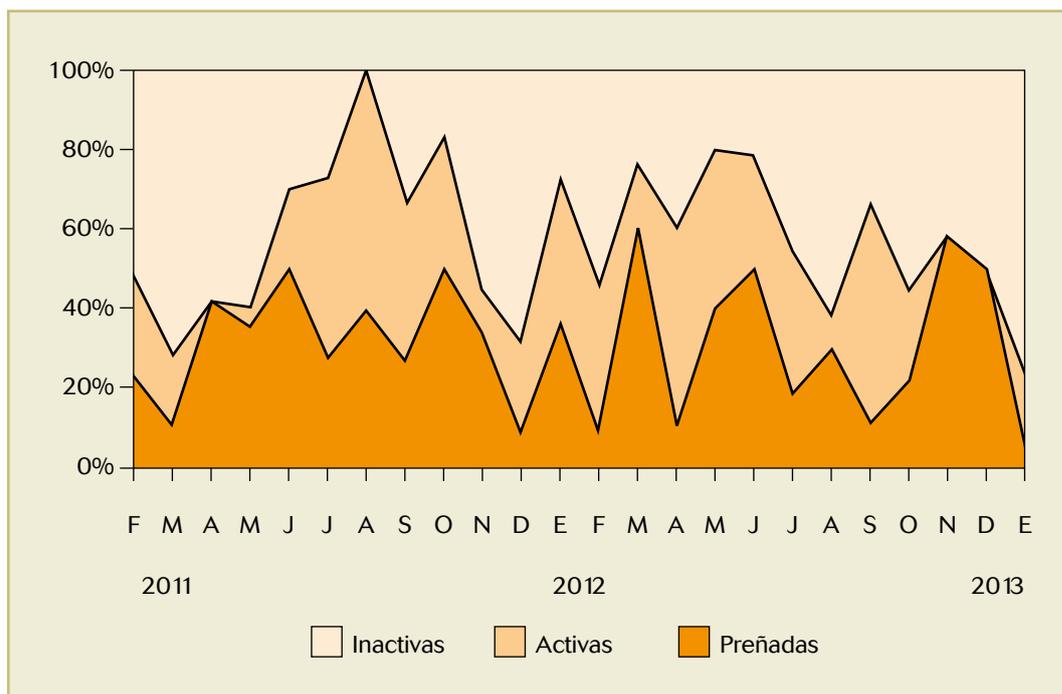
Se observaron tanto machos como hembras de rata topera activos sexualmente durante todo el periodo de estudio. Así, en todos los meses se detectaron tanto hembras gestantes (excepto en enero de 2013) como ejemplares inmaduros (Figuras 2 y 3). Todos estos resultados indi-

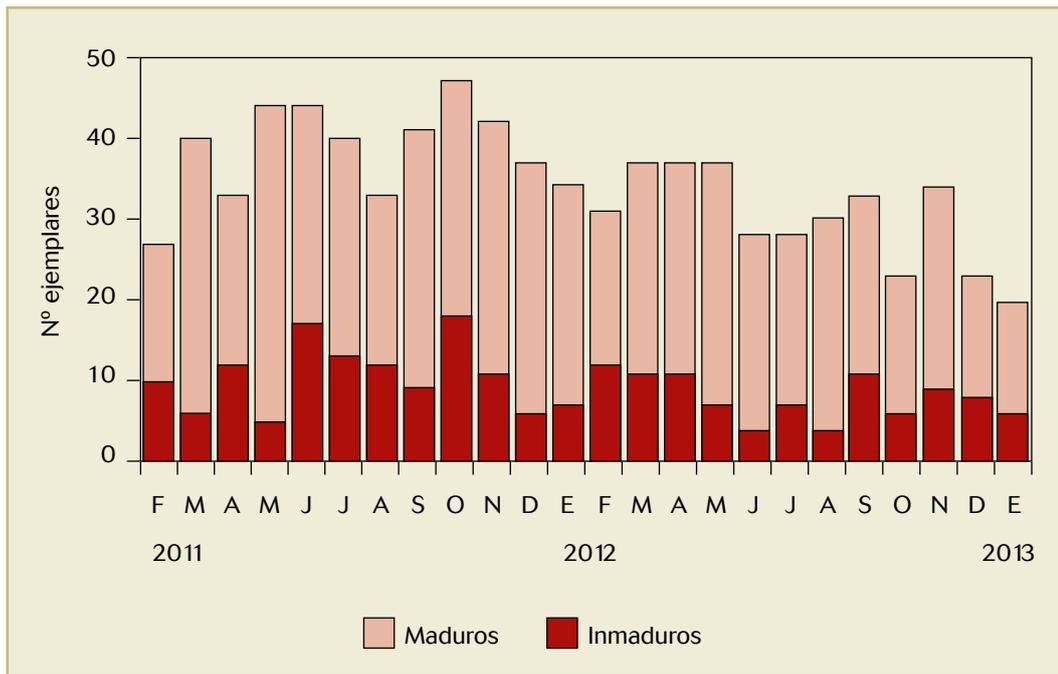
can que la rata topera que habita en las pomaradas asturianas se reproduce continuamente a lo largo del año. Este patrón reproductivo permite que cada hembra madura de rata topera sea capaz de producir 7,3 camadas al año, el mayor valor registrado para esta especie. Cabe señalar que el topillo lusitano, otro roedor plaga de los manzanos, se reproduce también de manera ininterrumpida en las pomaradas de Asturias (Miñarro *et al.* 2017).

Las condiciones ambientales de esta zona agrícola satisfacen todos los requisitos necesarios para que la rata topera pueda reproducirse durante todo el año. Precipitaciones relativamente altas, temperaturas moderadas durante todo el año y suelos fértiles favorecen el establecimiento permanente de una cobertura vegetal densa en las pomaradas, la cual aporta alimento en abundancia. Igualmente, prados y pastos son también hábitats favorables



Figura 2.- Distribución de las hembras maduras de rata topera según su estado de actividad sexual a lo largo del periodo de estudio.



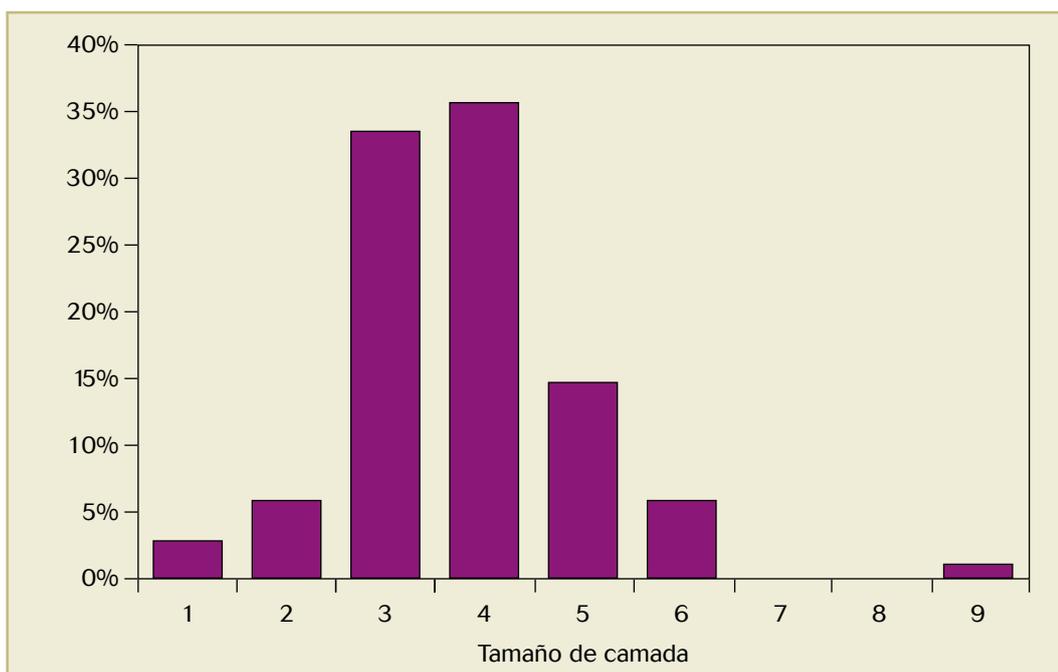


←
Figura 3.- Número de ejemplares de rata topera según su estado de madurez sexual a lo largo del periodo de estudio.

para la rata topera, por lo que el patrón reproductivo observado para esta especie en pomaradas es extrapolable a estos biotopos. No hay registro de otra población europea de rata topera que se reproduzca de manera continua durante todo el año. De hecho, el resto de poblaciones de esta especie cesa o disminuye considerablemente su reproducción durante los meses de invierno debido a la adversidad de las condiciones ambientales.

Potencial reproductivo

Las hembras gestantes tuvieron camadas de entre 1 y 9 embriones, siendo las más frecuentes las formadas por cuatro (35,6%, n = 36) y tres (33,7%, n = 34) embriones (Figura 4). El tamaño de camada medio fue de 3,9 embriones por hembra, un valor relativamente bajo si se compara con el observado para esta especie en otras partes de Europa. En Pirineos, por



←
Figura 4.- Porcentaje de hembras gestantes de rata topera según el tamaño de camada.



ejemplo, las ratas toperas cesan su reproducción en invierno y presentan un tamaño de camada superior (4,5 embriones; Ventura y Gosálbez 1990) al registrado en Asturias. De esta manera, un mayor tamaño de camada permite compensar un menor número de gestaciones asociado a una temporada de cría más corta. Por el contrario, una temporada de cría más larga se asocia con un tamaño de camada menor y con un incremento de las probabilidades de supervivencia de las crías (Mappes *et al.* 1995), tal y como es probable que ocurra en las poblaciones asturianas de rata topera. No obstante, nuestros resultados muestran que el tamaño de camada aumenta en hembras con una mejor condición corporal (mayor acumulo de reservas de energía) (Figura 5). Estas hembras afrontarían la gestación y la cría de la descendencia con mayores garantías.

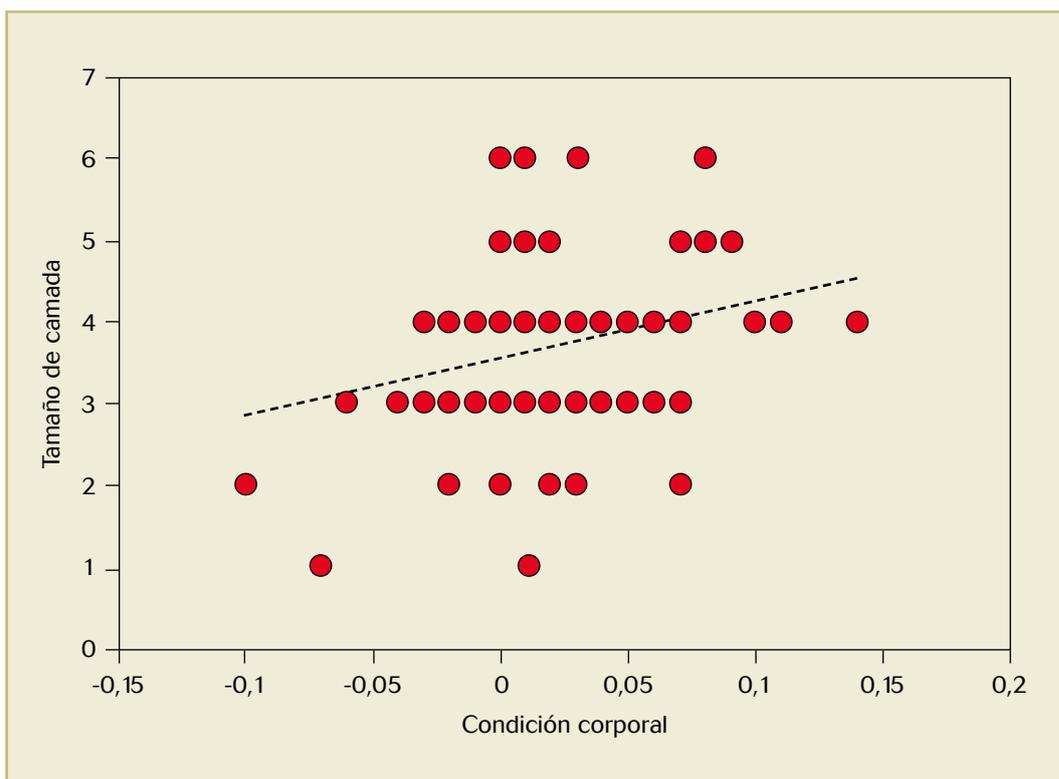
A partir del tamaño de camada y del número de gestaciones potenciales al año, se estima que el número potencial de crías por hembra y año en las plantaciones de manzano es de 28,2, un valor algo mayor al registrado en poblaciones pirenaicas (23,5). Si tenemos en cuenta que cada hembra alcanza la madurez sexual aproximadamente a las 10 semanas

de vida, que el tiempo de gestación y lactancia comprenden unas seis semanas y que la mitad de las crías de cada camada serán hembras (la sex-ratio en esta población es 1:1), a partir de una única hembra colonizadora y considerando el conjunto de sus descendientes se podrían llegar a producir unos 170 nuevos individuos en un solo año. Este cálculo es maximalista porque considera condiciones óptimas y ausencia de depredación, enfermedades u otras causas de mortalidad; pero sirve de referencia para remarcar el potencial reproductor de este roedor.

Implicaciones para el control poblacional de la plaga

Una recomendación habitual para el manejo de la rata topera en Asturias era aumentar los esfuerzos de control poblacional durante el invierno con el fin de iniciar la primavera, considerada hasta ahora la principal época de cría, con el menor número posible de ejemplares reproductores. Los resultados obtenidos indican, sin embargo, que es necesario desestacionalizar el control, puesto que la rata topera se reproduce de manera

→ **Figura 5.-** Correlación entre la condición corporal y el tamaño de camada en la rata topera.



continuada durante todo el año. Esto implica un crecimiento poblacional regular a través de la incorporación constante de nuevos ejemplares nacidos en una misma parcela o bien llegados de alguna otra cercana. Sería recomendable por tanto controlar las poblaciones de este roedor de manera ininterrumpida o bien periódicamente pero a lo largo de todo el año y no en periodos concretos. Hasta ahora, el control poblacional de esta especie en Asturias se venía realizando principalmente mediante la colocación manual de venenos rodenticidas o trampas de golpe en las madrigueras. Conviene recordar que la utilización de venenos anticoagulantes en explotaciones agrícolas está prohibida por la legislación europea (MAPAMA 2017).

En el caso de utilizar trampas de golpe es recomendable mantener las trampas en las galerías hasta conseguir eliminar a todos los integrantes de la unidad familiar que, cabe recordar, está compuesta por la pareja reproductora y sus descendientes. En este sentido, hay que señalar que se han encontrado hasta siete individuos en una misma madriguera. Dado el gran potencial reproductivo de la especie, cada ejemplar eliminado contribuirá a reducir la infestación en la parcela. Además, hay que tener en cuenta que la eliminación de alguno de los miembros de la pareja supone el cese de la reproducción temporalmente. Por otro lado, conviene recordar que tanto la rata topera como el topo producen acúmulos de tierra en superficie, hecho que puede confundir al neófito (Miñarro *et al.* 2013). Una identificación adecuada de estos indicios de actividad es esencial para aumentar la efectividad de capturas de rata topera y, a su vez, evitar la captura indeseable del topo ibérico, una especie protegida y que no causa daños a los manzanos.

Agradecimientos

A los propietarios que nos permitieron capturar roedores en sus pomaradas. A la Consejería de Educación y Ciencia

del Principado de Asturias, FEDER, Caja Rural de Gijón, CADAE y AACOMASI (proyecto FICYT PC2010-52) y al Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (Beca FPI-INIA y proyecto RTA 2010-00121-C02-01) por la financiación.

Referencias bibliográficas

- MAPAMA 2017. Registro de productos fitosanitarios. En internet: <http://www.mapama.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/productos_fitosanitarios/registro/menu.asp>.
- Mappes, T., Koskela, E., Ylonen, H. 1995. Reproductive costs and litter size in the bank vole. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 261: 19-24.
- Miñarro, M., Dapena, E. 2010. Roedores que dañan los manzanos. *Tecnología Agroalimentaria* 8: 11-16.
- Miñarro, M., Dapena, E., Montiel, C. 2013. Cómo identificar la presencia de roedores perjudiciales para el manzano. *Tecnología Agroalimentaria* 11: 21-24.
- Miñarro, M., Somoano, A., Ventura, J. 2017. Intra-annual continuous reproduction of the apple pest *Microtus lusitanicus*: implications for management. *Crop Protection* 96: 164-172.
- Quéré, J.P. 2009. Position systematique et éléments de la biologie du campagnol terrestre. En: *Le campagnol terrestre. Prévention et contrôle des populations* (eds Delattre P., Giraudoux P.), pp. 27-30. Éditions Quæ, Versailles Cedex, Francia.
- Somoano, A. 2017. Biology and population genetics of *Arvicola scherman cantabrieae* (Rodentia, Arvicolinae). Tesis Doctoral, Universidad de Oviedo, 141 pp.
- Somoano, A., Miñarro, M., Ventura, J. 2016. Reproductive potential of a vole pest (*Arvicola scherman*) in Spanish apple orchards. *Spanish Journal of Agricultural Research* 14: e10xx.
- Somoano, A., Ventura, J., Miñarro, M. 2017. Continuous breeding of fossorial water voles in northwestern Spain: potential impact on apple orchards. *Folia Zoologica* 66: 37-49.
- Ventura, J., Gosálbez, J. 1990. Reproduction potential of *Arvicola terrestris* (Mammalia, Rodentia) in the Northeast of the Iberian Peninsula. *Zoologischer Anzeiger* 225: 45-54.

Minipropagación de plantas forestales

ÂNGELO KIDELMAN DANTAS. Área de Cultivos Hortofrutícolas y Forestales. Programa Forestal. Kidelman3@hotmail.com

JUAN MAJADA. Centro Tecnológico y Forestal de la Madera (CETEMAS). jmajada@cetemas.es

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

ISABEL FEITO DÍAZ. Área de Cultivos Hortofrutícolas y Forestales. Programa Forestal. ifeito@serida.org

Introducción

La reproducción asexual vegetal es posible debido a que cada célula de la planta contiene la información genética necesaria para generar la planta entera. Esta propiedad para generar un organismo completo se denomina totipotencia (Hartmann y Kester, 1998).

Ante la ausencia de sistemas económicamente viables por métodos biotecnológicos en ciertas especies, la optimización a nivel comercial del enraizamiento de esquejes en especies como el eucalipto se ha conseguido, especialmente, con el desarrollo de la técnica de miniesquejado (Xavier y Wendling, 1998; Wendling et al., 2000), definida como la propagación vegetativa a través de minisetos, no rejuvenecidos previamente "in vitro", pero gestionados intensivamente mediante podas (Wendling y Xavier, 2001). Esta técnica posibilita considerables ganancias, principalmente en el aumento de los índices de enraizamiento, reducción del tiempo de formación de las plantas por el uso de propágulos con mayor grado de juvenilidad y facilita una mejor funcionalidad del sistema radical (Titon et al., 2002).

La técnica de miniesquejado cuenta con un aliado imprescindible que es el uso de los reguladores del crecimiento vegetal, principalmente auxinas, que incrementan el porcentaje de esquejes que forman raíces, el número y calidad de las raíces producidas por esqueje, acelera la iniciación de éstas (Hartmann y Kester, 1998) y uniformiza el enraizamiento (MacDonald, 1995; Hartmann y Kester, 1998). Según Azcon-Bieto y Talon (1993), la mayor probabilidad de formar raíces adventicias en los esquejes

sometidos a diferentes concentraciones de AIB estaría relacionada con el efecto estimulador de la diferenciación en las raíces provocado por las auxinas.

Así, el miniesquejado, como técnica de propagación vegetativa y asociada al uso de reguladores de crecimiento, ha demostrado ser un método eficiente para la propagación de muchas especies forestales, existiendo protocolos de producción comercial para especies como el eucalipto (*Eucalyptus* spp.) (Campinhos, 1987), el pino insignie o de Monterrey (*Pinus radiata* D.), la píceas común o abeto rojo (*Picea abies* (L.) H. Karst) y el pino taeda o pino toro o del Norte de Carolina (*Pinus taeda* L.) (Ritchie, 1991), entre otras. El Programa de Investigación Forestal ha contribuido con la puesta a punto de protocolos para varias especies, de las cuales, las dos más relevantes ya han sido objeto de publicación: *Pinus pinaster* Ait. (Majada et al., 2011; Martínez-Alonso et al., 2012) e híbridos artificiales de *Castanea sativa* Mill. (Dantas et al., 2016). El trabajo que ahora se presenta es un compendio de los resultados de enraizamiento más destacados en los últimos años en este Programa para el pino pinaster (*P. pinaster* Ait.), el cerezo (*Prunus avium* L.), una selección de híbridos artificiales de *C. sativa* Mill. y el tejo (*Taxus baccata* L.).

La necesidad de recurrir a sistemas de multiplicación asexual surge a partir del momento en que contamos con materiales vegetales de calidad genética superior. En Asturias, se promueven el interés por estos materiales superiores a partir de 2003, cuando se inicia la andadura del Programa de Investigación Forestal, que plantea la necesidad de multiplicar

especies forestales de interés por su alto valor añadido, tal como el pino y el castaño; o como base de una posible diversificación en la producción forestal, como es el caso del cerezo, o de conservación de especies emblemáticas, caso del tejo.

En la “Estrategia Española para la Conservación y el Uso Sostenible de los Recursos Genéticos Forestales”, se define que la conservación de los recursos genéticos debe estar dirigida a mantener y preservar aquellos procesos que faciliten la evolución bajo las nuevas condiciones ambientales de los ecosistemas, mediante el mantenimiento de los factores que intervienen en la estructuración de la diversidad genética de las especies. Los planes de actuación recogidos en el marco de la estrategia integran el desarrollo de herramientas y medidas para abordar aspectos concretos de la conservación y el uso sostenible de los recursos genéticos forestales.

El interés en minipropagar en Asturias los materiales forestales seleccionados

El pino pinaster se consideró especie modelo para los primeros ensayos de minisuejido ya que es la principal conífera del sur de Europa, con gran importancia en el mediterráneo occidental, donde ocupa extensas superficies y forma pinares multifuncionales. La madera y la resina son los dos usos más importantes de la especie, si bien también tiene un uso ambiental, al adaptarse a un gran abanico de condiciones agroclimáticas. “Puede encontrarse en ambientes muy diferentes: desde el nivel del mar hasta 2.100 m en el Alto Atlas (Marruecos); desde áreas con más de 1.400 mm de precipitación anual y sin temporada seca a otros con 350 mm y más de 4 meses secos. Las condiciones de suelo son variables: crece principalmente en suelos

ácidos, pero también en suelos básicos y hasta en suelos arenosos y pobres, donde pocas especies con valor comercial pueden crecer” (Alía y Martín, 2009).

En el proyecto TREESNIP (V programa Marco) se caracterizaron 22 poblaciones y familias de *P. pinaster* de toda el área de distribución de la especie. Partiendo de los resultados de este proyecto y, liderado por el programa Forestal de investigación del SERIDA (RTA2006-00084-00-00), se generó una población base para un programa de mejora genética de ámbito estatal y se abordaron diversos aspectos en relación a la tolerancia al estrés hídrico de la especie. A partir de entonces, se establecen dos colecciones: Colección 1; con cinco genotipos clonados por familia y Colección 2; clones con un genotipo por familia, presentes en la población base de campo (Fig. 1. Colecciones de Referencia “CLONAPIN”).

El cerezo es, y ha sido, muy apreciado como componente de la diversidad de los ecosistemas forestales de toda Europa, donde se extendió procedente de Asia occidental, acompañando al hombre desde tiempos remotos. A nivel mundial, se encuentra difundido por numerosas regiones y países con clima templado (Rusell, 2003), demostrando ser una especie con una gran capacidad de adaptación a distintas condiciones climatológicas, ya que lo podemos encontrar desde Gran Bretaña al Cáucaso y desde el norte de África a los países escandinavos (López-González, 2001; Montero et al., 2003). En España, esta especie se distribuye sobre todo por la mitad norte peninsular, siendo un árbol frecuente en Galicia, especialmente en la mitad oriental de la región (Álvarez et al., 2000), si bien Las Regiones de Identificación y Utilización de material forestal de reproducción (RIU's) números 7 y 9, pre-Pirineo y bosques vasco-navarros, son



←
Figura 1. Vista general de plantas madre (izquierda), detalle de las mismas (centro) y planta clonada (derecha) de pino pinaster.



Figura 2. Cerezo clonado por miniestaquilla

las que presentan mayor presencia de cerezos (García del Barrio et al., 2001). Es una especie heliófila, que suele hallarse naturalmente en los bordes de masas, caminos, arroyos, etc., y cuyo interés, desde un punto de vista paisajístico, radica en su floración espectacular y en la coloración otoñal de sus hojas. También resalta su valor natural, por servir de alimento para la fauna silvestre y, desde un punto de vista forestal, por la posibilidad de producir madera de excelente calidad.

En el marco del proyecto INIA SC98-061-C3-2, 1998-2001 se realizaron actividades de prospección y selección de árboles superiores en Galicia, Asturias, Navarra, País Vasco y Castilla y León, basada en criterios de selección fenotípica de aptitud forestal y se establecieron varios huertos semilleros, mediante injertado, uno de ellos en Asturias (Ciordia et al., 2015). Además, se clonaron "in vitro" algunos de los árboles elite seleccionados en campo. Posteriormente se pondrá a punto la multiplicación por miniestaquilla (Fig. 2).

El castaño se encuentra ampliamente extendido en China, Japón y Europa. En Asia, destacan las especies *Castanea mollissima* Blume y *Castanea crenata* Sieb y Zuc. y en Europa, la especie *C. sativa* Mill. es la mayoritaria. En los últimos años se fomentó la expansión de híbridos interespecíficos con especies asiáticas tolerantes al chancro (*Chryphonectria parasitica*) y a la tinta (*Phytophthora* spp.) (Miller et al., 1996) y, actualmente, también a la avispiña (*Dryocosmus kuriphilus*). España cuenta con unas 440.000 ha de castaño, según el Mapa Forestal Nacional, repartido por casi todas las CCAA en mayor o menor grado, pero especialmente en Asturias, Lugo, Ourense, León y Salamanca. La superficie de cultivo como castaño de fruto es de unas 111.000 ha, con las mayores superficies en Ourense y Lugo, según datos de la red Estatal del Castaño. El desarrollo de la Norma Nacional de Clasificación Estructural para la madera de esta especie por parte del Centro Tecnológico Forestal y de la Madera de Asturias es importante para la selección de ejemplares por calidad de madera y para el desarrollo de una industria nacional. Así mismo, respecto al castaño de fruto, la iniciativa promovida como Gru-



po Operativo Nacional, desde las CCAA donde el castaño está más representado (Galicia, Asturias, Castilla-León, Cataluña, Andalucía y Extremadura), y en la que participa el SERIDA, será fundamental en la promoción de esta especie como cultivo.

Actualmente, el Catálogo Nacional de Materiales de Base dispone de materiales forestales de reproducción de castaño de semilla (identificada y seleccionada) y de aquellos del programa de mejora iniciado por Urquijo y Vieitez y conservados, caracterizados y reproducidos por el Centro de Investigaciones Forestales de Lourizán (Xunta de Galicia), así como la colección que TRAGSA ha desarrollado, que incluyen también resistencia a tinta y que han sido clonados mediante micropropagación (Cuenca et al., 2009).

En Asturias, considerando el castaño para uso forestal, se dispone de cinco fuentes semilleras, además de una plantación de material clonal de híbridos interespecíficos (Fig. 3) y de Una Población Base de progenies de *C. sativa* (Ciordia et al., 2015). Respecto al castaño de fruto, se mantiene una colección activa de germoplasma en las instalaciones del SERIDA, que incluye los principales cultivares de la



←
Figura 3. Material clonal de híbridos de castaño interespecíficos.

región, registrándose recientemente 11 de ellos en la Oficina Española de Variedades Vegetales del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (BOE nº 60, de 11 de marzo de 2017).

Establecidos los protocolos generales para la minipropagación vegetativa de materiales forestales de interés económico para la región, surgió la posibilidad de ampliar el marco de actuación a una especie cuyo objetivo, en el momento de plantear la actuación, era completamente diferente al de las especies ya mencionadas. Sin embargo, la conservación de especies dentro de un marco de protección del medioambiente o, como en este caso, de interés histórico-cultural, no es un aspecto menos relevante desde el punto de vista social, por sus particularidades como ejemplares únicos, caso de los tejos centenarios catalogados como tal. Con este planteamiento y, en colaboración con la Universidad de Oviedo-Fundación Valdés Salas y EDP, se hizo un trabajo para recuperar y clonar los tejos asturianos catalogados como Sitios Históricos, doce concretamente, con el objetivo de establecer un *arboretum* con todos los ejemplares

El tejo es una especie de gran relevancia en todo el territorio asturiano, y si bien cuando se iniciaron los trabajos de multiplicación vegetativa su protección se

incluía sólo bajo la figura de Árbol Monumental, recientemente se ha ampliado su rango de protección patrimonial a través de una nueva categoría denominada Sitio Histórico, que engloba la protección no sólo de los árboles sino de su entorno (BOPA nº 239, de 16 de octubre de 2017). La ley define un Sitio Histórico como un lugar vinculado a acontecimientos de interés histórico, a tradiciones populares o a creaciones culturales relevantes, permitiendo su protección a través de su declaración individualizada como Bien de Interés Cultural (BIC), lo que les otorga el máximo nivel de protección que busca salvaguardar uno de los legados más significativos de la historia, cultura y tradición de Asturias. La mayoría de los tejos están representados en ambas figuras de protección, y todos ellos son árboles centenarios o milenarios, poderosos y longevos.

Material vegetal de ejemplares únicos de Sitios Históricos catalogados por sus particularidades como tal: la Ceñal en la Collada (Siero), Santa Coloma (Allande), Santibáñez de la Fuente (Aller), Rozadas (Boal), Montoubu (Belmonte de Miranda), Martul (Villanueva de Oscos), Perueño (Quirós), Arangas (Cabrales), San Martín del Mar (Villaviciosa), Cenero (Gijón), Abamia (Cangas de Onís) y San Martín de Salas (Salas) (Fig. 4), se recogió para su multiplicación y la creación de un banco clonal con el propósito de mantener el legado histórico.



Figura 4. Imagen del tejo de San Martín, Salas (izquierda) y detalle de ramillos terminales con frutos del año (derecha).



Optimización del miniesquejado de los materiales forestales de interés

Los programas de multiplicación vegetativa son una herramienta importante, tanto para los programas de mejora genética, como para incrementar la competitividad de las industrias de base forestal, con potencial para establecer plantaciones clonales con mayor productividad y calidad de madera (Borges et al., 2011), caso del eucalipto.

Pinus pinaster

La inducción del enraizamiento con tratamientos previos, como el frío, la definición de la edad ideal para enraizamiento de los esquejes, la optimización de la fertilización de las plantas madre para estimular la producción de esquejes, y su efecto sobre el enraizamiento, y el establecimiento del número máximo de ciclos

de esquejado al año, fueron los objetivos planteados para el pino pinaster que permitieron desarrollar protocolos que, una vez puestos a punto, sirvieron y sirven para multiplicar el material seleccionado que se encuentra en los bancos de germoplasma del SERIDA (Fig. 5)

Durante los últimos años se consiguieron establecer protocolos de enraizamiento para el pino, con el almacenamiento de los esquejes en frío, a 4°C, y a temperatura ambiente con estímulo externo de AIB, obteniéndose muy buenos resultados en ambos tratamientos, con un enraizamiento superior a los 92% y 97%, respectivamente (Tabla 1).

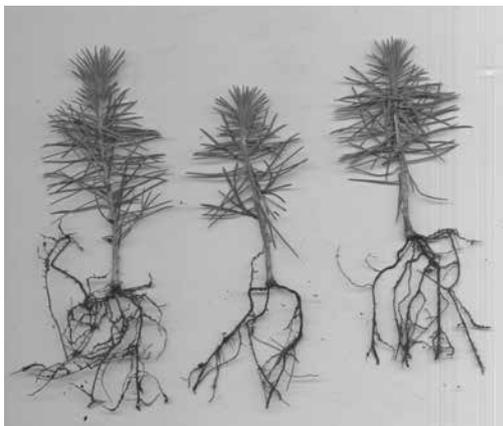
Por lo que respecta a la edad ideal para enraizar esquejes juveniles, nuestros resultados indican que el óptimo se encuentra en 70 días, asociado al aporte externo de reguladores de crecimiento (AIB), obteniéndose un porcentaje de enraizamiento superior al 96% (Tabla 1).

En cómputo anual, la media de enraizamiento de los esquejes se mantuvo en un 75%; no obstante, se observó una estacionalidad (Majada et al., 2011), con un descenso en el enraizamiento en el periodo invernal y alcanzando los valores más altos en el verano (Tabla 1).

La producción de esquejes es estimulada por un mayor aporte de nitrógeno aplicado a las plantas madre. Los datos obtenidos indican que se puede conseguir un incremento en la producción de



Figura 5. Miniestaquillas de pino de varios clones de una misma procedencia.



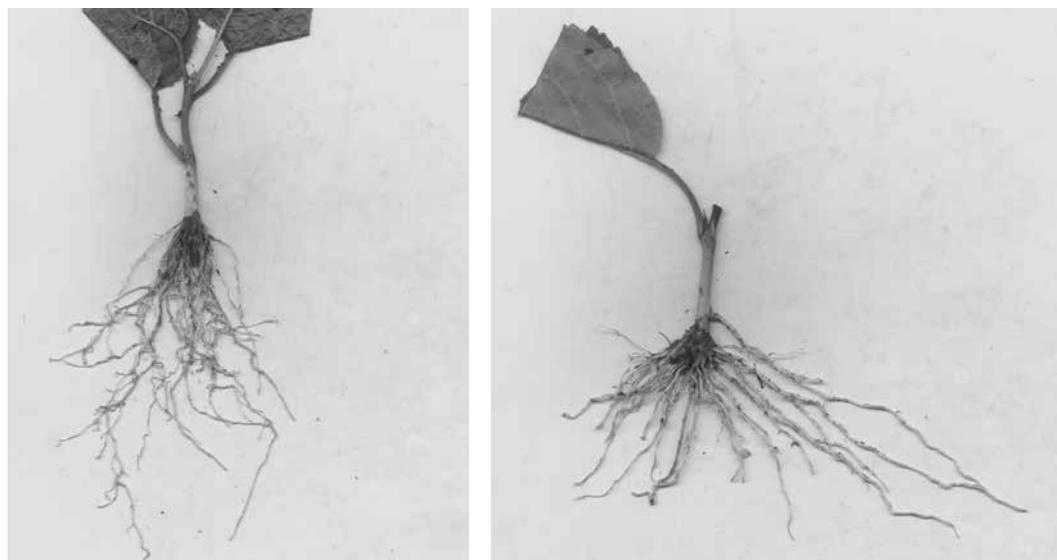
esquejes suplementando la fertilización con un aporte de nitrógeno superior (Martínez-Alonso et al., 2012). Este ensayo se realizó con una selección de familias clonales de la Colección 1 de pino, anteriormente indicada. El efecto sobre el enraizamiento también fue objeto de estudio, y se consiguió un porcentaje superior al 92% (Tabla 1).

La tecnología de propagación clonal desarrollada ha facilitado, adicionalmente, generar material con el cual se ha establecido un dispositivo de ensayos clonales en ambientes contrastantes (Francia/España/Portugal) los cuales forman parte red de excelencia EVOLTRE; materiales que además han sido empleados en ocho proyectos de investigación de convocatorias de concurrencia competitiva, así como para el desarrollo de varias tesis doctorales, dos de ellas en nuestra comunidad autónoma (Velasco Conde T., 2011. Análisis de la respuesta a la sequía en *Pinus pinaster* Aiton a través de la evaluación de caracteres morfológicos, fisiológicos y genéticos. Universidad de Oviedo. Dirección: J. Majada e I. Aranda; y Delatorre C., 2017. Bases fisiológicas y moleculares del crecimiento estacional de *Pinus pinaster* Aiton. Universidad de Oviedo. Dirección: A. Rodríguez e I. Feito), así como varios trabajos de investigación, además de los ya mencionados sobre propagación en esta especie (Delatorre et al., 2013; Gaspar et al., 2013; Cañas et al., 2015; Meijón et al., 2016).

Prunus avium

El cerezo fue otra de las plantas forestales en las que se consiguió establecer un protocolo de enraizamiento de esquejes juveniles con alta eficiencia, a la vez que se valoraron dos tipos de esquejes, apical e internodal (Fig 6), y diferentes concentraciones de AIB. Este trabajo se desarrolló a través de un Proyecto Fin de Carrera (Busto, M.D. 2008. Propagación clonal de material juvenil de *Prunus avium* L. Ingeniería Técnica Forestal, E.U. Universidad de Oviedo; Directores: J. Majada y A. Kidelman).

Para el esquejado del cerezo se partió de materiales seleccionados por su vigor y calidad sanitaria, a partir de la fenología realizada en el huerto semillero ubicado en nuestra comunidad autónoma, dentro de los proyectos nacionales que dieron continuidad a esta línea (RTA2005-00057-C05-00 y RTA2011-00046-00-00). En los ensayos de optimización del enraizamiento se aplicaron diferentes concentraciones de solución nutritiva a la planta madre, variando la concentración de nitrógeno para estimular la producción de nuevos brotes y, una vez optimizada la fertilización, se obtuvieron esquejes juveniles con 3 a 4 yemas, diferenciando entre apicales e internodales, además de optimizar las dosis hormonales. Los resultados obtenidos muestran que los esquejes apicales necesitan una menor dosis hormonal (1.200 mg L⁻¹ de AIB) y muestran una mayor capacidad de enraizamiento (91,7%) (Tabla 1). Este resultado, probablemente



←
Figura 6. Enraizamiento de segmento apical (izquierda) e internodal (derecha) de *Prunus avium*.



Tabla 1. Porcentaje de enraizamiento de diferentes especies forestales con su respectiva concentración de regulador de crecimiento vegetal (AIB) utilizando miniesquejes.

ESPECIE VEGETAL	ENSAYO	AIB*	ENRAIZAMIENTO (%)	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA
<i>Pinus pinaster</i> Ait.	<i>Pre-tratamiento</i> 7 días a 4°C/ Temperatura ambiente	0% (p/p) 4% (p/p)	92,50 97,40	Majada et al. (2011)
	<i>Edad</i> Esquejes de 70 días	1.000 mg.L ⁻¹	96,70	
	<i>Valor medio</i> Verano/valor máximo Invierno/valor mínimo	4% (p/p)	75,00 97,00 54,00	
<i>P. pinaster</i> Ait.	<i>Nutrición</i> N (77,65 mg.L ⁻¹ .día ⁻¹)	4% (p/p)	92,80	Martínez-Alonso et al. (2012)
<i>Prunus avium</i> L.	<i>Tip o Mini-esqueje</i> Apical Internodal	1.250 mg.L ⁻¹	91,70	Busto, M.D. (2008)
		2.500 mg.L ⁻¹	66,70	
Híbridos de <i>Castanea sativa</i> Mill.	<i>Mini-esquejes de clones híbridos</i> 3 7810 2671 111 90025	10.000 mg.L ⁻¹	54,20	Dantas et al. (2016)
		5.000 mg.L ⁻¹	70,80	
		7.500 mg.L ⁻¹	83,30	
		2.500 mg.L ⁻¹	8,30	
		10.000 mg.L ⁻¹	62,50	
<i>Taxus baccata</i> L.	<i>Esquejes de plantas adultas</i> 1º esquejado 2º esquejado	4% (p/p)	15,20 16,30	Datos no publicados

*Se utiliza % para la hormona en estado sólido y mg L⁻¹ cuando está en forma líquida



Figura 7. Esquejes de castaño enraizados

te debido la juvenilidad de los esquejes, también podría ser la causa de la ausencia casi total de diferencias entre familias en cuanto a porcentaje de enraizamiento y supervivencia, para los esquejes apicales.

Castanea spp

Para el castaño, el protocolo se estableció para materiales híbridos dado su doble aptitud como material forestal y potencial uso como portainjertos. Se partió de planta madre adulta, multiplicada por acodo bajo, lo que hizo necesario un primer paso de rejuvenecimiento ya que el material adulto tiende a ser muy recalcitrante. La tasa de enraizamiento obtenida fue aceptable para la mayoría de los clones (de 54-83%), formando un buen sistema radicular (Fig. 7), pero fue preciso utilizar dosis elevadas de AIB (Dantas et al., 2016). La falta de uniformidad entre materiales y la baja eficiencia para el clon 111 indica que es necesario optimizar el proceso, siendo

la fase de rejuvenecimiento la más crítica (Dantas et al., 2016).



La planta propagada se utilizó en la repoblación de dos obras de la Dirección General de Montes e Infraestructuras Agrarias (Consejería de Desarrollo Rural y Recursos Naturales), Repoblación con castaño y abedul en el rodal A4. MUP 364 "Cordal de Peón" Villaviciosa, con cargo al fondo de Mejoras y Actuaciones Forestales en el pinar de La Llama, Tineo (16.005-0BF).

Taxus bacata

Se realizó la recogida de material vegetal, que consistió en brotes bajos con posición terminal y siempre con crecimiento del año, para favorecer que mantuvieran una cierta juvenilidad (Fig. 8). Para su enraizamiento se utilizó una única concentración de AIB al 4%, dosis alta teniendo en cuenta que se trataba de material adulto y una especie de difícil enraizamiento. El porcentaje de enraizamiento medio obtenido fue inferior al 17% (Tabla 1).

Estos datos que, a priori pueden parecer muy bajos, no lo son tanto si se tiene en cuenta que es una especie recalcitrante para el enraizamiento; la plata es adulta, o más bien muy envejecida (ejemplares seculares), y en la que no se realizó ningún estudio sobre tratamientos previos para estimular el enraizamiento y posibilidad de rejuvenecimiento a través de cadenas de proliferación.

Considerando el conjunto de las especies revisadas en este trabajo reseñar, para finalizar, que todos los materiales propagados sirvieron, además de como material experimental para realizar trabajos científicos y formar parte de Bancos de Germoplasma activos en los que está directamente implicado el SERIDA, para potenciar la colaboración científico-técnica

con otras entidades como universidades, centros de investigación y fundaciones de I+D+i en muy diversos campos de estudio como los relacionados con la genética, genómica, proteómica, metabolómica, fisiología, ecología, reforestación, selvicultura y gestión de estas especies.

Agradecimientos

Agradecemos especialmente la inestimable colaboración del personal de campo del Programa Forestal (SERIDA/CETEMAS), imprescindible para realizar todos estos trabajos. También agradecemos la colaboración del CIFOR-INIA y SERPA por el apoyo con los materiales vegetales de partida y la conservación de la planta madre. A los alumnos en prácticas que colaboraron en una labor tan tediosa y minuciosa como es el miniesquejado.

La financiación de estas actividades se llevó a cabo fundamentalmente con el apoyo de la Dirección General de Montes e Infraestructuras Agrarias de la Consejería de Desarrollo Rural y Recursos Naturales del Principado de Asturias.

Bibliografía

- ALÍA, R. y S. MARTÍN. 2009. Guía técnica para la conservación genética y utilización del pino negral (*Pinus pinaster*). Foresta. Madrid. España.
- ÁLVAREZ, P.; BARRIO, M.; DÍAZ, R. A.; HIGUERAS, J.; RIESGO, G.; REGUEIRO, A.; RODRÍGUEZ, R. J. Y VILLARINO, J. J. 2000. Manual de selvicultura de las principales especies de frondosas forestales para el norte de España. *Prunus avium* L. cerezo. Fecha de consulta 22/II/2008. Publicado en Internet, disponible



←
Figura 8. Clones ya enraizados de los tejos seleccionados por su interés histórico.

- en: http://www.agrobyte.com/agrobyte/publicaciones/frondosas/cap6_5.html
- AZCON BIETO, J.; TALON, M. 1993. Fisiología y bioquímica vegetal. Interamericana. Madrid. España.
- BOE. 2017. Orden APM/207/2017, de 7 de marzo. B.O.E. nº 60, de 11 de marzo de 2017, Sec. III, Anexo II, pág 18164.
- BOPA. 2017. Decreto 61/2017, de 20 de septiembre. BOPA nº 239, de 16 de octubre de 2017.
- BORGES S. R., XAVIER A., OLIVEIRA L. S., MELO L. A., ROSADO A. M. 2011. Enraizamiento de miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus globulus*. Revista *Árvore*, 35 (3): 425-434.
- CANÑAS R.A.; FEITO I.; FUENTE-MAQUEDA J.F.; AVILA C.; MAJADA J.; CANOVAS F.M. 2016. Transcriptome-wide analysis supports environmental adaptations of two *Pinus pinaster* populations from contrasting habitats. *BMC Genomics* 16: 909 <https://doi.org/10.1186/s12864-015-2177-x>
- CAMPINHOS, E. 1987. Propagación vegetativa de *Eucalyptus* spp. por enraizamiento de estacas. In: Simposio sobre Silvicultura y Mejoramiento Genético de Especies Forestales, Buenos Aires. Anais. Buenos Aires: CIEF. v.1, p.208- 214.
- CUENCA B., GONZÁLEZ L., FERNÁNDEZ M. R. 2009. Micropropagación de genotipos adultos de *Castanea sativa* Mill. seleccionados por resistencia a *Phytophthora cinnamomi*. En: 5º congreso Forestal Español. Libro de Resúmenes. Ávila. España.
- CIORDIA M., FEITO I., MAJADA J. 2015. Recursos fitogenéticos de castaño, cerezo y nogal. *Tecnología Agroalimentaria* 15: 28-36.
- DANTAS A.K., MAJADA J., DANTAS F.K., DELATORRE C., GRANDA V., BALLEJO P., FEITO I. 2016. Rooting of minicuttings of *Castanea sativa* Mill. hybrid clones. *Revista Árvore* 40: 465-475.
- DELATORRE C., FUENTE-MAQUEDA J.F., MEIJÓN M., FEITO I., BAIZÁN S., DANTAS A.K., MAJADA J., GRANDA V., RODRÍGUEZ A. 2013. Compuestos de naturaleza fenólica y actividad antioxidante de los brotes del pino (*Pinus pinaster* Aiton). *Tecnología Agroalimentaria* 13: 27-33
- GARCÍA DEL BARRIO J. M., DE MIGUEL, J., ALÍA R., IGLESIAS S. 2001. Regiones de identificación y utilización de material forestal de reproducción. Serie cartográfica, Ministerio de Medio Ambiente.
- GASPAR M.J., VELASCO T., FEITO I., ALÍA R., MAJADA J. 2013. Genetic variation of drought tolerance in *Pinus pinaster* at three hierarchical levels: A comparison of induced osmotic stress and field testing. *PLoS ONE* 8(11): e79094. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0079094>.
- HARTMAN H., KESTER D. 1998. Propagación de plantas. Principios y prácticas. Trad. A. Marino. 3 ed. México, DF, Continental S.A.
- LÓPEZ-GONZÁLEZ, G. 2001. Los árboles y arbustos de la Península Ibérica y Baleares. Ed Mundi-Prensa.
- MACDONALD B. 1995. Principles of vegetative propagation, clonal selection and stock (Mother). Practical woody plant propagation for nursery grower. Portland Oregon. Timber Press.
- MAJADA J., MARTÍNEZ_ALONSO C., FEITO I., KIDELMAN A., ARANDA I., ALIA R. 2011. Minicuttings: an effective technique for the propagation of *Pinus pinaster* Ait. *New Forest* 41(3): 399-412.
- MARTÍNEZ-ALONSO C., KIDELMAN A., FEITO I., VELASCO T., ALÍA R., GASPAR M.J., MAJADA J. 2012. Optimization of seasonality and mother plant nutrition for vegetative propagation of *Pinus pinaster* Ait. *New Forests* 43: 651-663.
- MEIJÓN M., FEITO I., ORAVEC M., DELATORRE C., WECKWERTH W., MAJADA J., VALLEDOR L. 2016. Exploring natural variation of *Pinus pinaster* Aiton using metabolomics: Is it possible to identify the region of origin of a pine from its metabolites? *Molecular Ecology* 25(4): 959-976.
- MILLER G., MILLER D.D., JAYNES R.A. 1996. Chestnuts. In: Janick J. and Moore J.N. Fruit breeding. Ed. John Wiley and Sons, Inc, New York. pp: 99-124.
- MONTERO G., CISNEROS O., CANELLAS I. 2003. Manual de selvicultura para plantaciones de especies productoras de madera de calidad. Madrid, Mundi-Prensa.
- RITCHIE G.A. 1991. The commercial use of conifer rooted cuttings in forestry: A world overview. *New Forests* 5: 247-275.
- RUSSELL K. 2003. EUFORGEN. Technical Guidelines for genetic conservation and use for wild cherry (*Prunus avium*). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- TITON M., XAVIER A., OTONI W. C. 2002. Dinâmica do enraizamento de microestacas e miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis*. *Revista Árvore* 26 (6): 665-673.
- WENDLING I., XAVIER A., GOMES J. M., PIRES I. E., ANDRADE H. B. 2000. Efeito do regulador de crescimento AIB na propagação de clones de *Eucalyptus* spp. Por miniestaquia. *Revista Árvore* 24 (2): 187-192.
- WENDLING I., XAVIER A. 2001. Gradiente de maturação e rejuvenescimento aplicado em espécies florestais. *Floresta e Ambiente* 8(1):187-194.
- XAVIER A., WENDLING I. 1998. Miniestaquia na clonagem de *Eucalyptus*. Viçosa, MG: SIF. (Informativo Técnico SIF, 11).



Nuevos productos de la manzana de sidra: la voz de los consumidores

ANNA PICINELLI LOBO. Área de Tecnología de los Alimentos, apicinelli@serida.org
ROSA PANDO BEDRIÑANA. Área de Tecnología de los Alimentos, rpando@serida.org
BELÉN SUÁREZ VALLES. Jefa del Área de Tecnología de los Alimentos, mbsuarez@serida.org

Introducción

La *sidra de hielo* es una bebida obtenida a partir de la fermentación de mostos de manzana concentrados mediante congelación. Desde su presentación en la 1ª Muestra Internacional de la Sidra de Calidad celebrada en Gijón en 2007, este producto ha suscitado una gran curiosidad entre los elaboradores de sidra asturianos. En la actualidad, la sidra de hielo ha sido definida en nuestra legislación (RD 72/2017), y al menos cinco bodegas asturianas comercializan ya esta singular bebida.

El Área de Tecnología de los Alimentos del SERIDA ha abordado recientemente en un proyecto de investigación la influencia de distintos factores tecnológicos sobre la composición química y el perfil sensorial de las sidras de hielo, con el fin de

optimizar la obtención de productos diferenciados y de alta calidad: variedades de manzana de sidra, método de obtención de los mostos, y selección de levaduras apropiadas para la fermentación de los mismos (Pando Bedriñana y col., 2017a, b; Picinelli Lobo y col., 2015).

Establecidas las condiciones tecnológicas idóneas para la elaboración del producto deseado, interesa conocer cómo este nuevo producto es percibido y valorado por sus potenciales consumidores, un aspecto de gran importancia desde el punto de vista comercial. En los últimos años se han desarrollado técnicas de análisis de consumidores que van ganando interés como alternativas a los métodos descriptivos convencionales con grupos de cata entrenados, no solo por la rapidez de su aplicación sino también por la valiosa información

que permite obtener. Entre ellas citaremos la conocida por sus siglas en inglés CATA (Check-All-That-Apply), es decir, "Marque Todo Aquello Que Convenga". Esta técnica consiste en proponer a un grupo de consumidores una lista de atributos entre los que cada persona elige todos aquellos que en su opinión mejor definen su percepción del producto.

En este artículo se evalúa un conjunto de 9 sidras de hielo obtenidas a partir de manzanas congeladas (crioextracción) mediante el análisis de su composición físico-química y su valoración sensorial por un grupo de consumidores aplicando la técnica CATA.

Caracteres físico-químicos

Las sidras de hielo objeto de estudio han sido elaboradas combinando dos factores: mezcla de manzana (M1, M2 y M3) y cepa de levadura (*Saccharomyces ba-*

yanus C2, C6 y C22), como se resume en la Tabla 1. En la Tabla 2 se resumen sus características físico-químicas.

Cabe destacar tres aspectos característicos de estas sidras. En primer lugar, su elevado contenido en azúcares (suma de sacarosa, glucosa y fructosa), el cual disminuye en el sentido M3>M1>M2. De acuerdo con la legislación, las sidras obtenidas a partir de la mezcla bivarietal no alcanzan el valor mínimo de azúcares residuales exigido (100 g/L).

En segundo lugar, la graduación alcohólica, comprendida entre 8,7 y 11,9 grados, valores que concuerdan con lo establecido por nuestra legislación para este tipo de bebidas (mínimo 8°). La cepa C22 presenta el mayor rendimiento fermentativo, proporcionando en todas las mezclas el mayor grado alcohólico, y en consecuencia, el menor contenido de azúcares totales en cada serie de muestras (Tabla 2).



Tabla 1.- Sidras de hielo elaboradas a partir de mezclas de variedades asturianas de manzana y cepas *Saccharomyces bayanus* autóctonas.

Mezclas de manzana			
Cepas de levadura	M1 (Durona de Tresali)	M2 (Perico + Limón Montés)	M3 (Verdialona + Durona de Tresali + de la Riega + Raxao + Regona)
C2	A	D	G
C6	B	E	H
C22	C	F	I



Tabla 2.- Composición físico-química y puntuación promedio de las sidras de hielo.

Referencias de las sidras:	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Densidad (g/mL)	1,05615	1,05650	1,05140	1,03745	1,03725	1,03493	1,08230	1,08258	1,07803
pH	3,75	3,74	3,76	3,64	3,65	3,67	3,49	3,48	3,51
Acidez volátil (g acético/L)	0,24	0,24	0,22	0,12	0,13	0,13	0,33	0,35	0,31
Acidez total (g sulfúrico/L)	9,37	9,59	9,64	10,78	10,83	10,69	12,61	12,91	12,77
Grado alcohólico (% v/v)	11,10	11,05	11,93	11,10	11,23	11,63	8,71	8,75	9,30
Sacarosa (g/L)	1,9	1,8	1,5	1,5	1,5	1,4	1,6	1,5	1,6
Glucosa (g/L)	11,8	10,8	5,7	7,8	7,2	3,4	29,4	27,2	22,4
Fructosa (g/L)	89,0	89,5	81,1	66,4	65,2	61,2	133,1	126,7	120,6
Glicerina (g/L)	9,3	9,1	10,3	8,8	8,6	9,5	8,9	8,3	9,2
Sorbitol (g/L)	24,1	23,9	24,2	17,4	17,3	17,5	29,3	27,7	27,6
Ácido málico (g/L)	13,8	14,2	13,6	16,7	16,7	16,2	18,4	18,4	17,8
Ácido siquímico (mg/L)	50	47	43	77	85	74	57	55	51
Metanol (mg/L)	50	53	48	44	40	42	36	36	36
AZ/AT	11,0	10,6	9,2	7,0	6,8	6,2	13,0	12,0	11,3
Valoración de calidad*	5,0	4,9	4,9	4,2	3,8	3,9	5,4	5,3	5,4

AZ/AT: relación entre azúcares totales y acidez total.

(*) Escala de calidad de 1 a 7. Véase Figura 2.

En tercer lugar, la elevada acidez total de estas sidras y sus niveles de ácido málico, elementos que aportan equilibrio y frescor en boca. En este sentido hay que mencionar la relación entre azúcares y acidez total (AZ/AT), cuyos valores oscilan entre 11,3 y 13,0 en las sidras elaboradas con la mezcla multivarietal, y entre 6,2 y 7,0 en las muestras obtenidas a partir de la combinación de Perico y Limón Montés. La variedad Duroña de Tresali dio lugar a sidras con valores de

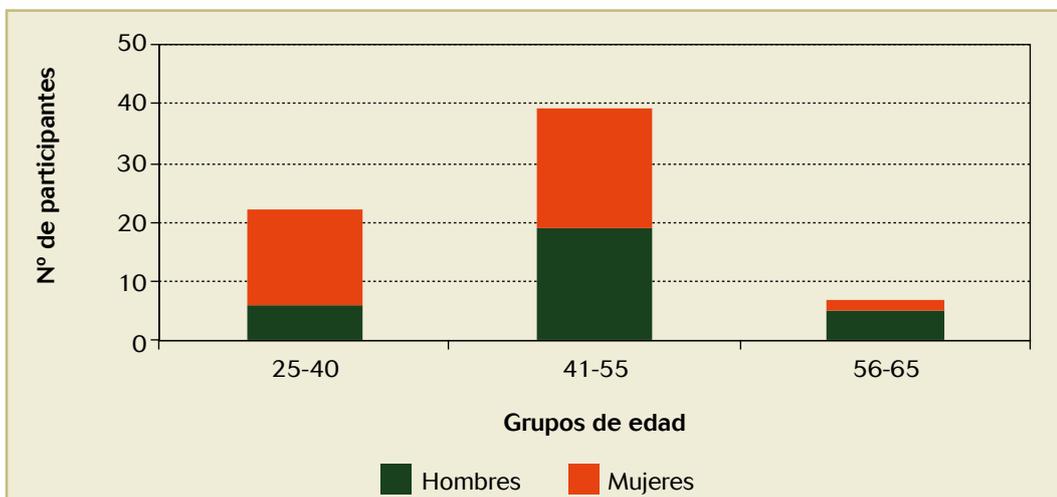
AZ/AT entre 9,2 y 11,0, intermedios a los observados en las de las otras dos mezclas de manzana. Por último, todas las sidras estudiadas presentaron niveles bajos de metanol, muy alejados del valor máximo permitido (200 mg/L).

Análisis sensorial por consumidores

Participó en este estudio un grupo de 66 personas, encuadradas en los grupos de edad que se ilustran en la Figura 1. Entre éstas, la mayoría (72,7%) consume la tradicional sidra natural al menos dos veces por semana, así como cerveza (56,1%) o vino (59,1%). Solo 4 personas tenían experiencia previa con el producto objeto de estudio.

Las sidras se dividieron en tres grupos en función de la cepa de levadura utilizada en la fermentación, y se evaluaron en tres sesiones. Las muestras se sirvieron en copas normalizadas tapadas con un vidrio de reloj a 10-12°C. La ficha de evaluación diseñada para este estudio se ilustra en la Figura 2. Ésta incluye una escala hedónica de 7 puntos para la valoración de la calidad, y una lista de 25 atributos seleccionados a partir de los utilizados por nuestros grupos de cata. Se indica a los participantes que deben evaluar su percepción de calidad antes de seleccionar sus descriptores.

De la matriz de datos inicial se eliminan los atributos citados de forma esporádica (mantequilla, frutos secos, floral, herbáceo, perfumado, y especiado). Las



←
Figura 1.- Distribución de los participantes en función de sexo y edad.



Figura 2.- Ficha CATA utilizada para la evaluación sensorial de sidras de hielo.

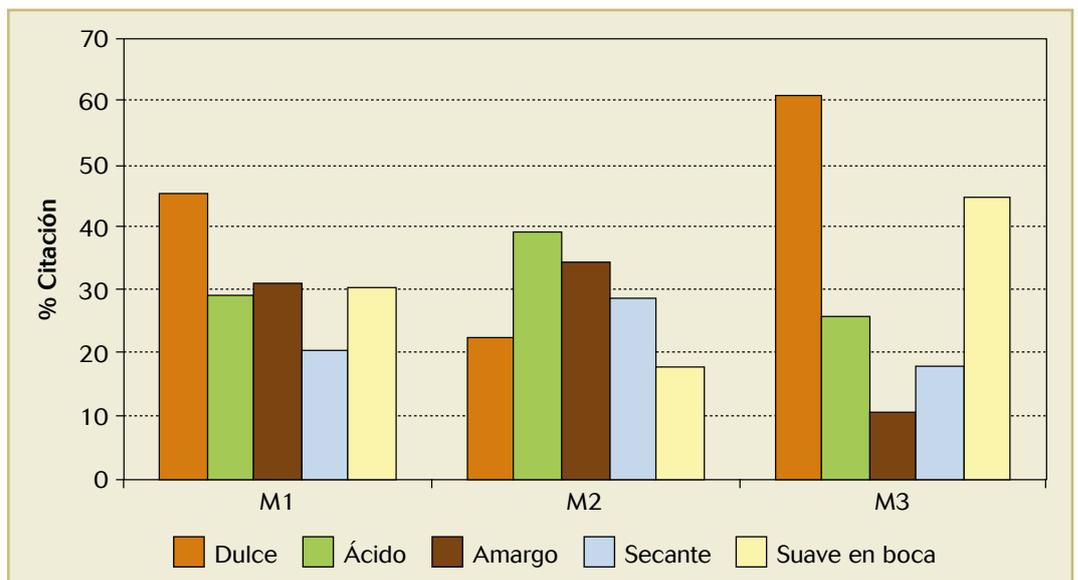
respuestas de los consumidores para cada atributo (datos binarios) se analizan utilizando el test no paramétrico Q de Cochran. Los resultados obtenidos indican que la cepa de levadura que conduce la fermentación no tiene un efecto

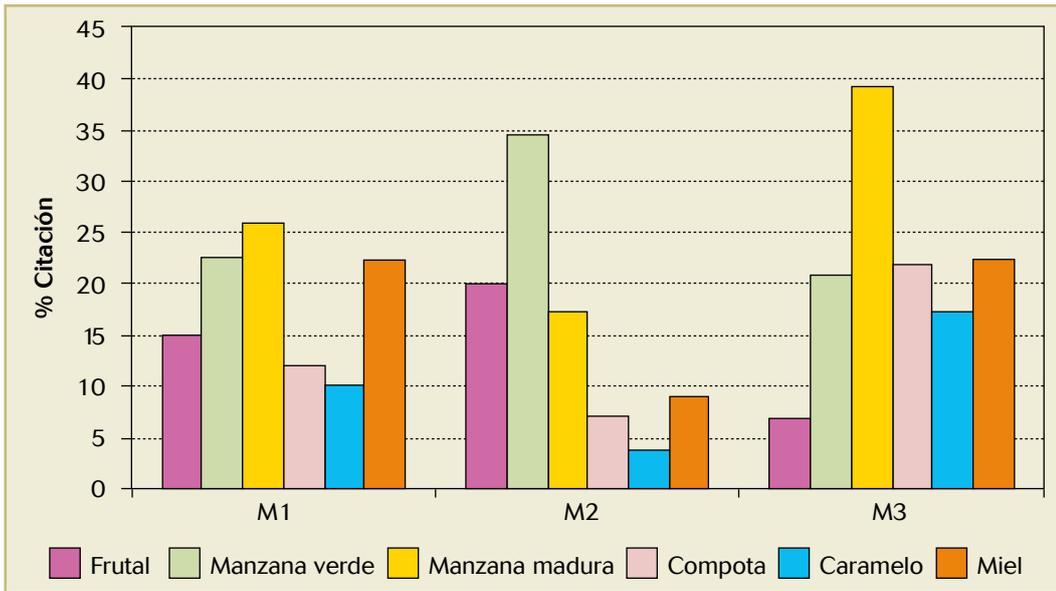
neto sobre la descripción de las sidras, mientras que la mezcla de manzana de partida influye significativamente sobre la percepción de todos los atributos, excepto "Muy poco ácido", "Secante", "Cítricos", "Olor intenso" y "Olor poco intenso".

FICHA DE EVALUACIÓN DE SIDRAS DE HIELO						
NOMBRE						
MUESTRA:			FECHA:			
VALORACIÓN DE CALIDAD (marque lo que proceda)						
1	2	3	4	5	6	7
Me disgusta mucho	Me disgusta bastante	Me disgusta un poco	Me resulta indiferente	Me gusta un poco	Me gusta bastante	Me gusta mucho
SELECCIÓN DE ATRIBUTOS (marque lo que proceda)						
Muy poco dulce		Frutal		Floral		
Dulce		Manzana verde		Herbáceo		
Demasiado dulce		Manzana madura		Perfumado		
Muy poco ácido		Compota		Especiado		
Ácido		Cítricos		Olor poco intenso		
Demasiado ácido		Caramelo		Olor intenso		
Amargo		Mantequilla		Suave en boca		
Demasiado amargo		Frutos secos				
Secante		Miel				
MUCHAS GRACIAS POR SU PARTICIPACIÓN						



Figura 3.- Frecuencias de citación de atributos de sabor y tacto en función de la mezcla de manzana.



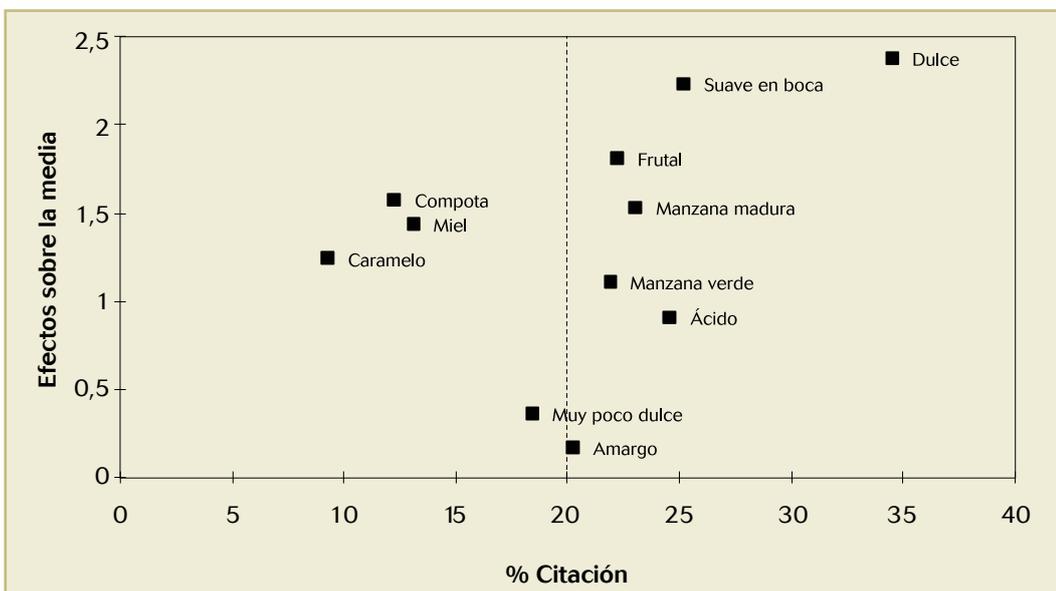


←
Figura 4.- Frecuencias de citación de atributos de aroma en función de la mezcla de manzana.

En las Figuras 3 y 4 se ilustran las frecuencias de citación de algunos atributos de sabor y aroma en función de las mezclas de manzana. Las sidras elaboradas con la mezcla más compleja (M3) fueron las más dulces y suaves en boca, mientras que las muestras procedentes de la mezcla bivarietal (M2) fueron las más ácidas, amargas y secantes (Figura 3). El aroma de las sidras de la mezcla 3 destaca por los caracteres de manzana madura, compota, caramelo y miel, mientras que en las obtenidas con M2 predominan los atributos de manzana verde y frutal (Figura 4). Las sidras de Durona de Tresali (M1) se describen de manera intermedia con respecto a las otras dos mezclas.

¿Cómo influyen estos atributos sobre la valoración de la calidad de las sidras? Esta información se obtiene mediante un análisis de regresión lineal por mínimos cuadrados por el que, a partir de la puntuación promedio de cada sidra (Tabla 2) y las frecuencias de citación de los atributos, se calculan unos coeficientes (positivos o negativos) que indican su contribución sobre la escala de medida de la calidad.

El resultado de este análisis puede visualizarse en una gráfica como la mostrada en la Figura 5. En ella se representan en abscisas la frecuencia de citación de los descriptores seleccionados, y en ordenadas los valores de los coeficientes asociados a cada



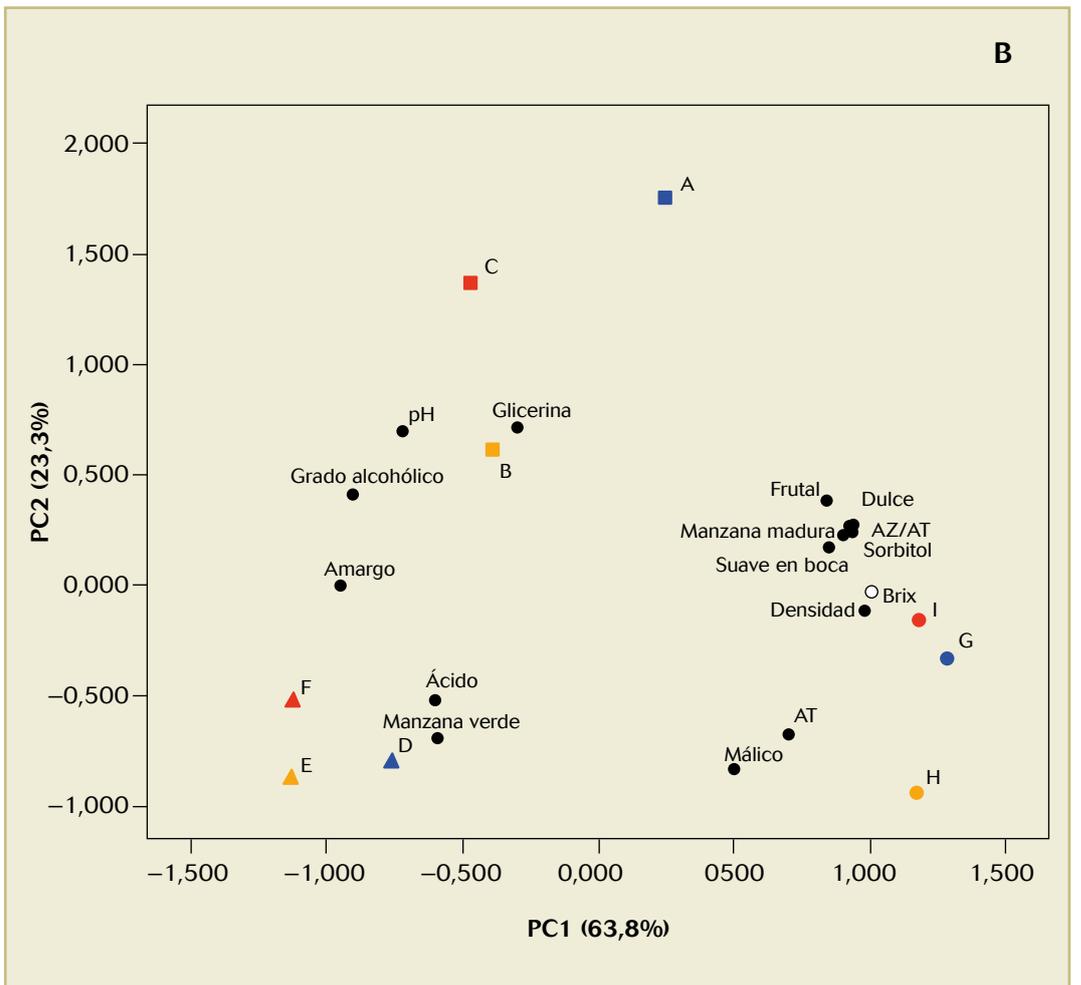
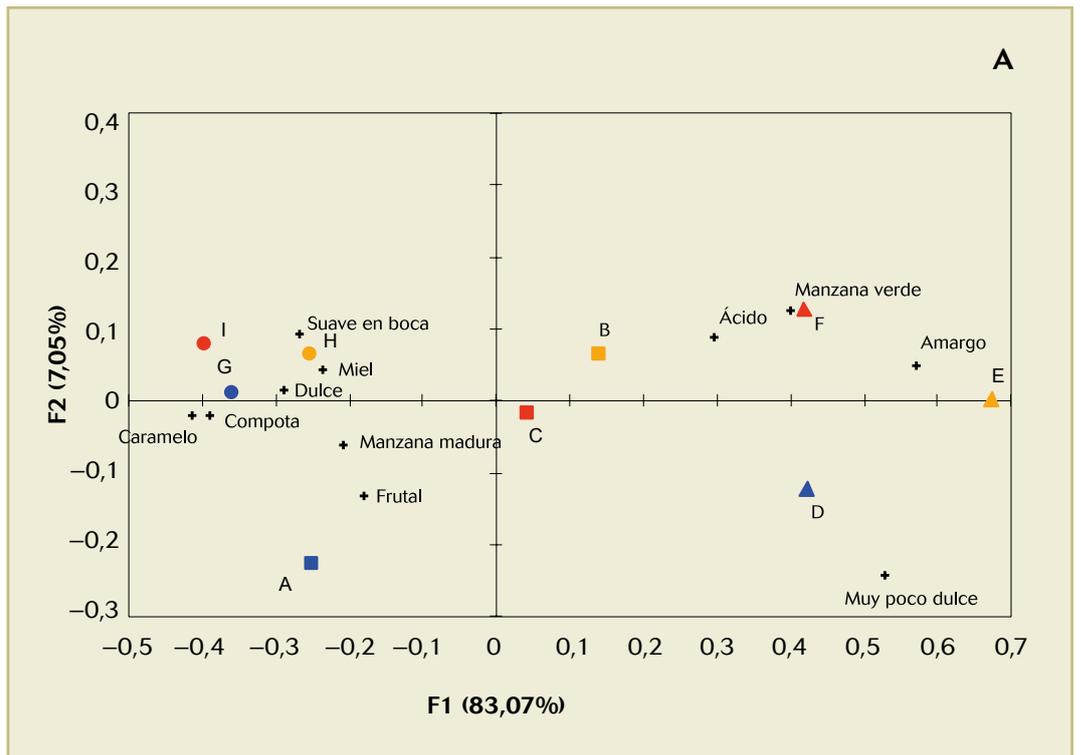
←
Figura 5.- Resultados del test de consumidores aplicando la técnica CATA. Contribución de cada atributo sensorial a la valoración de calidad de las sidras de hielo.



Figura 6.-
Resultados del test de consumidores aplicando la técnica CATA.
A: Proyección de sidras de hielo y atributos sensoriales;
B: Proyección de atributos sensoriales, composición química y sidras de hielo.
Referencias de levaduras:



Referencias de mezclas:
□ M1; △ M2; ○ M3



descriptor. De acuerdo con lo mostrado en dicha figura, los caracteres más importantes son: Dulce > Suave en boca > Frutal > Manzana madura, los atributos más citados en las sidras elaboradas con la mezcla multivarietal y las de Duroña de Tresali (Figuras 3 y 4), que fueron las mejor puntuadas (Tabla 2). Los descriptores compota, miel y caramelo participan también positivamente en la nota final, pero su relevancia es menor desde el punto de vista estadístico, por no alcanzar un valor mínimo del 20%.

En la Figura 6A se muestra la proyección de los atributos sensoriales estadísticamente significativos junto con las sidras evaluadas. La agrupación de las muestras de acuerdo con sus respectivas mezclas de manzana es evidente. A lo largo del eje de abscisas (F1) se observan a la izquierda los productos derivados de la mezcla multivarietal (G, H, I), asociados con atributos como sabor dulce, suave en boca, compota, miel, y caramelo. En la zona intermedia se encuentran las sidras de Duroña de Tresali (A, B, C), ligadas a descriptores como manzana madura y frutal, y en el extremo derecho del eje se sitúan las sidras bivariedades (D, E, F), junto a atributos relacionados con una mayor percepción de acidez (manzana verde, sabor ácido, muy poco dulce) y amargo.

¿Cómo influye la composición físico-química sobre la percepción de calidad? En la Figura 6B se muestra la proyección de las sidras, los atributos sensoriales con mayor influencia sobre la valoración hedónica, y algunos parámetros físico-químicos. Los descriptores de sabor dulce y suavidad en boca, frutal y manzana madura están correlacionados con la densidad, la relación AZ/AT y la concentración de sorbitol, que alcanzan sus mayores valores en las sidras mejor puntuadas, obtenidas con la mezcla multivarietal. En este sentido, es interesante destacar el potencial de la variedad Duroña de Tresali para la elaboración de sidras monovarietales de gran calidad.

Por último, conviene resaltar la grata sorpresa que este tipo de sidra causó entre los consumidores, en general poco habituados a novedades en el mundo de la sidra, lo que abre todo un abanico de oportunidades para el desarrollo de nuevos productos derivados de la manzana de sidra.

Conclusiones

La mezcla de manzanas es una etapa fundamental en el proceso de elaboración de sidras de hielo. De los resultados obtenidos en este estudio con consumidores se deduce que una alta relación entre azúcares y acidez total son características químicas muy relevantes, ya que están asociadas a atributos sensoriales con gran influencia en la valoración de la calidad, como dulzor y suavidad en boca. La utilización de la técnica CATA para el análisis sensorial descriptivo con consumidores, aplicada por primera vez en sidras, permite obtener resultados coherentes y satisfactorios, de gran utilidad para relacionar aspectos tecnológicos (como la composición química) con la posible respuesta del consumidor.

Agradecimientos

Este proyecto ha sido financiado por el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA RTA2012-00075), en colaboración con la empresa Valle, Ballina y Fernández, y cofinanciado por el FEDER. Los autores de este trabajo agradecen al personal del IPLA y del SERIDA su entusiasta participación como consumidores en las sesiones de "CATA".

Referencias bibliográficas

- Pando Bedriñana, R., Mangas Alonso, J.J. & Suárez Valles, B. (2017a). Evaluation of autochthonous *Saccharomyces bayanus* strains under stress conditions for making ice ciders. *LWT-Food Science and Technology* 81, 217-225.
- Pando Bedriñana, R., Picinelli Lobo, A., & Suárez Valles, B. (2017b). 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.
- Real Decreto 72/2017. BOE de 21 de Febrero de 2017. Norma de calidad de las diferentes categorías de la sidra natural y de la sidra.



Uso de madera de castaño autóctono para el envejecimiento alternativo de aguardiente de sidra

ROBERTO RODRÍGUEZ MADRERA. Área de Tecnología de los Alimentos
BELÉN SUÁREZ VALLES. Área de Tecnología de los Alimentos
FRANCISCO FUENTE-MAQUEDA. Área de Cultivos Hortofrutícolas y Forestales
ISABEL FEITO DÍAZ. Área de Cultivos Hortofrutícolas y Forestales

Los espirituosos agrupan bebidas de muy variadas características entre los que cabe citar el brandy, el aguardiente de sidra, el whisky, el ron, el orujo... todos ellos derivados de frutas, cereales u otras materias primas fermentadas y destiladas. En la elaboración de estas bebidas, el envejecimiento en contacto con madera, constituye una fase fundamental para la calidad del producto final. Durante esta etapa se producen sensibles cambios en el destilado que contribuyen a una mejora de sus cualidades organolépticas.

La madera más ampliamente utilizada en el envejecimiento de bebidas alcohólicas es el roble. Esta madera destaca por su buena resistencia mecánica, facilidad para ser trabajada, adecuada porosidad, para el intercambio gaseoso, y baja permeabilidad a los líquidos. No obstante, es frecuente la sustitución del roble por otras especies forestales igualmente adecuadas en aquellas zonas en la que se dispone de ellas. Así, en Asturias, los toneles de madera de castaño autóctono son los más utilizados en la elaboración de sidra

natural y lo mismo sucede en zonas de Portugal con sus aguardientes (Lourinha).

El envejecimiento tradicional, realizado en barricas de capacidades no superiores a 600 litros, acarrea una importante inversión en la compra, mantenimiento y reposición de la tonelería y obliga a una prolongada inmovilización del producto, con el consiguiente incremento de los costes.

Como alternativa o complemento al envejecimiento clásico se ha propuesto la posibilidad de incorporar la madera directamente en el seno de la bebida en

diferentes formatos (virutas, dados, duelas, etc.). En este caso puede ser necesario un aporte externo de oxígeno para favorecer las oxidaciones que se producen durante el añejamiento.

Por otro lado, la importante masa forestal de castaño de Asturias (145.096 ha) convierte a la región en el principal productor nacional de esta especie, generando un considerable volumen de residuos en su industria transformadora.

Conscientes de este recurso, el SERIDA ha realizado estudios sobre el envejecimiento de aguardiente de sidra con madera de castaño autóctona y micro-oxigenación.

Materiales y métodos

Diseño experimental

Se evaluaron tres tipos de madera de castaño en dos formatos (dado vs viruta), para envejecer un aguardiente de sidra (40% vol) con microoxigenación (50 mL/L/mes). El tostado de la madera se realizó a 185° C durante 60 min en estufa con circulación de aire. Se ensayó la relación de 6 g de madera por litro de aguardiente. En la Figura 1 se recoge el diseño experimental.

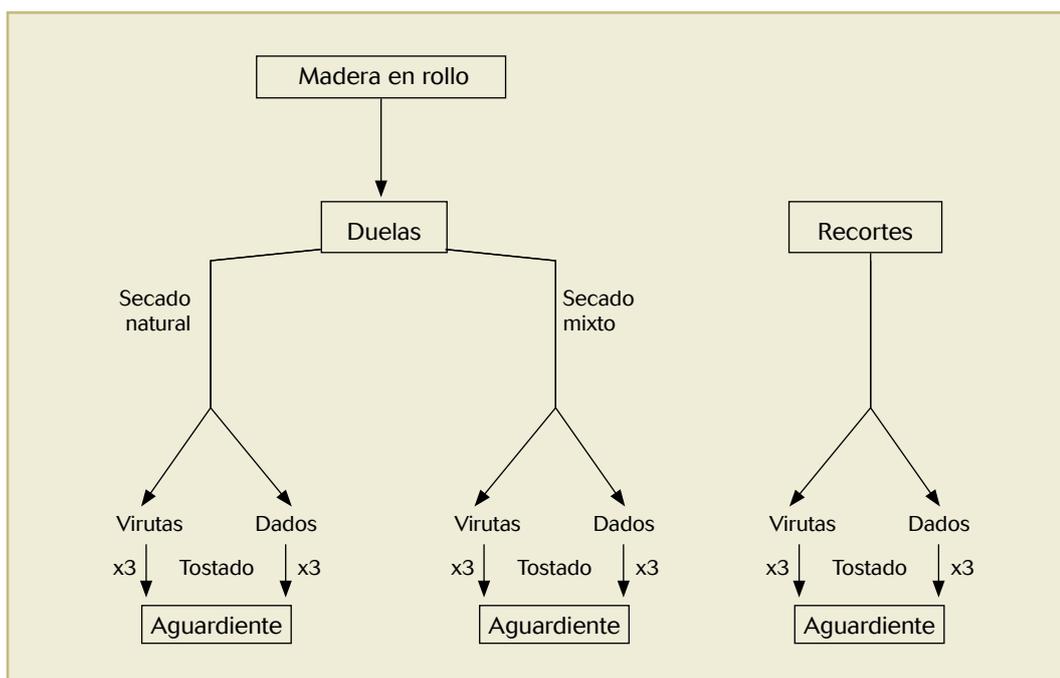


Figura 1.- Diseño experimental.



Tabla 1.- Tiempo de envejecimiento, formatos y tipos de madera ensayados.

Castaño	Características	Formato	Dimensiones	Tiempo de envejecimiento
Recortes	Restos de la industria transformadora	Virutas	2 mm de espesor	4 semanas
		Dados	1 cm de lado	24 semanas
Secado Mixto (S. Mixto)	Duelas con 10 meses de secado al aire libre y 37 días en secadero a 45 °C	Virutas	2 mm de espesor	4 semanas
		Dados	1 cm de lado	24 semanas
Secado Natural (S. Natural)	Duelas con 24 meses de secado al aire libre	Virutas	2 mm de espesor	4 semanas
		Dados	1 cm de lado	24 semanas



En la Tabla 1 se recogen los tipos de secado aplicados al castaño, formatos y tiempos de contacto con los aguardientes de sidra.

Análisis físico-químicos

En cada uno de los aguardientes se analizaron, por HPLC, los compuestos furánicos y fenólicos de bajo peso molecular, los taninos hidrolizables (galotaninos y elagitaninos totales) también por HPLC previa metanólisis y las características cromáticas según la Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV).

Análisis sensorial

Las muestras fueron valoradas por un grupo de 37 consumidores utilizando dos metodologías sensoriales.

Por un lado, se realizaron tests triangulares para detectar la existencia de diferencias significativas entre los aguardientes elaborados, a partir de una misma madera, con distintos formatos.

Por otro, se realizó una prueba hedónica para detectar posibles preferencias entre los aguardientes dependiendo del tipo de madera empleada. En esta prueba, los aguardientes se valoraron sobre una escala del 1 al 9 siendo 1: muy deficiente, 5: correcto y 9: excelente. El panel de catadores valoró los aguardientes de manera global (olor, sabor y color).

Análisis estadístico

Las diferencias entre los aguardientes para la composición química se evaluaron mediante un ANOVA de 2 factores: tipo de madera (3 niveles: Recortes, S. Mixto y S. Natural) y formato (2 niveles: virutas y dados).

La existencia de diferencias significativas en los tests triangulares se determinó a partir de las correspondientes tablas para este tipo de prueba.

Las diferencias en la valoración hedónica de los destilados envejecidos con distinto tipo de madera se evaluaron mediante un ANOVA de un factor.

Resultados

En las Figuras 2, 3 y 4 se muestran las concentraciones de los compuestos fenólicos y furánicos de los aguardientes envejecidos.

Dependiendo del tipo de madera y del formato utilizado se detectaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en todos los compuestos analizados, excepto para el ácido gálico y el sinapaldehído. Así, el formato dados, con periodos de envejecimiento más largos, dio lugar a mayores concentraciones en todos los compuestos analizados.

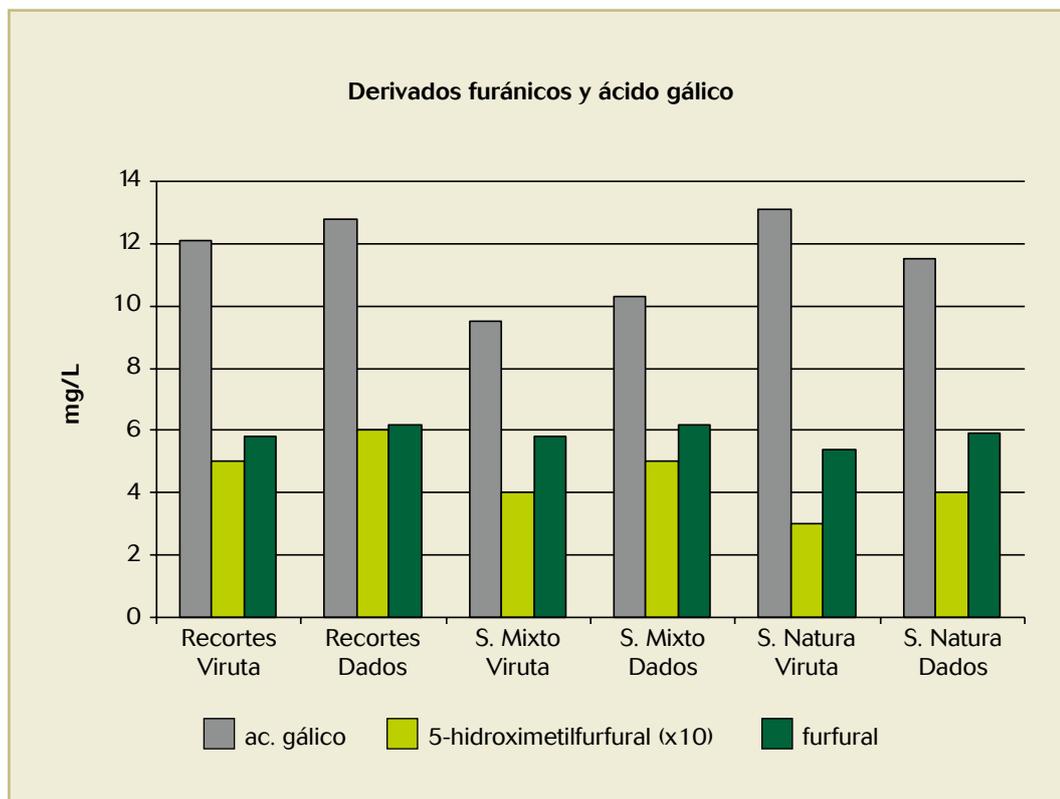
Respecto a las condiciones del secado de la madera, cabe reseñar que el S. Mixto aportó mayor contenido en compuestos furánicos, ácidos siríngico y ferúlico, así como en algunos de los aldehídos (vainillina, siringaldehído y coniferandehído).

Por otra parte, en los destilados envejecidos con Recortes de castaño no se aprecian diferencias entre formatos. En general, en estos aguardientes la composición fenólica y furánica fue superior a la detectada en los aguardientes envejecidos con S. Natural (Figuras 2, 3 y 4).

Los taninos hidrolizables (galotaninos y elagitaninos), extraídos en los aguardientes durante el envejecimiento, fueron menos abundantes en la madera con S. Mixto frente al S. Natural (Figura 5). En todos los casos e independientemente del tipo de madera, la viruta dio lugar a una mayor extracción de elagitaninos.

Es conocido que tanto la exposición al aire como el aumento de la temperatura favorecen la degradación de los polímeros que forman la estructura de la madera. En este sentido, el S. Mixto de la madera condujo a aguardientes con mayor concentración de monómeros derivados de la hemicelulosa y la lignina (derivados furánicos, benzoicos y cinámicos) y, por el contrario, estos aguardientes mostraron menores contenidos en taninos hidrolizables (galotaninos y elagitaninos) al compararlos con los encontrados en los aguardientes envejecidos con madera secada al natural.

En general, los valores encontrados para los derivados furánicos y fenólicos están dentro del rango típico de los destilados envejecidos en roble.



←
Figura 2.- Contenido de ácido gálico y derivados furánicos en los aguardientes envejecidos.



Figura 3.- Contenido de derivados benzoicos en los aguardientes envejecidos.

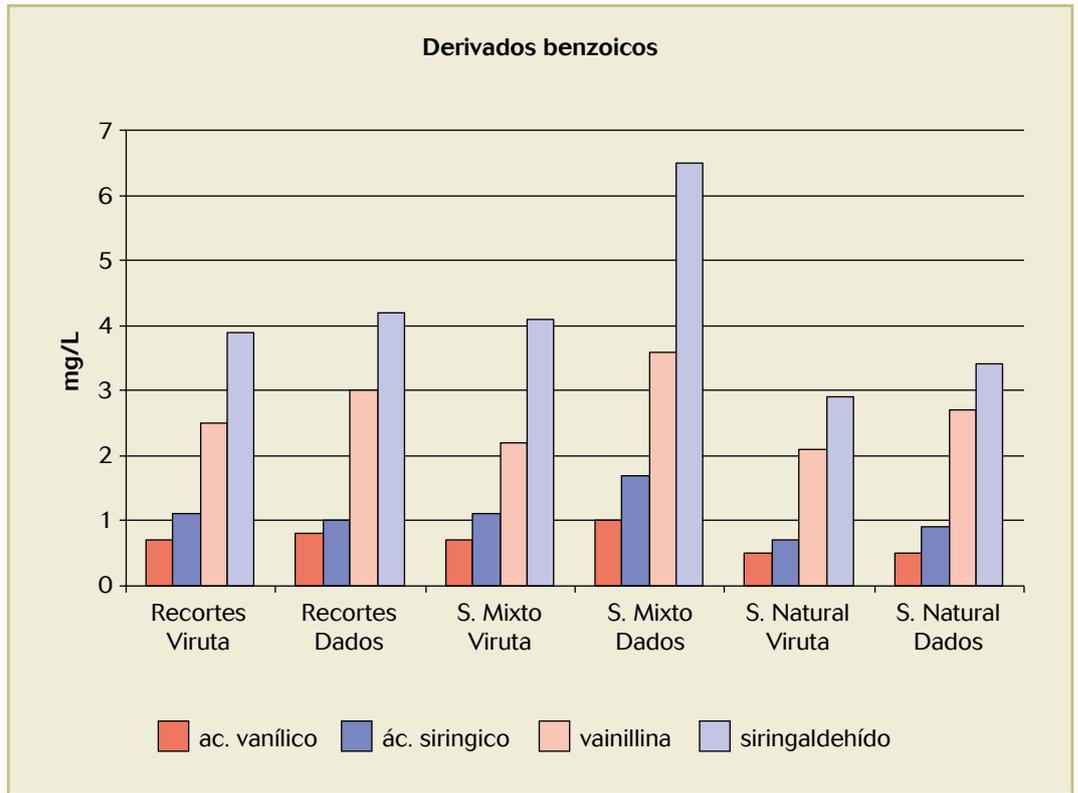
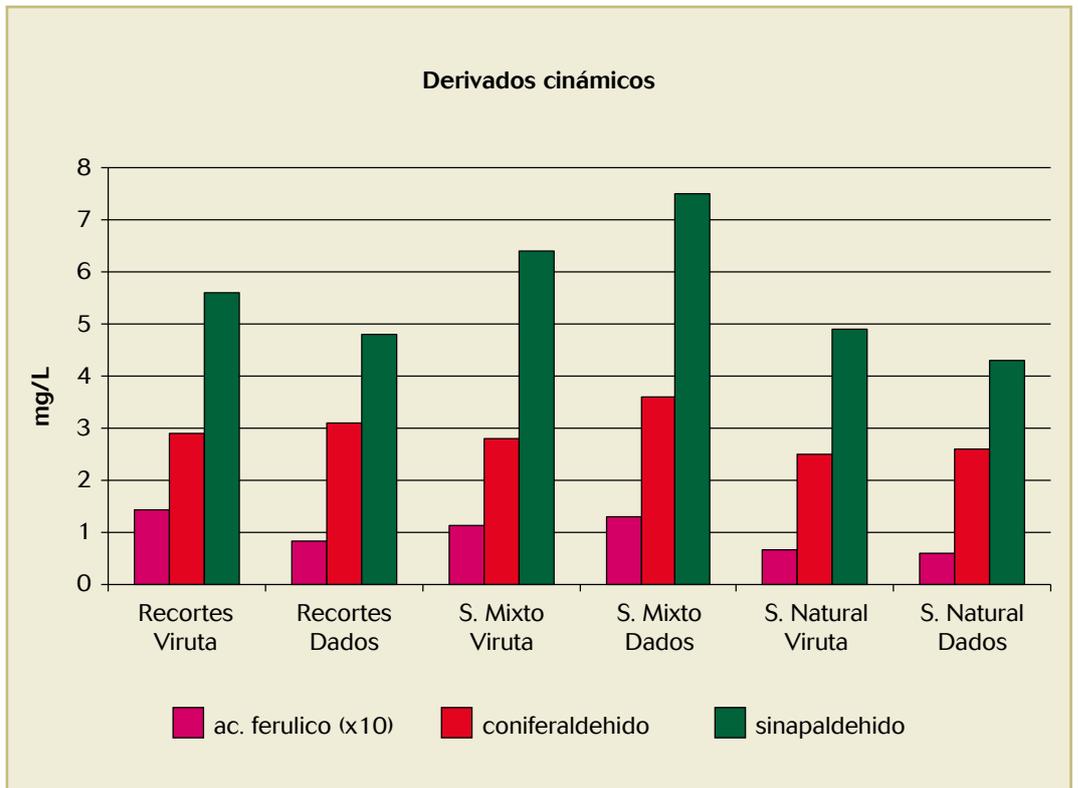
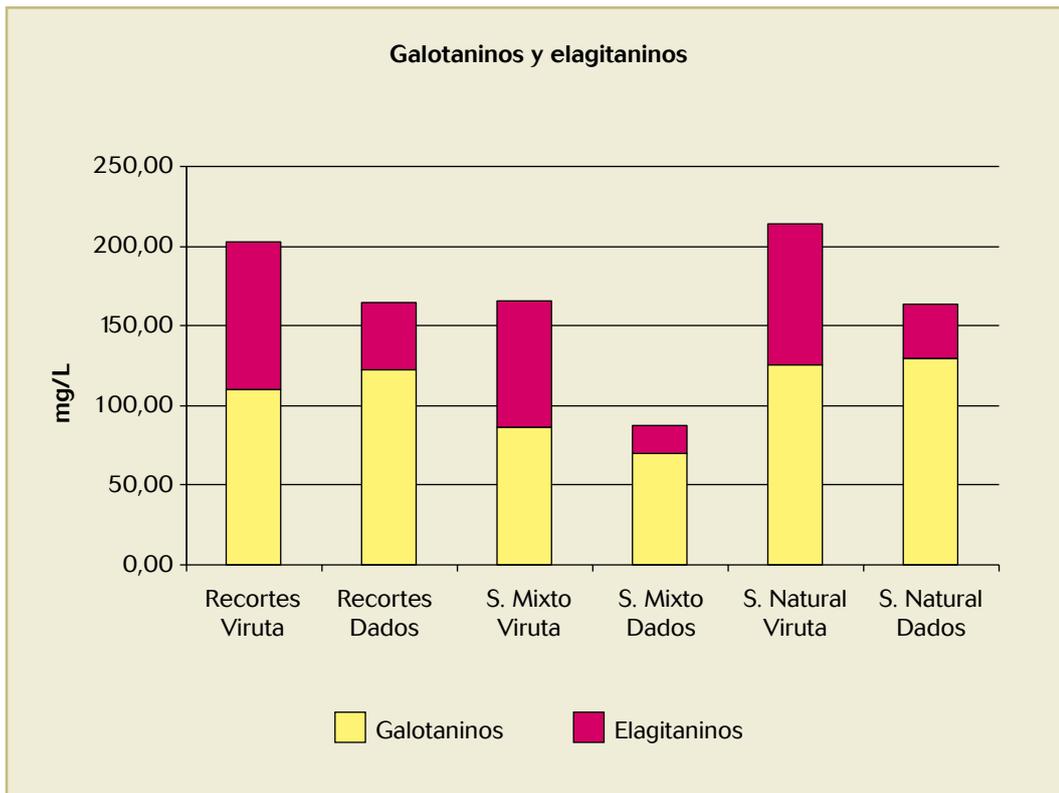
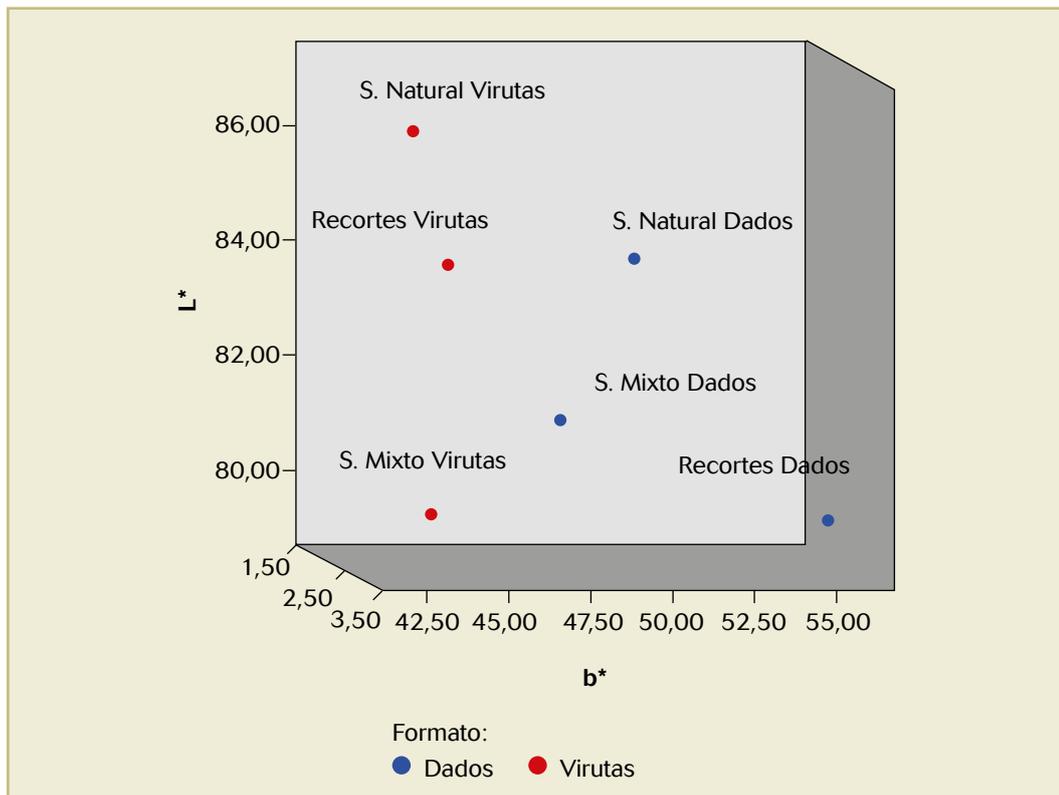


Figura 4.- Contenido de derivados cinámicos en los aguardientes envejecidos.





←
Figura 5.- Contenido de galotaninos y elagitaninos en los aguardientes envejecidos con madera de castaño.



←
Figura 6.- Proyección de los aguardientes en el espacio CIELAB. Cada aguardiente representa el promedio de 3 unidades experimentales.



Tabla 2.- Resultados de los test triangulares (viruta vs dados) para los tipos de madera ensayados.

Tipo de madera	Jueces	Aciertos	Diferencia significativa
Recortes	37	14	No
S. Mixto	37	13	No
S.Natural	37	11	No

El espacio CIELAB permite expresar el color en términos numéricos y objetivos. En esta escala de medida tridimensional se representan los siguientes ejes: L^* = luminosidad, a^* = coordenada rojo-verde (+a indica rojo, -a indica verde) y b^* = coordenada amarillo-azul (+b indica amarillo, -b indica azul).

En cuanto al color de los aguardientes (Figura 6), se detectaron diferencias significativas en sus características cromáticas dependiendo de los factores estudiados. Como se puede observar, los aguardientes envejecidos con madera procedente de S. Natural presentaron la mayor luminosidad, mientras que los envejecidos con dados destacaron por su tonalidad amarilla.

La evaluación sensorial de los aguardientes consistió, en primer lugar, en pruebas triangulares, entre los 2 posibles formatos, para cada tipo de madera. Cada catador probó, en sesiones separadas de 10 min, cada uno de los tríos de muestras. El panel constituido no percibió diferencias en los distintos triangulares realizados (la prueba es significativa, al 5%, para un número de aciertos igual o superior a 17) (Tabla 2).

A la vista de los resultados anteriores, se eligieron los aguardientes envejecidos con dados para evaluar preferencias entre los tipos de madera. Cada juez valoró las tres muestras envejecidas independientemente y en la misma sesión. No se detectaron diferencias significativas entre

muestras. Los tres aguardientes fueron bien valorados, con una nota media entre 6,0 (Recortes) y 6,3 (S. Mixto).

Conclusiones

Sensorialmente, todos los aguardientes envejecidos con castaño fueron evaluados positivamente.

Las diferencias analíticas encontradas en la composición fenólica de los aguardientes no fueron relevantes en la evaluación sensorial realizada por consumidores.

La utilización de Recortes de castaño para el envejecimiento de bebidas podría ser una interesante vía de reutilización de este residuo de la industria transformadora.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Maderas Siero, S. A. la cesión de la madera para el ensayo y sus instalaciones para los distintos secados realizados, y a Laura González, del Centro Tecnológico y Forestal de la Madera de Asturias (CETEMAS), la gestión de la madera en el aserradero.

Información generada por el proyecto RTA2011-00135-00-00, financiado por el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA).



II Festival del Arándano y Frutos Rojos de Asturias. Jornada Técnica del Cultivo y Comercialización del Arándano

GUILLERMO GARCÍA GONZÁLEZ DE LENA. Área de Experimentación y Demostración Agroganadera. ggarcia@serida.org
JUAN CARLOS GARCÍA RUBIO. Área de Experimentación y Demostración Agroganadera. jcgarcia@serida.org
M^º DEL PILAR ORO GARCÍA. Área de Transferencia y Formación. pilaroro@serida.org

Villaviciosa fue escenario del II Festival del Arándano y Frutos Rojos de Asturias celebrado desde el 28 al 30 de julio, en el que se enmarcó la Jornada Técnica 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.

El festival tiene como objetivos principales presentar y divulgar, tanto al sector como al público general, los avances en cuanto a la producción y comercialización de frutos rojos, así como dar a conocer y promocionar los productos derivados de los mismos.

Jornada Técnica del Cultivo y Comercialización del Arándano

La jornada reunió a expertos de diferentes ámbitos procedentes de Chile, Portugal y España, con la finalidad de presentar las últimas técnicas e investigaciones desarrolladas sobre el cultivo de los frutos rojos.

El encuentro tuvo lugar el día 28 en el Teatro Riera, y fue inaugurado por Alejandro Vega, alcalde de Villaviciosa, acompañado por Carmen Díez, jefa del Departamento de Investigación del SERIDA.

Tras la inauguración, el inicio de las jornadas corrió a cargo de Emilio Merino, res-



Acto de inauguración.



El encuentro finalizó con un coloquio con los conferenciantes, moderado por Moisés Fernandes (SERIDA), en el que los asistentes tuvieron la oportunidad de conocer otras experiencias de producción.

Festival del Arándano y Frutos Rojos de Asturias

El festival se desarrolló durante los días 29 y 30 de julio en el Parque Ballina de Villaviciosa, y fue inaugurado por María Jesús Álvarez, consejera de Desarrollo Rural y Recursos Naturales, en compañía de Alejandro Vega, alcalde del Ayuntamiento de Villaviciosa, así como de otros representantes de la corporación municipal y entidades colaboradoras.

Durante los dos días de duración del certamen se celebraron múltiples actividades teniendo como protagonistas los *berries*: talleres, concursos, visitas guiadas a explotaciones y Mercado del Arándano y Frutos Rojos entre otras.

El SERIDA, en esta segunda edición instaló un stand expositivo en el que se mostraron los trabajos de investigación de la entidad y en particular aquellos relacionados con el cultivo del arándano. También se pudo contemplar una muestra de cultivos de frutos rojos con paneles explicativos de cada uno de ellos.

Como en la edición anterior, el festival se cerró con una alta participación de público en torno a un cultivo en auge en Asturias, que ocupa actualmente alrededor de 250 hectáreas de superficie y que alcanza una producción de 500 toneladas. ■



Intervención de Emilio Merino (Grupo Hortifrut. Chile).

ponsable técnico de Producción Ecológica del Grupo Hortifrut de Chile que presentó la ponencia *Cultivo ecológico del arándano*. A continuación tuvo lugar la intervención de Alejandra González, responsable técnico en Cultivo de Berries en el norte de España y Huelva del Grupo Kimatee, que habló sobre *Nutrición en arándanos y frutos rojos*.

La sesión de la tarde comenzó con la intervención de Pedro Bras de Oliveira, técnico del Instituto Nacional de Investigaçao Agrária e Veterinária (INIAV) de Portugal, que ofreció la charla *Cultivo de berries fuera de suelo*. Seguidamente Gonçalo Bernardo, técnico de la Asociación de Pequeños Frutos e Innovación Empresarial (AGIM) de Portugal disertó sobre la *Situación de los berries en Portugal*. Finalmente Rafael Moreno Rojas, director del Programa de Doctorado de Biociencias y Ciencias Agroalimentarias de la Universidad de Córdoba, impartió la ponencia *Beneficios de los berries para la salud*.



Mercado del Arándano y Frutos Rojos.





Jornada Técnica: Elaboración de Sidra de Hielo

ROSA PANDO BEDRIÑANA. Área de Tecnología de los Alimentos, rpando@serida.org
ANNA PICINELLI LOBO. Área de Tecnología de los Alimentos, apicinelli@serida.org

En el marco de las actividades de AGROPEC el SERIDA organizó, el sábado 30 de septiembre, una jornada divulgativa dedicada a la Sidra de Hielo. En esta jornada, la investigadora Rosa Pando Bedriñana impartió una charla sobre este tipo de sidras en la que se resumían los resultados obtenidos en el Proyecto de Investigación realizado en colaboración con el grupo empresarial El Gaitero (RTA 2012-00075).

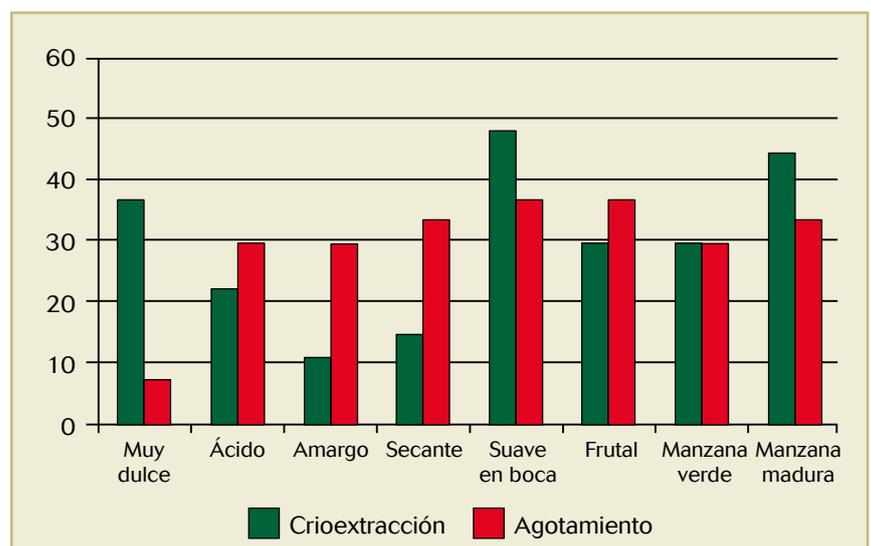
Seguidamente, los asistentes tuvieron la oportunidad de probar dos sidras elaboradas en el marco del Proyecto opinando sobre éstas en una encuesta. Esta encuesta se conoce por sus siglas en inglés como CATA "Marque Todo Aquello que Convenga" y está ideada para conocer los atributos que según los consumidores definen a los productos presentados.

En la Figura adjunta se muestra un resumen de los resultados obtenidos. La calidad de ambas sidras fue valorada con una calificación de notable. Destacó, por muy poca diferencia, la sidra de hielo probada en segundo lugar, elaborada mediante prensado

de manzanas congeladas (Crioextracción), que fue descrita como suave en boca, muy dulce y manzana madura. Por su parte, la obtenida por congelación del mosto residual del sistema de Crioextracción (Agotamiento) fue definida como más secante, ácida, amarga y frutal. ■



Asistentes a la Jornada.



Jornada Técnica de Presentación de Nuevas Variedades de Manzana

ENRIQUE DAPENA DE LA FUENTE. Área de Cultivos Hortofrutícolas y Forestales. Programa de Investigación en Fruticultura. edapena@serida.org
M^a DEL PILAR ORO GARCÍA. Área de Transferencia y Formación. pilaroro@serida.org

El SERIDA y la Consejería de Desarrollo Rural y Recursos Naturales organizaron la "Jornada Técnica de Presentación de Nuevas Variedades de Manzana", que se celebró el pasado 13 de octubre en el Teatro Riera de Villaviciosa, en el marco del XXXI Festival de la Manzana. La jornada contó con la colaboración del Ayuntamiento de Villaviciosa y el Consejo Regulador de la DOP "Sidra de Asturias".

La finalidad de la jornada, desarrollada por el Programa de Fruticultura, que coordina el Dr. Enrique Dapena, fue transferir a los profesionales del sector

y al público en general los resultados obtenidos en diferentes proyectos de investigación destinados al desarrollo de nuevas variedades de manzana, tanto de sidra como de mesa, así como dar a conocer las nuevas variedades de manzana de sidra recientemente acogidas a la DOP "Sidra de Asturias" que tras un proceso de prospección, llevado a cabo en el periodo 1995-97, o de obtención, mediante cruzamientos de mejora genética realizados en el periodo 1989-94, seguido de un riguroso proceso de evaluación agronómica y tecnológica y de caracterización morfológica y molecular,



Acto de inauguración.





fueron finalmente seleccionadas por el SERIDA. La jornada se inició con una presentación en la que participaron Ramón A. Juste, director-gerente del SERIDA, Alejandro Vega, alcalde de Villaviciosa, Daniel Ruiz gerente del Consejo Regulador de la DOP "Sidra de Asturias y Enrique Dapena, responsable del Programa de Fruticultura del SERIDA.

Durante el encuentro, Enrique Dapena expuso los resultados de las investigaciones realizadas por el SERIDA en las últimas décadas encaminadas paralelamente a a) la prospección, evaluación, caracterización y selección de variedades locales y b) al diseño de cruzamientos de mejora genética de variedades locales de interés, que han permitido desarrollar nuevas variedades más resistentes a enfermedades y plagas, así como variedades de producción más regular, cuya utilización permitirá minimizar los problemas causados por la vecería o disponer de nuevas variedades amargas de maduración tardía, algunas de

ellas también de producción regular. También se presentaron algunas obtenciones de manzana de mesa de elevada calidad sensorial, resistentes a moteado y producción regular.

Además, intervino Patricio Antonio Morales, representante del Centro de Estudios y Conservación del Patrimonio Natural (CECPAN) de Chiloé (Chile), que habló del aprovechamiento de variedades tradicionales de manzana en el Archipiélago de Chiloé.

La jornada continuó con una visita a la exposición *Nuevas Variedades de Manzana Acogidas a la DOP "Sidra de Asturias"* instalada en la Casa de los Hevia, en Villaviciosa.

Finalmente, los asistentes tuvieron la oportunidad de visitar tres parcelas experimentales de manzano del SERIDA, para conocer in situ las obtenciones y nuevas variedades de manzana de sidra y mesa seleccionadas. ■



Visita a las parcelas experimentales de manzano, SERIDA (Villaviciosa).

Exposición Nuevas Variedades de Manzana Acogidas a la DOP “Sidra de Asturias”

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

ENRIQUE DAPENA DE LA FUENTE. Área de Cultivos Hortofrutícolas y Forestales. Programa de Investigación en Fruticultura. edapena@serida.org



Exposición,
Casa de los Hevia
(Villaviciosa).

El Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario presentó la exposición *Nuevas Variedades de Manzana Acogidas a la DOP “Sidra de Asturias”*, en la Casa de Los Hevia en Villaviciosa, desde el 12 al 15 de octubre de 2017, dentro de las actividades del XXXI Festival de la Manzana organizado por el Ayuntamiento de Villaviciosa.

La muestra reunió 51 de las 54 nuevas variedades de manzanas de sidra incorporadas recientemente a la DOP “Sidra de Asturias”, de las cuales 25 han sido prospectadas u obtenidas, evaluadas, caracterizadas y seleccionadas por el Programa de Fruticultura del SERIDA y el resto también prospectadas, evaluadas, caracterizadas y documentadas por dicho equipo de investigación.

Mediante la información obtenida en los trabajos de investigación se elaboraron fichas varietales, resumiendo las características agronómicas, tecnológicas y morfológicas de cada variedad expuesta.

A través de las muestras de frutos, las fichas varietales y un conjunto de paneles ilustrando los procesos de evaluación agronómica y tecnológica y de caracterización morfológica y molecular, así como de la diversidad genética existente, los visitantes tuvieron la oportunidad de conocer de forma más exhaustiva la materia prima utilizada en la elaboración de la sidra asturiana, una de nuestras señas de identidad regional. ■



Jornadas Formativas y de Intercambio sobre Agricultura Ecológica en Zona Templado-Húmeda

M^º DEL PILAR ORO GARCÍA. Área de Transferencia y Formación SERIDA. pilaroro@serida.org
 ENRIQUE DAPENA DE LA FUENTE. Coordinador de la Jornada. Área de Cultivos Hortofrutícolas y Forestales.
 Programa de Investigación en Fruticultura. SERIDA. edapena@serida.org
 JAVIER GONZÁLEZ AGUILAR. Presidente del Consejo de la Producción Agraria Ecológica (COPAE).

La Escuela de Agricultura de Villaviciosa acogió los días 27 y 28 de octubre, las “Jornadas Formativas y de Intercambio sobre Agricultura Ecológica en Zona Templado - Húmeda”, organizadas por La Sociedad Española de Agricultura Ecológica (SEAE), junto con la Coordinadora Asturiana de Agricultura Ecológica (CADAE) y el Consejo de la Producción Agraria Ecológica (COPAE).

Asturias es una región con unas condiciones agroclimáticas que favorecen la práctica de la producción ecológica, debido en gran parte a la riqueza en materia orgánica del suelo, los recursos genéticos, (variedades locales de cultivos y las razas autóctonas), la gran diversidad de flora y fauna beneficiosa existente, y la estructura del paisaje reticulado.

Este encuentro dirigido a profesionales del medio rural, estuvo orientado a conocer las variedades locales de cultivos en Asturias y los resultados de las investigaciones que se realizan sobre los mismos, así como a compartir experiencias de producción hortofrutícola y a explorar las necesidades de mejora y actuaciones de innovación en el ámbito de la agricultura ecológica.

Las jornadas, financiadas por el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente y por el Fondo Social Europeo, contaron con la colaboración de la Consejería de Desarrollo



Rural y Recursos Naturales, el SERIDA, la Fundación EDES, CATASOL, AGRECOASTUR, El Terruño así como otras entidades.

El programa incluyó un amplio número de presentaciones y actividades a cargo de empresas, asociaciones y entidades relacionadas con la producción ecológica. Entre otros ponentes la jornadas contaron con la participación de Jesús Casas, director general de Desarrollo Rural y Agroalimentación que habló sobre la creación y funcionamiento



Asistentes al curso.

de los grupos operativos de innovación agraria.

El SERIDA presentó varias ponencias a cargo de investigadores de la entidad que trataron sobre la recuperación, mejora y selección de variedades de hortalizas, frutales y cereales adaptadas a las condiciones de cultivo ecológico en Asturias. Así, Enrique Dapena, responsable del Programa de Fruticultura impartió las charlas “Variedades de manzano y otras especies frutales”, “¿Cómo abordar un cultivo ecológico de manzana de mesa en Asturias?”. Juan José Ferreira, responsable del Programa de Genética Vegetal habló sobre “Variedades hortícolas, faba, escanda, avellano y arándano”. Guillermo García, técnico del Área de Experimentación y Demostración Agroforestal,

abordó los “Ensayos de semilla ecológica hortícolas”, finalmente Adela Fernández, responsable del Programa de Pastos y Forrajes disertó sobre “Variedades de maíz”.

Desde el sector productivo se mostraron ejemplos de producción ecológica e iniciativas de transformación y comercialización. Las jornadas concluyeron con un coloquio en torno a las principales necesidades para la mejora de la producción y comercialización ecológica en Asturias, analizándose la conveniencia de trabajar en la constitución de un grupo operativo sobre producción agraria ecológica. ■

Cultivo ecológico





Curso de Bioeconomía

CARMEN DIEZ MONFORTE. Jefa del Departamento de Investigación mcdiez@serida.org
M^º DEL PILAR ORO GARCÍA. Jefa del Área de Transferencia y Formación. pilaroro@serida.org

El SERIDA y la Universidad de Oviedo, a instancias del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) organizaron un Curso de Bioeconomía que se celebró los días 21 y 22 de noviembre en el Salón de Actos del Edificio Administrativo de Servicios Múltiples (EASMU) de Oviedo.

La Bioeconomía es un término que engloba el conjunto de actividades que obtienen productos y servicios, generando actividad económica con la utilización de los recursos de origen biológico como materia prima. Es una ciencia aplicada a la gestión de la sostenibilidad y su finalidad es alcanzar un desarrollo socio-económico sostenible, a través del uso eficiente de los recursos naturales. Es un campo de estudio multidisciplinar, en el que participan, además de economistas, científicos y tecnólogos de otras áreas como la biología, la física, la química, agronomía, ciencias empresariales, ingenierías, etc. La Bioeconomía es un concepto que surge como respuesta a un conjunto de desafíos

globales que plantean la necesidad de un cambio de tendencias en los campos de la producción y el consumo, y dónde el desarrollo de este concepto se presenta como una oportunidad y una necesidad, para el conjunto de la actividad económica. Se trata de utilizar bien lo que aún no se utiliza, y a la vez usar mejor aquello que ya venimos utilizando para hacer frente a las necesidades de una población creciente en un mundo finito y limitado. Y se trata también de cambiar de forma urgente de una economía basada en materias primas fósiles y no renovables, hacia una bioeconomía en la que esos recursos sean renovables y den lugar a un crecimiento global sostenible en el largo plazo.

Este curso estuvo destinado a investigadores, técnicos y gestores de las Administraciones Públicas y Universidades, así como profesionales de empresas, organizaciones y asociaciones representativas de los sectores económicos, sociales y medio ambientales, centros y plataformas tecnológicas, y tuvo como finalidad el dar



Acto de inauguración,
de izquierda a derecha
María Jesús Álvarez,
consejera de Desarrollo
Rural y Recursos Naturales,
Santiago García,
rector de la Universidad
de Oviedo
y Ramón A. Juste,
director gerente
del SERIDA.



Asistentes al curso.



a conocer el concepto de Bioeconomía en nuestra sociedad, la importancia que tiene en nuestra región, y las posibilidades de financiación para proyectos de investigación e innovación en este sector.

El acto de inauguración estuvo presidido por María Jesús Álvarez González, consejera de Desarrollo Rural y Recursos Naturales; Santiago García Granda, rector de la Universidad de Oviedo, y Ramón Antonio Juste Jordán, director gerente del SERIDA.

El desarrollo del curso tuvo lugar con sesiones de mañana y tarde, estructuradas en ponencias a cargo de representantes de distintas instituciones y empresas tecnológicas. Al final de cada bloque de ponencias, se presentaron casos prácticos de proyectos de bioeconomía en diferentes ámbitos.

Algunos de los temas tratados durante las dos jornadas han sido: la Bioeconomía en la Unión Europea, la Estrategia Española de Bioeconomía, la Agricultura en la Bioeconomía, instrumentos de financiación de la Bioeconomía en los ámbitos de la Unión Europea, el Plan Estatal de I+D+i, fondos regionales y privados y el apoyo a emprendedores; la Bioeconomía en el sector de los alimentos, el sector forestal y la Bioeconomía, los Bioproductos, la Bioeconomía en el medio marino, los Residuos como recursos para la Bioeconomía, la Biotecnología como herramienta para la Bioeconomía y la Bioeconomía en el ámbi-

to de la RIS3 en Asturias.

La jornada del miércoles incluyó una mesa redonda bajo el título La Bioeconomía vista por la sociedad, en la que participaron representantes del Gobierno del Principado de Asturias, Universidad de Oviedo, Red Española de Desarrollo Rural (READER), Federación Asturiana de Empresarios (FADE) y Cámaras de Comercio (Cámara de Comercio de Gijón).

Para finalizar, la gerente del Cluster de Biomedicina y Salud de la Universidad de Oviedo, Julia María Gutiérrez, presentó *Vanguard Initiative*, una iniciativa que reúne 28 regiones industriales europeas que apuestan por un nuevo crecimiento para Europa a través de la Especialización Inteligente. En el marco de esta iniciativa se desarrolla un proyecto piloto en Bioeconomía coordinado por el Instituto de Desarrollo Económico del Principado de Asturias (IDEPA) en el que participan, además de la Universidad de Oviedo, el Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA) y la Asociación de Investigación Industrias Cárnicas (ASINCAR).

El vicerrector de Investigación de la Universidad de Oviedo, José Ramón Obeso Suárez y el director gerente del SERIDA, Ramón Antonio Juste Jordán fueron los encargados de la clausura del curso, en el que se destacó la importancia de la Bioeconomía en el desarrollo económico sostenible de la sociedad. ■

Nuevos proyectos de I+D+i

Área de Sistemas de Producción Animal

Producción holística para reducir la huella ecológica de la carne de cordero

Entidad financiadora: Agencia Estatal de Investigación. Ministerio de Economía, Industria y Competitividad

Referencia: APCIN2017

Investigador Principal: Koldo Osoro Otaduy

Cantidad concedida: 98.000 €

Duración: 2017-2020

Descripción: El proyecto evaluará la sostenibilidad de diversos sistemas europeos de producción ovina centrándose en la huella ecológica, el bienestar animal y el valor nutritivo de la carne de cordero. Los resultados de estas evaluaciones servirán para entender las posibles barreras futuras que limitan la capacidad innovadora y el desarrollo del sector y las oportunidades que pueden proporcionar un futuro nicho de mercado frente a los productos competitivos de otros mercados globales.

El proyecto incluye una investigación transnacional y en él se involucrarán agentes interesados del sector de los 6 países que conforman el consorcio (Alemania, Italia, Portugal, Eslovenia, España y Turquía), para analizar en numerosas explotaciones casos de estudio eficientes, competitivos y con bajas emisiones de carbono. El proyecto contempla la creación de una marca "EcoLamb", que corresponderá con carne de cordero ecológicamente sana y nutricionalmente superior, que haya sido identificada por el consorcio y que será calificada y comercializada a través de Europa como producto de última generación en producción de carne.

La vinculación directa entre el bienestar animal, la calidad de la carne y el uso de medicamentos también se determinará mediante técnicas innovadoras de ganadería de precisión. Las soluciones ganaderas que incorporen las expectativas de los consumidores en cuanto al bienestar animal y la calidad de la carne mejorarán la competitividad del sector europeo de la carne de cordero.

El proyecto producirá una serie de herramientas de recomendaciones sobre cómo mejorar la aceptación de la carne de cordero por parte de los consumidores que serán aplicables al manejo de los animales y a la cadena de suministro y comercialización. El enfoque multidisciplinar y la participación de múltiples agentes del sector ovino de la UE ayudarán a rediseñar los aspectos críticos para mejorar la aceptación social y el posicionamiento de la carne de cordero en las dietas futuras. Los resultados del proyecto serán utilizados por los interesados para promover cambios en el modelo de producción, la gestión de los recursos naturales, y la comercialización y procesamiento de la carne de ovino. Además, los técnicos, las organizaciones de ganaderos y los responsables de políticas utilizarán los resultados para rediseñar los métodos de consultoría y planificar nuevas iniciativas para que todos los aspectos de la producción e industria ovina europea sean más sostenibles.



Área de Cultivos Hortofrutícolas y Forestales

Programa de Genética Vegetal

Mejora genética para una producción orgánica hortícola resiliente, eficiente y sostenible (BRESOV)

Entidad financiadora: Unión Europea (Programa H2020)

Referencia: 774244-BRESOV

Cantidad concedida: 319.750 €

Duración: 2018-2022

Descripción: El objetivo principal de este proyecto es el que participan 19 equipos de investigación de nueve países europeos, es mejorar la competitividad del cultivo ecológico (orgánico o biológico) de la judía verde (fréjol), el tomate y el brócoli, tres especies tomadas como representantes de las principales familias usadas en cultivos hortícolas; leguminosas, solanáceas y brassicas. En el proyecto se busca explorar y caracterizar la diversidad genética en las tres especies a nivel morfológico, agronómico, molecular (ADN) y para resistencia a enfermedades. Así mismo, el proyecto persigue identificar las variedades mejor adaptadas a la producción orgánica, localizar los genes con mayor peso en la adaptación a la producción orgánica, y desarrollar herramientas para acelerar la obtención de nuevas variedades por mejora genética y la producción de semilla en cultivo orgánico. El desarrollo de este proyecto contempla la realización de trabajos de campo con los productores locales, lo que permitirá la transferencia de los resultados en las producciones ecológicas locales.

Las tareas del equipo de Genética Vegetal del SERIDA se centrarán en la multiplicación y caracterización de judía desde el punto de vista morfológico y resistencia a enfermedades. También colaborarán en el análisis de la variación molecular a nivel genómico, así como en la identificación de genes más importantes para la adaptación de esta leguminosa a la producción ecológica. En estas tareas se utilizarán las últimas técnicas en la caracterización asistida por análisis de imágenes, la exploración del genoma aplicando las últimas técnicas de secuenciación del ADN y los métodos para la identificación y verificación de genes mayores responsables de estos caracteres de adaptación.





Programa de Investigación Forestal

Grupo Operativo (GO) Supraautonómico SALUSCASTANEA: "Medidas sanitarias innovadoras al servicio del ecosistema del castaño"

Entidad financiadora: Se ha propuesto la idea de proyecto al objeto de ser financiada en el marco del Programa Nacional de Desarrollo Rural (PNDR), financiado por el Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA) y por el Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER). Su presupuesto incluye una partida para eventual publicidad de la contribución del FEADER a su financiación.

Referencia: <https://www.saluscastanea.es/>

Investigador Principal: SALUSCASTANEA reúne siete socios en representación de varias zonas españolas en las que está presente el castaño: la empresa Alibos Galicia S.L. como representante del GO; la Confederación de Organizaciones de Selvicultores de España (COSE); la Asociación de Productores y Exportadores de Productos Agrosilvestres de Galicia (PROAGROSILGA); el Centro de Servicios y Promoción Forestal y de su Industria de Castilla y León (Cesefor); la sociedad cooperativa andaluza 'Castañas Valle del Genal'; la Agrupación de Cooperativas del Valle del Jerte y la Asociación de productores de castaña de Villuercas (Cáceres). A estos representantes del sector productor se han unido la Universitat de Lleida; TRAGSA; el Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentaries de Catalunya (IRTA); el Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA) del Principado de Asturias, y la Asociación Berciana de Agricultores (ABA).

Cantidad concedida: 48.000 € (Creación del Grupo Operativo)

Duración: 2017

Descripción: Los objetivos previstos en la propuesta, a ejecutar en una fase posterior, se encaminan a preservar y recuperar el hábitat del castaño mediante la aplicación de técnicas innovadoras para el control de plagas y enfermedades, utilizando la gestión como herramienta de conservación. Con esta iniciativa, se toma en consideración la importancia de la actividad económica desarrollada en torno al castaño como un verdadero agente generador de recursos en el medio rural en el que se asientan las masas de esta especie.

Sinergias sostenibles del castaño y el porcino autóctono del tronco celta para su conservación

Entidad financiadora: Cuenta con el apoyo del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, a través de la Fundación Biodiversidad

Referencia: CASTACELTA

Investigador Principal: Dra. M. Ciordia - Programa de Investigación Forestal. Participa: Dra. B. de la Roza Delgado - Programa de Investigación en Nutrición Animal

Cantidad concedida: 16.821 €

Duración: 2018

Descripción: Los cambios producidos en el uso de las masas de castaño, la aparición del chancro, tinta y avisilla, unido a la susceptibilidad al cambio climático, han acelerado el declive de esta especie. En otro sentido, las razas porcinas autóctonas del tronco Celta, adaptadas al manejo en extensivo que evita los problemas medioambientales planteados por el modelo de producción intensiva, están en recuperación. Los sistemas silvopastorales ayudan a mejorar la rentabilidad económica, social y ambiental de los bosques, disminuyen costes de mantenimiento y riesgo de incendios, mejoran la renta en el medio rural creando empleo y frenando el despoblamiento, aspectos necesarios transferir a la población para sensibilizarla en la integración del manejo silvopastoral con estas razas, contribuyendo a la conservación de su acervo genético como estrategia compatible con la conservación y mejora productiva del castañar con la recuperación de variedades autóctonas y actividades selvícolas de saneamiento.

Objetivo principal del proyecto: Mitigar el declive de razas porcinas autóctonas del tronco celta (Porco Celta y Gochu Asturcelta) y del castaño, a través de actuaciones específicas de transferencia que integren el manejo silvopastoral con razas porcinas autóctonas del tronco celta, Porco Celta y Gochu Asturcelta, como estrategia compatible y sostenible con la conservación del hábitat del castañar.



Catálogo de convenios

Convenios

Convenio Marco de Colaboración entre el SERIDA y la Fundación Centro Tecnológico Forestal y de la Madera (CETEMAS)

Objeto: Regular la colaboración para la ejecución de actividades y proyectos conjuntos de investigación, desarrollo, innovación, transferencia y divulgación entre el SERIDA y CETEMAS, así como determinar el escenario de implicación por las partes de sus respectivos medios humanos y materiales aplicados a su ejecución.

Duración: Desde el 19 de enero de 2018 hasta el 18 de enero de 2022.

Convenio de formación en centros de trabajo entre SERIDA e IES Isla de la Deva

Objeto: Colaboración entre las entidades para el desarrollo de un Programa Formativo de Formación en Centros de Trabajo, dirigido a alumnos de Formación Profesional Reglada.

Duración: Desde el 4 de diciembre de 2017 al 3 de diciembre de 2018.

Contratos

Contrato de investigación entre el SERIDA y la empresa AGROMAR S.C.P. para el análisis de muestras de anfibios y DNA ambiental para el diagnóstico de Ranavirus

Objeto: Realizar a petición de la empresa Agromar los estudios moleculares, cultivos celulares y análisis histopatológicos para la detección de Ranavirus a partir de muestras de agua y diferentes anfibios muestreados en el embalse de Postillón en Galicia.

Duración: Desde el 14 de junio de 2017 hasta el 30 de noviembre de 2017.

Contrato de investigación entre el SERIDA y la Sociedad Hulleiras del Norte (HUNOSA)

Objeto: La caracterización de subproductos en ganadería.

Duración: Desde el 5 de octubre hasta el 5 de abril de 2018.

Contrato de colaboración y prestación de servicios entre KWS Semillas Ibérica S.L.U. y SERIDA

Objeto: Evaluación y caracterización de variedades comerciales de maíz.

Duración: Desde el 5 de abril hasta el 4 de enero de 2019.

Acuerdos

Acuerdo de colaboración entre la Universidad de Islas Baleares y SERIDA

Objeto: Llevar a cabo el proyecto de investigación "Revalorización integral de subproductos en función de sus usos potenciales. Extracción de compuestos de interés mediante aplicación de US de potencia y estudios de bioaccesibilidad in vitro", RTA15-00060-C04-03.

Duración: Desde el 21 de julio de 2017 hasta el 20 de julio de 2020.

Acuerdo de investigación ente el SERIDA y el Centro de Investigación en Nanomateriales y Nanotecnología (CINN)

Objeto: El ensayo de la eficacia de productos biocidas frente a dos bacterias fitopatógenas: *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* y *pseudomonas syringae* pv. *actinidiae*.

Duración: Desde el 2 de febrero de 2018 hasta el 1 de febrero de 2019.

Acuerdo de cooperación educativa de prácticas académicas externas entre la Universidad de Santiago de Compostela y el SERIDA

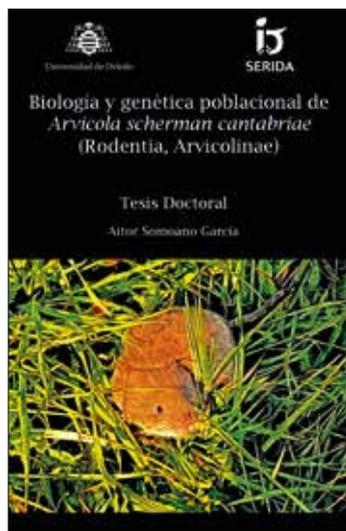
Objeto: Regular la colaboración entre las entidades para la realización por parte de estudiantes de la Universidad de un programa de prácticas académicas externas, según condiciones particulares establecidas en los correspondientes proyectos formativos individuales.

Duración: Desde el 20 de abril de 2018 hasta el 19 de abril de 2022.



Tesis y seminarios

Tesis doctorales



Biología y genética poblacional de *Arvicola scherman cantabrieae* (Rodentia, Arvicolinae)

Autor: Aitor Somoano García.

Año: julio 2017

Directores: Dres. Marcos Miñarro Prado (SERIDA), Jacint Ventura Queija (UAB).

Lugar de presentación: Facultad de Biología, Universidad de Oviedo.

La rata topera, *Arvicola scherman*, habita prados y plantaciones de frutales en las principales regiones montañosas de Europa occidental, donde excava madrigueras subterráneas. Esta especie se alimenta de las raíces de las plantas, incluyendo árboles frutales, pudiendo reducir su productividad e incluso provocar su muerte. De hecho, la subespecie *A. scherman cantabrieae* puede causar importantes pérdidas económicas en las plantaciones de manzano de Asturias (noroeste de España). Dada su condición de plaga, el programa nacional de control de topillos promueve la reducción del crecimiento poblacional de esta especie mediante la utilización de prácticas específicas y sostenibles, excluyendo el uso de rodenticidas. No obstante, la implementación y el éxito de métodos de control eficaces requiere un profundo conocimiento de aspectos relacionados

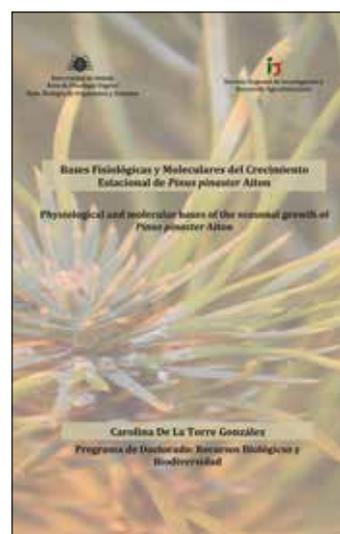
con la biología y la ecología de *A. scherman cantabrieae*.

Se realizó la necropsia de más de 800 individuos de *A. scherman cantabrieae* capturados a lo largo de dos ciclos anuales en 10 plantaciones de manzano en el centro-oriental asturiano. Se obtuvo información sobre la actividad reproductiva y la edad relativa. Se observó la presencia continua de ejemplares jóvenes y hembras gestantes durante todo el año. Los cambios intra-anuales en los órganos sexuales de los machos no afectaron significativamente a la reproducción a escala poblacional. Se concluye que la especie puede reproducirse continuamente en hábitats adecuados situados a altitudes relativamente bajas en el noroeste de España. Cada hembra madura de *A. scherman cantabrieae* es capaz de gestar 7,30 camadas al año y se obtuvo un tamaño de camada medio de 3,76 embriones. El número potencial de crías por hembra y año es de 28,25.

El ADN genómico de 137 individuos de *A. scherman cantabrieae* se analizó mediante la amplificación por PCR de 12 loci microsatélite. El escaso número de inmigrantes detectados y los valores positivos del coeficiente de endogamia observados en la mayoría de colonias sugieren que el crecimiento poblacional es más probable que tenga lugar por reclutamiento que por migración. La diversidad genética de esta especie fue relativamente baja en esta zona de estudio. Además, se observó una subdivisión poblacional en cuatro grupos genéticos a una escala de 120 km² y un fuerte patrón de aislamiento por distancia. El paisaje mostró una alta complejidad y escasa conectividad, donde un aumento de hábitats favorables no se relacionó con un aumento del flujo genético entre colonias de *A. scherman*. Se concluye que el paisaje de esta zona agrícola, conformado por un mosaico de pequeñas parcelas con diferentes usos del suelo junto con setos y bordes arbolados, dificulta la dispersión y/o asentamiento de esta especie en hábitats colonizados.

Sería recomendable mantener las estrategias de control poblacional de *A. scherman cantabrieae* durante todo el año. El seguimiento de cada grupo genético será esencial para conocer la dinámica poblacional y establecer estrategias de control coordinadas. Preservar y pro-

mover este paisaje irregular ayudaría a restringir la difusión poblacional de esta especie.



Bases fisiológicas y moleculares del crecimiento estacional de *Pinus Pinaster Aiton*

Autora: Carolina de la Torre González.

Año: julio 2017

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

Lugar de presentación: Universidad de Oviedo.

Pinus pinaster es una especie ampliamente distribuida a lo largo de la cuenca mediterránea, que cuenta con una gran relevancia, sobre todo en programas de reforestación, debido a su alta capacidad para crecer en ambientes con recursos limitantes. Ante un panorama de cambio global, en el que se espera que el estrés por sequía afecte a las poblaciones, estudiar los caracteres ecofisiológicos asociados a la respuesta frente al estrés hídrico permite definir el modelo de respuesta y determinar su posible correlación con el crecimiento vegetal. Uno de los caracteres observado en pináceas al que le afecta la dis-

ponibilidad hídrica es el policiclismo, carácter heredable que afecta tanto a la productividad como a la calidad de madera. El conocimiento de la cadena de señalización que define la pauta de desarrollo de la yema apical es fundamental para conocer cómo se regula la expresión del policiclismo y podría permitir, además, su incorporación a programas de mejora genética y conservación de recursos forestales.

En esta Tesis, se ha evaluado la expresión de caracteres ecofisiológicos y morfológicos en tres procedencias de *P. pinaster* de origen contrastante durante varios periodos de crecimiento anual en condiciones ambientales en la Finca Experimental La Mata (Grado). De estos caracteres, ha cobrado gran importancia el estudio del carácter policiclismo y los mecanismos que lo regulan. Para ello, se ha establecido un sistema experimental que permitiese la inducción de varios ciclos de crecimiento consecutivos con el fin de valorar el efecto del fotoperiodo sobre el perfil hormonal y su relación con la respuesta policíclica.

Paralelamente se ha desarrollado un método analítico para la extracción, purificación y cuantificación de diferentes clases de fitohormonas y reguladores del crecimiento vegetal que ha demostrado ser rápido, simple y eficaz para evaluar 20 reguladores de crecimiento utilizando UHPLC-MS/MS y que ha sido optimizado en matrices complejas y validado para la especie estudiada.

Del análisis de los caracteres morfométricos y ecofisiológicos, se ha comprobado que el factor procedencia ha condicionado la respuesta al ambiente, aun cuando se desarrollan en una zona métrica. La procedencia atlántica ha seguido una estrategia más conservadora, priorizando mantener el estatus hídrico frente a la eficiencia fotosintética, pero incrementando el crecimiento cuando las condiciones son favorables. Por el contrario, las procedencias mediterráneas han utilizado una estrategia derrochadora, manteniendo la tasa fotosintética, y el crecimiento durante un período más largo, aunque su eficiencia es inferior debido probablemente a las condiciones poco contrastantes en las que se desarrollaron.

El ambiente ha desencadenado respuestas más marcadas en el desarrollo de *P. pinaster*, siendo la primavera la estación más contrastante, tanto en caracteres fisiológicos como morfométricos. La similitud en el comportamiento entre el verano y el otoño probablemente esté asociada a un escenario más restrictivo para el crecimiento.

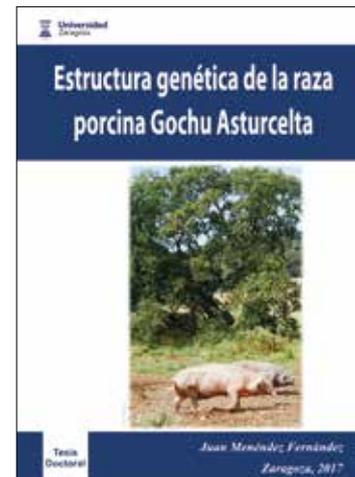
Tras el estudio del perfil hormonal, se ha encontrado asociación del mismo con la respuesta diferencial al ambiente de las distintas procedencias, siendo AIA, BA y GA3 las fitohormonas que marcaron las diferencias entre procedencias e iPR, GA9 y EB según estaciones, aunque no en ninguna de las señales químicas que actúan frente a estrés (ABA, JA o SA), indicando que las plantas no estuvieron bajo condiciones limitantes severas.

Se ha observado que las condiciones edafoclimáticas en las que se desarrollaron las procedencias de *P. pinaster* han favorecido la expresión del carácter policiclismo, siendo éste un carácter generalizable a todos los genotipos estudiados.

Las condiciones de cultivo con luz continua y temperatura constante (25 °C) son las más favorables para inducir la respuesta policíclica en plantas mayores de 1,5 años con periodos de reposo muy breves, siendo estas condiciones, además, inductoras de una rápida maduración de las plantas de todas las edades evaluadas.

En el análisis del perfil hormonal de las yemas de *P. pinaster* se comprobó que éste es característico según la localización, el estado de crecimiento y la ontogenia de las yemas. En el perfil hormonal característico del estado ontogénico son las citoquininas las fitohormonas más implicadas.

La liberación del control apical de las yemas verticales mediante poda de la yema líder dio lugar a la modificación en su perfil hormonal, semejante al esperado si éstas hubiesen estado bajo dominancia apical.



Estructura genética de la raza porcina Gochu Asturcelta

Autor: Juan Menéndez Fernández

Año: diciembre 2017

Directores: Dr. Félix Goyache Goñi, Dra. Isabel Álvarez Fernández (SERIDA)

Lugar de presentación: Universidad de Zaragoza.

El Gochu Asturcelta es una raza porcina autóctona de Asturias en extremo riesgo. Tradicionalmente se asume que la raza pertenece al tronco porcino celta de la península ibérica al igual que la raza de cerdo Celta de Galicia o la raza Bísara de Portugal. El Gochu Asturcelta prácticamente se extinguió en la segunda mitad del siglo XX. En 2002 se fundó la asociación de criadores ACGA que, con seis fundadores, inició un programa de conservación con el apoyo del Gobierno del Principado de Asturias. El objetivo de la presente Memoria es contribuir al conocimiento de la raza de Gochu Asturcelta mediante la caracterización de su variabilidad genética y de sus relaciones genéticas con las poblaciones porcinas más importantes de su entorno geográfico. Para cumplir con ese objetivo se han aplicado diversas metodologías para: a) evaluar el efecto de la política de apareamientos recomendada por ACGA para el mantenimiento de la variabilidad genética de la raza; b) conocer si la asignación del Gochu Asturcelta al grupo de cerdos de estirpe celta de la península ibérica tiene respaldo genético; y c) estimar el tamaño efectivo de la raza de Gochu Asturcelta para predecir su viabilidad.

En un primer trabajo (Menéndez et al. 2015) se desarrolló una batería de 20 microsatélites para llevar a cabo pruebas de paternidad en el marco del programa de conservación.

Un segundo trabajo (Menéndez et al. 2016a) analizó la información registrada en el Libro Genealógico de la raza de Gochu Asturcelta desde su fundación hasta agosto de 2014 para determinar si la política de apareamientos llevada a cabo por ACGA ha tenido éxito en preservar la representación de los fundadores en la población presente.

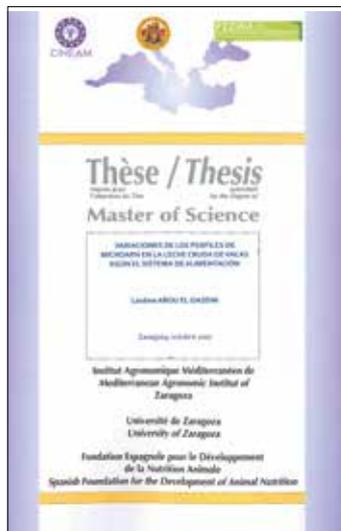
En un tercer trabajo (Menéndez et al. 2016b) la variabilidad genética del Gochu Asturcelta se evaluó mediante marcadores moleculares para conocer las relaciones genéticas de la raza con otras de importancia en su entorno geográfico y para determinar si la clasificación tradicional del cerdo autóctono de la península ibérica en estirpes celta e ibérica tiene concordancia con diferencias genéticas entre marcadores neutros. Dos poblaciones de Gochu Asturcelta (inicial y presente) se genotiparon con 17 marcadores de tipo microsatélite para tener en cuenta la posible deriva acumulada desde el inicio del programa de cría de la raza.

Un cuarto trabajo (Menéndez et al. 2016c) profundizó en la estimación del tamaño efectivo (N_e) de la población de Gochu Asturcelta. Se aplicaron diversas metodologías para estimar N_e mediante información molecular y se compararon sus resultados con estimas genealógicas. Se utilizaron genotipos de 17 marcadores microsatélites obtenidos en 780 individuos de raza Gochu Asturcelta que se asignaron a dos generaciones filiales discretas (F3 y F4) y cinco cohortes anuales (desde 2006 a 2010) con solapamiento generacional.

Esas estimas pueden ser útiles cuando se dan las siguientes condiciones: a) el tamaño muestral es suficiente y representativo de la estructura genética y relaciones de parentesco de la población; b) se aplica corrección por sesgo demográfico; y c) el intervalo utilizado para la definición de la cohorte a genotipar no es arbitrario y se corresponde con la demografía y estructura genética de la población. Esas restricciones hacen que los métodos basados en la toma de una sola muestra no tengan una gran ventaja operativa.

La particular estructura de la población de Gochu Asturcelta, con presencia de generaciones discretas y solapadas en su pedigrí, la convierte en un escenario único para el desarrollo de futuros estudios tendientes a establecer la relación entre autocigosis (homocigosis debida identidad por descendencia) e identidad por estado.

Trabajos Fin de Máster



Variaciones de los perfiles de microARN en la leche cruda de vacas según el sistema de alimentación

Autora: Loubna Abou El qassim.

Año: octubre 2017

Directores: Dres. Fernando Vicente Mainar, Luis J. Royo Martín (SERIDA).

Lugar de presentación: Instituto Agronómico Mediterráneo (Universidad de Zaragoza).

Los sistemas de producción de leche en Asturias son variables, desde sistemas extensivos con una alimentación basada en el pastoreo y con mínimo aporte de concentrados, a sistemas intensivos donde las vacas están en estabulación permanente con una alimentación basada en el aporte de altas cantidades de concentrados. La leche producida en cada sistema tiene características que lo diferencian de los demás.

En este trabajo se pretende identificar moléculas propias de la leche que permitan asociar su presencia o nivel de expresión con el sistema de manejo, sirviendo así como biomarcadores específicos de la leche cruda de vaca. Para ello, se seleccionaron 22 ganaderías de leche representativas del total de las ganaderías de leche de Asturias. Se visitaron en otoño y primavera, muestreando leche de tanque y los alimentos que consumían las vacas que estaban produciendo esa leche. Además, se hizo una encuesta alimentaria y de manejo en todas ellas, y se extrajo el ARN total de la fracción grasa de la leche de todas las muestras.

Los resultados obtenidos indican que los miRNA pueden ser utilizados como una herramienta de certificación del sistema de producción de la leche cruda de vaca, y se propone al miRNA **bta-mir-215** como posible marcador de leche de vaca cruda producida en base a forraje verde.

Financiación:

INIA RTA2014-00086-C03-02



Mapeo por asociación de la resistencia a las razas 3 y 38 de antracnosis en judía común

Autora: Cristina García Fernández.

Año: junio 2017

Directora: Dra. Ana Campa Negrillo.

Lugar de presentación: Universidad de Oviedo.

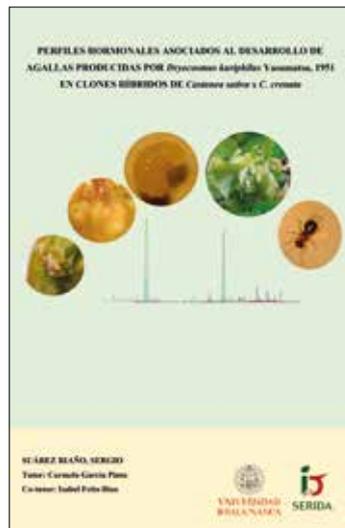
La antracnosis, causada por el hongo *Colletotrichum lindemuthianum*, es una enfermedad que afecta gravemente a los cultivos de judía común (*Phaseolus vulgaris* L.). El patógeno es extremadamente variable, lo que se traduce en la existencia de razas, y se distribuye a nivel mundial, siendo muy incidente en zonas de climas suaves y húmedos como la zona norte de España.

El objetivo de este estudio fue identificar, mediante un mapeo por asociación o GWAS, las regiones genómicas candidatas a estar implicadas en el control de la resistencia a las razas 3 y 38 de antracnosis, ambas presentes en el norte de España. Para ello, se utilizó un panel de 300 materiales de judía que había sido previamente genotipado mediante GBS para 2998 marcadores de tipo SNP. Al evaluar la respuesta a la raza 3 de an-



tracnosis de cada una de las entradas que componen el Panel, la mayor parte de las mismas fueron susceptibles, y solo 76 presentaron una respuesta resistente. De igual manera, la respuesta a la raza 38 fue evaluada en el panel y solamente 76 entradas presentaron una respuesta resistente. El análisis de GWAS permitió identificar que la resistencia a la raza 3 de antracnosis podría estar controlada por genes localizados en los *clusters* Co-3, Co-4 y Co-2, y se han identificado otras regiones candidatas, que no se corresponden con *clusters* Co- previamente descritos, en los cromosomas Pv03, Pv05, Pv06, Pv07, Pv08 y Pv10. Se ha identificado que la resistencia a la raza 38 de antracnosis podría estar controlada por genes localizados en los *clusters* Co-3, Co-5 y Co-2, así como por otras regiones que no se corresponden con *clusters* Co- previamente descritos, localizadas en los cromosomas Pv01, Pv02, Pv05, Pv06, Pv08, Pv09 y Pv10.

La identificación de nuevas regiones cromosómicas implicadas en el control de la resistencia a antracnosis permitirá ampliar las herramientas disponibles para futuros programas de mejora genética frente a este patógeno.



Perfiles hormonales asociados al desarrollo de agallas producidas por *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, 1951 en clones híbridos de *Castanea sativa* x *C. Crenata*

Autor: Sergio Suárez Riaño.
Año: 2017

Directores: Dr. Carmelo García Pinto (Universidad de Salamanca)
Dra. Isabel Feito Díaz (SERIDA).

Lugar de presentación: Universidad de Salamanca.

El castaño (*Castanea sativa* Mill.) es actualmente una de las frondosas más importantes en las zonas productoras debido a su capacidad para generar recursos tanto a nivel energético, como maderable y alimenticio.

En el Principado de Asturias, el castaño tiene gran importancia debido a su aprovechamiento maderero. Su distribución abarca 145.096 ha (IV Inventario Forestal Nacional, 2012) y es gestionado principalmente como monte bajo.

Sin embargo, actualmente el castaño está amenazado por una importante plaga que debe ser atajada, la denominada avispa del castaño *Dryocosmus kuriphilus*. En este trabajo se plantea como objetivo general el valorar la diferente sensibilidad al ataque de *Dryocosmus kuriphilus* de tres clones híbridos (*C. sativa* x *C. crenata*) y su interacción con el perfil hormonal.

Como material de estudio se utilizaron tres clones híbridos, procedentes del cruzamiento del castaño europeo (*C. sativa* Mill) y la especie japonesa (*C. crenata* Siebold & Zucc.), desarrollados buscando resistencias a la tinta (*Phytophthora cinnamomi* y *P. cambivora*) y que cobran gran importancia ya que podrían desarrollar fuentes de resistencia frente a la plaga que se nos presenta formadora de agallas.



Subproducto industrial VS ácido tánico comercial en la tolerancia a arsénico de *Medicago sativa*

Autor: M^a Laura Gómez Fernández.

Año: julio 2017

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

Lugar de presentación: Universidad de Oviedo.

La contaminación del suelo por metales pesados se está viendo incrementada en los últimos años por la actividad antropogénica e industrial, por lo que se están buscando diversos métodos para

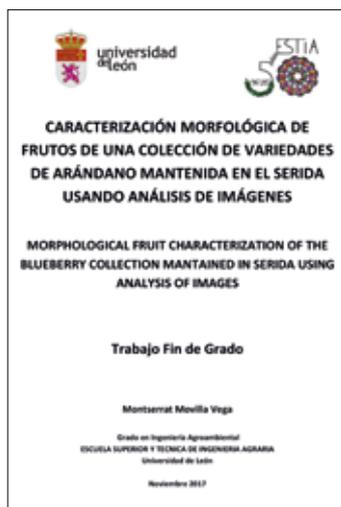


reducir el nivel de los contaminantes. Uno de los métodos más “amigables” con el medio ambiente es la fitorremediación y *Medicago sativa* L. (alfalfa), es una planta capaz de acumular As u otros metales pesados en sus tejidos y desarrollarse en estos suelos contaminados. Estos metales pesados no siempre están disponibles para la planta y para incrementar esta disponibilidad se utilizan agentes quelantes.

En este trabajo se estudia el efecto del ácido tánico comercial y de un extracto de eucalipto, con alto contenido en compuestos fenólicos (46 mg EAG g⁻¹) para favorecer la acumulación de As y proteger de la toxicidad del este metaloide a plantas de *M. sativa* cultivadas en hidroponía durante 24 h. Los resultados muestran que ambos compuestos promueven la acumulación de As, pero no modifican la tasa de translocación a la parte aérea. Además, el AT parece que actúa como un bioestimulante favoreciendo la síntesis de pigmentos. Es más, tanto el AT y el EE cuando se aplican con el As, promueven la síntesis de *novo* de biotioles, lo que indica que podrían intervenir en la detoxificación de As. En cuanto al estrés oxidativo, la aplicación de AT + As incrementa los niveles de H₂O₂ y MDA y disminuye el contenido de pigmentos, lo que indica que la planta soporta estrés oxidativo en la parte aérea, por la presencia de As.



Trabajos Fin de Grado



Caracterización morfológica de frutos de una colección de variedades de arándano mantenida en el SERIDA usando análisis de imágenes

Autora: Montserrat Movilla Vega.

Año: noviembre 2017

Directores: Dres. Juan José Ferreira Fernández (SERIDA), Pedro Casquero Luelmo (Universidad de León).

Lugar de presentación: Escuela Superior y Técnica de Ingeniería Agraria, Universidad de León.

El cultivo de arándano (*Vaccinium* spp) ha experimentado una gran expansión en el norte de España en los últimos años. El objetivo de este trabajo fue contribuir a la caracterización de la colección de arándanos mantenida en el SERIDA utilizando el análisis de imágenes de frutos. Se valoraron cuatro caracteres relacionados con las dimensiones de fruto, tres índices y tres variables de color en 61 variedades. Los resultados permitieron identificar una amplia variación morfológica y mediante un análisis cluster-plot, las variedades se agruparon en tres grupos principales. Los tres grupos se diferencian en cuanto a las dimensiones del fruto y en la tonalidad de color verde-rojo de su interior. La utilización de esta metodología ofrece algunas ventajas como la posibilidad de caracterizar los frutos fuera de la época de recolección y minimizar la subjetividad de la toma de los datos.



Reguladores de crecimiento y fitoquelatinas en respuesta a arsénico en plantas de *Medicago sativa* L.

Autora: Carmen Cascón Calvo.

Año: julio 2017

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

Lugar de presentación: Universidad de Oviedo.

La concentración de metales pesados en el suelo se encuentra en continuo aumento debido a la actividad industrial y antropogénica. La toxicidad del arsénico para las plantas supone alteraciones en el desarrollo de las mismas y su entrada en la cadena trófica supone un riesgo para la salud humana. *Medicago sativa* L. es una planta herbácea usada como cultivo forrajero que, además, podría ser usada en procesos de fitoestabilización.

El objetivo de este estudio es evaluar las respuestas frente al As y la capacidad de acumulación de *M. sativa*. Los análisis se realizaron tras la exposición durante 24 h a una concentración 30 μM de As V y se valoraron los compuestos tiólicos, el nivel de peroxidación lipídica, el contenido en pigmentos y en prolina, además del perfil hormonal en presencia y ausencia de As. Los resultados obtenidos indican que la alfalfa tendría un papel importante en la fitoestabilización ya que acumula altas concentraciones del metaloide en las raíces y presenta una baja tasa de translocación a la parte aérea. Además se ha visto que la exposición a As promueve la activación del sistema de detoxificación, basado en la acumulación compuestos tiólicos, principalmente en raíz, y genera estrés oxidativo, fundamentalmente en parte aérea, del que actúan como indicadores MDA, pigmentos, prolina y las fitohormonas y reguladores del crecimiento.

Publicaciones

LIBROS

Selección clonal de cultivares de vid del Principado de Asturias

M^a Dolores Loureiro Rodríguez

Paula Moreno Sanz

Belén Suárez Valles

Depósito legal: 3896-2017

ISBN: 978-84-697-8676-5

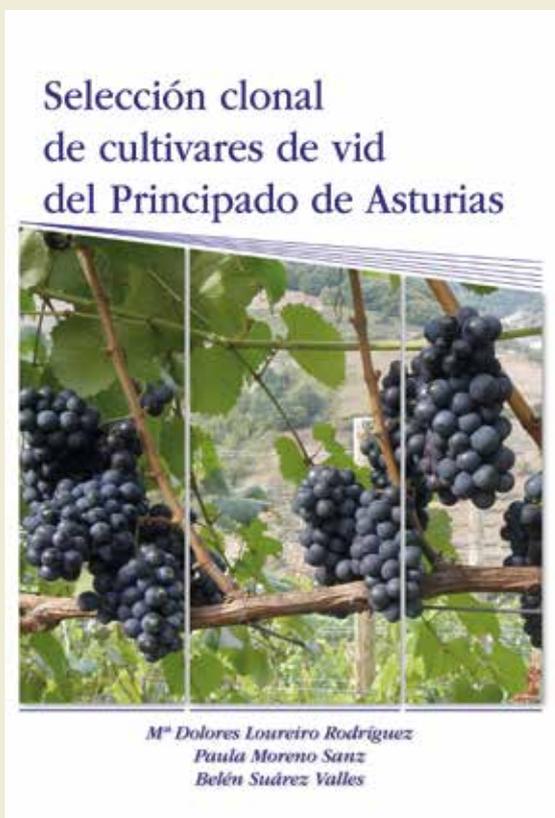
Páginas: 83

Edita: SERIDA, Consejería de Desarrollo Rural y Recursos Naturales

[On line] <http://www.serida.org/publicacionesdetalle.php?id=7114>

En este libro se recoge el proceso de Selección Clonal de las variedades de vid de mayor implantación en Asturias. Estos resultados complementan a los ya publicados en anteriores monografías ("Variedades de vid de Asturias", "Ensayo de portainjertos en variedades de vid de Asturias" y "Estudio de tipos de poda y marcos de plantación en variedades de vid de Asturias").

Esperamos que los resultados publicados en este libro contribuyan a una mejora del sector vitivinícola de la región y al posicionamiento de los vinos asturianos en el panorama nacional e internacional.



FOLLETOS

Evaluación de variedades de maíz (1996-2017) Actualización año 2017

Alfonso Carballal Salamea

Consuelo González García

Silvia Baizán González

Sagrario Modroño Lozano

Ana Soldado Cabezuelo

Adela Martínez Fernández

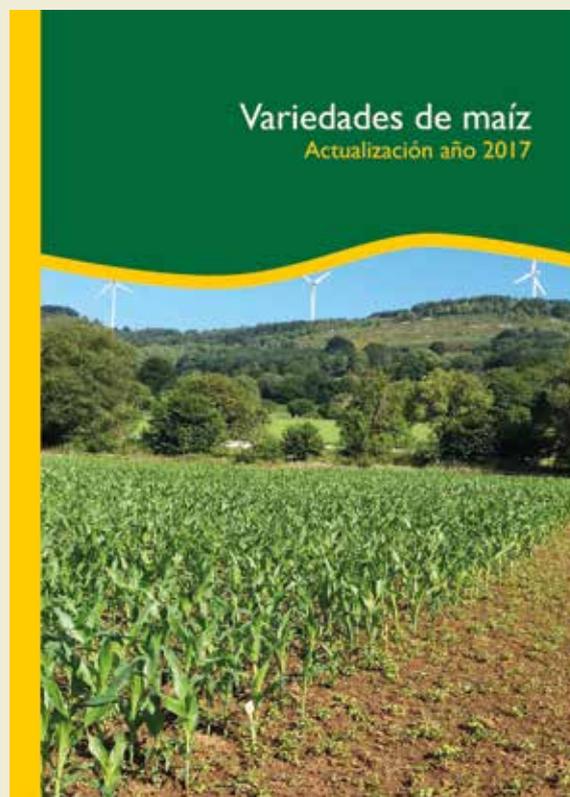
Páginas: 52

Edita: SERIDA, Consejería de Desarrollo Rural y Recursos Naturales

[On line] <http://www.serida.org/publicacionesdetalle.php?id=7344>

La publicación contiene los datos actualizados de evaluación de variedades comerciales de maíz, realizadas por el SERIDA, las recomendaciones para elegir las más adecuadas a cada explotación, así como la metodología a emplear en la evaluación de variedades de maíz para silo.

Los resultados se muestran en tres listas para cada una de las cuatro zonas edafoclimáticas de Asturias que son aptas para el cultivo del maíz forrajero: zona costera occidental, costera oriental, interior alta e interior baja.





SERIDA

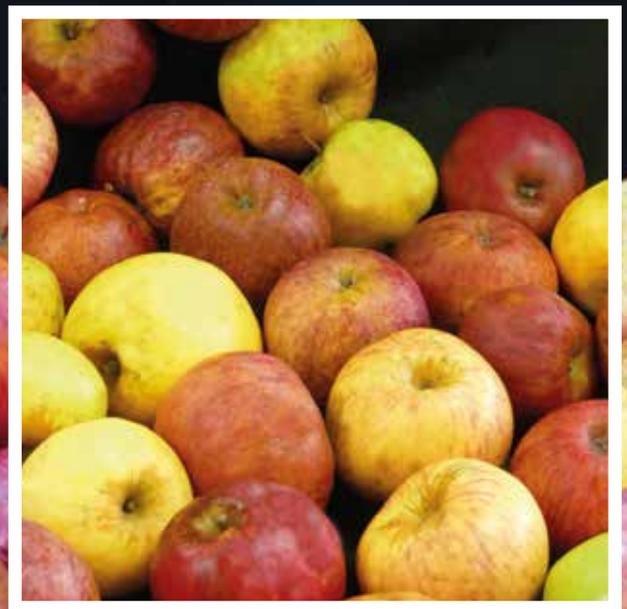
Servicio Regional de Investigación
y Desarrollo Agroalimentario

Nuevas variedades de manzana de la DOP Sidra de Asturias

Treinta años de investigación del SERIDA en mejora, evaluación y selección de variedades han permitido la puesta a disposición del sector productor y elaborador de nuevas variedades de manzana de sidra.

Aportan más resistencia a enfermedades y plagas, algunas aseguran una regularidad productiva y otras amargor, y una mayor productividad.

Contribuirán a la mejora de la sostenibilidad del cultivo y a la calidad de la sidra y otros productos transformados.



Investigación agropecuaria, alimentaria y forestal