



# Tecnología Agroalimentaria

Boletín informativo del SERIDA

Número 23 - 2020

■ Decálogo pumarada sostenible ■ Caracterización morfológica y genética de poblaciones locales de maíz ■ Efecto de *Nezara viridula* en el cultivo de las fabas ■ La mancha angular de la judía ■ Cultivos hortícolas en invernadero ■ Termohidroterapia: una solución para eliminar la avispa del castaño ■ La carga ganadera ■ Aplicaciones de la espectroscopía en el infrarrojo cercano ■ Prevalencia de la tuberculosis animal en el tejón y jabalí



# SUMARIO

Tecnología Agroalimentaria - SERIDA

Número 23 · 2020

## Actualidad

**2** **Decálogo para una pumarada sostenible**  
Marcos Miñarro Prado  
Daniel García García

**26** **Termohidroterapia: una solución para eliminar la avispa del castaño en púas de madera leñosa**  
Marta Ciordia Ara  
Juan Carlos García Rubio  
M. Dolores Loureiro Rodríguez

## Información agrícola

**6** **Caracterización morfológica y genética de poblaciones locales de maíz para forraje y grano. Avance de resultados**  
Luis J. Royo  
Jorge Díez  
Jaime Alonso  
Rocío Pelayo  
Consuelo González  
Adela Martínez-Fernández

**12** **Efecto de *Nezara viridula* en el cultivo de las fabas. El chinche verde**  
Rocío Rosa García  
Aitor Somoano  
Ana Campa Negrillo  
Juan José Ferreira

**16** **La mancha angular de la judía**  
Ana J. González  
Elena Landeras Rodríguez

**20** **Cultivos hortícolas en invernadero en Asturias**  
Guillermo García González de Lena  
Moisés M. Fernandes de Sousa

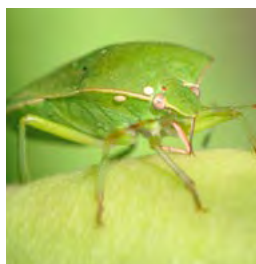
## Información ganadera

**33** **La carga ganadera: efectos sobre la productividad del caprino de carne y el pasto**  
Rafael Celaya Aguirre  
Urcesino García Prieto  
Koldo Osoro Otaduy

**43** **Aplicaciones de la espectroscopía en el infrarrojo cercano (NIRS) para el control de calidad de la carne**  
Eduardo Arias González  
Yolanda Diñeiro García  
Pepa García Espina  
Mamen Oliván García  
Verónica Sierra Sánchez

**51** **Prevalencia de la tuberculosis animal en el tejón y jabalí de Asturias. «Hotspots» y medidas de control**  
José Miguel Prieto  
Cristina Blanco  
Manolo Queipo  
Luis Miguel Álvarez  
Ana Balseiro

12



60



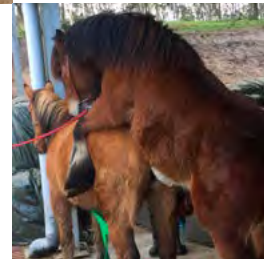
6



33



68



20



63



## Actividades de transferencia

- 57** | **Jornada Poda de Invierno y Poda Verde en Kiwi y Arándano**  
Juan Carlos García Rubio  
M<sup>a</sup> del Pilar Oro García
- 58** | **Técnicas y rentabilidad de especies y variedades apropiadas para las condiciones de cultivo ecológico en Asturias**  
María Celis  
Guillermo García González de Lena
- 60** | **Jornada de poda y cuidados de invierno en plantaciones de manzano de sidra**  
Enrique Dapena de la Fuente  
M<sup>a</sup> del Pilar Oro García
- 61** | **Encuentro Técnico-científico sobre el Cultivo de la Faba Asturiana**  
Ana Campa Negrillo  
Juan José Ferreira
- 62** | **Jornadas técnicas sobre Reproducción Equina en el Centro de Biotecnología Animal de Deva**  
Carlos O. Hidalgo Ordóñez  
Carolina Tamargo de Miguel
- 64** | **5º Festival del Arándano y Frutos Rojos de Asturias. Jornada Técnica del Arándano**  
Guillermo García González de Lena  
Juan Carlos García Rubio  
M<sup>a</sup> del Pilar Oro García

- 66** | **Presentación del proyecto: Mejora del Sistema de Reproducción de Equino de la Montaña Asturiana**  
Carlos O. Hidalgo Ordóñez  
Carolina Tamargo de Miguel

## Cartera de proyectos

- 68** | **Nuevos proyectos de I+D+i**

## Tesis y Seminarios

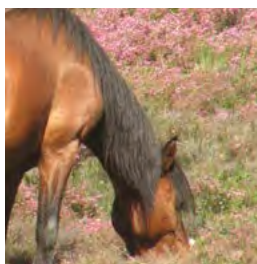
- 70** | **Tesis Doctorales  
Trabajos Fin de Grado**

## Publicaciones

- 73** | **Libros y folletos**

Foto superior portada "Apolo".  
Cedida por ACGEMA. Realizada por Distrito Federal Media.

**71**



Tecnología Agroalimentaria es el boletín informativo del Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA), organismo público de la Consejería de Medio Rural y Cohesión Territorial que depende de la Dirección General de Desarrollo Rural y Agroalimentación.

Este boletín de carácter divulgativo, no venal, pretende impulsar, a través de los distintos artículos que lo integran, la aplicación de recomendaciones prácticas concretas, emanadas de los resultados de los proyectos de investigación y desarrollo en curso de los distintos campos de la producción vegetal, animal, alimentaria y forestal.

**Consejo de redacción:** M<sup>a</sup> del Carmen Oliván García, Carmen Díez Monforte y M<sup>a</sup> del Pilar Oro García

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

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

**Sede Central:** Ctra. AS-267, PK 19. 33300 Villaviciosa. Asturias - España

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

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

**Imprime:** Gráficas Cano

**D.L.:** AS 2617/1995

**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.



# Decálogo para una pumarada sostenible

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

## La pumarada sostenible

Las **pumaradas asturianas** son agroecosistemas con una **altísima biodiversidad**, definida ésta como la variedad de formas de vida: especies de organismos (animales, plantas, hongos, bacterias) o variaciones genéticas en las especies (por ejemplo, variedades de manzanas). La cubierta herbácea de las fincas y los setos naturales (sebes) que normalmente rodean las pumaradas tienen multitud de flores que alimentan a muchos insectos beneficiosos. Entre ellos, los polinizadores, insectos indispensables para transformar las flores en manzanas y que en nuestras plantaciones superan el centenar de especies. También hay numerosos artrópodos, tales como arañas, tijeretas, mariquitas, sírfidos, chinches depredadores, crisopas, parasitoides o ácaros fitoseidos, que se alimentan de las plagas de los manzanos. Las aves son también un grupo animal muy abundante y rico en especies en las pumaradas de Asturias. En nuestros trabajos hemos identificado 63 aves diferentes, de las que cerca de la mitad son depredadores potenciales de plagas del manzano. Varias aves rapaces, diurnas y nocturnas, visitan las pumaradas y juegan también un papel beneficioso para los agricultores al cazar numerosos micromamíferos, entre ellos algunos muy perjudiciales para el cultivo del manzano como la rata topera o el topillo lusitano. Finalmente, los murciélagos cazan en la noche numerosas polillas cuyas larvas herbívoras son plagas agrícolas, como la carpocapsa, que provoca el agusanado de la manzana (Figura 1).

Esa biodiversidad es importante porque nos brinda servicios ecosistémicos vitales para el cultivo, como la polinización o el control biológico de las plagas. Sabemos

que las aves insectívoras ayudan a controlar las plagas, pero más concretamente hemos demostrado que ese efecto de control es mayor en aquellas pumaradas no sólo con mayor abundancia de aves sino también con mayor número de especies de éstas. Esto es entendible si pensamos, por ejemplo, que un pájaro carpintero puede comer larvas de carpocapsa refugiadas en las grietas de los troncos y que un herrero puede colgarse de los brotes más finos para cazar pulgones; es decir, distintas aves atacan distintas plagas. Por otro lado, también comprobamos la importancia de la biodiversidad para la polinización, es decir, la transformación de flores en frutos, que presenta mayores niveles en pumaradas con poblaciones de abejas silvestres más abundantes y ricas en especies.

También hemos determinado **qué factores de manejo y paisajísticos** (las pumaradas no están aisladas y lo que pasa en ellas depende en parte del paisaje que las rodea) **determinan la biodiversidad** de aves o de polinizadores en las plantaciones de manzano de sidra. Por ejemplo, las comunidades de polinizadores son más abundantes y ricas en especies en pumaradas rodeadas en mayor medida por un hábitat seminatural (sebes, bosquetes, matorrales), pues este hábitat les ofrece mayores oportunidades de alimentación y de cría. También son más diversas en pumaradas con mayores niveles de floración, donde estas flores del manzano suponen recursos alimenticios en forma de polen y néctar muy abundantes y concentrados. Las comunidades de aves insectívoras son más diversas en pumaradas con copas de mayor volumen y sin discontinuidades entre ellas, en las que las aves se encuentran más resguardadas.



**Insectos polinizadores: polinizan las flores transformándolas en manzanas**  
Dibujo © Inmaculada Martínez

**Artrópodos depredadores y parasitoides: atacan a las plagas del manzano, reduciendo sus poblaciones y daños**  
Dibujo © Daniel García

**Murciélagos: cazan polillas que en fase larvaria son plagas del manzano, como la carpocapsa**  
Dibujo © Daniel García

**Aves rapaces diurnas y nocturnas: cazan roedores, como la rata topera o el topillo lusitano, que son plagas del manzano**  
Dibujo © Gonzalo Gil

**Aves insectívoras: se alimentan de muchos insectos que son plagas del manzano**  
Dibujo © Daniel García

←  
**Figura 1.-** Grupos de animales que habitan en las pumaradas y resultan beneficiosos para el cultivo.

Y sabemos, además, que esa **biodiversidad se puede manejar**. Por eso, proponemos 10 medidas de fomento de la biodiversidad que, por un lado, redundarán en un mejor control de plagas y una mejor polinización de la pumarada y que, por otro lado, contribuirán a frenar a escala local el fenómeno global de pérdida de biodiversidad. Estas **pumaradas sostenibles**, es decir, que compatibilizan la producción agraria y la conservación de la biodiversidad a largo plazo, están en consonancia con las líneas de financiación de la Política Agraria

Común y pueden acceder a subvenciones específicas. Por todo ello, **¡hagamos de la nuestra una pumarada sostenible!**

### Propuesta de medidas

Esta serie de medidas pretende incrementar la disponibilidad de alimento (néctar y polen que proveen las flores) y de refugios y sitios de nidificación para varios grupos de animales que resultan beneficiosos para los productores al contribuir a la polinización y/o al control de plagas de invertebrados





↑

Figura 2.- Decálogo para una pumarada sostenible.

y topillos en las pumaradas de sidra. Estas medidas son aplicables en su mayoría a otros cultivos hortofrutícolas, e incluso a nuestros propios jardines y huertos si queremos librar a nuestras plantas ornamentales

y hortalizas de sus plagas o si, simplemente, queremos tener jardines y huertos con más vida (Figura 2).

## Agradecimientos

A los proyectos INIA RTA2013-00139-C03-01, PCIN2014-145-C02-02 (BiodivERsA-FACCE2014-74), CGL2015-68963-C2-2-R, APCIN2016-000064-00-00 (C-IPM APITREE) y RTA2017-0051-C02-01, financiados por MinECo y FEDER, y FBBVA-ClaveSER.

## Bibliografía

- GARCÍA, D., MIÑARRO, M., MARTÍNEZ-SASTRE, R. (2018). Biodiversidad de aves insectívoras en pumaradas de sidra. *Tecnología Agroalimentaria* 21: 10-16.
- 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.
- GARCÍA, D., MIÑARRO, M., MARTÍNEZ-SASTRE, R., PEÑA, R. (2018). Control de plagas de manzano de sidra por aves silvestres. *Tecnología Agroalimentaria* 21: 2-9
- MARTÍNEZ-SASTRE, R., MIÑARRO, M., GARCÍA, D. 2020. Animal biodiversity in cider-apple orchards: simultaneous environmental drivers and effects on insectivory and pollination. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 295: 106918.
- MIÑARRO, M., GARCÍA, D. (2016). Manzana, kiwi y arándano: sin insectos no hay frutos ni beneficios. *Tecnología Agroalimentaria* 18: 4-8.
- MIÑARRO, M., GARCÍA, D. (2018). Complementarity and redundancy in the functional niche of cider apple pollinators. *Apidologie* 49 (6): 789-802.
- MIÑARRO, M., PRIDA, E. (2013). Hedgerows surrounding organic apple orchards in north-west Spain: potential to conserve beneficial insects. *Agricultural and Forest Entomology* 15:382-390.
- MIÑARRO, M., 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.
- MIÑARRO, M., GARCÍA, D., MARTÍNEZ-SASTRE, R. (2018). Biodiversidad de polinizadores en el manzano de sidra. *Tecnología Agroalimentaria* 21: 17-24.
- MIÑARRO, M., GARCÍA, D., MARTÍNEZ-SASTRE, R. (2018). Los insectos polinizadores en la agricultura: importancia y gestión de su biodiversidad. *Ecosistemas* 72: 81-90.
- ROSA GARCÍA, R. MIÑARRO, M. (2014). Role of floral resources in the conservation of pollinators in cider apple orchards. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 183: 118-126. ■

# Caracterización morfológica y genética de poblaciones locales de maíz para forraje y grano. Avance de resultados

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

JORGE DíEZ. Centro de Inteligencia Artificial, Universidad de Oviedo. jdiez@uniovi.es

JAIME ALONSO. Centro de Inteligencia Artificial, Universidad de Oviedo. jalonso@uniovi.es

ROCÍO PELAYO. Departamento de Producción Animal, Universidad de León. rpelg@unileon.es

CONSUELO GONZÁLEZ. Área de Nutrición, Pastos y Forrajes. cgonzalez@serida.org

ADELA MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ. Área de Nutrición, Pastos y Forrajes. admartinez@serida.org

## Introducción

El maíz es una especie alógama y **las variedades tradicionales son variedades de polinización libre**. Actualmente la práctica totalidad del maíz cultivado en las zonas templadas desarrolladas del planeta **es maíz híbrido resultante del cruzamiento de 2 líneas puras**.

En un principio, las líneas puras se obtuvieron directamente de las variedades, pero actualmente la mayoría de las variedades para cultivo se obtienen a partir de cruzamientos en el marco de programas de mejora genética. Esto implica que el germoplasma de maíz utilizado en mejora genética en las zonas templadas **tiene una estrecha base genética**, lo que supone un riesgo frente a estreses bióticos y abióticos y un limitante en el futuro progreso de la selección. Por tanto, un manejo efectivo de la diversidad genética es un prerrequisito crítico para permitir el continuo mejoramiento agrícola y el futuro progreso.

En este sentido, las **“poblaciones locales”** de polinización libre son muy interesantes como reservorios de diversidad genética, y conservan una gran variabilidad que de otro modo se habría perdido. En España hay diversas colecciones de variedades

locales de maíz. Entre ellas, la de la Misión Biológica de Galicia (MBG), la de la Estación Experimental de Aula Dei (EEAD) y la de NEIKER-Tecnalia-Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo agrario (NEIKER).

En Asturias, aún quedan **poblaciones locales de maíz** que proceden del maíz introducido desde el Nuevo Mundo hace más de cuatro siglos. La situación y orografía de Asturias hacen que tenga unas condiciones ambientales muy heterogéneas, por lo que estas poblaciones locales se han ido adaptando a unas determinadas zonas geográficas, consiguiendo rusticidad (resistencia a condiciones adversas) y adaptación al medio ambiente, y por tanto es esperable encontrar en ellas una amplia diversidad genética. Además, debido a sus peculiaridades culturales todavía se cultivan variedades locales de maíz en explotaciones pequeñas de muchas zonas debido a su empleo en la elaboración de productos típicos.

Algunas de estas variedades se conservan en las colecciones de maíz mencionadas anteriormente, sin embargo, la recolección de las variedades no ha sido hecha de forma sistemática por lo que es de prever que haya zonas muestreadas en exceso y otras de forma insuficiente. Por tanto, hace falta conocer el origen geográfico exacto



de todas las variedades asturianas que se conservan en las distintas colecciones para identificar las regiones insuficientemente muestreadas. Una vez identificadas el siguiente paso sería el muestreo en estas regiones de variedades en peligro de desaparecer.

Cabe destacar que dentro de la actividad investigadora y demostrativa promovida desde el SERIDA para cubrir las diferentes realidades socioeconómicas, productivas y ambientales de la región, el segundo de los tres pilares del grupo NySA (Nutrición y Sanidad Animal) es la sostenibilidad de los sistemas de producción, en lo que se refiere al aprovechamiento de recursos propios y búsqueda de la autosuficiencia alimentaria, así como el respeto al medio ambiente donde se asienta la explotación y sus alrededores. Para alcanzar este objetivo, el Programa de Investigación en Pastos y Forrajes, trabaja activamente en optimizar la producción y conservación sostenible de los recursos forrajeros, de manera acorde a las necesidades nutricionales de los sistemas agroganaderos. Así, en busca de una mayor sostenibilidad ambiental, este grupo de investigación está trabajando en diferentes líneas de investigación entre las que destacan las relacionadas con la recuperación y caracterización de poblaciones locales de maíz para forraje y grano.

La hipótesis de partida de esta línea de investigación es que las variedades comerciales de maíz (lo que conocemos como maíz híbrido) se han obtenido pensando en producción convencional y por tanto no contemplan entre sus requisitos características como rusticidad y adaptación al medio ambiente, sumamente importantes en la agricultura ecológica. Por ello, ante la evidencia de la sustitución de las poblaciones locales por los híbridos americanos, lo que implica pérdidas irreversibles de recursos fitogenéticos y el consiguiente aumento de la vulnerabilidad de los cultivos con estrecha base genética, en el SERIDA se han llevado a cabo en los últimos años ensayos de caracterización de poblaciones locales de maíz a partir de semilla conservada en diferentes bancos de germoplasma o recuperada a través de los agricultores. El principal objetivo de esta línea de investigación es conocer la singularidad de cada una de las poblaciones locales recuperadas



←  
**Foto 1.-** Banco de germoplasma de las poblaciones locales de maíz recuperadas en Asturias y conservadas en el SERIDA.

y establecer las relaciones filogenéticas existentes entre ellas, para lo cual se está genotipando la colección de poblaciones locales recuperadas con una batería de marcadores genéticos.

A día de hoy se ha recuperado semilla de un total de 29 poblaciones locales y se está constantemente avanzando en su caracterización. Esta caracterización comprende dos aspectos, el morfológico y el genético. Así, para cada población de maíz se llevan a cabo dos procesos:

**Caracterización morfométrica:** se siembran un número suficiente de plantas en las mismas condiciones y se toman medidas tanto de las características de la planta como de la mazorca.

**Caracterización genética:** se crea un banco de ADN de, al menos, diez individuos de cada población y se genotipan con una batería de 12 marcadores microsatélite puestos a punto en el laboratorio de Nutrición del SERIDA.

## Caracterización morfométrica

Para caracterizar estas poblaciones de maíces locales, el primer año de evaluación (2008) se sembraron 12 poblaciones identificadas como: Berasategui, Arredondo, Recaré, Tuy, Taborneda, Reina, Riomolín, Tineo, Trascastro, Foz, Cangas de Onís, y Llanera. En el segundo año (2011) se sembraron siete poblaciones nuevas: (Bañaeseca, Candones, La Montaña, Lavares, Posada Rojo, Amarillo Tapia y Sarria), y una más, Reina, para utilizarla como testigo y corregir el efecto del año de siembra en los atributos recogidos.

Los atributos utilizados en planta y mazorca para la caracterización y representación de las relaciones taxonómicas entre las diferentes poblaciones fueron los siguientes:

1. **Planta:** número de hojas de la planta, altura de la planta, altura de inserción de la mazorca, longitud de la hoja mazorca, anchura de la hoja mazorca, presencia de lígula, número de mazorcas, número de hojas de la mazorca, longitud de la hoja bandera del penacho,

cho, anchura de la hoja bandera del penacho, tipo de penacho, longitud del penacho, longitud del pedúnculo, longitud de la primera ramificación.

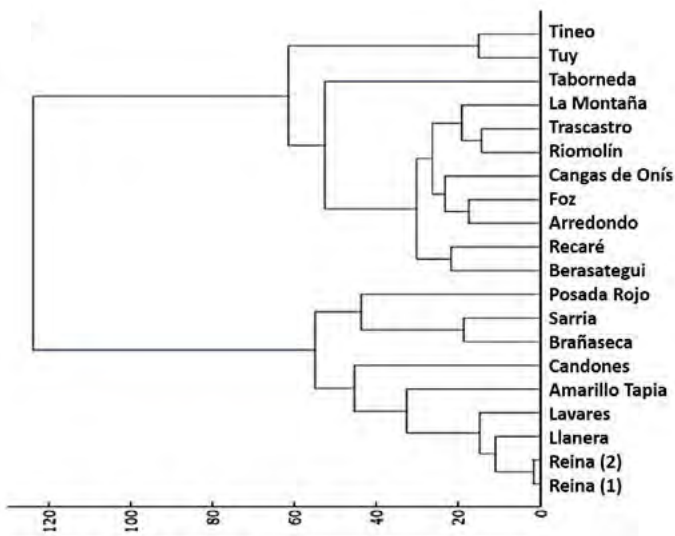
2. **Mazorca:** número de espatas, peso de la mazorca, presencia de lámina espata, longitud lámina espata, presencia de mazorcas secundarias, peso mazorca, cobertura, daños, disposición de hileras, número de hileras, granos por hilera, longitud de la mazorca, forma de la mazorca más alta, diámetro de mazorca, diámetro del zuro, diámetro del raquis, color del zuro (Foto 2).

A partir de estos datos se calculó el valor medio de cada población de maíz para cada uno de los atributos descritos anteriormente, obteniéndose 20 vectores, uno por población, y posteriormente las distancias entre todos los pares de poblaciones. En el caso de los atributos continuos, se obtuvo el incremento o decremento de cada uno en porcentaje y en relación a la población control (Reina), tomando como referencia los datos del 2011. A los atributos discretos no se les aplicó ninguna corrección.

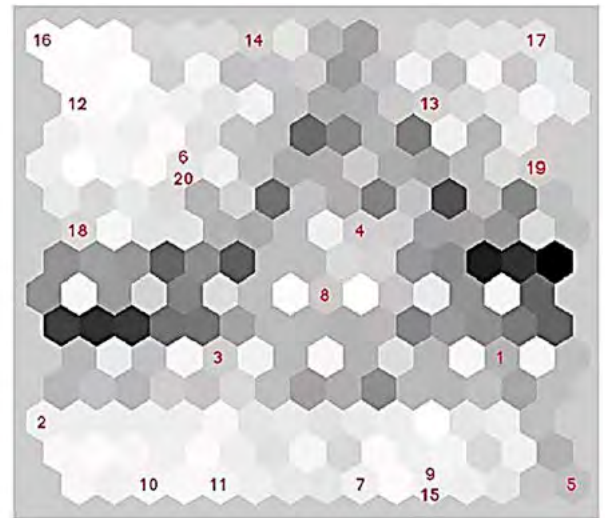
→

Foto 2.- Ensayo de caracterización morfométrica. Ejemplo de alguno de los descriptores considerados en mazorca.





a)



b)

1-Berasategui, 2-Arredondo, 3-Recaré, 4-Tuy, 5-Taborneda, 6-Reina (2008), 7-Riomolín, 8-Tineo, 9-Trascastro, 10-Foz, 11-Cangas de Onís, 12-Llanera, 13-Brañaseca, 14-Candones, 15-La Montaña, 16-Lavares, 17-Posada Rojo, 18-Amarillo Tapia, 19-Sarria, 20-Reina (2011).

Para representar las relaciones taxonómicas entre las diferentes poblaciones locales se eligieron dos modelos:

- a. **Árbol jerárquico o dendrograma:** es una representación gráfica de datos en forma de árbol que organiza las poblaciones en subcategorías que se van dividiendo en otras hasta llegar al nivel de detalle que se desea, permitiendo apreciar las relaciones de agrupación entre las poblaciones o grupos de ellas.
- b. **Mapa de Kohonen:** es un mapa auto-organizado que tiene la capacidad de organizar dimensionalmente datos complejos en grupos, dependiendo de las relaciones entre ellos, agrupando, de esta manera, las poblaciones de acuerdo a criterios de similitud.

En la figura 3 se pueden ver las dos representaciones gráficas de las relaciones de similitud entre las poblaciones de maíz local ya caracterizadas.

En general podemos ver que las poblaciones locales de maíz se agrupan en 2 grandes divisiones, que no tienen que ver con su localización geográfica. La agrupación parece más bien debida a las características de la planta, agrupando en un subgrupo a las poblaciones de mayor tamaño y aptitud

forrajera (parte inferior del dendrograma, y parte superior del mapa de Kohonen), y en el otro subgrupo a las demás.

Una vez establecida esta primera división, sí parece que la proximidad geográfica puede tener importancia para el parecido entre poblaciones. Hay que destacar la gran similitud existente entre las parejas de poblaciones de Trascastro-La Montaña, y Lavares-Llanera. En este sentido, el estudio de los marcadores moleculares nos permitirá decidir si se tratan de poblaciones diferentes o se pueden considerar poblaciones con un origen común.

Las poblaciones de Tineo y Tuy parecen ocupar una posición intermedia entre las poblaciones forrajeras y las demás. De igual manera, el estudio con marcadores moleculares neutros (no sometidos a selección) permitirá dilucidar si se trata de poblaciones singulares o poblaciones surgidas como cruzamientos de otras.

### Caracterización genética

233 individuos pertenecientes a 23 poblaciones de maíz local, más 15 individuos de una población formada por muestras de maíz comercial (outgroup), se genotiparon con 12 marcadores microsatélite. Las poblaciones genotipadas fueron las mismas que las caracterizadas morfológicamente:

↑

**Figura 3.-** Representación gráfica de las relaciones de similitud entre las 19 poblaciones de maíz local caracterizadas.

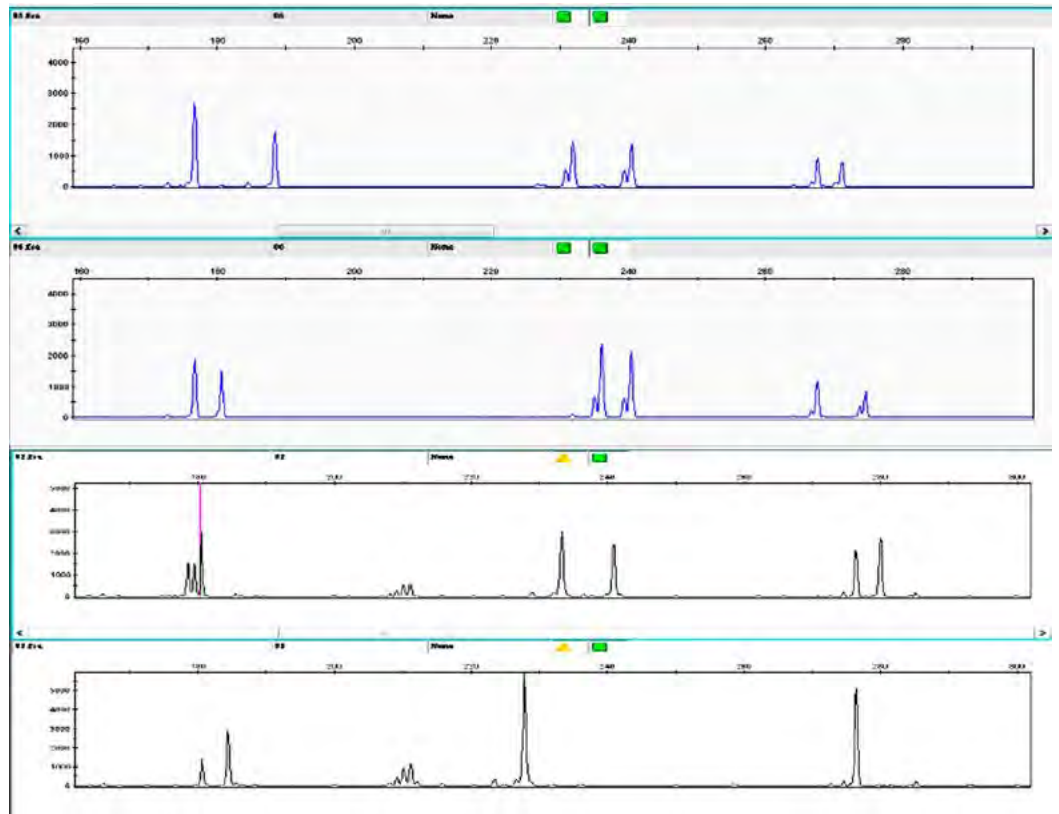
a) Dendrograma

b) Mapa de Kohonen



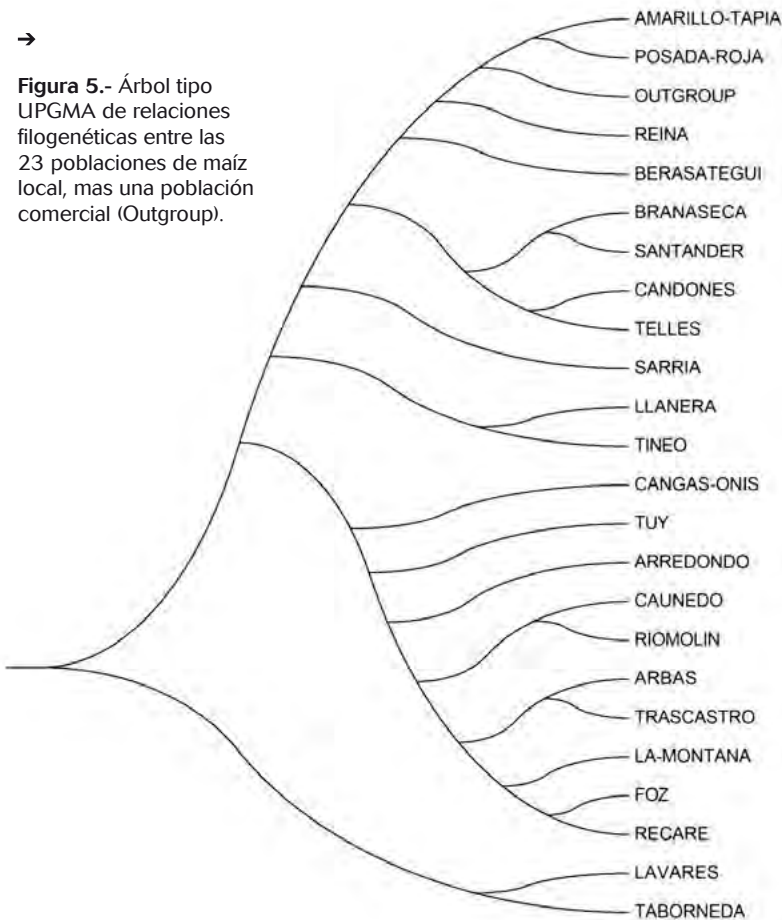
→

**Figura 4.-** Ejemplo de 6 marcadores microsatélites en 2 individuos de dos poblaciones diferentes. La primera y la tercera línea corresponden a un individuo y la segunda y cuarta a otro individuo distinto. Los primeros tres marcadores (línea uno y dos) están marcados en FAM® (azul) y los siguientes tres (líneas tres y cuatro) marcados en NED® (negro).



→

**Figura 5.-** Árbol tipo UPGMA de relaciones filogenéticas entre las 23 poblaciones de maíz local, mas una población comercial (Outgroup).



Berasategui, Arredondo, Recaré, Tuy, Taborneda, Reina, Riomolín, Tineo, Trascastro, Foz, Cangas de Onís, Llanera, Brañaseca, Candones, La Montaña, Lavares, Posada Rojo, Amarillo Tapia y Sarria; a éstas se añadieron otras 4 poblaciones cuya caracterización morfológica está aún pendiente de realizar (Arbás, Caunedo, Santander y Telles).

A partir de los datos del genotipado de todos los individuos se calculó la distancia genética de Nei (1972) entre cada pareja de poblaciones. Con de esta matriz de distancias entre las poblaciones, las relaciones genéticas entre ellas se representaron en un árbol filogenético tipo UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic mean), que se muestra en la Figura 5.

En general parecen existir al menos tres grupos diferentes que agrupan la variabilidad genética contenida en las poblaciones evaluadas.

Lo más destacado es la aparente singularidad genética que muestran las poblaciones de Lavares y Taborneda, que se agrupan desde el punto de vista genético, pero que morfológicamente se diferencian mucho (Ver figura 6), así como la poca distancia



genética y por lo tanto similitud que muestran algunas poblaciones locales (Amarillo Tapia, Posada Rojo, Reina y Berasategui) con respecto a la población comercial (Outgroup).

### Discusión general

Los resultados presentados deben ser considerados como provisionales, ya que no todas las variedades recogidas han podido ser caracterizadas completamente. La caracterización morfológica es más compleja y necesita de mucho más trabajo para la siembra, germinación, crecimiento, desarrollo del cultivo hasta poder hacer la toma de los datos tanto de la planta como de la mazorca. La caracterización genética por el contrario es más sencilla al realizarse en el laboratorio, y es la razón de que haya más variedades caracterizadas genéticamente. Sin embargo, una vez que las metodologías y protocolos para llevar a cabo las caracterizaciones están establecidas el resto de poblaciones recogidas irán siendo evaluadas y los resultados actualizados.

Aunque hay que tener en cuenta que las relaciones entre las diferentes poblaciones pueden modificarse ligeramente al añadir datos de nuevas poblaciones, en líneas generales podemos decir que:

- Tanto los resultados morfométricos como genéticos, indican una separación entre las poblaciones debido a criterios morfológico-productivos, agrupándose generalmente las poblaciones de mayor tamaño y aptitud forrajera.
- Desde el punto de vista genético destacan tres grupos, que incluyen por un lado a las poblaciones forrajeras, que además se agrupan cerca de la población mejorada utilizada como control

(outgroup), por otro a las variedades de menor porte, y por último destacar la singularidad genética de dos poblaciones, que se agrupan desde el punto de vista genético, pero que morfológicamente se diferencian mucho.

El SERIDA tiene una gran experiencia en la evaluación de variedades de maíz, evaluando ininterrumpidamente variedades comerciales desde 1996. Estas evaluaciones implican la recogida de datos productivos en condiciones edafoclimáticas diferentes. Las poblaciones locales hasta el momento sólo han sido evaluadas en trabajos realizados en la finca experimental de La Mata en Grado, con lo que deberían ser evaluadas en otras condiciones diferentes para conocer su capacidad de adaptación tanto para forraje como para grano.

El objetivo final de este trabajo, una vez recogidas todas las poblaciones locales posibles, y obtenida y estudiada toda la información morfológica y genética disponible, será 1) establecer una descripción de cada una de las poblaciones locales en cuanto a su valor potencial en agricultura ecológica, para producción forrajera y/o para producción de harina panificable, y 2) elaborar un ranking de la singularidad genética de las poblaciones, que pueda ser teniendo en cuenta a la hora de establecer prioridades para su conservación.

Los autores agradecen el trabajo de todo el personal de campo de las fincas experimentales de La Mata en Grado y de Villaviciosa, así como del personal del Laboratorio de Nutrición Animal de Villaviciosa.

Trabajo financiado por FICYT mediante el grupo de investigación consolidado NYSA (PCTI IDI2018-000237) cofinanciado con fondos FEDER. ■



**Foto 6.-** Aspecto del grano de dos de las poblaciones locales de maíz evaluadas (Taborneda y Lavares) con indicación geográfica del lugar de recuperación de la semilla. Estas dos poblaciones, aunque distintas morfológicamente, están próximas desde el punto de vista genético.



# Efecto de *Nezara viridula* en el cultivo de las fabas.

## El chinche verde

ROCIO ROSA GARCÍA. Área de Nutrición, Pastos y Forrajes. rociors@serida.org

AITOR SOMOANO. Área de Cultivos Hortofrutícolas y Forestales. Programa de Fruticultura. aitors@serida.org

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

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

En los últimos años, muchos productores de faba asturiana han detectado un creciente incremento de vainas con semillas abortadas y semillas deformes que reducen la producción. Paralelamente, se ha constatado una creciente presencia de chinches verdes en las plantaciones, particularmente cuando la semilla se está desarrollando dentro de la vaina. Durante el cultivo 2019, el SERIDA ha trabajado para cuantificar y relacionar los daños observados en vainas y semillas con la presencia de este insecto.

### ¿Quiénes son los chinches verdes?

La chinche verde es un insecto de la familia de los pentatómidos, de distribución cosmopolita. También se conoce como “chinche hedionda” haciendo referencia al

mal olor que desprende cuando se siente molesto. Se alimenta sorbiendo la savia de gran variedad de plantas cultivadas y espontáneas (unas 200 especies), incluyendo la familia de las leguminosas y muchos cultivos hortícolas como el pimiento y el tomate. Puede picar hojas, brotes o frutos/vainas, aunque prefiere la fase activa de crecimiento de las plantas y de producción de semillas o frutos. Cuando pican, inyectan una saliva que pre-digiere y licua los tejidos circundantes de la zona afectada. Los adultos miden unos 15 mm de longitud y son mayoritariamente de color verde, a veces con colores amarillentos en ciertas partes del cuerpo (Figura 1A). Pasa el invierno en estado adulto y recobra su actividad al llegar la primavera. En ese momento se reproduce y realiza la primera puesta de huevos (en forma de panal de abeja) sobre el envés de





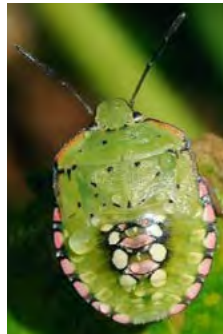
A



B



C



D

←  
**Figura 1.-** Imágenes del chinche verde (*Nezara viridula* L.) en distintas fases del desarrollo  
 A) Adultos.  
 B) Puesta de huevos en el envés de una hoja.  
 C) Ninfas en estados 3 y 4.  
 D) Ninfa en estado 5.

las hojas (Figura 1B). Las ninfas (juveniles) pasan por cinco fases de desarrollo que se diferencian por el tamaño y patrones de color (Figura 1 C y D). Transcurridos unos 35-70 días (dependiendo de la temperatura) surge la nueva generación de adultos. Tanto las ninfas como los adultos pican las plantas y pueden causar daños. Este ciclo puede repetirse varias veces cada año alcanzándose los máximos poblacionales a finales del verano.

### ¿Qué tipo de daños causan los chinches verdes en la Faba Asturiana?

Para tratar de identificar los daños causados por esta chinche en la semilla de faba asturiana se realizó un ensayo en invernadero durante el verano 2019. Se utilizó la variedad de Faba Asturiana Maruxina, de hábito de crecimiento determinado. Las plantas se mantuvieron en condiciones aisladas de invernadero hasta la formación de las vainas. En ese momento, se embolsaron algunas vainas en saquitos de malla durante tres días. Una parte de las vainas embolsadas fueron inoculadas mediante la introducción de una chinche capturada en campo (Figura 2A) y otra parte se mantuvieron sin el insecto, como control. Transcurridos estos tres días se retiraron los insectos y las

plantas continuaron su desarrollo hasta la maduración de las vainas. Se llevaron a cabo 6 repeticiones del ensayo en 6 fechas diferentes. En estas inoculaciones se incluyeron insectos adultos y juveniles y se diferenció entre dos tipos de vainas según el estado de desarrollo: vainas verdes formadas sin semillas engrosadas (estado verdeo) y vainas verdes con semillas engrosadas visibles (estado llenado). Una vez madura, cada vaina fue desgranada manualmente y se valoró la presencia de daños en cada semilla (abortos, decoloraciones o deformaciones) asociados a síntomas de picaduras en la pared de las vainas. A partir de estos datos se estimó, tanto el nivel de daños, como la proporción de semillas dañadas por vaina inoculada.

En las vainas control (24 vainas) no se observaron síntomas de picadura en las semillas ni protuberancias o irregularidades en el interior de la pared de las vainas (Figura 2B). No obstante, se detectaron 3 vainas con alguna de sus semillas abortadas. Respecto a las vainas inoculadas con las chinches (115 vainas), todos los casos con síntomas de picaduras en el interior de las vainas (44) estuvieron asociados a semillas que tenían daños en forma de aborto, manchas o deformaciones (Figuras 2C y 2D). Las vainas con semillas dañadas

→

**Figura 2.-**

A) Vainas embolsadas en invernadero con una chinche en el interior de cada bolsa.

B) Vaina y semilla de control sin presencia de daños visibles.

C) Vaina con presencia de picaduras en la pared interna y semillas abortadas.

D) Tipos de daños en la semilla asociados a la presencia de picaduras en la pared de la vaina.



A



B



C



D

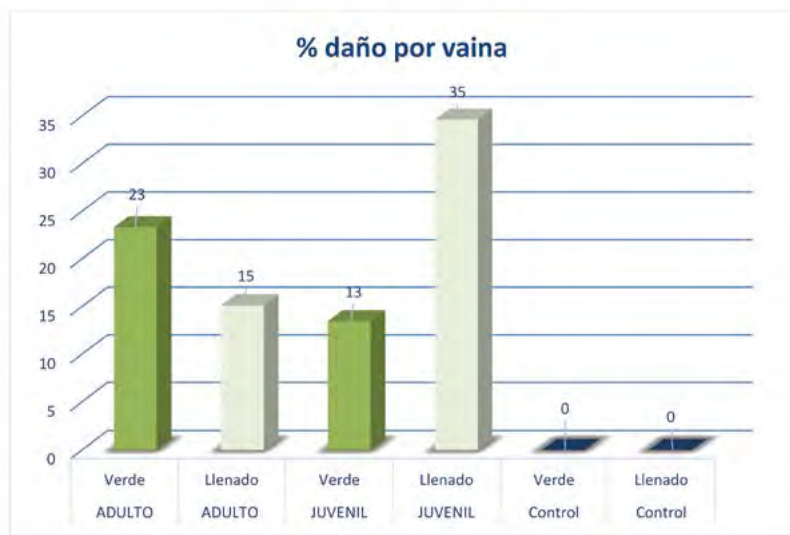
presentaban irregularidades en la parte interna en forma de protuberancias que son el resultado de la solidificación de los restos de saliva que ha dejado la chinche al sacar el aparato bucal de la vaina. Estas protuberancias se ubican en una posición que coincide con la presencia de semillas abortadas o deterioradas. Esta observación sugiere que el agente causante del daño en la semilla está relacionado con un pinchazo realizado desde el exterior de la vaina. Sin embargo, también se observaron semillas dañadas o abortadas en posiciones de la vaina sin evidencias de picaduras (42 de 382 semillas de vainas inoculadas), por lo que puede haber otras causas para los

daños observados. No obstante, durante los ensayos se observó como estos insectos pinchaban las vainas tanto en las paredes laterales como en las suturas de las vainas. Los pinchazos a nivel de la sutura de la vaina no son apreciables y pueden pasar desapercibidos, por lo que los daños observados pueden estar infravalorados. En todo caso, los porcentajes de daños por vaina variaron entre un 13% y un 35% (Figura 3) en las vainas inoculadas aunque el análisis de la varianza no reveló diferencias significativas en los daños atendiendo al tipo de vaina (verde & llenado) ni al estado de desarrollo del insecto (adulto & juvenil).

→

**Figura 3.-**

Porcentaje de daños observados (abortos, deformaciones y manchas asociadas con la presencia de síntomas de picaduras) en las inoculaciones desarrolladas en condiciones controladas con insectos adultos y juveniles sobre vainas verdes o vainas con semillas engrosadas (llenado).



		Nº medio semillas por vaina		Porcentaje vainas afectadas (%)		Porcentaje semillas dañadas en vaina afectada (%)	
Variedad	Hábito de crecimiento	Media	SE	Media	SE	Media	SE
Maximina	Indeterminado	3,3 ± ,10		51,3 ± 4,37		50,8 ± 1,96	
Maruxina	Determinado	3,7 ± ,03		36,3 ± 2,03		17,4 ± 1,25	
		ns		s		s	

## ¿Cuántos daños causan los chinches verdes en la Faba Asturiana?

Una vez establecida una relación entre los daños observados en invernadero con la chinche verde, se trató de evaluar la magnitud de estos daños en campo. Para ello se investigaron los daños presentes en el cultivo de Faba Asturiana desarrollado en las instalaciones del SERIDA-Villaviciosa durante la campaña 2019 bajo producción ecológica. Se utilizaron dos variedades, Maximina, de hábito de crecimiento indeterminado y Maruxina, de crecimiento determinado. Para cada variedad se tomaron 6 lotes de 50 vainas secas tomadas al azar entre las cosechadas. En cada lote se cuantificó el número de vainas con semillas abortadas o deterioradas asociadas con la presencia de picaduras en la pared. A partir de los datos medios obtenidos para cada variedad se estimaron las posibles diferencias significativas entre variedades mediante una prueba t de Student.

Durante el desarrollo del cultivo se constató la presencia de esta chinche en el cultivo, especialmente en el mes de agosto, cuando las vainas se formaban y las semillas se desarrollaban. Los resultados en campo (Tabla 1) mostraron mayores daños en la variedad Maximina, con más de la mitad de las vainas dañadas (51,3%) y más de la mitad de las semillas con daños (50,8%). Por el contrario, la variedad determinada Maruxina presentó menor porcentaje de vainas (36,3%) y semillas (17,4%) afectadas. La variedad Maruxina es una variedad de hábito de crecimiento determinado con plantas compactas y con las vainas próximas al suelo, lo que puede proporcionar un ambiente desfavorable para esta plaga. En campo, se observó cómo estos insectos tienden a colocarse al mediodía sobre las

vainas orientadas al sol en la variedad trepadora Maximina, lo que resulta más difícil en las plantas con crecimiento determinado. En todo caso, la variedad Maruxina también es atacada por esta plaga y la menor incidencia puede ser debido a una evitación.

## Conclusiones

1. El chinche verde (*Nezara viridula* L.) es capaz de causar daños en las semillas de faba asturiana al producir un pinchazo en la vaina inmadura y llegar a las semillas.
2. Los daños en las semillas pueden ser decoloraciones y deformaciones o abortos de la semilla y las estimaciones en campo pueden alcanzar el 50 % de las vainas afectadas.
3. Los daños pueden ser causados tanto por adultos como por estados de desarrollo juveniles y no varían según el estado de desarrollo de las semillas en la vaina.
4. La magnitud de los daños puede verse afectada por el hábito de crecimiento de la planta.
5. Los productores deben estar atentos a la presencia de este insecto en sus plantaciones, particularmente durante el cuajado de las vainas, para minimizar los daños.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por la Agencia Estatal de Investigación (AGL2017-87050R) y FICYT, grupo de investigación consolidado NYSA (PCTI IDI2018-000237) y cofinanciado con fondos FEDER. Los autores agradecen el apoyo de José Ángel Poladura, Fernando Díaz así como del personal de campo del SERIDA. ■



**Tabla 1.-** Valoración de daños causados por el chinche verde en dos variedades de faba Asturiana. ns, diferencia no significativa. s, diferencia significativa entre medias revelada mediante una T-Student.



# La mancha angular de la judía

ANA J. GONZÁLEZ. Área de Cultivos Hortofrutícolas y Forestales. Programa de Patología Vegetal. anagf@serida.org  
 ELENA LANDERAS RODRÍGUEZ. Laboratorio de Sanidad Vegetal del Principado de Asturias. mariaelena.landerasrodriguez@asturias.org

**Desde 2015 se ha observado la presencia de mancha angular en campos de judía de Asturias. Los síntomas de la enfermedad consisten en manchas angulares en las hojas y circulares de color pardo-rojizo a negro en vainas, tallos, ramas y peciolo. Esta enfermedad sigue presente en nuestros campos con diverso nivel de impacto.**



y Schwartz, 2010). Pese a ello, en Europa y EEUU sólo produce daños ocasionales.

En España, la enfermedad fue descrita en 1927 en Barcelona, en 1937 en Vizcaya y en 1944 en Málaga (Benlloch, 1944), fecha desde la cual ya no encontramos referencias en la literatura científica.

Respecto al hongo es importante reseñar que *P. griseola* muestra una alta variabilidad y así se han descrito dos grandes grupos: el andino, correspondiente a f. *griseola* y el meso-americano, correspondiente a f. *mesoamericana*; aunque no se diferencian por los síntomas que producen ni por su morfología (Guzmán et al., 1995). También se han descrito razas patogénicas según su patogenicidad sobre diferentes variedades de judía (Pereira et al., 2011, 2015).

En Asturias, en septiembre de 2015, se identificó por primera vez el hongo *P. griseola* (Landeras et al., 2017) en una muestra de vainas de variedad desconocida procedente de una parcela situada en el concejo de Valdés en la que se observaron manchas angulares en las hojas (Figura 1), manchas circulares en las vainas que iban desde un color pardo rojizo hasta negro y que también aparecían en tallos, ramas y peciolo (Figura 2).

En dicha parcela ya se habían observado este tipo de síntomas el año anterior en el cultivar 'Maximina', aunque en esa ocasión no se habían llegado a analizar muestras.

↑

**Figura 1.-** Manchas angulares observadas en las hojas características de esta enfermedad.

La mancha angular de la judía, también conocida como ALS por sus siglas en inglés (Angular leaf spot) está causada por el hongo *Pseudocercospora griseola* (Sacc.) Crous & Braun que, desde que fue descrito en Italia en 1878, ha sido conocido también como *Isariopsis griseola*, *Phaeoisariopsis griseola* y *Graphium laxum*.

La enfermedad se ha descrito en alrededor de 80 países y puede causar pérdidas importantes en zonas tropicales y subtropicales. En algunas regiones se han producido pérdidas superiores al 80% en condiciones favorables al desarrollo del patógeno (Singh

Los mismos síntomas se observaron posteriormente en otra parcela del concejo de Coaña y en otras dos del concejo de Tineo (todas en la zona occidental del Principado de Asturias). En la prospección realizada en 2016, se encontró en parcelas aisladas por toda la región, lo que hizo pensar que ya llevaba tiempo en Asturias.

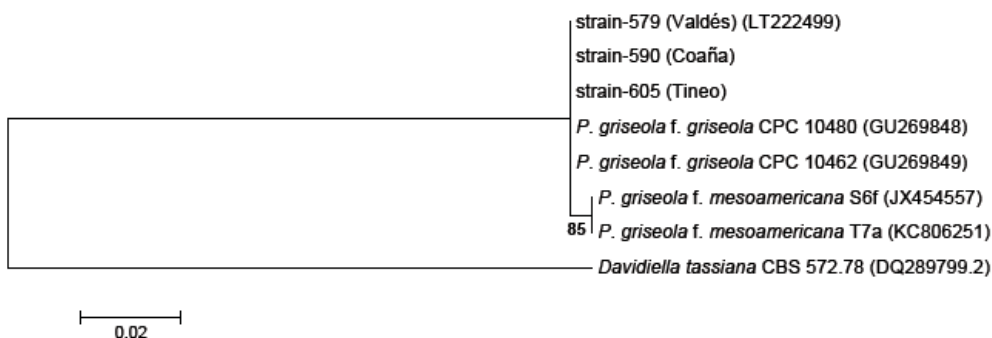
En cuanto a las pérdidas producidas en los campos afectados, se observó una severidad muy diversa, siendo más graves los daños producidos en dos de ellos situados en Valdés y Coaña. En Valdés se estimó que el 100% de las hojas y las vainas estaban afectadas, mientras que en Coaña lo estaban el 60% de las hojas y el 30% de las vainas. Consideramos muy probable que la mayor severidad del daño observado en estas dos localizaciones fuera debida a que eran cultivos que no habían recibido tratamientos fitosanitarios. Este aspecto es relevante dada la creciente importancia que tienen los cultivos ecológicos en nuestra región y en todo el país, lo que podría suponer una re-emergencia de la enfermedad. Para evitarlo habría que buscar un método de control que se ajustase a las normas de este tipo de cultivos.

Varios aislamientos del hongo se identificaron en base a características morfológicas y a métodos moleculares, y para comprobar que realmente era el agente causal de los síntomas observados en campo se realizaron pruebas de patogenicidad mediante la infección artificial del hongo sobre plántulas de judía. Se utilizaron dos cultivares (cv) diferentes de judía, 'Andecha' y 'Maruxina', en los que se observaron diferencias en los síntomas producidos. Así, mientras en el cv 'Maruxina' se observaron manchas similares



a las vistas en campo, en el caso del cv 'Andecha' se produjo una clorosis generalizada de las plantas previa a la aparición de las manchas, lo que redujo considerablemente el vigor de las mismas. Como ya comentamos anteriormente, Pereira et al. (2015) señalan que este hongo presenta una alta variabilidad patogénica, aspecto que resulta de gran interés para estudios posteriores en los que convendría caracterizar la sensibilidad de los diferentes cultivares de judía local al patógeno.

Nuestros aislamientos no crecían a 30° C (Crous et al., 2006, 2013) y en el árbol filogenético elaborado con las secuencias ITS (Internal transcribed spacer) obtenidas se agruparon con *P. griseola* f. *griseola*, o lo que es lo mismo, dentro del grupo andino (Figura 3).



↑  
**Figura 2.-** Manchas producidas en vainas y tallos.

←  
**Figura 3.-** Árbol filogenético elaborado con las secuencias ITS de tres aislamientos asturianos, de Valdés, Coaña y Tineo. Como podemos observar, los tres agrupan con *P. griseola* f. *griseola* y se diferencian de *P. griseola* f. *mesoamericana*. Entre paréntesis, código de acceso de la secuencia. Especie fuera de grupo: *Davidiella tassiana*.



→

**Figura 4.-** A la izquierda, manchas de grasa producidas por la bacteria *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*. A la derecha, manchas producidas por *Pseudocercospora griseola*. Se puede apreciar que el borde de las manchas de grasa es rojizo oscuro mientras que en las de mancha angular es grisáceo.



Los síntomas observados en el campo aparecen al final del cultivo y podrían confundirse con los producidos por otros patógenos frecuentes en nuestros cultivos, especialmente los observados en las vainas, que son muy similares a los producidos por la grasa (enfermedad bacteriana causada por *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*) como podemos comprobar en la Figura 4. Por ello es interesante examinar los síntomas con atención para diferenciar esta enfermedad, pues las manchas en las hojas son bastante identificativas. Este hecho podría explicar la escasa información sobre este patógeno, del que no sabemos si ha sido de reciente introducción, aunque lo más probable es que haya pasado inadvertido entre otros patógenos en nuestra región, ya que en 2016 se constató que la enfermedad estaba distribuida por toda Asturias.

Otro aspecto a destacar de esta nueva detección es el hecho de que se trata de una enfermedad propia de climas tropicales y subtropicales, lo que no se corresponde con la climatología asociada a Asturias. Se ha descrito que el desarrollo de la enfermedad es más rápido a 24° C y con alta humedad (León, 2009). Este tipo de

observaciones podrían llevarnos a plantear la hipótesis de si la globalización de los mercados, con el consiguiente aumento del tráfico internacional de mercancías, junto al cambio climático global, pueden ser responsables de cambios en los pato-sistemas que conocemos.

### Podemos concluir que:

1. Se ha identificado el hongo *Pseudocercospora griseola*, agente causal de la enfermedad denominada "mancha angular de la judía", como el responsable de los síntomas observados en parcelas de cultivo de judía en Asturias.
2. Este hongo ha producido mayores daños en los cultivos que no han recibido tratamientos fitosanitarios.
3. Se ha observado una respuesta diferente a la infección en los dos cultivares de judía ensayados.
4. Los aislamientos asturianos corresponden al grupo andino, *P. griseola* f. *griseola*.





## Referencias bibliográficas

- BENLLOCH M (1944). Nueva enfermedad de las judía, *Phaeoisariopsis griseola* (Sacc) Ferr. Boletín de Patología Vegetal y Entomología agrícola 13: 27-32.
- CROUS PW, LIEBENBERG MM, BRAUN U, GROENEWALD JZ (2006). Re-evaluating the taxonomic status of *Phaeoisariopsis griseola*, the causal agent of angular leaf spot of bean. *Studies in Mycology* 55: 163-173.
- CROUS PW, BRAUN U, HUNTER GC, WINGFIELD MJ, VERKLEY GJM, SHIN H-D, NAKASHIMA C, GROENEWALD JZ (2013). Phylogenetic lineages in *Pseudocercospora*. *Studies in Mycology* 75: 37-114.
- GUZMÁN P, GILBERTSON RL, NODARI R, JOHNSON WC, TEMPLE SR, MANDALA D, MKANDAWIRE ABC, GEPTS P. 1995. Characterization of variability in the fungus *Phaeoisariopsis griseola* suggests coevolution with the common bean (*Phaseolus vulgaris*) *Phytopathology* 85: 600-607.
- LANDERAS E, TRAPIELLO E, BRAÑA M, GONZÁLEZ AJ. (2017). Occurrence of angular leaf spot caused by *Pseudocercospora griseola* in *Phaseolus vulgaris* in Asturias, Spain. *S. J. A. R.*, 15 (3) e10SC03. <https://doi.org/10.5424/sjar/2017153-10798>
- LEÓN I (2009). La antracnosis y la mancha angular del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Temas de ciencia y tecnología*, septic: 45-54. Disponible en [www.utm.mx/edi\\_anteriores/Temas39/2NOTAS39-3.pdf](http://www.utm.mx/edi_anteriores/Temas39/2NOTAS39-3.pdf) (12 abril 2016)
- PEREIRA R, DE ABREU MJ, DE SOUZA EA. 2011. Alternative method to assess the reaction of common bean lines to *Pseudocercospora griseola*. *BIC* 54: 104-105.
- PEREIRA R, SOUZA EA, BARCELOS QL, ABREU AFB, LIBRELON SS (2015). Aggressiveness of *Pseudocercospora griseola* strains in common bean genotypes and implications for genetic improvement. *Genet. Mol. Res.* 14: 5044-5053.
- SINGH SP, SCHWARTZ HF (2010). Breeding common bean for resistance to diseases: a review. *Crop Sci.* 50: 2200-2223. ■



# Cultivos hortícolas en invernadero en Asturias

GUILLERMO GARCÍA GONZÁLEZ DE LENA. Área de Experimentación y Demostración Agroforestal. [ggarcia@serida.org](mailto:ggarcia@serida.org)  
MOISÉS M. FERNANDES DE SOUSA. Área de Experimentación y Demostración Agroganadera. [moisesfs@serida.org](mailto:moisesfs@serida.org)



Foto 1.- Invernaderos.

En un artículo anterior, enfocado al cultivo al aire libre (<http://www.serida.org/publicacionesdetalle.php?id=7801>) destacábamos las posibilidades de la Horticultura en Asturias con base en las favorables condiciones edafoclimáticas de la región, las posibilidades de mercado (con un consumo local muy por debajo de las producciones en la mayoría de las especies) y en el rendimiento económico de esta actividad.

Con el cultivo en invernadero, estos argumentos se ven reforzados, ya que los ingresos brutos, en este caso, pueden superar los 12 €/m<sup>2</sup>, se reduce significativamente el riesgo por posibles inclemencias meteorológicas a que está expuesto el cultivo al aire libre, y se amplían los periodos en los que es posible producir muchas hortalizas.

Asturias contaba en 2018 con 108 ha de superficie cubierta con invernaderos (Fuente: SIGPAC), de las que sólo 72 se

dedicaban al cultivo de hortalizas (Fuente: MAPA), 5 ellas en producción ecológica (Fuente: COPAE).

De entre las muchas ventajas que ofrecen los invernaderos, en las que no podemos detenernos ahora (mayor control sanitario, mejora de las producciones y la calidad, etc.), es importante destacar que permiten llevar a cabo lo planificado cuando se hace una programación de cultivos, ya que se pueden realizar las actividades previstas sin que la climatología sea un obstáculo para ello.

En lo que se refiere a las épocas de producción, con carácter muy general, el invernadero permite adelantar las fechas de siembra o trasplante, prolonga los periodos de cosecha, y acorta los ciclos de cultivo. Permite así la producción fuera de temporada, cuando se consiguen mejores precios, y facilita el cultivo de algunas especies en





épocas en las que al aire libre no es posible o el riesgo es muy alto, caso de algunos cultivos tan importantes como la lechuga, que puede producirse en invierno en invernadero, o el tomate, cuya producción al aire libre en Asturias está muy condicionada por problemas de tipo sanitario.

En buena parte, casi todos los cultivos hortícolas al aire libre citados en el artículo anterior se pueden producir también en invernadero (haciendo un manejo adecuado del mismo) en las mismas fechas. No obstante, algunos de carácter más “extensivo” (como la patata o el ajo) o algunos de ciclo largo, no suelen cultivarse en invernadero por razones principalmente de tipo económico, ya que en la misma época de cultivo hay otras opciones que ofrecen un mayor rendimiento económico, especialmente en el ciclo de primavera-verano. Por ejemplo, un cultivo de Faba Asturiana en invernadero, con un ciclo de marzo a julio, puede generar unos ingresos brutos en torno los 4-5 €/m<sup>2</sup>, mientras en el mismo periodo, un cultivo de judía verde podría aportar una renta de 7-8 €/m<sup>2</sup>.

En el cuadro adjunto se presentan los ciclos de producción en invernadero de las hortalizas de mayor interés en Asturias, con la información relativa a las épocas de siembra, trasplante y cosecha, junto con otros datos de interés, como el ciclo de cultivo (periodo de ocupación del suelo) o los días desde

la siembra o trasplante hasta el inicio de la recogida, con vistas a diseñar una rotación de cultivos.

Como ocurría con los cultivos al aire libre, las fechas que se proponen son aquellas en las que es posible llevar a cabo cada uno de los cultivos en invernadero en Asturias, y no siempre coinciden con las fechas óptimas que, obviamente, estarían incluidas en los periodos citados.

Las principales especies, agrupadas por familias, son las siguientes:

### Compuestas

La lechuga es uno de los cultivos más importantes en invernadero, y probablemente el que mayor superficie ocupa en el ciclo de otoño-invierno. Se cultiva durante todo el año, aunque es importante elegir las variedades adecuadas para cada época, y su ciclo varía desde poco más de un mes en verano, a más de tres meses en inviernos fríos.

Los cogollos, como al aire libre, son una alternativa a la lechuga, de ciclo algo más corto y con riesgo alto de espigado en verano.

Mucho menos habitual, la escarola en Asturias es típicamente un cultivo de otoño – invierno.



Figura 2.- Fresa.



## Crucíferas

La lista de especies susceptibles de ser cultivadas en la época de otoño-invierno no es muy amplia, y las crucíferas son siempre, detrás de la lechuga, la primera opción. Al estar protegidas del frío dentro del invernadero tardarán más en espigar, por lo que se puede prolongar la cosecha en los primeros meses del año,

La berza, aunque puede cultivarse durante todo el año (evitando los semilleros de octubre o noviembre), es en esta época, quizá, el cultivo de mayor interés, ya que es cuando el consumo (la demanda) es mayor y, con respecto al aire libre, se mejora tanto la producción como la calidad.

De cara a diversificar las producciones, también puede ser interesante el cultivo de alguna de estas especies en ciclos de primavera-verano.

## Cucurbitáceas

El calabacín y el pepino son, en este orden de importancia, las especies más interesantes dentro de las cucurbitáceas.

Son cultivos de verano que, en invernadero, pueden trasplantarse a partir de abril y entran en producción muy rápido, a partir de la 5ª-6ª semana, y su ciclo de cosecha puede llegar hasta octubre.

## Leguminosas (Fabáceas)

La judía de verdeo es, tradicionalmente, uno de los tres principales cultivos en invernadero en Asturias (detrás del tomate y la lechuga), y el más importante dentro de esta familia.

Con respecto al aire libre, puede adelantarse más de un mes la fecha de trasplante, que puede hacerse desde finales de febrero, lo que permite la posibilidad de establecer dos ciclos de cultivo:

- Uno temprano, con trasplante a finales de febrero o primeros de marzo, para recoger desde principios de junio hasta mediados de julio. Es el ciclo más habitual y el que consigue mayores producciones.

- Uno tardío, trasplantando hacia mediados de julio, para cosechar desde principio de septiembre hasta noviembre. En este ciclo las producciones son inferiores a las del primero, pero suelen conseguirse precios más altos.

El guisante, la otra especie de interés dentro de esta familia, es un cultivo de invierno, con siembra directa a partir de octubre, y cosecha en primavera, desde mediados de marzo en invernadero.

## Liliáceas

En virtud del consumo, la cebolla es la tercera hortaliza en importancia en Asturias, tras la patata y el tomate. En invernadero se cultivan exclusivamente para su aprovechamiento en verde (cebolleta). Se emplean variedades tempranas de día corto, que se trasplantan de octubre a febrero para cosechar a partir de mediados de marzo.

El puerro se puede producir durante todo el año, reduciendo el riesgo de espigado que hay cuando se cultiva en exterior, con siembras a partir de mediados de noviembre hasta junio, y trasplantes desde febrero a finales de verano.

## Rosáceas

El cultivo de fresón en invernadero, siempre con variedades de tipo remontante, se lleva a cabo con trasplantes desde mediados de febrero a finales de abril, para cosechar desde mediados de mayo hasta el mes de noviembre, si las condiciones meteorológicas de otoño son favorables.

## Solanáceas

A esta familia pertenecen las hortalizas de mayor interés en Asturias, todas ellas de fruto y de producción exclusivamente en verano.

Dejando de lado la patata, también una solanácea pero que no se cultiva en invernadero, el tomate es, sin duda, el cultivo más importante desde cualquier punto de vista: es la hortaliza de mayor consumo en Asturias durante todo el año, y también durante el periodo de junio a noviembre que es la temporada de producción en la



región. En esta época ocupa una superficie de unas 50 ha sobre el total de 72 ha de invernadero dedicadas a la producción de hortalizas (Anuario de Estadística del MAPA 2019) y es también, en el aspecto económico, el principal cultivo hortícola en Asturias. El tomate es, siempre, el cultivo principal a la hora de diseñar una rotación de cultivos en invernadero en Asturias.

El pimiento es también un cultivo relevante desde el punto de vista de la demanda, ocupa el cuarto lugar, detrás de la patata, el tomate y las cebollas, aunque su cultivo en invernadero es muy residual (el Anuario de Estadística 2019 del MAPA registra, en 2018, 70 ha de cultivo de pimiento en Asturias, todas ellas al aire libre).

El pimiento, más exigente en calor que el tomate, se cultiva en invernadero con trasplantes a partir de abril, para cosechar desde mediados de julio hasta que aparezcan las primeras heladas, pudiendo llegar hasta diciembre.

Otro cultivo de interés, dentro de esta familia, es la berenjena, de ciclo muy similar al tomate.

### Umbelíferas

Son especies poco exigentes en calor más cultivados en exterior que en invernadero. Los cultivos de mayor interés dentro de esta familia pueden ser el apio y la zanahoria.

### Quenopodiáceas

La acelga es el cultivo de mayor relevancia de los de esta familia. Es una alternativa a la berza y, como ésta, podría cosecharse durante prácticamente todo el año, evitando las siembras desde noviembre a febrero.

La espinaca, que tiene un ciclo relativamente corto cuando se trasplanta pronto a finales de verano, también es un cultivo a considerar en las rotaciones de cultivos para las producciones de otoño–invierno. ■



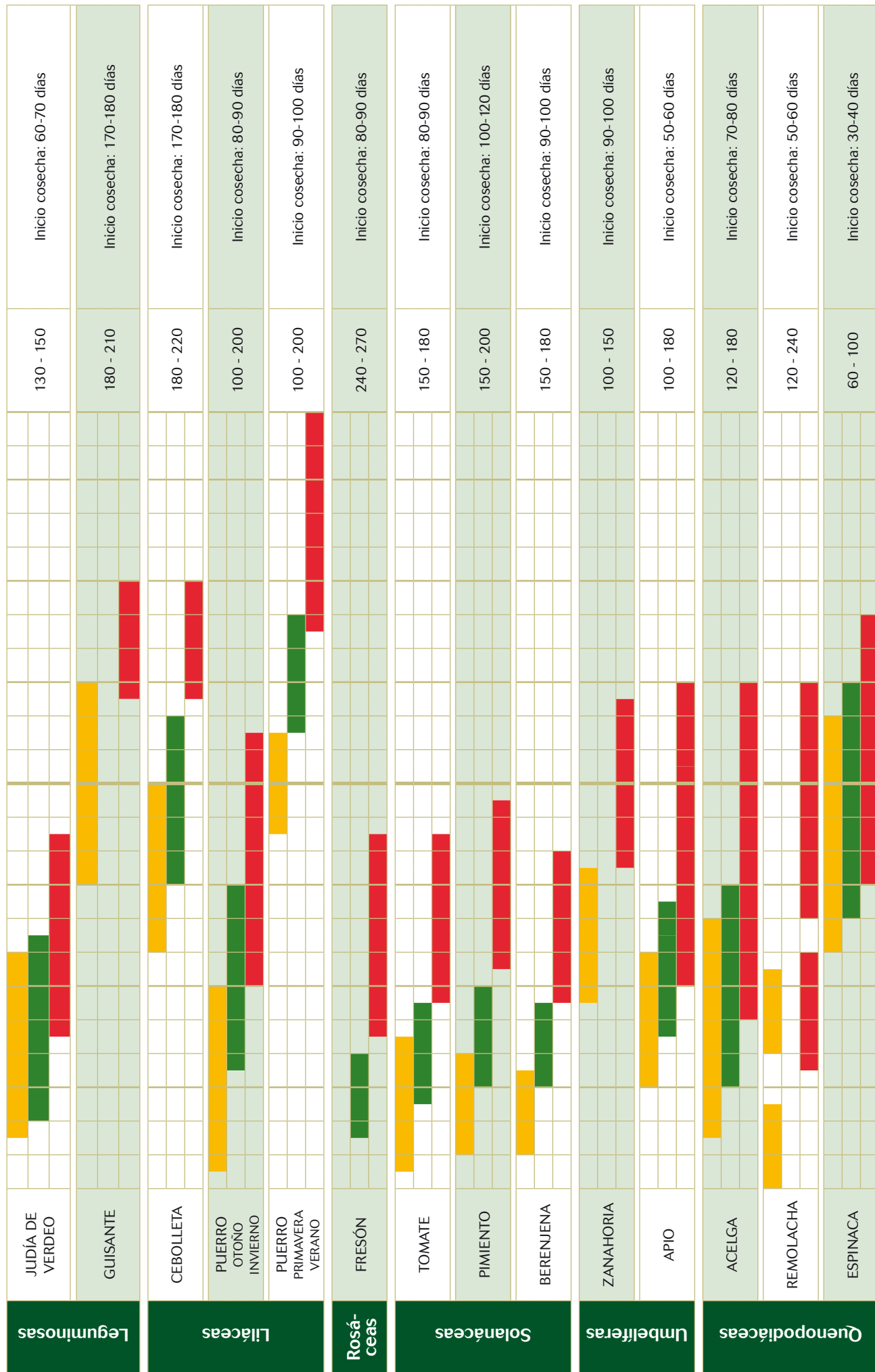
Foto 3.- Lechuga.



# CALENDARIO DE CULTIVOS HORTÍCOLAS EN INVERNADERO

FAMILIA	CULTIVO	Ciclo												Observaciones
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	O	
		INVERNO	INVERNO	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO	OTOÑO	INVERNO	PRIMAVERA	VERANO	VERANO	OTOÑO	OTOÑO	
Compuestas	LECHUGAS	50 - 120 días												Inicio cosecha: 30-35 días en verano Inicio cosecha: 80-100 días en verano
	ESCAROLA	90 - 130												Inicio cosecha: 80-90 días
	COGOLLO	30 - 60												Inicio cosecha: 25-30 días en verano Inicio cosecha: 50-60 días en verano
Crucíferas	COLES OTOÑO INVERNO	100 - 160												Variedades ciclo corto: < 100 días Variedades ciclo medio: 100-120 días Variedades ciclo largo: > 120 días
	COLES PRIMAVERA VERANO	80 - 120												Variedades ciclo corto: < 100 días Variedades ciclo medio: 100-120 días
	COLIFLOR OTOÑO INVERNO	100 - 200												Variedades ciclo corto: < 90 días Variedades ciclo medio: 90-130 días Variedades ciclo largo: 120-180 días
	COLIFLOR VERANO	100 - 150												Variedades ciclo corto: < 90 días Variedades ciclo medio: 90-130 días Variedades ciclo largo: 120-180 días
	BRÓCOLI INVERNO	80 - 100												
	BRÓCOLI VERANO	80 - 120												
	ROMANESCU	100 - 150												
	BERZA	> 150												Inicio cosecha: 50-60 días para plantación en verano; 70-90 días para plantación en invierno
	COL BRUSELAS	200 - 240												Inicio cosecha: 90-120 días
	RABANITO	30 - 60												
Cucurbitáceas	CALABACÍN	120 - 150												Inicio cosecha: 30-35 días
	PEPINO	120 - 150												Inicio cosecha: 35-40 días





■ Siembra
 ■ Trasplante
 ■ Cosecha



# Termohidroterapia: una solución para eliminar la avispa del castaño en púas de madera leñosa

MARTA CIORDIA ARA. Área de Cultivos Hortofrutícolas y Forestales. Programa Forestal. mciordia@serida.org  
JUAN CARLOS GARCÍA RUBIO. Área de Experimentación y Demostración Agroforestal. jcgarcia@serida.org  
M. DOLORES LOUREIRO RODRÍGUEZ. Área de Tecnología de los Alimentos. mdolorlr@serida.org



↑

**Figura 1.**- Agallas de avispa de castaño, en primavera (izda) e invierno (dcha).

La avispa del castaño (*Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu) es un insecto himenóptero de la familia de las "avispa de las agallas" (Cynipidae), que afecta exclusivamente al castaño (*Castanea* spp.). Está considerada como la plaga más perjudicial en este género, ya que al infectar las yemas induce la formación de agallas (Figura 1) que impiden el normal desarrollo de los brotes, provocando una drástica disminución de la fructificación, que puede alcanzar hasta un 80%, y una pérdida de la arquitectura y biomasa verde del árbol. También la calidad y cantidad de la madera se ven perjudicadas. Su incidencia afecta no solo al cultivo, sino también a las industrias vinculadas a él, tanto de fruto como de transformación de la madera, sin olvidarnos del sector de producción de miel que se ve reducida al disminuir el desarrollo floral. Además, los

ataques severos de avispa, combinados con otras enfermedades o amenazas abióticas, pueden provocar incluso la muerte de los árboles. Esto conlleva un elevado coste económico, ya que el cultivo del castaño es el principal motor económico en algunas zonas del medio rural, y contribuye a evitar su despoblamiento, estando censadas en España unas 300.000 hectáreas de castaño.

Esta plaga, originaria de China, entró en Europa vía Italia en el año 2002. Su rápida diseminación a largas distancias por el territorio europeo fue consecuencia del comercio accidental de material infectado, ya que los huevos y las larvas no son visibles en las yemas de los castaños. La expansión a corta distancia se realiza debido al vuelo de las avispas adultas, con una velocidad media de dispersión



de unos 6,6 km/año, pudiendo alcanzar los 25 km/año.

En España, la primera infección se registró en el año 2012 en Cataluña, y rápidamente se diseminó por otras zonas del país a través del comercio de material vegetal infectado. En Asturias se detectó en la primavera del año 2014.

La lucha química con productos fitosanitarios contra este insecto no es eficaz, debido a la dificultad de alcanzar las larvas que crecen en el interior de las yemas. Además, hay que considerar el potencial grave efecto medioambiental que supone su utilización. Por el contrario, la lucha biológica con un parasitoide exótico, *Torymus sinensis*, se ha manifestado efectiva a largo plazo en el control de las poblaciones de avispa. Sin embargo, hay que tener en cuenta que *Torymus* necesita entre 5 y 7 años después de su primera liberación y/o asentamiento, para alcanzar porcentajes altos de parasitismo que garanticen el control efectivo de la plaga. Las sueltas de este parasitoide ya se realizan de forma habitual en muchos países, como en Italia, Francia o Portugal, en los que ha demostrado su eficacia al alcanzarse un nivel de equilibrio biológico entre la avispa y su depredador. En España, en 2015 se iniciaron sueltas experimentales controladas en diversas Comunidades Autónomas. Una de las conclusiones derivadas de estos trabajos indica que las poblaciones establecidas de *T. sinensis* pueden tener un efecto positivo en el control de esta plaga en nuestro país, similar al observado en otros países europeos (Nieves Aldrey et al., 2019). Recientemente, en diciembre del 2019, el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) ha autorizado su suelta libre como organismo de control biológico.

Actualmente, la propagación de la avispa a través del comercio de material de castaño infectado sigue siendo un grave problema, aumentando sus poblaciones en zonas en las que ya está presente y llevando la plaga a otras regiones libres de avispa. Ante esta situación, la termohidroterapia se postula como una técnica que podría mostrarse eficaz para garantizar la desinfección en púas de madera leñosa de castaño europeo

(*Castanea sativa* Mill.), posibilitando la venta de material de castaño libre de avispa por parte de los viveros.

### ¿Qué es la termohidroterapia?

La termohidroterapia (o sus siglas en inglés, HWT, "hot water treatment") es un procedimiento sencillo, económico y respetuoso con el medio ambiente, que se caracteriza por llevar a cabo la desinfección mediante un tratamiento con agua caliente durante un determinado espacio de tiempo y temperatura, que dependen del patógeno y del hospedador. La primera cita de su uso se remonta a 1882, en que se utilizó para desinfectar patatas. En la actualidad se usa para desinfectar semillas de diversos cultivos, así como material vegetal de diversas especies, como la vid, contra plagas, hongos y bacterias. Su efectividad sobre la avispa también se ha estudiado en el castaño chino (*Castanea mollissima*) cv 'Qing'.

El estudio que se describe a continuación, realizado en el SERIDA, se llevó a cabo con la finalidad de evaluar la eficacia de la HWT en la eliminación de huevos y larvas de avispa en púas leñosas de castaño europeo (*Castanea sativa*) y establecer un protocolo que elimine el patógeno sin afectar la viabilidad del material vegetal. En el trabajo de Ciordia et al (2020) se recoge una descripción exhaustiva del procedimiento.

### Descripción del protocolo experimental

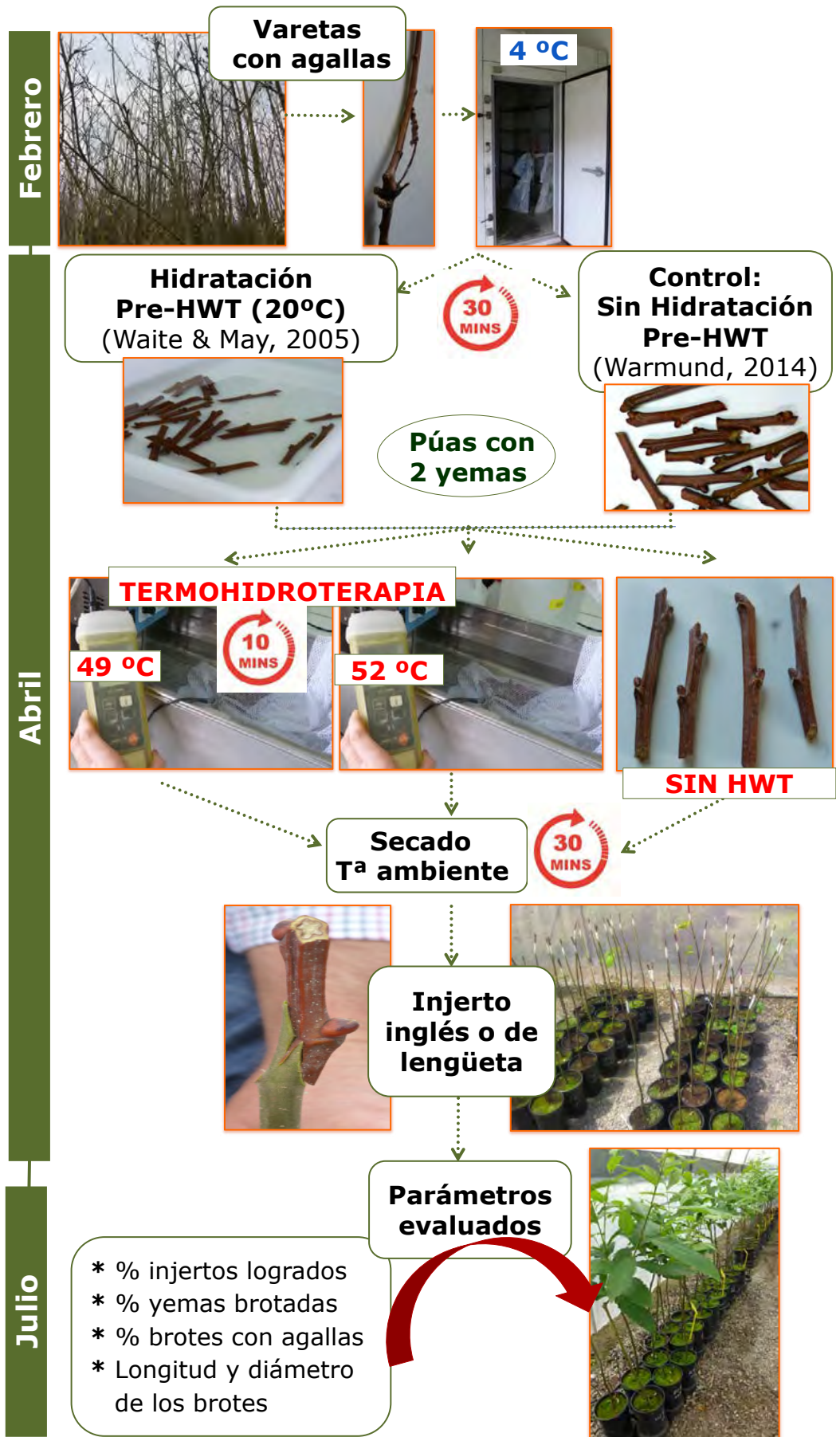
El experimento se realizó con varetas de castaño europeo silvestre (*C. sativa* Mill.) que presentaban agallas que se habían desarrollado en la primavera, lo cual garantizaba su infestación por la avispa del castaño. Dichas varetas se recogieron en invierno, se conservaron en cámara de frío (4 °C), y en el momento del experimento se fraccionaron en púas, con dos yemas, que se sometieron a HWT y posteriormente se injertaron. Se tuvieron en consideración tres variables (Figura 2):

- La *prehidratación del material vegetal* (20 °C durante 30 minutos) previamente al tratamiento de HWT. Las púas establecidas como control no se sometieron a prehidratación. La prehidratación se uti-



→

Figura 2.- Material y métodos empleados durante el estudio experimental de desinfección de la avispa del castaño en púas de madera leñosa de castaño mediante Termohidroterapia (HWT).



liza regularmente como un paso previo a la HWT en vid, debido a la creencia generalizada de que compensa la posible deshidratación del material vegetal durante el almacenamiento.

- *La temperatura del baño de agua:*  $49 \pm 0,2$  °C ó  $52 \pm 0,2$  °C. Tras el baño, las púas se secaron 30 min a temperatura ambiente. Las que se fijaron como control no se sometieron a HWT.
- *El año:* el experimento se repitió en dos años consecutivos. Cada año se realizaron todas las combinaciones posibles (Figura 2) de las variables prehidratación (si / no) y temperatura ( $49$  °C /  $52$  °C / sin HWT), utilizando tres repeticiones de 8 púas, con dos yemas cada una, para cada combinación resultante.

Para realizar la HWT se utilizó una cubeta de agua con capacidad de 5 L, provista de termostato y de agitador, para controlar y homogeneizar la temperatura del baño.

Las púas de cada combinación, con un diámetro medio de  $5,48 \pm 0,88$  mm, se injertaron sobre patrones de castaño silvestres, una vez brotados éstos. Las plantas se cultivaron en macetas de 3 L en un invernadero provisto de malla antitrips y riego por goteo. El proceso metodológico completo se esquematiza en la Figura 2.

El efecto de los tratamientos se valoró considerando los siguientes parámetros, cuantificados nueve semanas después del injertado:

- a) el porcentaje de injertos prendidos
- b) el porcentaje de yemas brotadas
- c) el porcentaje de brotes que presentaban agallas
- d) la longitud total de los brotes y su diámetro en el punto medio (medidos sólo en 2017)

Se realizaron análisis estadísticos (Prueba de chi-cuadrado, análisis de varianza y test de Tukey) para buscar diferencias significativas entre los tratamientos aplicados.

## Resultados

Las temperaturas ensayadas ( $49$  °C y  $52$  °C), fueron las variables que tuvieron efecto significativo sobre los parámetros evaluados, que también se vieron influenciados según el año en el que se efectuaron los experimentos, a diferencia de la prehidratación, que no influyó en los resultados. Tampoco se encontraron diferencias significativas en ninguna de las interacciones entre las variables para los parámetros en estudio.

En 2016, los porcentajes de injertos prendidos fueron superiores al 85%, sin diferencias entre los tratamientos de HWT y el control, como puede observarse en la Figura 3. Sin embargo, en el segundo año, el control presentó un descenso muy acusado para este parámetro, que fue significativo tanto con respecto al porcentaje de éxito de injertos obtenido con la HWT a  $49$  °C, como con respecto al control del año anterior. Este resultado podría deberse a que las púas presentaban algún tipo de enfermedad ese año, y el tratamiento de HWT contribuyó a disminuir su incidencia, mejorando el porcentaje de injertos prendidos. Sin embargo, las púas control, al no haber sido desinfectadas, sufrieron un importante descenso en este parámetro. No obstante, es imposible verificar esta hipótesis a partir de los datos recogidos.

Los porcentajes de yemas brotadas (Figura 4) presentaron un patrón similar al de injertos prendidos, con diferencias significativas del control en el año 2017 respecto al tratamiento a  $49$  °C, y también respecto al control del año anterior, posiblemente por la misma causa reseñada para los injertos prendidos.

Respecto a la eliminación de agallas con el tratamiento de HWT (Figura 5), se puede observar la efectividad total del método, al no presentar agallas ninguna de las plantas sometidas al tratamiento. Sin embargo, el control sí las presentó, indicando que la HWT es completamente efectiva eliminando las larvas de avispa del castaño del interior de las yemas, sin afectar, e incluso en ocasiones mejorando, el porcentaje de prendimientos de injerto y de yemas brotadas. Este resultado es de enorme importancia dado el problema de diseminación



Fig.3



Fig.4



Fig.5

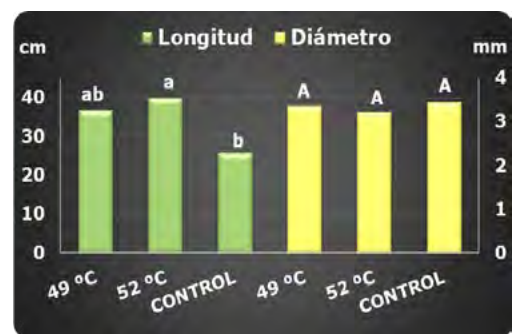


Fig.6

Las letras sobre las columnas en las Figuras 3 a 5 comparan los resultados obtenidos en los diferentes años y para cada tratamiento. Las letras minúsculas comparan las diferencias entre tratamientos para un mismo año; las letras mayúsculas comparan las diferencias entre años para un mismo tratamiento. En todas las figuras, las columnas con la misma letra no difieren significativamente (Test de Tukey,  $\alpha < 0,05$ ).

↑

**Figura 3.-** Porcentaje de éxito de injertos según tratamientos de termohidroterapia.

**Figura 4.-** Porcentaje de yemas brotadas según tratamientos de termohidroterapia.

**Figura 5.-** Porcentaje de brotes con agallas tras someter las púas a termohidroterapia.

**Figura 6.-** Longitud y diámetro de los brotes a las 9 semanas tras el tratamiento de termohidroterapia.

accidental de la plaga a través de la venta de material vegetal infectado, debido a la imposibilidad de detectar la presencia de larvas de avispa del castaño en las yemas.

El uso de HWT ya había sido reseñado en el castaño chino por Warmund (2004), que utilizó una temperatura de 52 °C para la eliminación de la plaga. En este trabajo hemos demostrado, por primera vez, la efectividad del uso de agua caliente en púas de madera leñosa de castaño europeo aplicando una temperatura inferior (49 °C), lo cual disminuye los costes del tratamiento y reduce el riesgo de daño a las yemas. De hecho, en las Figuras 3 y 4, se observa un ligero incremento del porcentaje de prendimiento de injertos y de yemas brotadas a 49 °C con respecto a los obtenidos a 52 °C, si bien la diferencia no es significativa.

Además de evaluar el efecto de la HWT en el injertado, la brotación y la eliminación

de agallas, se analizó también su influencia en el vigor de la planta, ya que diversos estudios realizados en vid, donde se utiliza para la lucha contra diversas enfermedades, han demostrado que en ocasiones este tratamiento puede afectar al desarrollo vegetativo. En el caso del castaño, en la Figura 6 se puede observar que la HWT induce una longitud superior de los brotes, significativa en el caso de los 52 °C con respecto al control, como ya se ha observado en algunos estudios realizados en vid (Soltekin y Aldtindisli, 2017). En cuanto al diámetro de los brotes, la HWT no tuvo ningún efecto.

**Es de gran importancia** en la realización del tratamiento de HWT:

- mantener la temperatura del agua lo más homogénea posible mediante agitación.
- introducir el material vegetal suelto, sin compactar, en bolsas de malla o similar





mientras se realiza la inmersión en el agua caliente. De esta manera, la temperatura será homogénea para todo el material vegetal, lo que no se lograría utilizando mazos atados.

### Ventajas de la aplicación de la termohidroterapia en púas de madera leñosa de castaño infestadas por la avispa

- Un baño de 10 minutos a una temperatura de 49 °C es efectivo para desinfectar las púas de injertos de castaño, al matar las larvas de la avispa (Figura 7) y sin dañar los tejidos de las púas.
- Los viveros pueden garantizar que las plantas de *C. sativa* están libres de *D. kuriphilus* con este método.
- La comercialización de la planta desinfectada previene la dispersión de la avispa del castaño a larga distancia;

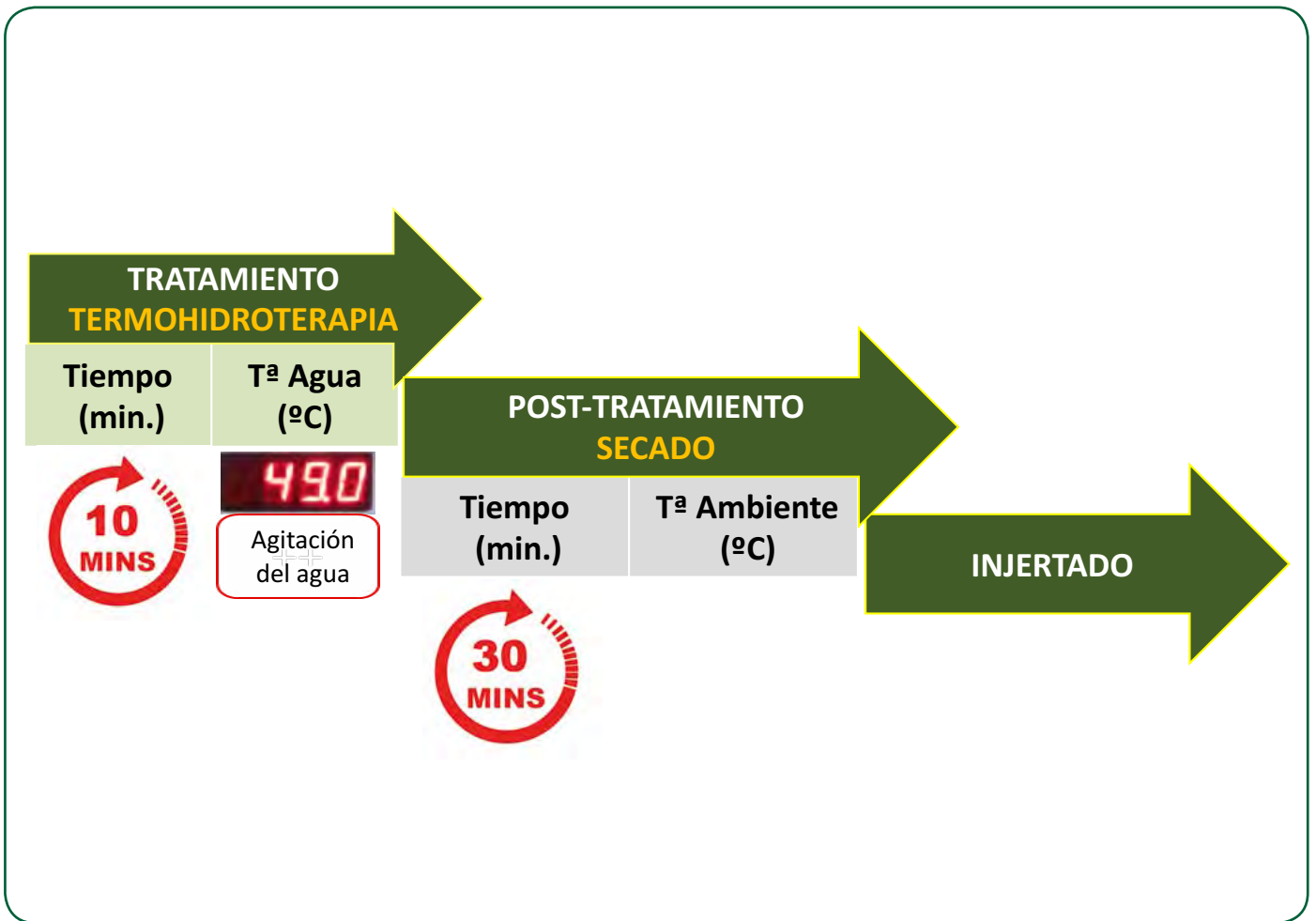
evita su introducción en áreas libres del insecto, así como el incremento de las poblaciones de *Dryocosmus kuriphilus* en los lugares donde ya está instalada la plaga.

- La HWT también promueve una mejor tasa de éxito de injerto y de vigor de los brotes.
- Además, es un protocolo económico, sencillo y respetuoso con el medio ambiente (Figura 8).

### Agradecimientos

Al Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA) y a la Consejería de Medio Rural y Cohesión Territorial por la financiación de la investigación, y al personal de apoyo en campo del SERIDA.

↑  
**Figura 7.-** Injertos de castaño: con púa desinfectada por termohidroterapia (izda.), sin desinfección previa (centro y dcha.).



**Figura 8.-** Esquema del protocolo de desinfección con termohidroterapia (HWT).

### Referencias bibliográficas

- CIORDIA M, GARCÍA JC, LOUREIRO MD, (2020). Hot water treatment: an effective method for disinfecting *Castanea sativa* mill dormant scions against *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu. *Pest Manag. Sci.*, 76: 1944–1948. DOI 10.1002/ps.5727
- NIEVES-ALDREY JL, GIL-TAPETADO D, GAVIRA ON, BOYERO JR, POLIDORI C, LOMBARDE-RO MJ, BLANCO D, REY DEL CASTILLO C, RODRÍGUEZ-ROJO MP, VELA JM, WONG ME, (2019). *Torymus sinensis* Kamijo, a bio-control agent against the invasive chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu in Spain: its natural dispersal from France and first data on establishment after experimental releases. *Forest Syst.*, 28 (1). <https://doi.org/10.5424/fs/2019281-14361>
- SOLTEKIN O AND ALTINDISLI A, (2017). Effects of hot water treatments on dormant grapevine propagation materials used for grafted vine production. In *Proceedings of the 40th World Congress of Vine and Wine*, Sofia, Bulgaria (Vol 9, pp. 10-16). ISBN: 978-1-5108-4435-3
- WAITE H, MAY P, (2005). The effects of hot water treatment, hydration and order of nursery operations on cuttings of *Vitis vinifera* cultivars. *Phytopathol. Mediterr.* 44: 144–152.
- WARMUND MR, (2004). Disinfestation of *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu in *Castanea* Scion wood. *Acta Hort.* 1019:243–247. ■



# La carga ganadera: efectos sobre la productividad del caprino de carne y el pasto

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

↑

**Foto 1.-** Una carga demasiado baja conduce a un desprovechamiento de la hierba y al espigado excesivo de las gramíneas, aumentando la acumulación de hojarasca muerta y reduciendo la calidad nutritiva del pasto disponible.

## Introducción

La carga ganadera se define como la relación entre el número de animales y la superficie pastable disponible. Aunque estrechamente relacionados, no hay que confundir este término con el de presión de pastoreo, que se define como la relación entre el número de animales y la cantidad de pasto disponible, normalmente referida como kg de materia seca (MS) por unidad de área (p.ej. kg MS/ha). Esta cantidad se suele referir al pasto apetecible o comestible por la especie ganadera en cuestión, excluyendo las plantas que son rechazadas (por su toxicidad, leñosidad, presencia de estructuras defensivas como espinas, etc.). Si bien, bajo las mismas condiciones, a mayor carga

ganadera tendremos una mayor presión de pastoreo, los siguientes ejemplos ilustran las diferencias entre los dos términos. Si en un prado de 5 ha se manejan ocho vacas de primavera a otoño, tendremos una carga constante de 1,6 vacas/ha a lo largo de dicho periodo, pero la presión de pastoreo con toda probabilidad se incrementaría de primavera a verano debido a la menor cantidad de hierba disponible en el estío. El grado de reducción dependerá del balance entre la tasa de consumo (ingestión) por los animales (más la tasa de descomposición del material vegetal que se pueda dar) y el crecimiento vegetativo. Como segundo ejemplo, podríamos tener una misma carga en dos tipos de pasto muy distintos en cuanto a cobertura y densidad foliar, por



→

**Figura 1.-** Relación hipotética entre la carga y la producción ganadera por animal y por hectárea.



ejemplo, un prado típico de costa o valle y un pastizal de roquedo de montaña; evidentemente, la presión de pastoreo será mucho mayor en el segundo.

Por supuesto, la carga ganadera real que se ejerce depende de la especie animal de que se trate, y dentro de esta, también de la raza y el tipo de animal (tamaño y peso corporal, capacidad ingestiva y necesidades energéticas). Cuando hay varios tipos de animal pastando juntos la carga se puede describir por otro parámetro en vez del número de animales, como por ejemplo, el peso vivo total por hectárea. Cuando se manejan distintas especies en pastoreo mixto, lo normal es usar un coeficiente de conversión para cada especie, como la Unidad Ganadera Mayor (UGM), que establece la equivalencia en referencia a una cabeza de vacuno. Según la última reglamentación europea (Reglamento CE N° 1200/2009), las unidades ganaderas (UG) se establecen en base a una vaca lechera, de tal manera que  $1 \text{ UG} = 1 \text{ vaca lechera} = 1,25 \text{ vacas no lecheras} = 1,25 \text{ équidos} = 10 \text{ ovejas} = 10 \text{ cabras}$ . Hay que puntualizar que no hay un criterio único a la hora de establecer estas equivalencias, con lo que los coeficientes pueden variar dependiendo sobre todo de la raza, el peso corporal y la aptitud productiva.

La carga ganadera es un factor clave del manejo de pastoreo, ya que afecta tanto a la presión de pastoreo, y consiguientemente a la ingestión, como a la tasa de defoliación del pasto, condicionando por tanto la producción animal y la dinámica vegetal (Morley, 1981). En general, la carga se relaciona inversamente con los rendimientos animales individuales, puesto que a mayor carga habrá menor cantidad de pasto disponible por animal (Figura 1). A

partir de un punto, con una carga excesivamente alta, los rendimientos pueden caer en picado (línea punteada de la Figura 1) debido a que la nimia cantidad de pasto existente provocaría la desnutrición e inanición de los animales. En sentido contrario, en un rango de cargas bajas se maximizan las respuestas productivas por animal. En este rango, a pesar de reducir más la carga, los rendimientos individuales no se incrementan, ya que la ingestión del animal, por su propia fisiología, no puede aumentar indefinidamente por mucho pasto que tenga disponible. De hecho, una carga excesivamente baja conlleva falta de presión de pastoreo, favoreciendo el desarrollo y dominio de las especies menos apetecibles, lo que resulta en una reducción de la calidad nutritiva del pasto, afectando negativamente al rendimiento animal (línea discontinua en Figura 1). Por otro lado, la carga ganadera se relaciona positivamente con la producción total por hectárea al obtenerse más crías para su venta, al menos hasta cierto punto, ya que a partir de cierto umbral, una carga excesiva puede llegar a provocar una ingestión insuficiente o un fallo reproductivo en las madres, afectando a la siguiente progenie, así como un deterioro del pasto e incremento de suelo desnudo. La carga a la que se alcanza la producción máxima por hectárea se podría considerar como la óptima en términos de eficiencia biológica. No obstante, hay que considerar que generalmente los costes totales de producción también se incrementan con la carga ganadera (Wilson y MacLeod, 1991), por lo que la carga óptima sería algo menor en términos económicos (flecha discontinua en Figura 1).

Además de los efectos directos de la carga en el rendimiento animal, esto es, a través de los efectos de la cantidad (biomasa o altura) y calidad del pasto disponible sobre la ingestión de nutrientes y capacidad selectiva de los animales, existen otros efectos interactivos que pueden afectar al estado sanitario y nutricional del ganado, y por tanto a sus respuestas productivas. Una cubierta vegetal más baja, como consecuencia de una carga relativamente alta, suele conducir a mayores infestaciones parasitarias por nematodos gastrointestinales (gusanos redondos) debido a una mayor densidad de heces y contaminación del pasto, y a la mayor posibilidad de ingestión de larvas

infectantes, al tener que pastar más cerca del suelo (Celaya et al., 2016a). Este hecho es particularmente importante en el ganado caprino, ya que esta especie evolutivamente no ha desarrollado una gran inmunidad contra dichos parásitos, con lo que se ve más afectada que otras especies de rumiantes como el bovino y el ovino. Así, el ganado caprino gusta de pastar en la superficie de la cubierta, lo que parece ser una adaptación de su conducta de pastoreo como mecanismo de defensa, tratando de evitar la ingestión de larvas.

El ganado caprino puede representar una buena opción como alternativa a otras especies de herbívoros domésticos en los pastos de monte, a pesar de las dificultades de su manejo y control en monte abierto, donde el establecimiento de cierres eficaces es más que aconsejable para evitar fugas y daños por depredadores. Las cabras tienen una buena capacidad para aprovechar la vegetación leñosa de los matorrales, así como para utilizar eficientemente los pastos mejorados de mejor calidad (Osoro y Martínez, 2005), obteniendo un producto de calidad y bien valorado, como es la carne de cabrito. Sin embargo, el conocimiento sobre las pautas de manejo a seguir para conseguir maximizar la producción caprina es más bien escaso. En este trabajo se exponen los resultados obtenidos en un experimento cuyo objetivo fue comparar los rendimientos animales y la productividad por hectárea del ganado caprino manejado a distintas cargas en pastos mejorados de monte, evaluando los efectos interactivos de la disponibilidad del pasto y su calidad en las variaciones de peso y condición corporal de los animales y los niveles de infestación parasitaria.

### Descripción del experimento y muestreos realizados

El experimento se llevó a cabo entre 2010 y 2012 en la finca experimental del Carbayal (Eilao-Illano), a unos 950-1000 m de altitud. Se establecieron tres pares de parcelas con distinta superficie, de 0,3, 0,6 ó 0,9 ha, todas con pasto mejorado de raigrás inglés (*Lolium perenne*) y trébol blanco (*Trifolium repens*). En el primer par se manejaron seis cabras lactantes por parcela, dando lugar al tratamiento de carga alta (20 cabras/

ha), mientras que en los otros dos pares se manejaron nueve cabras lactantes por parcela, originando los tratamientos de carga media (15 cabras/ha) y baja (10 cabras/ha) respectivamente. En cada uno de los tres años se manejaron un total de 48 cabras de raza Cachemira con sus crías, iniciándose la estación de pastoreo en abril tras una desparasitación con un antihelmíntico comercial (netobimín). Los cabritos nacían en marzo y se destetaban en julio, prolongándose el pastoreo hasta octubre para las madres. Hacia el final, se introducía un macho por parcela en la época de monta (Celaya et al., 2016b).

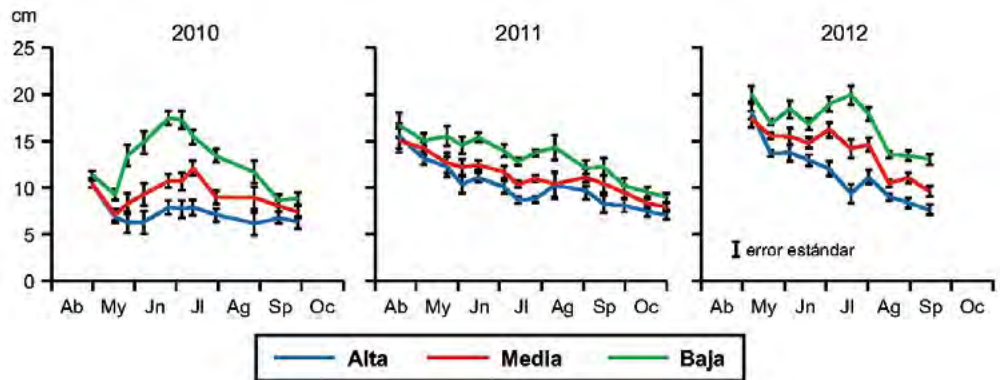
Se realizaron muestreos de altura de hierba mediante una vara graduada, tomando 100 mediciones al azar por parcela cada dos semanas, y de composición botánica mediante la técnica del "point quadrat", registrando 250 contactos por parcela al inicio, mitad y final de cada estación de pastoreo. Además, se recogieron muestras de hierba en distintas épocas para analizar su calidad nutritiva en laboratorio. Los animales se pesaron periódicamente para calcular sus variaciones de peso vivo (PV) en los distintos periodos (lactancia, post-destete y durante el global de la estación de pastoreo) y la producción por hectárea. La condición corporal (CC) de las cabras se evaluó en una escala de 1 a 5 (con divisiones de 0,25) palpando las apófisis espinosas y transversas y el músculo del lomo y la cobertura de grasa en el área lumbar. Se recogieron muestras rectales de heces para examinar los huevos de nematodos al microscopio, además de realizarse coprocultivos para identificar las especies de parásitos.

### Efectos de la carga sobre el pasto

Tal como era de prever, la carga ganadera afectó significativamente a la altura media de hierba (Figura 2), dado que se da una mayor tasa de su consumo a medida que se incrementa la carga, resultando en una menor ingestión por animal. Los promedios entre años y periodos fueron de 9,6, 11,5 y 14,4 cm en las cargas alta, media y baja, respectivamente. Si bien en general la altura media disminuyó sobre todo en la segunda mitad del pastoreo, se dieron diferencias importantes entre los tres años

→

**Figura 2.-** Altura media de la hierba en pastos mejorados de monte pastados por caprino a tres cargas ganaderas (alta: 20 cabras/ha; media 15 cabras/ha; baja 10 cabras/ha) durante los tres años de estudio.



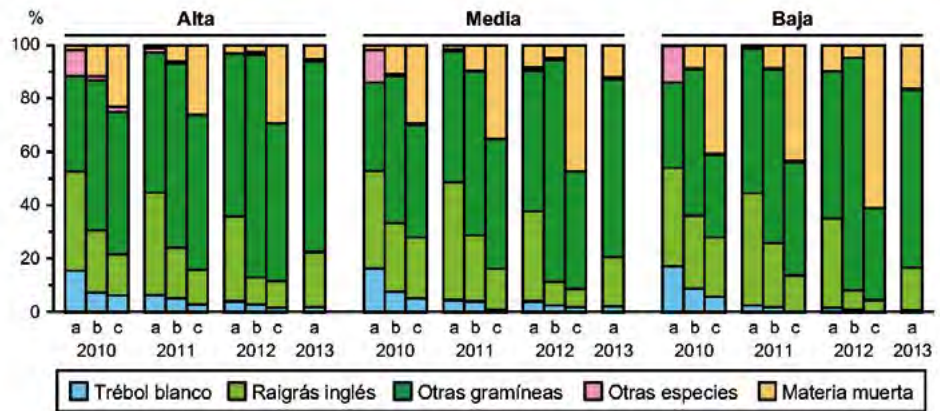
de estudio, incrementándose la altura media de 2010 a 2012.

En cambio, la composición botánica no mostró grandes diferencias entre tratamientos, al menos en lo que a las especies vivas se refiere. Los porcentajes de las especies sembradas (raigrás y trébol) se fueron reduciendo a lo largo del experimento a expensas del incremento de la gramínea *Agrostis capillaris*, que se volvió dominante

en la cubierta vegetal (Figura 3). El porcentaje de materia muerta y hojarasca resultó mayor cuanto menor era la carga, incrementándose a lo largo de cada estación y también con los años en mayor medida en la carga más baja. En este tratamiento hay una mayor proporción de hojas y tallos reproductivos de las gramíneas dominantes que no se aprovechan, con lo que acaban secándose y muriendo.

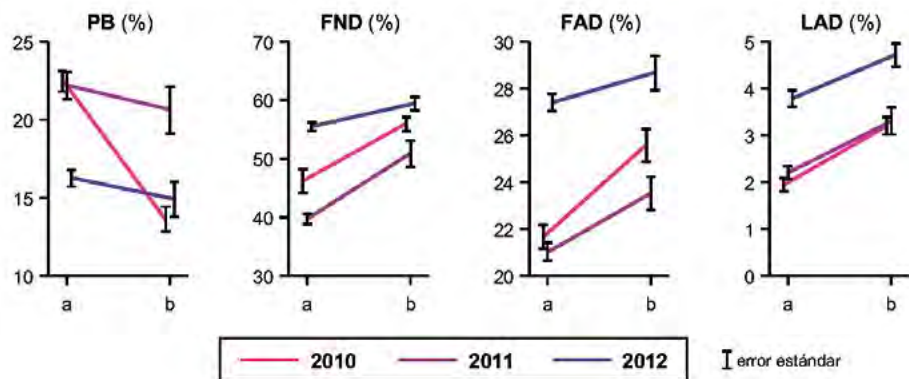
→

**Figura 3.-** Composición botánica de pastos mejorados de monte pastados por caprino a tres cargas ganaderas (alta: 20 cabras/ha; media 15 cabras/ha; baja 10 cabras/ha) durante los tres años de estudio y en la primavera siguiente. a: inicio del pastoreo (abril) b: mitad del pastoreo (julio-agosto) c: final del pastoreo (octubre).



→

**Figura 4.-** Calidad nutritiva de la hierba según época y año en pastos mejorados de monte pastados por caprino. PB: proteína bruta; FND: fibra neutro detergente; FAD: fibra ácido detergente; LAD: lignina ácido detergente; a: inicios del verano; b: inicios del otoño.





	Carga			e.s.m	Significación (P)		
	Alta	Media	Baja		Carga	Año	Carga x Año
PV inicial (kg)	37,4	38,1	37,8	0,51	ns	***	ns
<b>Variación de PV (g/día)</b>							
Lactación	-43	-6	4	8,8	***	**	ns
Post-destete	-60	-49	-28	12,5	*	*	ns
Global	-52	-30	-14	5,1	***	ns	ns
CC inicial (escala 1-5)	2,63	2,53	2,51	0,07	ns	**	ns
<b>Variación de CC</b>							
Lactación	-0,18	0,10	0,16	0,08	**	**	ns
Post-destete	-0,50	-0,46	-0,23	0,09	*	*	ns
Global	-0,68	-0,34	-0,06	0,07	***	**	(0,088)

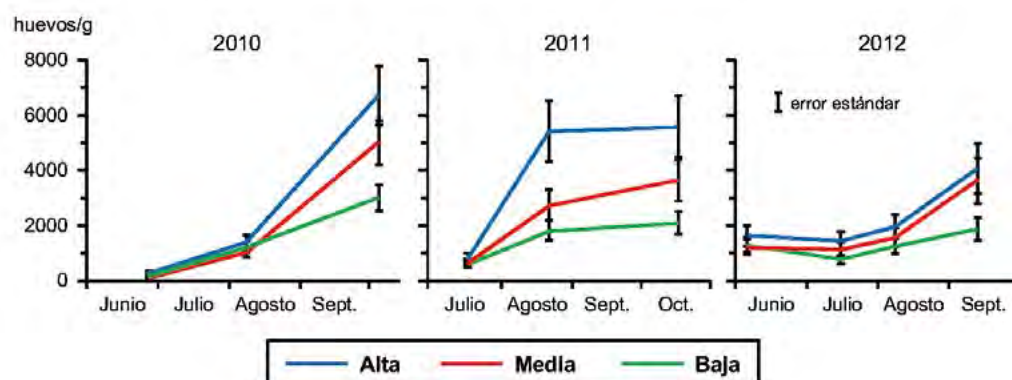
e.s.m. error estándar de la media; \*  $P < 0,05$ ; \*\*  $P < 0,01$ ; \*\*\*  $P < 0,001$ ; ns no significativo ( $P < 0,1$ )

A pesar de estos cambios en la proporción de pasto verde/muerto, no se observaron diferencias entre tratamientos en la calidad nutritiva de la hierba. Hay que puntualizar que las muestras recogidas a pellizcos consistían sobre todo en hojas verdes. En general, la calidad nutritiva disminuyó de principios del verano a otoño, con reducciones en el contenido en proteína e incrementos en los contenidos de fibra y lignina (Figura 4). La calidad también disminuyó en el tercer año experimental respecto a los dos años anteriores.

### Efectos de la carga sobre la producción y sanidad animal

Los resultados de los conteos fecales de

huevos de nematodos indicaron una mayor infestación parasitaria cuanto mayor era la carga (Figura 5), corroborando otros resultados previos (Osoro et al., 2009). Tal como comentábamos en la introducción, una carga mayor conduce a un mayor riesgo de infección al darse una mayor excreción fecal de huevos por unidad de superficie y una menor altura de la hierba disponible. Aunque con diferencias notables entre los tres años, en general el número de huevos de parásitos fue incrementándose a medida que avanzaba la estación de pastoreo y disminuía la altura media de la hierba, tal como se observó en estudios previos realizados en la misma finca (Celaya et al., 2016a). En cuanto a las especies identificadas en los coprocultivos, la prevalencia de



**Figura 5.-** Conteos fecales de huevos de nematodos gastrointestinales en cabras manejadas en pastos mejorados de monte a tres cargas ganaderas (alta: 20 cabras/ha; media 15 cabras/ha; baja 10 cabras/ha) durante tres estaciones de pastoreo.

Trichostrongylus spp. en junio se fue reduciendo a medida que avanzaba la estación de pastoreo y se incrementaba la proporción de Oesophagostomum columbianum, con una presencia menor de Teladorsagia circumcincta, Chabertia ovina y Haemonchus contortus. Estas especies de parásitos son las más comunes en nuestra región (Moreno-Gonzalo et al., 2012).

Las variaciones de PV y CC en las cabras revelaron unos mejores rendimientos individuales cuanto menor era la carga (Tabla 1). Durante la lactancia, las cabras manejadas a carga alta perdieron peso (-43 g/día) y condición (-0,18), mientras que las manejadas a carga media y baja mantenían más o menos el PV y llegaron a mejorar su CC (+0,13). Tras el destete de las crías en julio, las cabras en carga alta presentaron mayores pérdidas de PV que las de carga baja (-60 y -28 g/día respectivamente), siendo las pérdidas intermedias en la carga media. Las variaciones de CC en este periodo resultaron menos favorables en las cargas alta y media (-0,48) respecto a la baja (-0,23). En el global del pastoreo, promediando los tres años, las pérdidas de PV de las cabras fueron de -52, -30 y -14 g/día en las cargas alta, media y baja, respectivamente, siendo las variaciones de CC de -0,68, -0,34 y -0,06 para los mismos tratamientos. Estas diferencias en los rendimientos individuales de las cabras se debieron fundamentalmente a las diferencias en la altura de pasto disponible entre

los tres tratamientos. En general se da una relación lineal entre la altura del pasto y la ingestión y rendimiento de las cabras, tal como se observó en estudios previos realizados en la misma finca de monte (Osoro y Martínez, 1995) y en la finca experimental de La Mata en Grado (del Pozo y Osoro, 1997), así como en praderas de raigrás-trébol de Escocia (Merchant y Riach, 1994).

Aunque las necesidades energéticas de las cabras disminuyen tras la lactación, se observaron mayores pérdidas de peso y condición tras el destete. Múltiples razones confluyen para que se dé este resultado. Además de reducirse la altura del pasto, su calidad nutritiva también se reduce, tal como constatamos anteriormente. Si bien las cabras poseen una mayor capacidad digestiva de pasto fibroso en comparación a otros rumiantes domésticos como el vacuno y el ovino (Osoro et al., 2017), también necesitan pasto de buena calidad para obtener altos rendimientos (Merchant y Riach, 1994). Por otro lado, tal como ya vimos, el nivel de parásitos gastrointestinales va aumentando con el tiempo, lo cual va empeorando el estado sanitario y nutricional de las cabras. Por último, las condiciones meteorológicas también se van agravando hacia el final de la estación de pastoreo.

Los cabritos obtuvieron mayores ganancias de PV en las cargas baja y media (94 g/día) respecto a la carga alta (70 g/día). El peso al destete resultó mayor en la carga



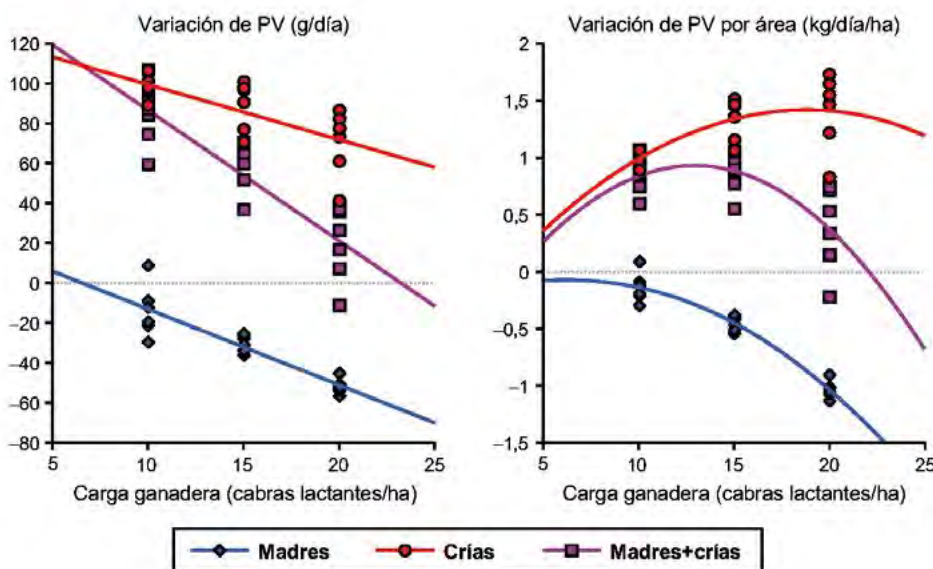
**Tabla 2.-** Ganancias de peso vivo (PV) y PV final al destete de los cabritos (por animal y por hectárea) criados con sus madres en pastos mejorados de monte a tres cargas ganaderas (alta: 20 cabras/ha; media 15 cabras/ha; baja 10 cabras/ha). Medias de tres años con dos parcelas por tratamiento.

	Carga			e.s.m	Significación (P)		
	Alta	Media	Baja		Carga	Año	Carga x Año
PV inicial (kg)	10,6	10,4	11,7	0,91	ns	**	ns
Ganancia de PV (g/día)	70	89	98	5,2	***	**	(0,082)
PV al destete (kg)	16,0	17,2	19,2	1,02	*	ns	ns
PV final por área (kg/ha)	320	258	192	15,9	***	ns	ns
Ganancia de PV por área (kg/ha)	108	102	75	6,5	***	***	*
Ganancia diaria por área (kg/día/ha)	1,41	1,34	0,98	0,09	***	**	(0,051)

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

baja (19,2 kg) que en la alta (16,0 kg), con pesos intermedios de 17,2 kg en la carga media (Tabla 2). Estas diferencias en los rendimientos de las crías fueron algo menores que en el caso de sus madres, y se relacionarían sobre todo con la producción de leche de las madres, que se vería más

en lo posible los costes de alimentación y asegurar su preñez para la siguiente proge- nie. Por tanto, los análisis se realizaron tanto con las crías y las madres por separado como con la suma de madres y crías. Tal como se observa en la Figura 6, las varia- ciones de PV individuales (positivas para las



←  
**Figura 6.-** Relaciones entre la carga ganadera y las variaciones de peso vivo (PV) individuales (izquierda) y por hectárea (derecha) del ganado caprino (madres, sus crías y madres+crías) en pastos mejorados de monte. Cada punto representa una parcela (2 repeticiones por tratamiento x 3 años).

reducida a mayor carga. Al tener en cuenta el número de animales manejados en cada tratamiento, las producciones de PV destetado por área se invierten, obteniéndose 320 kg/ha en la carga alta, 258 kg/ha en la media y 192 kg/ha en la baja. Debido a que había algunas diferencias iniciales en el PV de los cabritos, las ganancias absolutas desde el inicio del pastoreo hasta el destete resultaron mayores en las cargas alta y media (105 kg/ha) en comparación a la carga baja (75 kg/ha). Dado que había ciertas diferencias entre años en la duración del pastoreo, también se calcularon las ganancias medias diarias por hectárea, siendo de nuevo significativamente mayores en las cargas alta y media (1,37 kg/día/ha) respecto a la carga baja (0,98 kg/día/ha).

Para establecer la carga óptima en la que se maximiza la producción (en términos de variaciones de PV tanto por animal como por hectárea) en este tipo de pastos, se efectuaron análisis de regresión lineales y cuadráticas. Aunque el producto vendible es el cabrito, hay que considerar también las respuestas productivas (variaciones de peso y condición corporal) de las madres antes de llegar a la invernada para reducir

crías y negativas para sus madres) decrecen linealmente con la carga ganadera. En cambio, las producciones por hectárea se describen mejor mediante relaciones curvilíneas. Las pérdidas mínimas de PV de las cabras se darían a una carga inferior a la más baja del presente estudio, mientras que las máximas ganancias de PV de los cabritos se obtendrían a una carga de 19 cabras/ha. Esto significa que, a partir de esta carga, un mayor número de cabritos destetados no compensaría las menores ganancias individuales de PV obtenidas. Sumando madres y crías, la productividad total por hectárea alcanzaría el máximo a una carga de 13 cabras/ha.

### Recomendaciones de manejo

De las cargas examinadas en el presente estudio, la carga media de 15 cabras/ha sería la más adecuada para obtener el balance óptimo entre la producción de cabrito por unidad de superficie pastable (con ganancias individuales y pesos al destete aceptables) y unos rendimientos no demasiado desfavorables de las hembras reproductoras, con el fin de que estas lleguen en buena condición para el apareamiento



→

**Foto 2.-** Una carga equilibrada que mantenga un pasto con cantidad suficiente de hierba de calidad maximiza los rendimientos animales.



hacia octubre, e incluso poder prolongar el pastoreo de otoño para iniciar la invernada lo más tarde posible, a fin de reducir los costes de alimentos comprados. El acortamiento de la invernada y el aprovechamiento eficiente de los recursos pastables constituye uno de los pilares fundamentales para la sostenibilidad de las explotaciones ganaderas, particularmente en las ubicadas en zonas de monte. Como hemos observado, una carga más alta permite obtener un mayor número y peso total de cabritos para su venta, pero a costa de reducir sus ganancias individuales (y por tanto su PV final al destete, pudiendo afectar negativamente a las características de la canal) y comprometer las recuperaciones de PV y CC de las madres para iniciar el siguiente ciclo productivo. Al contrario, una carga más baja permite mantener unos rendimientos individuales óptimos, aunque reduciendo el número de crías producidas por hectárea. Además de la menor cantidad de producto vendible, hay que considerar la dinámica del pasto en los años venideros. Como hemos visto, la carga baja conduce a una mayor acumulación de hierba senescente, con lo que se reduce la calidad nutritiva del pasto disponible, y a la larga puede conducir a una invasión por malas hierbas o a una matorralización de los prados, mermando su productividad.

Hay que tener en cuenta que los resultados de este experimento se obtuvieron en unos pastos con unas características concretas y bajo unas condiciones climáticas determinadas. En la práctica es imposible recomendar una carga óptima concreta, debido a la naturaleza cambiante del pasto disponible, tanto en cantidad como en su composición, sometido a los efectos interactivos de los herbívoros y las condiciones medioambientales. No obstante, creemos que los resultados obtenidos en los tres años de estudio son válidos para una amplia gama de prados y praderas, generalmente dominados por gramíneas (espontáneas o sembradas). La conclusión general es que la carga ganadera se debe establecer en función del estado del pasto y su aprovechamiento más eficiente, tratando de maximizar la producción de crías por hectárea sin reducir demasiado sus rendimientos individuales ni los de sus madres. Hay que vigilar el estado del pasto para que mantenga una cantidad suficiente de hierba y con una calidad nutritiva alta, evitando tanto el sobrepastoreo como la infrautilización (Figura 1). Para ello, el manejo debería ser flexible para ajustar el número de animales según el momento y el estado del pasto, aunque esto implica la disponibilidad de otras superficies, además de más tiempo de trabajo o mano de obra.



←

**Foto 3.-** Además de aprovechar los pastos mejorados de monte, el acceso a brezales permite mejorar el estado sanitario de las cabras por el efecto antiparasitario de los brezos, contribuyendo a incrementar los rendimientos animales.

En muchos de los montes dominados por matorral, como el brezal-tojal en suelos pobres y ácidos, es necesario establecer pastos mejorados mediante la fertilización y siembra de especies de calidad (García Prieto et al., 2011) para cubrir las necesidades energéticas de los herbívoros domésticos y conseguir la sostenibilidad de los sistemas ganaderos en estas zonas desfavorecidas (García Prieto et al., 2013). Sin embargo, los resultados obtenidos en el presente estudio, donde el pastoreo se realizó sobre parcelas con el 100% de la superficie mejorada, indican unos rendimientos generales bastante pobres de las cabras, observándose variaciones negativas de PV y CC en casi todas las situaciones y épocas. Así, en el tratamiento de carga media en la que se alcanzaba la máxima productividad total por hectárea, las cabras experimentaron pérdidas de sus reservas corporales tras el destete ( $-49$  g/día de PV y  $-0,46$  de CC; Tabla 1). Estas pérdidas deberían minimizarse en lo posible para asegurar un buen estado de las hembras antes del apareamiento, por ejemplo, mediante una suplementación en pastoreo, con el consiguiente aumento del gasto. Considerando que los niveles de cantidad de hierba disponible y su calidad no eran excesivamente bajos (Figuras 1 y 3), se desprende que las parasitosis gastrointestinales juegan un papel muy importante en la reducción de los rendimientos de las cabras en el verano-otoño. La solución podría ser incrementar la frecuencia de desparasitaciones mediante antihelmínticos. Sin embargo, el uso excesivo de estos fármacos es bastante problemático debido al desarrollo de resistencias en los organismos parásitos y los residuos que pueden permanecer tanto en el producto animal como en el medioambiente, además del incremento de los costes y la dificultad de realizar los

tratamientos en zonas de monte. Esto plantea otros manejos alternativos para mejorar la sanidad de las cabras, como puede ser el empleo de plantas nutraceuticas, es decir, plantas bioactivas con ciertos componentes químicos como los taninos, que limitan el desarrollo de los parásitos internos. En este sentido, se ha observado que los brezos poseen un efecto antiparasitario contra los nematodos gastrointestinales, mejorando el estado sanitario y los rendimientos de las cabras (Moreno-Gonzalo et al., 2012; Celaya et al., 2016a).

Realizando una comparativa de diversos estudios con caprino manejado en distintos tipos de pasto, las eliminaciones fecales de huevos de parásitos suelen rondar los 2000-5000 huevos/g en pastos mejorados, llegando a superar los 8000 huevos/g en ocasiones, mientras que en pastos mixtos de praderas con brezales adyacentes las excreciones fecales no alcanzan los 500 huevos/g. Asimismo, las variaciones de PV y CC eran más favorables en el segundo caso, lo que lleva a la conclusión de que el ganado caprino, si bien necesita disponer de pasto de calidad, por su conducta de pastoreo mixta (ramoneo y pasto herbáceo), fisiología ruminal y digestiva, y sensibilidad a las parasitosis, también necesita disponer de vegetación con ciertos contenidos en celulosas y compuestos bioactivos que le permitan la automedicación (Lu et al., 2005; Celaya et al., 2016b), contribuyendo a la mejora de los rendimientos a pesar de los bajos contenidos en proteína y elevados en lignina presentes en los brezos. De todo ello se deduce que, en el caso del caprino, la mejora del 100% de la superficie no se traduce en una mejora lineal de los rendimientos. Así pues, en vez de manejar los rebaños exclusivamente en pastos herbá-

ceos o mejorados, sería más conveniente que las cabras tuvieran acceso a zonas de brezal cercanas con el fin de mejorar su estado sanitario y nutricional, y en definitiva, sus respuestas productivas.

### Agradecimientos

El proyecto de investigación (RTA2009-00130-C02-00, en coordinación con el Grupo SALUVET de la Universidad Complutense de Madrid) fue financiado por el INIA y cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER). Agradecemos al personal de la finca experimental del Carbayal-Illano por su entusiasmo y disponibilidad para el manejo de los animales y colaboración en los muestreos.

### Referencias bibliográficas

- CELAYA, R.; GARCÍA PRIETO, U.; MARTÍNEZ MARTÍNEZ, A.; OSORO, K. (2016a). El brezo como planta medicinal antiparasitaria para el ganado caprino. *Tecnología Agroalimentaria, Boletín informativo del SERIDA* 18: 34-41.
- CELAYA, R.; MORENO-GONZALO, J.; LÓPEZ LÓPEZ, C.; FERREIRA, L. M. M.; GARCÍA, U.; FERRE, I.; OSORO, K. (2016b). Productive responses of breeding Cashmere goats and their kids to different stocking rates on improved upland pastures. *Journal of Animal Science* 94: 1276-1286.
- DEL POZO, M.; OSORO, K. (1997). Effect of sward height and vertical distribution of clover on performance of cashmere goats in autumn. *Grass and Forage Science* 52: 269-277.
- GARCÍA PRIETO, U.; MARTÍNEZ MARTÍNEZ, A.; CELAYA, R.; ROSA GARCÍA, R.; OSORO, K. (2011). *Establecimiento de pastos mejorados en zonas de monte*. SERIDA - Consejería de Medio Rural y Pesca del Principado de Asturias. <http://www.serida.org/pdfs/4807.pdf>
- GARCÍA PRIETO, U.; MARTÍNEZ MARTÍNEZ, A.; CELAYA, R.; ROSA GARCÍA, R.; ROJO-MONTEJO, S.; OSORO, K. (2013). *Manejo y rentabilidad de los herbívoros en montes de brezal-tojal con zonas de pasto mejorado*. SERIDA – Consejería de Agroganadería y Recursos Autóctonos del Principado de Asturias. <http://www.serida.org/pdfs/5559.pdf>
- LU, C. D.; KAWAS, J. R.; MAHGOUN, O. G. (2005). Fibre digestion and utilization in goats. *Small Ruminant Research* 60: 45-52.
- MERCHANT, M.; RIACH, D. J. (1994). The intake and performance of cashmere goats grazing sown swards. *Grass and Forage Science* 49: 429-437.
- MORENO-GONZALO, J.; FERRE, I.; CELAYA, R.; FRUTOS, P.; FERREIRA, L. M. M.; HERVÁS, G.; GARCÍA, U.; ORTEGA-MORA, L. M.; OSORO, K. (2012). Potential use of heather to control gastrointestinal nematodes in goats. *Small Ruminant Research* 103: 60-68.
- MORLEY, F. H. W. (1981). Management of grazing systems. En: *World animal science*, B1. *Grazing animals* (ed. Morley F. H. W.), cap. 21, pp. 379-400. Elsevier, Ámsterdam.
- OSORO, K.; CELAYA, R.; MORENO-GONZALO, J.; FERREIRA, L. M. M.; GARCÍA, U.; FRUTOS, P.; ORTEGA-MORA, L. M.; FERRE, I. (2009). Effects of stocking rate and heather supplementation on gastrointestinal nematode infections and host performance in naturally-infected cashmere goats. *Rangeland Ecology and Management* 62: 127-135.
- OSORO, K.; FERREIRA, L. M. M.; GARCÍA, U.; MARTÍNEZ, A.; CELAYA, R. (2017). Forage intake, digestibility and performance of cattle, horses, sheep and goats grazing together on an improved heathland. *Animal Production Science* 57: 102-109.
- OSORO, K.; MARTÍNEZ, A. (1995). Grazing behaviour and performance of goats and sheep on natural and improved vegetation. En: *The nutrition and grazing ecology of speciality fibre producing animals* (eds. Laker, J. P.; Russel, A. J. F.), pp. 109-125. MLURI, Aberdeen, RU.
- WILSON, A. D.; MACLEOD, N. D. (1991). Overgrazing: Present or absent? *Journal of Range Management* 44: 475-482. ■





# Aplicaciones de la espectroscopía en el infrarrojo cercano (NIRS) para el control de calidad de la carne

EDUARDO ARIAS GONZÁLEZ. Área de Sistemas de Producción Animal. eduarías8@gmail.com

YOLANDA DINEIRO GARCÍA. Área de Sistemas de Producción Animal. ydineiro@serida.org

PEPA GARCÍA ESPINA. Área de Sistemas de Producción Animal. mjgarcia@serida.org

MAMEN OLIVÁN GARCÍA. Área de Sistemas de Producción Animal. mcolivan@serida.org

VERÓNICA SIERRA SÁNCHEZ. Área de Sistemas de Producción Animal. veroniss@serida.org

## Introducción

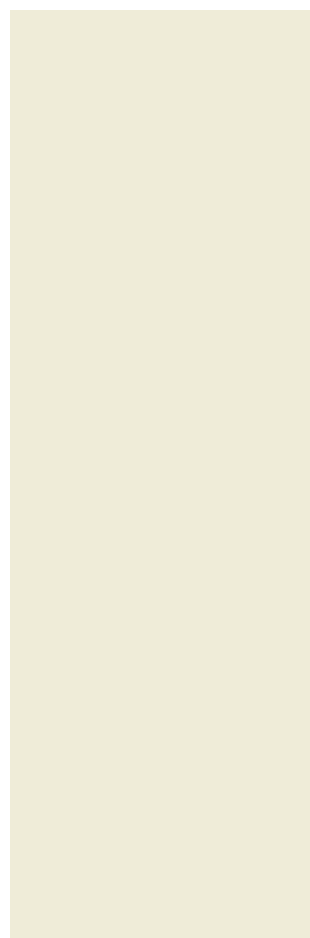
Garantizar la calidad de los productos que llegan al mercado es crucial para el sector agroalimentario; para ello es fundamental el desarrollo de técnicas fiables que permitan monitorizar la calidad y seguridad de los productos y asegurar su trazabilidad a lo largo de la cadena productiva.

La espectroscopía en el infrarrojo cercano o Tecnología NIRS (acrónimo del inglés "Near Infrared Spectroscopy") es una técnica de creciente implantación en la industria agroalimentaria, debido a sus ventajas sobre los métodos de análisis de calidad tradicionales. La técnica NIRS es rápida, limpia, no destructiva y no invasiva, además, permite obtener información de distintas variables de calidad del producto de forma simultánea y una vez implantada no requiere personal especializado. Esto, junto con el avance tecnológico y el desarrollo de equipamientos cada vez más portables y económicos, ha permitido aumentar su implantación como herramienta analítica eficaz para el control de calidad y seguridad de alimentos y bebidas.

## Fundamentos de la espectroscopía NIR

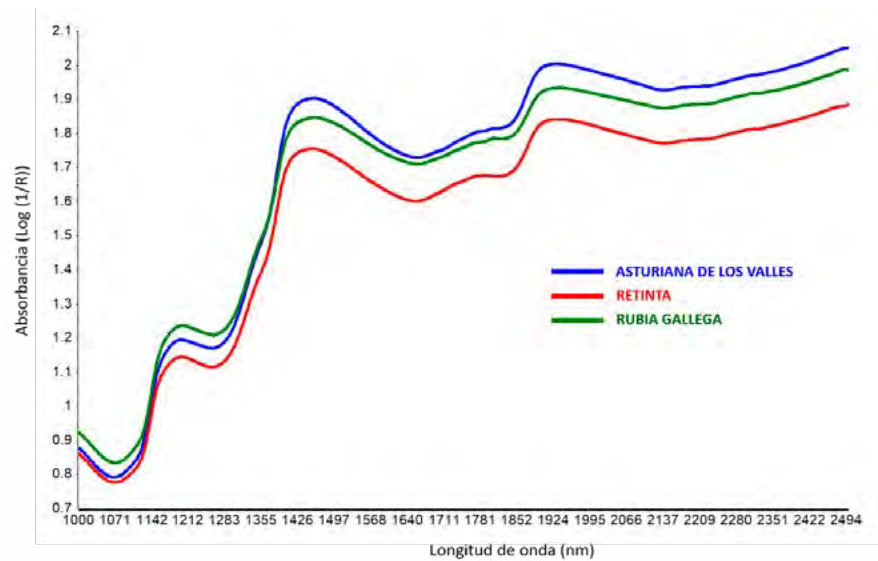
La espectroscopía NIR estudia la interacción de la radiación electromagnética de origen infrarrojo con la materia. La región del infrarrojo abarca la zona del espectro electromagnético comprendida entre el rango visible y las microondas y se divide en tres regiones (cercano, medio y lejano) en función del intervalo de longitudes de onda que abarcan y las variaciones en el estado energético que producen, siendo la de mayor energía la radiación del infrarrojo cercano "NIR", que está comprendida entre 750nm y 2500nm.

La tecnología NIRS se basa en la aplicación de radiación infrarroja sobre una muestra o matriz a analizar, la cual, en función de su composición, es decir, de la naturaleza de los enlaces de sus moléculas, absorberá una cierta cantidad de energía. Este proceso cumple la ley de Lambert-Beer de modo que la absorbancia (A), es decir, la cantidad de energía absorbida por una muestra es directamente proporcional a la concentración de los distintos componentes de dicha muestra. La forma más habitual de



→

**Figura 1.-** Espectro NIR de absorbancia (1000nm-2500nm) de carne de distintas razas bovinas: Asturiana de los Valles (azul), Retinta (rojo) y Rubia Gallega (verde).



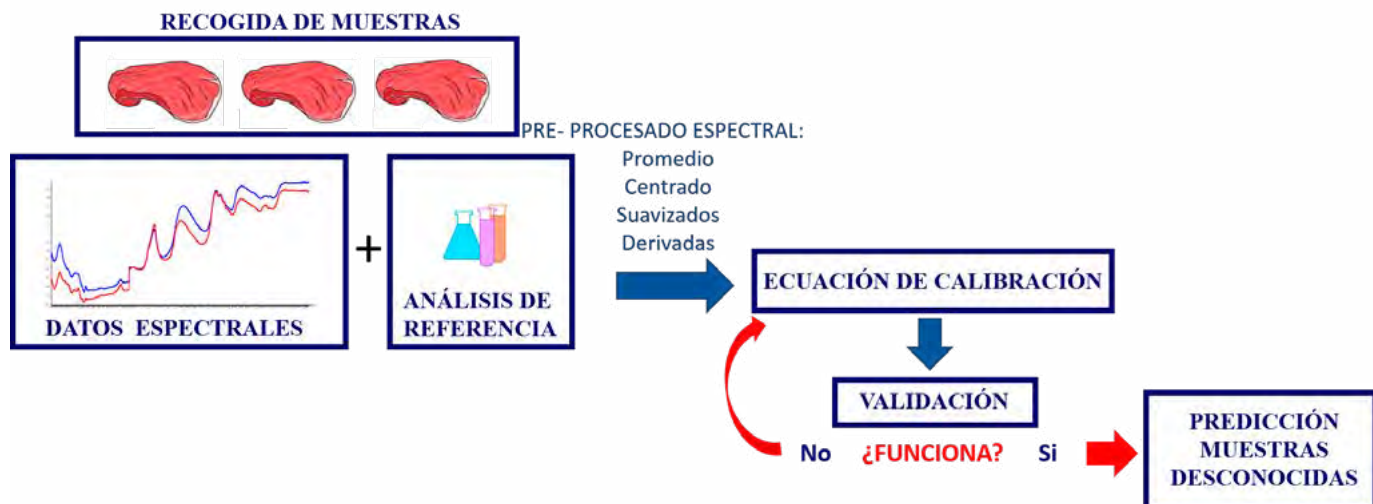
cuantificar dicha absorción de energía es a partir de la medida de la energía reflejada ( $A = \log (1/R)$ ) o transmitida ( $A = \log (1/T)$ ) por la muestra, donde R y T son el valor de reflectancia o transmitancia respectivamente. La representación gráfica de los valores de absorbancia de la muestra a las diferentes longitudes de onda en el rango NIR (750nm-2500nm) dará lugar a una curva denominada espectro NIR.

Las absorciones moleculares en la región NIR están causadas principalmente por enlaces del tipo  $-CH$ ,  $-NH$  y  $-OH$ . La suma de las propiedades de absorción y de radiación dispersa de una muestra, determinan el espectro de esa muestra y sus características dependerán tanto de parámetros propios de la muestra a analizar (composición, tamaño, forma y distribución de las partículas, índice de refracción, etc.) como de las características físicas del instrumento de medida (geometría óptica, compartimento de colocación de la muestra, etc.) (Shenk et al., 2001). Por todo ello, el espectro vibracional de una muestra proporciona información de sus características químicas, físicas y sensoriales, y aunque no sea apreciable a simple vista, es único y distinto del de otras muestras semejantes, comportándose como una "huella dactilar" de la muestra.

La aplicación de la espectroscopía NIR permite obtener información tanto cuantitativa como cualitativa de la calidad del producto

analizado. El análisis cuantitativo es el más extendido y se basa en el desarrollo de ecuaciones de calibración que establecen la relación entre los datos espectrales ( $\log 1/R$  o  $\log 1/T$ ) y los valores de un determinado atributo de interés, analizado mediante el método de referencia habitual, en un grupo de muestras o población de calibración. A partir de la ecuación de calibración desarrollada y basándose únicamente en la información espectral, se puede predecir el atributo de interés en muestras desconocidas y de características similares a las incluidas en el colectivo de calibración (Figura 2). La capacidad predictiva de una ecuación de calibración se evalúa en función de los valores de distintos estadísticos de calibración como son:

- Coeficientes de determinación ( $R^2$ ) de calibración y validación, que indican la bondad de ajuste del modelo de regresión y que son mejores cuanto más próximos sean a 1.
- Errores estándar (ET) de calibración o validación, que son los errores asociados a las diferencias existentes entre las medidas de referencia y las predichas, por lo que cuanto menor sea el ET mejor será el modelo.
- La relación entre la desviación estándar y el error típico de validación o de predicción (RPD), cuyo valor debe ser superior a 2.



Por otro lado, el análisis cualitativo consiste en el desarrollo de modelos de clasificación que permiten el agrupamiento o separación de muestras en función de las similitudes o diferencias de sus características espectrales. Estos métodos pueden dividirse en métodos supervisados y no supervisados dependiendo de que se disponga o no de información previa acerca de los grupos o categorías existentes en el colectivo de muestras. La calidad de los modelos cualitativos se evalúa en base al número de muestras correctamente adscritas a su grupo o categoría y el número de falsos positivos y negativos obtenidos.

### Equipamientos y métodos quimiométricos

La espectroscopia NIR ha sufrido una evolución muy importante en las últimas décadas, gracias a los grandes avances tecnológicos en instrumentación, computacionales y a la mejora de los métodos quimiométricos. Básicamente todos los equipos NIRS se componen de los elementos que se muestran en la Figura 3. Si se compara el sentido de la vista con un espectrofotómetro, nuestros ojos serían los detectores que perciben la luz reflejada por la materia, y nuestro cerebro, el ordenador que procesa

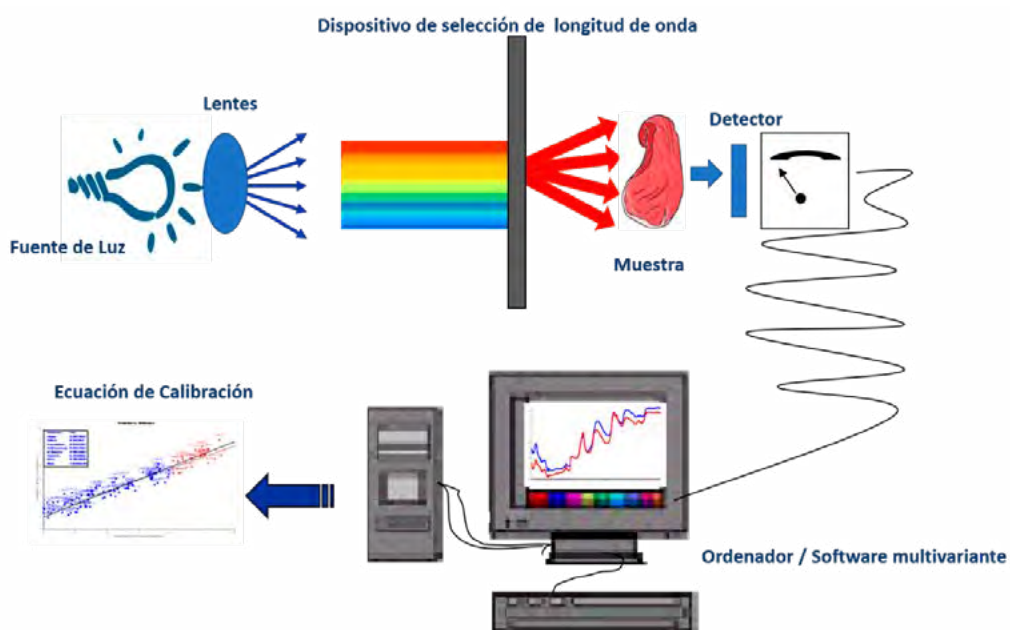
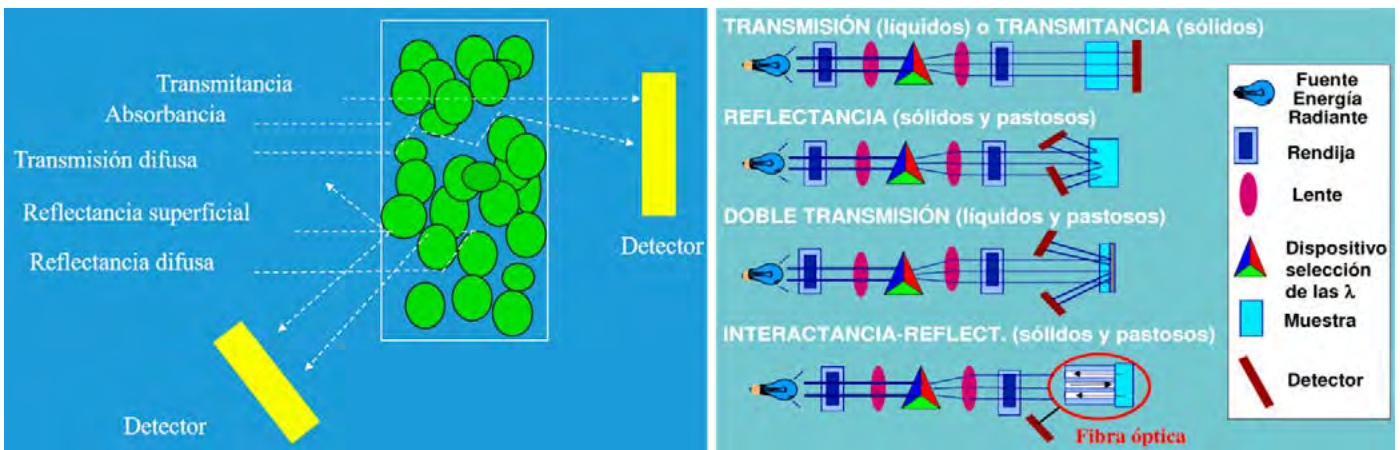


Figura 2.- Esquema del flujo de trabajo para realizar un modelo de calibración.

Figura 3.- Esquema de las distintas partes y procesos de un equipo NIR.





↑

**Figura 4.-** Esquema de las formas de interacción de la luz con la materia y de diferentes configuraciones instrumentales (adaptado de Núñez, 2003).

los datos para obtener información de lo que vemos.

Cuando un haz de luz incide sobre una muestra esa luz incidente puede ser absorbida, transmitida, reflejada y/o dispersada, por lo que, en función del tipo de muestra, existen equipos NIRS con diferentes configuraciones instrumentales, tal y como se muestra en la Figura 4.

Así, para productos sólidos como las carnes, pescados o frutas de piel fina se suelen utilizar equipos que miden en reflectancia, mientras que para el análisis de productos líquidos como leche, vinos o incluso frutos de pequeño tamaño los sistemas de medida de transmitancia son los más extendidos. La transmitancia también se ha utilizado con éxito para realizar medidas de propiedades internas de productos sólidos, como por ejemplo vegetales y carne, o para analizar defectos internos en frutas y frutos secos.

Además de estas modalidades de análisis, en la actualidad se han extendido mucho otras metodologías como la medida en doble transmitancia para líquidos o sustancias pastosas y la modalidad de interactancia-reflectancia en la que se recogen directamente los espectros de una muestra mediante el uso de fibra óptica y que se utiliza para productos sólidos y pastosos.

Dada su versatilidad, la tecnología NIRS se ha convertido en una de las técnicas más usadas para el análisis cualitativo y cuantitativo en distintos sectores como la industria farmacéutica o química, medicina, diagnóstico clínico, petroquímica, medio

ambiente, etc., y sobre todo en la industria agroalimentaria.

### Aplicaciones NIRS en el sector agroalimentario

La aplicación inicial y más extendida de la tecnología NIRS en la industria agroalimentaria ha sido la predicción cuantitativa de la composición química (humedad, grasa y proteína) en distintas matrices alimentarias como granos y semillas, forrajes, carne y soja. Sin embargo, los avances tecnológicos, en instrumentación y computacionales han permitido el desarrollo de esta tecnología y la extensión de su aplicación a muchos otros ámbitos dentro del sector agroalimentario, existiendo en la actualidad numerosas aplicaciones, no solo para determinar la composición química de los alimentos (pescados, frutas, aceites, carne, leche y productos lácteos) sino también para el análisis más detallado del contenido y composición de las grasas (perfil de ácidos grasos en pescados y carnes), la determinación del grado de maduración, del contenido en azúcares y de la textura en frutas, la determinación del grado de acidez y oxidación lipídica en aceites comestibles, así como para la determinación de parámetros reológicos en grano de trigo y en harinas.

Por otro lado, se han desarrollado diversas aplicaciones NIRS para la discriminación o clasificación de productos agroalimentarios en base al sistema productivo, origen, dieta, raza, especie o variedad, para la detección de enfermedades o defectos internos en frutas y frutos secos y para la detección de fraudes o adulteraciones alimentarias.

Para más información se refiere al lector a diversas revisiones bibliográficas que resumen las principales aplicaciones NIRS en agroalimentación (Ozaki et al., 2007; Huang et al., 2008; Woodcock et al., 2008; Sun et al., 2009).

### Aplicaciones de la tecnología NIRS en el sector cárnico

El sector cárnico ha mostrado un interés creciente en el desarrollo de la espectroscopía NIR en los últimos años, de modo que se han generado numerosas aplicaciones en diferentes especies cárnicas (ternera, cerdo, pollo, pavo, cordero, e incluso otras menos comunes como avestruz o camello) para una gran variedad de productos tanto frescos como elaborados (piezas enteras, carne picada, hamburguesas, salchichas, embutidos... etc.), estando centradas, la mayoría, en la predicción cuantitativa de la composición química y de diversos parámetros tecnológicos o sensoriales de la carne (Alomar et al., 2003; Ripoll et al., 2008; Sierra et al., 2008; Prieto et al., 2017; Cafferky et al., 2020).

En el Área de Sistemas de Producción Animal del SERIDA se han desarrollado con éxito ecuaciones de calibración a partir de espectros recogidos en transmitancia (NIT) de 850nm a 1050nm en carne picada del lomo (músculo *Longissimus dorsi*) de terneros añejos de las razas autóctonas "Asturiana de los Valles" (AV) y "Asturia-

na de la Montaña" (AM) para estimar el contenido en humedad, grasa, proteína y pigmentos hemínicos, en concreto mioglobina (Tabla 1).

Las recomendaciones nutricionales sugieren la necesidad de equilibrar la ingesta de ácidos grasos saturados (SFA) respecto a la de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA). Por ello, el consumidor muestra un interés creciente en conocer el contenido y el perfil lipídico de los alimentos. En este sentido, el SERIDA ha desarrollado con éxito modelos de calibración para determinar el porcentaje de ácidos grasos saturados (SFA) y monoinsaturados (MUFA) a partir de espectros NIT tomados sobre carne de vacuno picada de las razas AV y AM, obteniendo unos coeficientes de determinación de calibración y validación cruzada superiores a 0,8 y RPD > 2,5.

También hemos desarrollado modelos de calibración para los ácidos grasos de forma individual, obteniendo buenos resultados para algunos de los ácidos grasos mayoritarios como C14:0, C16:0, C16:1 cis9, C17:0, C18:1 cis9, C18:1 cis11 y para algunos minoritarios como C13:0, C15:0, C17:1 cis9, C18:1 cis13, con coeficientes de determinación superiores a 0,7 y RPD>2 (Sierra et al., 2008). Estos resultados coinciden con la mayoría de los trabajos publicados en este campo, que muestran, en general, mejores resultados para las predicciones de los porcenta-

	ETC	R <sup>2</sup>	ETVC	Rvc <sup>2</sup>
<b>Humedad</b>	0,297	<b>0,912</b>	0,308	<b>0,904</b>
<b>Grasa</b>	0,241	<b>0,919</b>	0,250	<b>0,914</b>
<b>Proteína</b>	0,192	<b>0,888</b>	0,220	<b>0,852</b>
<b>Mioglobina</b>	0,316	<b>0,906</b>	0,373	<b>0,870</b>
<b>ETC y ETVC:</b> Error típico de calibración y validación cruzada				
<b>R<sup>2</sup> y Rvc<sup>2</sup>:</b> Coeficientes de determinación de calibración y validación cruzada				

←  
**Tabla 1.-** Estadísticos de calibración NIT para composición química de la carne de razas AV y AM.



↑

**Figura 2.-** Equipos NIRS del Área de sistemas de Producción Animal del SERIDA.

A) MeatAnalyzer INFRATEC 1265 que mide en transmitancia de 850nm a 1050nm sobre muestras de carne picada.

B) LABSPEC 5000 que mide en reflectancia de 350nm a 2500nm dotado con distintos accesorios que permiten recoger espectros tanto sobre la muestra intacta como picada.

→

**Tabla 2.-** Porcentaje de muestras bien clasificadas en función del tiempo de maduración.

	48 horas	7 días	14 días
48 horas	93%	5%	3%
7 días	7%	61%	26%
14 días	0%	34%	71%
TOTAL	100%	100%	100%

jes de ácidos grasos por grupos que de forma individual y mejores predicciones para el porcentaje de SFA y MUFA que para los PUFA, probablemente debido a su menor concentración en la carne. Por otro lado, los modelos de calibración en carne picada mostraron en todos los casos mejores resultados que los obtenidos en carne intacta (Prieto et al., 2017).

También se ha analizado el potencial de la espectroscopía NIR para la estimación de parámetros tecnológicos de la carne tales como el pH, la capacidad de retención de agua (CRA), el color, la textura, la calidad sensorial o la carga microbiana. Sin embargo, los resultados obtenidos varían bastante en función del tipo de carne y el modo de presentación de la muestra, así como del tipo de equipo NIRS empleado (Prieto et al., 2009; Prieto et al., 2017).

Otra aplicación de interés creciente en el sector agroalimentario y, en concreto,

en el cárnico es la detección de posibles adulteraciones o fraudes. Por ello, se han desarrollado distintas aplicaciones de la espectroscopía NIR para garantizar la seguridad, trazabilidad y autenticidad de los productos cárnicos.

Así, por ejemplo, se ha estudiado el potencial de la espectroscopía NIR para determinar la frescura (tiempo de maduración) de la carne o para discriminar carne fresca de carne que ha sido sometida a un proceso de congelado/descongelado (Prieto et al., 2008; Reis et al., 2017). En nuestro laboratorio, hemos demostrado que la espectroscopía NIR permite clasificar muestras de carne picada de las razas asturianas AV y AM en función del tiempo de maduración con un acierto global del 75%, pudiendo clasificar correctamente el 93% de las muestras con 48 horas de maduración y un 71% de las muestras maduras 14 días, bajando el índice de aciertos al 61% en el caso de la carne madurada 7 días (Tabla 2).



	AV (mh/mh)	AV (mh/+)	AV (+/+)	AM (+/+)
AV (mh/mh)	87%	27%	7,5%	0%
AV(mh/+)	7%	47%	31%	20%
AV (+/+)	7%	13%	54%	7%
AM (+/+)	0%	13%	7,5%	73%
TOTAL	100%	100%	100%	100%

←  
**Tabla 3.-** Porcentaje de muestras bien clasificadas en cada biotipo.

Además de garantizar la frescura de la carne, la tecnología NIRS también ha permitido la discriminación o autenticación de carnes procedentes de distintos sistemas de cría o regímenes alimenticios, por ejemplo, carne de ternera alimentada con pasto o silo de maíz, pollo de producción industrial o campera, carne de corderos alimentados en base a pasto o concentrados, carne de conejo de producción orgánica o convencional, así como la clasificación de canales de porcino en función del tipo de alimentación (bellota, recebo y pienso). También se han desarrollado aplicaciones NIRS para discriminar carne procedente de diferentes razas y orígenes geográficos, así como para detectar fraudes por la sustitución de carnes de alto valor, como la ternera, por otras carnes más baratas (cerdo, equino o pavo) en mezclas de carne picada (Prieto et al., 2017).

En nuestro laboratorio, pudimos demostrar la capacidad de la tecnología NIRS para discriminar carnes de distintas razas (AV, AM y Pirenaica) obteniendo un acierto del 85% en la clasificación global (Oliván et al., 2003). También hemos desarrollado modelos de clasificación de carne procedente de los distintos biotipos amparados por la IGP "Ternera Asturiana", que engloba carnes de las razas autóctonas AV y AM y distintos genotipos con respecto al gen de la hipertrofia muscular: culón AV (mh/mh), heterocigoto AV (mh/+) y normal AV (+/+) (Tabla 3). En este caso, demostramos que el espectro NIR permite clasificar adecuadamente un 87% de la carne de terneros de genotipo culón (mh/mh) de la raza AV (de menor engrasamiento, y pro-

cesos de tenderización y oxidación más rápidos) y un 73% de la carne procedente de la raza AM (mayor engrasamiento y maduración más lenta), siendo menor el porcentaje de acierto para los biotipos de características intermedias (hererocigotos y normales de raza AV).

A la vista del creciente número de aplicaciones NIRS y los resultados obtenidos hasta la fecha, podemos concluir que esta tecnología muestra un enorme potencial para el sector cárnico, aunque aún requiere de un mayor desarrollo para su implementación de forma definitiva, ya que muchas de las aplicaciones de las que hemos hablado en este resumen se han realizado en muestras y condiciones de laboratorio. Por ello, en el Área de Sistemas de Producción Animal del SERIDA estamos trabajando en el desarrollo de nuevas aplicaciones NIRS que permitan detectar defectos de calidad en la carne con medidas realizadas sobre la canal intacta a las pocas horas del sacrificio del animal.

### Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado gracias a la financiación obtenida en los proyectos CAL03-074-C2 y RTA 2014-00034-C04-01 (Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria y Fondo Europeo de Desarrollo Regional) y en el proyecto RTI2018-096162-R-C21 (Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, Agencia Estatal de Investigación y Fondo Europeo de Desarrollo Regional).

## Referencias bibliográficas

- ALOMAR D., GALLO C., CASTAÑEDA M., FUCHSLOCHER R. (2003). Chemical and discriminant analysis of beef meat by near infrared reflectance spectroscopy (NIRS). *Meat Science*, 63: 441-450.
- CAFFERKY J., SWEENEY T., ALLEN P., SAHAR A., DOWNEY G., CROMIE A., HAMILL R. (2020). Investigating the use of visible and near infrared spectroscopy to predict sensory and texture attributes of beef *M. longissimus thoracis et lumborum*. *Meat Science*, 159:1079-15.
- HUANG H., YU H., XU H., YING Y. (2008). Near infrared spectroscopy for on-line monitoring of quality in foods and beverages: A review. *Journal of Food Engineering*, 87: 303-313.
- NÚÑEZ M.N. (2003). Control de calidad de leche y queso de oveja mediante espectroscopía de infrarrojo cercano (NIRS). Universidad de Córdoba. pp.24.
- OLIVÁN M., MOCHA M., MARTÍNEZ A., CASTRO P., OSORO K. (2003). Evolución post-mortem de la dureza instrumental de la carne de distintos genotipos de las razas bovinas asturianas. *ITEA*, 24: 43-45.
- OZAKI Y., MCCLURE W., CHRISTY A.A. (2007). Near-Infrared Spectroscopy in food science and technology. Ozaki Y., McClure W., Christy A.A. (Eds). *Wiley Inter science*. New Jersey.
- PRIETO N., ANDRÉS S., GIRÁLDEZ F.A., MANTECÓN A.R., LAVÍN P. (2008) Ability of near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) to estimate physical parameters of adult steers (oxen) and young cattle meat samples. *Meat Science*, 79: 692-699.
- PRIETO N., PAWLUCZYK O., DUGAN M., AALHUS J., (2017). A review of the principles and applications of near-infrared spectroscopy to characterize meat, fat, and meat products. *Applied spectroscopy*. 71.
- PRIETO N., ROEHE R., LAVÍN P., BATTEN G., ANDRÉS S. (2009). Application of near infrared reflectance spectroscopy to predict meat and meat products quality; A review. *Meat Science*, 83: 175-186.
- REIS M.M. (2017). Near infrared spectroscopy (Vis-NIRS) applied to differentiation between chilled and frozen/thawed meat. *NIR news*. 28.
- RIPOLL G., ALBERTÍ P., PANEA B., OLLETA J.L., SAÑUDO C. (2008). Near-infrared reflectance spectroscopy for predicting chemical, instrumental. and sensory quality of beef. *Meat Science*, 80: 697-702.
- SHENK J.S., WORKMAN J.J., WESTERHAUS M.O. (2001). Application of NIR Spectroscopy to Agricultural Products. Handbook of Near Infrared Analysis. Second Edition. Burns D.A. y Ciurczak E.W. (Eds.). *Practical Spectroscopy Series*, Vol. 27. Marcel Dekker, USA.
- SIERRA V., ALDAI N., CASTRO P., OSORO K., COTO-MONTES A., OLIVAN M. (2008). Prediction of the fatty acid composition of beef by near infrared transmittance spectroscopy. *Meat Science*, 78: 248-255.
- SUN D.W. (2009). Infrared spectroscopy for food quality analysis and control. Academic Press / Elsevier, San Diego, California, USA.
- WOODCOCK T., DOWNEY G., O'DONNELL C.P. (2008). Review: Better quality food and beverages: the role of near infrared spectroscopy. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 16: 1-29. ■

# Prevalencia de la tuberculosis animal en el tejón y el jabalí de Asturias. «Hotspots» y medidas de control

JOSÉ MIGUEL PRIETO. Área de Sanidad Animal. SERIDA. [jmprieto@serida.org](mailto:jmprieto@serida.org)  
CRISTINA BLANCO. Área de Sanidad Animal. SERIDA. [cristina.blancovazquez@serida.org](mailto:cristina.blancovazquez@serida.org)  
MANOLO QUEIPO. Servicio de Sanidad y Producción Animal del Principado de Asturias  
LUIS MIGUEL ÁLVAREZ. Servicio de Vigilancia y Control de Biodiversidad del Principado de Asturias.  
ANA BALSEIRO. Facultad de Veterinaria. Universidad de León

La tuberculosis animal (TB) es una enfermedad multi-hospedador de etiología micobacteriana (principalmente producida por *Mycobacterium bovis*) que sigue siendo un tema de gran preocupación debido a sus implicaciones económicas y zoonóticas. En España la TB bovina de rebaño se incrementó desde un 1,52% en 2005 hasta un 2,28% en 2018. La naturaleza reemergente de la enfermedad y los repetidos fracasos para lograr su erradicación en el ganado bovino en diferentes países se han asociado en muchos casos a la existencia de reservorios de fauna silvestre. En España existen territorios con una especial incidencia de TB en ganado bovino (> 5%), son los llamados "hotspots" o "zonas calientes". Un desafío importante, tanto para la administración como para los investigadores, es aumentar el conocimiento sobre la epidemiología de la TB en esas áreas en particular. Para controlar la TB en los sistemas multi-hospedador, se debe realizar una monitorización adecuada; se necesita identificar a todos los actores, así como evaluar las interacciones entre los mismos.

En España, la presencia de TB se ha demostrado en especies silvestres como el tejón

(*Meles meles*) y el jabalí (*Sus scrofa*). La vigilancia activa del jabalí está incluida en la normativa básica en materia de actuaciones sanitarias en especies cinegéticas que actúan como reservorio de la TB. Por lo tanto, se realiza un muestreo sistemático, principalmente durante la temporada de caza, que está ayudando a aumentar el conocimiento sobre los aspectos epidemiológicos de la enfermedad en esta especie. Sin embargo, los tejones no son objeto de vigilancia rutinaria en España, por lo que, dada la creciente relevancia de los tejones en la epidemiología de la TB demostrada en estudios previos, es necesario aclarar el papel de esta especie en diferentes escenarios "hotspots".

## Prevalencia de la TB en el tejón en Asturias (2008-2019)

El tejón es un carnívoro ampliamente distribuido por toda Asturias. Su abundancia está muy relacionada con las características orográficas y la cobertura vegetal. En la Península Ibérica las densidades son muy variables según se trate de un área atlántica como Asturias (3,81 individuos/km<sup>2</sup>) (Acevedo et al. 2014) o mediterránea (0,23-0,67



individuos/km<sup>2</sup>) (Revilla et al. 1999). En las últimas décadas el tejón ha sido objeto de numerosos estudios relacionados directamente con su gran susceptibilidad a la infección por *M. bovis* (Gormley & Collins 2000). Existen numerosas citas de tejones infectados con *M. bovis* en Europa (Gortázar et al. 2012); sin embargo, únicamente en Irlanda y el Reino Unido los tejones se consideran reservorios de la enfermedad, estando implicados en el mantenimiento y en la epidemiología de la TB y, por tanto, en su transmisión al ganado bovino (Gortázar et al. 2012).

Durante los últimos años se ha estudiado el papel del tejón en Asturias en relación a la

epidemiología de la TB (Balseiro et al. 2011, 2013, Acevedo et al. 2019). En este sentido se viene realizando una vigilancia pasiva en esta especie mediante la necropsia de tejones atropellados en todo el territorio, recogidos por la Guardería del Medio Natural del Principado de Asturias, y el consiguiente estudio patológico y análisis bacteriológico y molecular. Así, en una muestra de 569 tejones atropellados, recogidos entre 2008-2019 y distribuidos por la mayor parte del territorio de la Comunidad Autónoma (Figura 1), la prevalencia encontrada para el conjunto de todos los años por cultivo e identificación de cepas (Tabla 1) fue del 2,81% (16/569) para *M. bovis* y del 3,86% (22/569) para *M. avium*.

→

**Tabla 1-** Prevalencia de la tuberculosis (TB) en tejón en Asturias (2008-2019).

Año	Tejones	<i>M. bovis</i> (%)	<i>M. avium</i> (%)
2008	18	3 (16,66)	1 (5,55)
2009	40	3 (7,50)	1 (2,50)
2010	53	4 (7,54)	5 (9,43)
2011	30	4 (13,33)	3 (10)
2012	23	1 (4,34)	0
2013	38	0	1 (2,63)
2014	47	0	1 (2,12)
2015	23	0	1 (4,34)
2016	109	1 (0,91)	1 (0,91)
2017	74	0	0
2018	27	0	3 (11,11)
2019	87	0	3 (3,44)
<b>Total</b>	<b>569</b>	<b>16 (2,81)</b>	<b>22 (3,86)</b>

*M. bovis*: *Mycobacterium bovis*; *M. avium*: *Mycobacterium avium*.

### Prevalencia de la TB en el jabalí en Asturias (2014-2018)

El jabalí es una especie muy abundante, tanto en la España Atlántica como en el resto de la Península Ibérica. En Asturias se abatieron durante la temporada 2018-2019 cerca de 12.000 ejemplares y se estima que existen 5-10 individuos/km<sup>2</sup> en las zonas de

matorral/bosque y 1-4 individuos/km<sup>2</sup> en las zonas de montaña (datos del Servicio de Caza y Pesca del Principado de Asturias). Como en el caso del tejón, el jabalí es una especie muy susceptible a la infección por micobacterias. La agregación espacial de esta especie y el contacto entre grupos aumentan el riesgo de contraer la enfermedad.

En Asturias desde el año 2014 los veterinarios del Servicio de Sanidad Animal de la Dirección General de Ganadería del Principado de Asturias recogen de forma sistemática muestras de nódulos linfáticos de la

región de la cabeza de los jabalís abatidos durante la temporada de caza. En el periodo 2014-2018 se recogieron un total de 1.097 muestras que fueron sometidas a análisis bacteriológico y molecular de TB (Tabla 2)

Año	Jabalís (PS)	<i>M. bovis</i> (%)	<i>M. avium</i> (%)
2014	140 (24)	3 (2,14)	2 (8,33)
2015	258 (37)	9 (3,48)	2 (5,55)
2016	334 (24)	12 (3,59)	2 (8,33)
2017	192 (89)	11 (5,72)	4 (4,49)
2018	173 (40)	11 (6,35)	6 (15,0)
<b>Total</b>	<b>1.097 (214)</b>	<b>46 (4,19)</b>	<b>16 (7,47)</b>

PS: muestras recogidas en Parres-Sueve. *M. bovis*: *Mycobacterium bovis*; *M. avium*: *Mycobacterium avium*.

Hay que tener en cuenta que el muestreo mencionado se realizó de forma dirigida hacia zonas con alta prevalencia de TB bovina. En este sentido, el muestreo se orientó principalmente a identificar espigotipos y a establecer relaciones epidemiológicas. En la temporada 2018-2019 se realizó un muestreo complementario y sistemático en toda Asturias por el Servicio de Vigilancia de la Dirección General del Medio Natural. Se obtuvieron 372

muestras de suero de jabalís abatidos en cacerías en todo el territorio de Asturias, con la atribución de un número de muestras a cada territorio cinegético (cotos y reservas). De las 372 muestras recogidas, 358 resultaron válidas para el análisis de anticuerpos mediante una técnica ELISA realizada en el Laboratorio de Sanidad Animal de Jove-Asturias, obteniéndose 4 animales positivos, lo que supuso un 1,12% de seroprevalencia de TB.

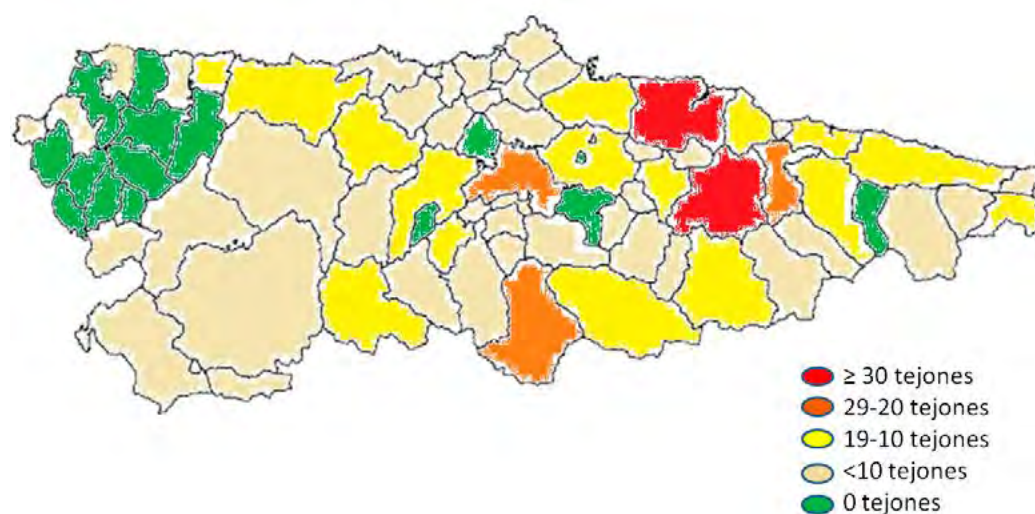
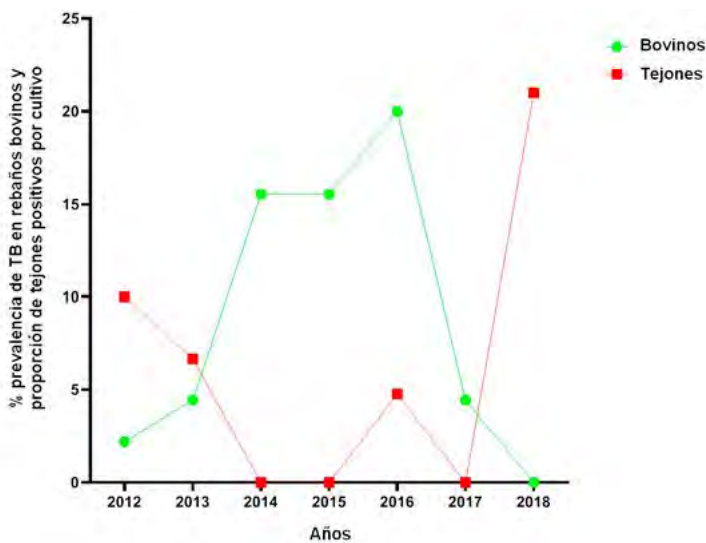


Figura 1.- Distribución de los 560 tejones atropellados y analizados para investigación de tuberculosis (TB) en Asturias en el periodo 2008-2019.



## Tejones

En esta área (PS) se realizó una necropsia reglada a ochenta y tres tejones, con los consiguientes estudios patológicos y análisis bacteriológicos y moleculares, durante los años 2012-2018: 2012 (n=10), 2013 (n=15), 2014 (n=9), 2015 (n=2), 2016 (n=21), 2017 (n=7), y 2018 (n=19). De estos 83 animales, 29 fueron capturados mediante trampeo y los 54 restantes procedieron de atropellos. Al no disponer de un tamaño de muestra homogénea para todos los años, los resultados se trabajaron para dos periodos: 2012-2015 (n=36) y 2016-2018 (n=47).

La prevalencia de *M. bovis* en los tejones para todos los años de estudio fue del 8,43% (7/83). Los aislamientos fueron caracterizados con el mismo espilogotipo y perfil VNTR que el caracterizado para los bovinos, es decir, SB0828 y VNTR 5-5-3-4-5-9-3-3-6. Por periodos, la prevalencia de TB en los tejones por cultivo fue del 5,55% (2/36) para 2012-2015 y del 10,64% (5/47) para 2016-2018 (Figura 2).

## Jabalís

Las muestras de jabalís recogidas durante el periodo 2014-2018 en PS se corresponden con las cacerías realizadas en el coto Regional de Parres y en la Reserva de Caza del Suevo. Se recogieron un total de 214 muestras (Tabla 2), obteniéndose una prevalencia de *M. bovis* del 7,47% (16/214) mediante cultivo. En cuanto a la distribución de *M. bovis* para el conjunto de Asturias, cabe destacar que el 34,78% (16/46) de todos los aislamientos de TB pertenecían a jabalís muestreados en PS. Lo mismo que en el caso de los tejones y los bovinos, el espilogotipo aislado fue el SB0828.

## Conclusiones

Desde que se comenzó a investigar la TB en los tejones atropellados, los aislamientos de *M. bovis* han ido en descenso, desde los tres casos detectados en 2008 hasta prácticamente cero en los últimos siete años, lo que nos viene a indicar, al contrario de lo ocurre en otros países como Irlanda y Reino Unido, que el papel del tejón como reservorio de *M. bovis* de forma general en Asturias a día de hoy es muy improbable.



**Figura 2.-** Prevalencia de *Mycobacterium bovis* en rebaños bovinos y proporción de tejones positivos en el “hotspot” de Parres-Suevo en el periodo 2012-2018.

## El foco de TB animal de Parres-Suevo (2012-2018)

### Bovinos

En Asturias la prevalencia de rebaño de la TB bovina se ha mantenido en torno al 0,2% desde 2003 hasta 2016, con ligeras oscilaciones; sin embargo, en 2017 y 2018 la prevalencia disminuyó hasta un 0,08% y 0,05%, respectivamente. Lo más destacable en la lucha contra la TB bovina de estos últimos años han sido los denominados “hotspot”. Un ejemplo de hotspot en Asturias es Parres-ladera sur de la Sierra del Suevo (PS), un área de unos 18 km<sup>2</sup> que incluye los pueblos de Cofiño, Villar de la Cuesta, Pandiello, Fios, Huexes, Nevares y Cuadroveña.

El primer foco de TB bovina en el área mencionada fue detectado en un rebaño de carne en 2012, extendiéndose a nueve rebaños en 2016. De las 45 ganaderías existentes en el foco, 28 (3 de leche y 25 de carne) fueron positivas al test de la tuberculina (TT) y al cultivo bacteriológico entre los años 2012-2018. Ocho de ellas fueron sometidas a vacío sanitario. Los aislamientos de *M. bovis* se correspondieron con el espilogotipo SB0828 y el perfil VNTR I 5-5-3-4-5-9-3-3-6 para todos los rebaños. Las ganaderías positivas que no sufrieron vacío sanitario fueron sometidas, además de a un sacrificio selectivo de los animales positivos, a la inmovilización de los animales que permanecieron en el rebaño durante seis meses.



La investigación de la TB en los jabalís comenzó en toda Asturias de forma sistemática en 2014 y muestra una prevalencia media del 4,19% en muestras de nódulos linfáticos de zonas con TB bovina y una seroprevalencia del 1,12% en muestras recogidas aleatoriamente por toda Asturias, muy por debajo del 42,3% que llegan a alcanzar en las zonas del centro-sur peninsular (Gortázar et al. 2012). Esta prevalencia parece demasiado baja como para pensar que el jabalí sea en la actualidad un reservorio de TB para el ganado bovino en Asturias. Sin embargo, teniendo en cuenta los pocos años de investigación sistemática que se llevan analizados, las altas densidades de jabalís en las zonas de matorral-bosque de hasta 10 individuos/km<sup>2</sup>, y los desplazamientos de hasta 6 km, con áreas de actividad media de 20,82 ± 9,34 km<sup>2</sup> (Quirós et al. 2019), se hace imprescindible seguir monitorizando esta especie en los sucesivos años para conocer con mayor precisión el papel que el jabalí podría desempeñar como un posible reservorio de *M. bovis* en Asturias.

Sin embargo, cuando se trata de evaluar el papel de la fauna silvestre en los denominados "hotspots" como es el caso de PS, la situación es diferente a la descrita para el resto de Asturias. Los resultados muestran que mientras la prevalencia de la TB bovina descendió desde 2014-2018 hasta prácticamente cero debido a la presión de las campañas de saneamiento, la TB de los tejones se elevó considerablemente hasta el 10,68% en 2018, lo que nos está indicando el riesgo potencial del tejón para mantener la TB y transmitirla al ganado bovino en los "hotspots".

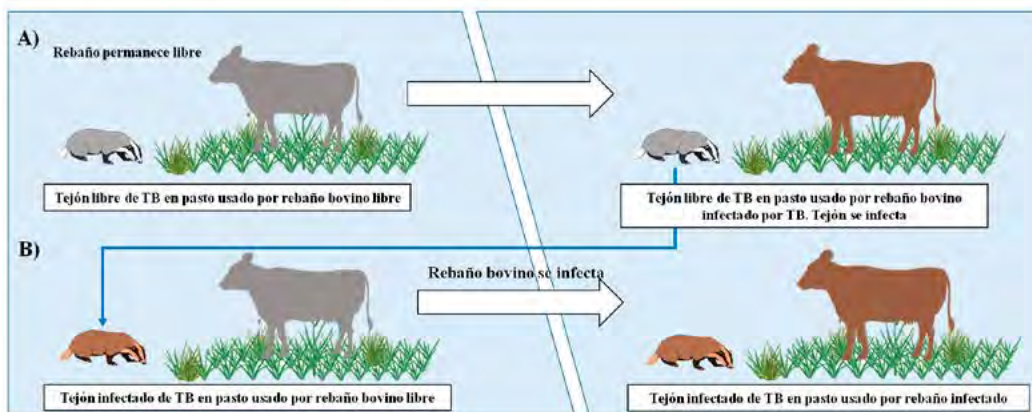
En cuanto al jabalí las prevalencias de *M. bovis* en PS (7,47%) fueron significativamente más altas que la media del resto de Asturias (4,19%). En 2018 la mitad de los aislamientos de *M. bovis* en todas las muestras recogidas en Asturias procedían de PS.

Todos los resultados presentados sugieren que cuando existe un foco importante de TB bovina, las micobacterias también circulan en el medio ambiente y en la fauna silvestre, con el riesgo consiguiente de mantenimiento de la enfermedad. En la Figura 3 se muestra de forma gráfica un hipotético escenario de transmisión en un "hotspot" como podría ser el de PS.

### Medidas de Control

Las prevalencias de *M. bovis* en PS tanto en tejón (10,68%) como en jabalí (15%) en 2018 son considerablemente más elevadas que la prevalencia media de esta enfermedad en el conjunto de Asturias para cada una de esas especies. Esto viene a constatar el riesgo de circulación del agente patógeno entre diversos hospedadores silvestres en estas zonas "hotspot".

Esta situación supone un riesgo de un potencial rebrote de la TB bovina en esas zonas durante los próximos años, si se dan determinadas condiciones de densidad de estas poblaciones silvestres y determinadas situaciones de falta de bioseguridad en las explotaciones de ganado. Es por ello razonable plantear que el esfuerzo y la presión de las campañas de saneamiento deban de ser complementadas con actuaciones de control en la fauna silvestre.



**Figura 3.-** Escenario hipotético de transmisión de la tuberculosis (TB) entre ganado bovino y tejón en un "hotspot". A) En nuestra hipótesis un tejón libre de TB se alimenta en un pasto utilizado por ganado bovino infectado, por lo que el tejón se infecta mediante contacto indirecto debido a la contaminación ambiental. B) El tejón puede posteriormente utilizar pastos no infectados y excretar micobacterias al medio ambiente, permaneciendo éstas en el medio. Cuando un rebaño bovino libre de TB se alimenta en ese pasto se infectará por contacto indirecto. Este modelo podría permitir la transmisión de micobacterias entre rebaños infectados y libres de TB, mediada por los tejones. Sombra gris: no infectado; sombra marrón: infectado.



Por ello podría ser necesario aumentar la presión cinegética sobre los jabalís especialmente en estas zonas para conseguir el equilibrio entre el número de individuos y el riesgo de propagación de la infección, así como mantener y aumentar en la medida de lo posible las medidas de bioseguridad en las explotaciones.

En cuanto a los tejones, sería interesante evaluar la densidad de tejones en las inmediaciones de las explotaciones positivas de ganado bovino y, en caso de altas densidades, realizar capturas selectivas con sacrificio de individuos positivos mientras que se avanza en la investigación en marcha de vacunas inactivadas para emplear en condiciones de campo (Balseiro et al. 2020).

### Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) Proyectos: RTA2011-00010-00-00 y RTA2014-00002-C02-01 (co-financiados con FEDER); por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (MCIU), la Agencia Estatal de Investigación (AEI) y Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER), proyecto: RTI2018-096010-B-C21; y por el Gobierno del Principado de Asturias co-financiado con FEDER: PCTI 2018–2020 (GRUPIN: IDI2018-000237). Los autores dan las gracias al Servicio de Sanidad Animal y a la Dirección General de Medio Natural del Principado de Asturias por la recogida y gestión de las muestras de jabalís, al Laboratorio de Sanidad Animal de Jove-Asturias y a Visavet de la Facultad de Veterinaria de Madrid por toda la analítica bacteriológica y de espoligotipificación de cepas. Damos las gracias muy especialmente a la guardería de los Cotos Regionales de Parres y Piloña y a la Guardería del Medio Natural del Principado de Asturias por su valiosa colaboración en la recogida de muestras y captura de tejones.

### Referencias bibliográficas

ACEVEDO, P., GONZÁLEZ-QUIRÓS, P., ETHERINGTON, T.R., PRIETO, J.M., GORTÁZAR, C. & BALSEIRO, A. Generalizing and transferring spatial models: A case study to predict Eurasian badger abundance in Atlantic Spain. *Ecol. Model.* 2014, 275, 1–8.

ACEVEDO P., PRIETO J.M., QUIRÓS P., MEREDIZ I., DE JUAN L., INFANTES-LORENZO J.A., TRIGUERO-OCAÑA R. & BALSEIRO A. 2019. Tuberculosis Epidemiology and Badger (*Meles meles*) Spatial ecology in a Hot-Spot area in Atlantic Spain. 2019, *Pathogens*, 8, 292.

BALSEIRO, A., RODRÍGUEZ, O., GONZÁLEZ-QUIRÓS, P., MEREDIZ, I., SEVILLA, I.A., DAVÉ, D., DALLEY, D.J., LESELLIER, S., CHAMBERS, M.A. & BEZOS, J. Infection of Eurasian badgers (*Meles meles*) with *Mycobacterium bovis* and *Mycobacterium avium* complex in Spain. *Vet. J.* 2011, 190, 21–25.

BALSEIRO, A., GONZÁLEZ-QUIRÓS, P., RODRÍGUEZ, O., COPANO, M.F., MEREDIZ, I., DE-JUAN, L., CHAMBERS, M.A., DELAHAY, R.J., MARREROS, N., ROYO, L.J., BEZOS J., PRIETO J.M. & GORTÁZAR C. Spatial relationships between Eurasian badgers (*Meles meles*) and cattle infected with *Mycobacterium bovis* in Northern Spain. *Vet. J.* 2013, 197, 739–745.

BALSEIRO A., PRIETO J.M., ÁLVAREZ V., LESELLIER S., DAVÉ D., SALGUERO F.J. SEVILLA I.A., INFANTES-LORENZO J.A., GARRIDO J.M., HANS ADRIAENSEN H., JUSTE R.J. & BARRAL M. Protective Effect of Oral BCG and Inactivated *Mycobacterium bovis* Vaccines in European Badgers (*Meles meles*) Experimentally Infected With *M. bovis*. 2020, *Front. Vet. Sci.* 7:41.

GORMLEY E. & COLLINS J.D. The development of wildlife control strategies for eradication of tuberculosis in cattle in Ireland. 2000, *Tuber Lung Disease*, 80: 229–236.

GORTÁZAR, C., DELAHAY, R.J., McDONALD, R.A., BOADELLA, M., WILSON, G.J., GAVIER-WIDEN, D. & ACEVEDO, P. The status of tuberculosis in European wild mammals. *Mammal Rev.* 2012, 42, 193–206.

QUIRÓS P., HERNÁNDEZ O. & PRIETO J.M. Radiomarcage y seguimiento de jabalíes en una zona del área centrooriental de Asturias con alta incidencia de tuberculosis bovina. 2019. *Resúmenes XIV Congreso SECEM*, Jaca (Huesca), 113 pp.

REVILLA E., DELIBES M. & TRAVIANI A. Physical and population parameters of Eurasian badger (*Meles meles* L.) from Mediterranean Spain. 1999, *Zeitschrift für Säugetierkunde*, 64: 269–276. ■

# Jornada Poda de Invierno y Poda Verde en Kiwi y Arándano

JUAN CARLOS GARCÍA RUBIO. Área de Experimentación y Demostración Agroforestal. jcgarcia@serida.org  
M<sup>º</sup> DEL PILAR ORO GARCÍA. Área de Transferencia y Formación. pilaroro@serida.org



La Consejería de Desarrollo Rural, Agroganadería y Pesca, y el Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA), organizaron la jornada *Poda de Invierno y Poda Verde en Kiwi y Arándano*, que se celebró el pasado 14 de enero en Villaviciosa, con la finalidad de transferir el conocimiento de las principales técnicas de cultivo de estas dos variedades frutales en expansión en Asturias.

Esta jornada formativa, impartida por Juan Carlos García, técnico del Serida, consistió en una parte teórica y otra práctica. En el Centro Cultural San Juan del Capistrano se desarrolló la parte teórica, en la que se

abordaron técnicas de plantación y cultivo y en particular, los principales tipos de poda: poda de formación, poda de producción y poda en verde; destacando la importancia de estas técnicas para conseguir una continua renovación y selección de ramas fructíferas con el fin de regular la producción y obtener fruta de calidad. La parte práctica tuvo lugar en fincas colaboradoras donde se realizaron las diferentes demostraciones de poda.

Este encuentro destinado tanto a productores, profesionales del sector agrario, y potenciales productores contó con una participación de más ochenta personas. ■

↑  
Demostración de poda de kiwi.





# Técnicas y rentabilidad de especies y variedades apropiadas para las condiciones de cultivo ecológico en Asturias

MARÍA CELIS. Fundación EDES

Guillermo García González de Lena. Área de Experimentación y Demostración Agroforestal. SERIDA. ggarcia@serida.org



Asistentes a la jornada.

La Fundación EDES, como miembros de COCEDER (Confederación de Centros de Desarrollo Rural), ha desarrollado diversos proyectos de investigación medioambiental a través del Ministerio de Transición Ecológica (anteriormente Agricultura, Alimentación y Medioambiente), con el objetivo de contribuir a la divulgación de la agroecología como fuente de salud colectiva, generadora de un desarrollo rural sostenible a través de la fijación de población y creación de oportunidades de empleo en el medio rural. Dichos proyectos han desvelado dos de las principales necesidades a cubrir en el ámbito del desarrollo rural: 1) la ausencia

de información sobre costes reales de producción en las condiciones locales, de cara a la toma de decisiones relativas a la mejora de las técnicas de cultivo y la elección de especies y variedades económicamente rentables para los/as productores/as en ecológico y 2) la necesidad de disponer de herramientas para el registro y cálculo de dichos costes, que permitan el análisis y aumento de rentabilidad y faciliten la gestión y planificación de sus proyectos productivos.

En este contexto, con la colaboración del SERIDA y la Universidad de Oviedo, en el 2018 se inició la “Investigación sobre





**técnicas y rentabilidad de especies y variedades apropiadas para las condiciones de cultivo ecológico en el Noroccidente de Asturias”,** que culminará en esta anualidad 2020 y durante la cual se han realizado toma de datos, análisis de viabilidad, extracción de conclusiones, diseño, implementación y ensayo de pautas y mejoras técnicas como punto de partida para poner a disposición de los actuales y potenciales productores en ecológico, una serie de herramientas y datos de referencia que faciliten la toma de decisiones, planificación y gestión de producciones, permitiendo un aumento de la rentabilidad y viabilidad de su actividad.

Hasta el momento se calcularon y analizaron los costes de los cultivos de tomate, espinaca, lechuga y cebolleta, en invernadero, y de crucíferas (repollo, brócoli, coliflor), puerro y cebolla, cultivados al aire libre.

Con el objetivo de poner a disposición del sector productivo las herramientas dise-

ñadas, así como toda la información sistematizada y analizada, el 18 de febrero se celebraba en las instalaciones del SERIDA (Villaviciosa) una jornada a tal fin, y en la que junto con Guillermo García González de Lena (SERIDA) y el aforo completo de productoras (en ecológico y en conversión) y emprendedoras en el sector, presentábamos los avances obtenidos hasta el momento, compartiendo y debatiendo los resultados y conclusiones extraídos y mostrando las pautas para el manejo de las herramientas de apoyo a la planificación, gestión y cálculo de costes y viabilidad diseñadas durante dicha investigación.

Desde el principio tuvimos clara la importancia de que fueran proyectos de investigación participativa, de todos/as y para todos/as, a fin de que pueda llegar a todas las personas interesadas en consultarlo y utilizarlo, invitando a la participación activa en la toma y registro de datos, propuestas de mejora, etc, con el objetivo de que puedan resultar útiles para facilitar su actividad. ■



Asociación de cultivos.

# Jornada de poda y cuidados de invierno en plantaciones de manzano de sidra

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



Presentación de la jornada, por la izquierda Enrique Dapena, Mamen Oliván y José Ramón Piquero.

El Centro Cultural San Juan del Capistrano en Villaviciosa acogió el día 28 de febrero una nueva edición de la Jornada de Poda y Cuidados de Invierno en Plantaciones de Manzano de Sidra, organizada por el SERIDA.

de Mamen Oliván, directora gerente del Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario acompañada de José Ramón Piquero, concejal de Medio Rural del Ayuntamiento de Villaviciosa y Enrique Dapena, investigador del Serida.

La jornada, dividida en dos partes, una expositiva y otra de carácter práctico, comenzó con la presentación a cargo

El equipo del Programa de Fruticultura fue el encargado de desarrollar la jornada, contando con la intervención del responsable del Programa, Enrique Dapena y el investigador Marcos Miñarro, que hablaron de fertilización, mantenimiento del suelo (diferentes sistemas de mantenimiento de línea), protección fitosanitaria y poda de formación y fructificación en plantaciones de eje y tradicional.



Prácticas de poda en la finca experimental del SERIDA (Villaviciosa).



Finalizada la parte expositiva los más de sesenta asistentes se trasladaron a la finca experimental del SERIDA donde tuvieron lugar las prácticas de poda, permitiendo así a los participantes conocer *in situ* las diferentes técnicas a aplicar. ■





# Encuentro técnico-científico sobre el Cultivo de la Faba Asturiana

ANA CAMPA NEGRILLO, Área de Cultivos Hortofrutícolas y Forestales. Programa de Genética Vegetal. [acampa@serida.org](mailto:acampa@serida.org)  
JUAN JOSÉ FERREIRA, Área de Cultivos Hortofrutícolas y Forestales. Programa de Genética Vegetal. [jjferreira@serida.org](mailto:jjferreira@serida.org)

El pasado 4 de marzo, el SERIDA albergó en su sede central de Villaviciosa un encuentro técnico-científico sobre el Cultivo de la Faba Asturiana. Esta jornada, de carácter anual, estuvo dirigida a técnicos y diferentes actores implicados en el desarrollo de este cultivo y tuvo por objeto presentar los trabajos que se están desarrollando en el SERIDA, a la vez que compartir con el sector las experiencias y las problemáticas de la última campaña de cultivo.

La apertura de la jornada corrió a cargo de Mamen Oliván, directora gerente del SERIDA. Seguidamente Juan José Ferreira, responsable del Programa de Genética Vegetal, presentó los avances en el desarrollo de los proyectos de investigación en curso, BRESOV y TOOLBEAN. El proyecto BRESOV (GA 774244), financiado con fondos europeos del programa H2020, busca la mejora de la competitividad bajo un marco de producción ecológica de varios cultivos hortícolas, entre ellos la judía verde. Los resultados obtenidos de este proyecto podrán extrapolarse al cultivo de Faba Asturiana, ya que se

trata de la misma especie. El proyecto TOOLBEAN (AGL2017-87050), financiado por el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad, busca actualizar los conocimientos y las herramientas disponibles para la mejora genética de la judía.

A continuación, se abordaron dos sesiones específicas relacionadas con los problemas de calidad de la semilla de Faba Granja: *Efecto de la humedad de la semilla en la calidad de Faba Asturiana*, a cargo de la investigadora del Programa de Genética Vegetal Ana Campa, y *Daños causados por el chinche verde en el cultivo de faba*, a cargo de la investigadora del Área de Nutrición, Pastos y Forrajes, Rocío Rosa. Ambos trabajos pueden consultarse en la página web del SERIDA ([www.serida.org](http://www.serida.org)).

Por último, Paula Álvarez, directora técnica de la Indicación Geográfica Protegida "Faba Asturiana", presentó un balance sobre el desarrollo del cultivo en la última campaña.

La jornada finalizó con un interesante debate entre todos los asistentes. ■



Mamen Oliván, directora gerente del SERIDA durante la presentación.

# Jornadas técnicas sobre Reproducción Equina en el Centro de Biotecnología Animal de Deva

CARLOS O. HIDALGO ORDÓÑEZ. Área de Selección y Reproducción Animal. cohidalgo@serida.org

CAROLINA TAMARGO DE MIGUEL. Área de Selección y Reproducción Animal. ctamargo@serida.org



Dr. Jordi Miró impartiendo una de las charlas.

El pasado 11 y 12 de marzo se celebraron en el Centro de Biotecnología Animal de Deva unas "Jornadas Teórico Prácticas sobre Reproducción Equina" organizadas por el Área de Selección y Reproducción Animal, con el fin de transmitir a diversos profesionales del sector equino aspectos fundamentales en este campo.

Presentó las jornadas, Carlos Hidalgo Ordóñez, jefe del Área de Selección y Reproducción Animal y, a continuación, intervino el Dr. Jordi Miró Roig, director del Servicio de Reproducción Equina del Departamento de Medicina y Cirugía Animal de la Facultad

de Veterinaria de la Universidad Autónoma de Barcelona.

A las jornadas asistieron una veintena de veterinarios especialistas en reproducción equina, investigadores, técnicos, ganaderos y la junta directiva de la Asociación de Criadores de Ganado Equino Asturiana de la Montaña (ACGEMA), con su presidente Adrián Lagar y su secretaria Marta Álamo. Así mismo, acudieron representantes de ASINCAR (Asociación de Industrias Cármicas).

A lo largo de las dos jornadas de trabajo, el Dr. Jordi Miró impartió varias charlas



cuyo contenido abordó aspectos sobre la extracción de semen de caballo, su procesado y análisis para el uso refrigerado, e importantes pautas para la congelación de semen equino. Además, se aprovecharon las instalaciones ganaderas del CBA de Deva para caballos y los ejemplares pertenecientes a ACGEMA que se albergan en las mismas para la impartición de una sesión práctica de recogida de semen de caballo, tanto con la yegua trabada, como con el maniquí o potro de monta.

Las jornadas resultaron muy positivas, y permitieron el desarrollo de un coloquio entre los asistentes.

El SERIDA colabora con ASINCAR y ACGEMA, en el desarrollo de un Proyecto de Innovación para la Mejora del Sistema de Reproducción Equino de Aptitud Cárnica de Asturias cofinanciado por el Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER), el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y la Consejería de Medio Rural y Cohesión Territorial.

El objetivo de este proyecto es la mejora de la competitividad de las explotaciones ganaderas de equino de carne asturianas a través de la mejora del sistema de reproducción mediante la inseminación artificial con sementales seleccionados según el prototipo del Caballo de la Montaña Asturiana. Para ello se preseleccionaron 9 potros, en base a los criterios morfológicos del prototipo racial como candidatos a futuros

sementales reproductores y se trasladaron al CBA de Deva. Tras la evaluación sanitaria, morfológica y un análisis minucioso de su calidad seminal con la aplicación de las nuevas tecnologías disponibles, se seleccionaron los 3 sementales que se usarán en el programa de inseminación artificial en las ganaderías candidatas en toda la geografía asturiana.



Además, desde el pasado mes de abril, se está realizando el seguimiento de los parámetros de calidad espermática en los 3 sementales seleccionados. ■



Parte práctica en las instalaciones del CBA.



El Área de Selección y Reproducción junto con Jordi Miró y una de las veterinarias de ACGEMA.



# 5º Festival del Arándano y Frutos Rojos de Asturias

## Jornada Técnica del Arándano

GUILLERMO GARCÍA GONZÁLEZ DE LENA. Área de Experimentación y Demostración Agroforestal. [ggarcia@serida.org](mailto:ggarcia@serida.org)

JUAN CARLOS GARCÍA RUBIO. Área de Experimentación y Demostración Agroforestal. [jcgarcia@serida.org](mailto:jcgarcia@serida.org)

Mª DEL PILAR ORO GARCÍA. Área de Transferencia y Formación. [pilaroro@serida.org](mailto:pilaroro@serida.org)



Alejandro Vega, alcalde de Villaviciosa en la inauguración.

En el marco del “5º Festival del Arándano y Frutos Rojos de Asturias” celebrado del 24 al 26 de julio, el SERIDA y el Ayuntamiento de Villaviciosa organizaron una Jornada Técnica del Arándano, que tuvo lugar el primer día, y cuya finalidad fue la divulgación y promoción de los avances productivos del arándano.

La jornada fue inaugurada por Alejandro Vega, alcalde de Villaviciosa y Carmen Díez, jefa del Departamento de Investigación y Servicios Tecnológicos del Serida, siguiendo el protocolo establecido con motivo de la Covid-19. Se presentaron tres ponencias

y la proyección de un vídeo, sobre aspectos de la producción del arándano desde diferentes perspectivas.

Marcos Miñarro, investigador del Serida, impartió la ponencia “*Polinización entomófila del arándano: comunidades de insectos e importancia para la producción*”, en la que presentó los primeros resultados del proyecto de investigación “*Mejora del servicio ecosistémico de polinización por insectos en manzano y arándano*” que finaliza el presente año 2020 y que, en el caso del arándano, estudia la composición de la comunidad



←  
Dr. Marcos Miñarro durante su intervención.

de polinizadores en las dos especies de arándano cultivadas en la región, *Vaccinium corymbosum* y *Vaccinium ashei*, en 20 plantaciones distribuidas a lo largo de Asturias, la dependencia del servicio de polinización del arándano respecto a la biodiversidad de insectos y las posibles limitaciones de polinización.

Jesica Panchi de Bioplanet Ibérica ofreció la charla titulada “Control biológico de *Drosophila suzukii* mediante el uso de *Trichopria drosophilae*”, en la que explicó las posibilidades y las condiciones de empleo de esta avispa parásita, el único organismo disponible actualmente para el control biológico de la *D. suzukii*, como método preventivo para reducir la presión de esta plaga.

A continuación, Luis Duke de DaiosPlastic, presentó la ponencia “Agricultura protegida en arándanos frescos y uso de nuevos materiales para aumentar calidad y rendimientos”, en la que comentó las características y propiedades de los diferentes materiales plásticos susceptibles de ser empleados en el cultivo del arándano, incluyendo nuevos materiales como los plásticos luminiscentes, que modifican el espectro luminoso incrementando las longitudes de onda del color azul y el rojo para aumentar la fotosíntesis, que han sido ensayados en cultivos de berries con el resultado de incrementos importantes en las producciones.

Para finalizar se proyectó el vídeo “Cultivar el cambio”, presentación del proyecto DepoFroitos puesto en marcha por la Diputación de Pontevedra, cuyo objetivo

es impulsar la creación de plantaciones ecológicas de frutos rojos, mediante un programa de acompañamiento específico para las empresas de nueva creación, en el que se tratará de asesorar e informar sobre diferentes aspectos como la tramitación de ayudas y subvenciones y la elaboración de planes de viabilidad técnica, económica y financiera, entre otros.

Al día siguiente tuvo lugar la inauguración oficial del Festival, a cargo de Begoña López, directora general de Desarrollo Rural y Agroalimentación y Alejandro Vega, alcalde de Villaviciosa, y la apertura del “Mercado del Arándano y Frutos Rojos”, que contó con la participación del SERIDA, a través de una muestra de cultivos de berries, y un stand con información de los últimos trabajos sobre frutos rojos y en particular de nuevas variedades de zarzamora. ■

↓  
Visita de autoridades al stand del SERIDA.



# Presentación del proyecto Mejora del Sistema de Reproducción de Equino de la Montaña Asturiana

CARLOS O. HIDALGO ORDOÑEZ. Área de Selección y Reproducción Animal. cohidalgo@serida.org

CAROLINA TAMARGO DE MIGUEL. Área de Selección y Reproducción Animal. ctamargo@serida.org



Visita al Centro de Biotecnología Animal del SERIDA en Deva.

Alejandro Calvo, consejero de Medio Rural y Cohesión Territorial, presentó el proyecto “Mejora del Sistema de Reproducción del Equino de Aptitud Cárnica en Asturias” el pasado 29 de julio en el Centro de Biotecnología Animal del SERIDA en Deva-Gijón. En el acto intervinieron Carmen Díez, jefa del Departamento de Investigación y Servicios Tecnológicos del SERIDA, Adrián Lagar, presidente de ACGEMA, Sergio Serrano veterinario de ASINCAR y contó con la presencia de Saturnino Rodríguez, director general de Ganadería y Sanidad Animal y Begoña

López, directora general de Desarrollo Rural y Agroalimentación.

El objetivo de este proyecto, en el que han colaborado el Centro Tecnológico ASINCAR, la Asociación de Criadores de Ganado Equino de la Montaña Asturiana (ACGEMA) y el SERIDA, a través del Área de Selección y Reproducción Animal, ha sido la mejora de la competitividad de las explotaciones ganaderas de equino de carne asturianas, a través de la mejora del sistema de reproducción mediante inseminación artificial con







La investigadora Carolina Tamargo en el laboratorio de Selección y Reproducción Animal.

sementales seleccionados según el prototipo del caballo de la Montaña Asturiana.

Con este proyecto se pretende alcanzar un progreso genético que contribuya a lograr una producción diferenciada de otras ganaderías equinas de aptitud cárnica y disponer de sementales de mérito evaluados morfológica y clínicamente, que mejoren las aptitudes cárnicas y eviten malformaciones o enfermedades.

El proyecto se enmarca dentro del Plan de Desarrollo Rural del Principado de Asturias

y está cofinanciado por la Unión Europea a través del Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Regional (FEADER) y la Consejería de Medio Rural y Cohesión Territorial.

Durante el acto se presentaron los tres sementales “Barón”, “Apolo” y “Rayo” que han participado en la campaña de inseminación artificial, que comenzó el pasado mes de mayo sobre 90 yeguas del prototipo racial del caballo de la Montaña Asturiana, que destacan en materia sanitaria, morfológico-funcional y calidad espermática. ■



Visita al laboratorio de Selección y Reproducción Animal del SERIDA.





# Nuevos proyectos de I+D+i

## Área de Cultivos Hortofrutícolas y Forestales

### Programa de Genética Vegetal

#### INCREASE (Intelligent Collections of food-Legume Genetic Resources for European Agrofood Systems)

**Entidad financiadora:** Unión Europea (Programa H2020)

**Referencia:** 862862 - INCREASE

**Investigador Principal:** Dr. Juan José Ferreira (SERIDA)

**Cantidad concedida:** 112.000 €

**Duración:** 2020 - 2024

**Descripción:** Este proyecto en el que participan 27 instituciones científicas de 14 países tiene como objetivo principal desarrollar herramientas y métodos de conservación eficientes y efectivos para fomentar la biodiversidad agrícola en Europa y está enfocado en cuatro leguminosas: garbanzos, judías, lentejas y altramuces. Durante un período de cinco años, el proyecto recibirá un presupuesto de 7 millones de euros del programa de investigación e innovación Horizonte 2020 de la Unión Europea.

El consumo de proteína de origen vegetal está en aumento en muchas regiones de la UE y el mercado demanda productos innovadores y alimentos saludables y respetuosos con el medio ambiente, para lo cual se necesitan nuevas variedades de cultivo. Los recursos genéticos son la fuente de genes para el desarrollo de estas variedades, por lo que deben conservarse y explotarse adecuadamente.

El proyecto INCREASE combinará enfoques de vanguardia en genética y genómica de plantas, fenotipado de alto rendimiento, incluido el fenotipado molecular (por ejemplo, transcriptómica y metabolómica), con los

avances más recientes en tecnología de la información e inteligencia artificial para impulsar la conservación de los recursos genéticos de estas cuatro leguminosas, así como promover su uso y valorización.



Los objetivos principales del proyecto son:

- Mejorar la gestión y el intercambio de datos de los recursos genéticos de leguminosas a través de bases de datos optimizadas y herramientas de fácil acceso.
- Producir una gran cantidad de datos genotípicos y fenotípicos de alta calidad.
- Desarrollar colecciones inteligentes para facilitar la exploración de la diversidad de los cultivos y diseñar enfoques innovadores de gestión de la conservación.
- Generar nuevos conocimientos, como el descubrimiento de genes o la predicción genómica, fácilmente disponibles a través de una herramienta de búsqueda y visualización basada en la web, para identificar fuentes apropiadas de germoplasma.





- Desarrollar, probar y difundir las mejores prácticas para la gestión dinámica de los recursos genéticos en instituciones e iniciativas europeas y no europeas.
- Desarrollar enfoques de tecnología de información descentralizada (blockchain) para compartir datos y conservar germoplasma.

El grupo de Genética Vegetal del SERIDA participará en todas las tareas relacionadas con la judía, especialmente en el establecimiento de colecciones inteligentes, el fenotipado de presión y el genotipado masivo de estas colecciones, así como la puesta en marcha de herramientas para la gestión de los megadatos reunidos que faciliten la conservación y uso de la diversidad genética. Además, evaluará la posible erosión o pérdida en la diversidad genética dentro del tipo faba asturiana en los últimos 40 años mediante la comparación de la diversidad mantenida en la colección de semillas del SERIDA desde 1991 y la diversidad genética cultivada actualmente.

## Área de Genética y Reproducción Animal

### Autocigosis y diversidad genómica en la raza porcina en riesgo Gochu Asturcelta: contribuciones para programas de conservación ganadero

**Entidad financiadora:** Agencia Estatal de Investigación (AEI)

**Referencia:** PID2019-103951-RB

**Investigadores Principales:** Dres. Félix Goyache Goñi, Isabel Álvarez Fernández (SERIDA)

**Investigador (ACGA):** Dr. Juan Menéndez Fernández

**Cantidad concedida:** 142.175 €

**Duración:** 2020 - 2023

**Descripción:** Este proyecto promovido por la Asociación de Criadores de Gochu Asturcelta (ACGA) pretende evaluar la importancia de



los factores que modifican la diversidad genómica en el éxito de la conservación de poblaciones ganaderas en riesgo, utilizando como modelo el Gochu Asturcelta.

Para alcanzar el objetivo final, el proyecto se concreta en los siguientes objetivos específicos:

- Evaluación de la diversidad genómica en una muestra de individuos de Gochu Asturcelta, que incluyen generaciones discretas y superpuestas en su pedigrí, utilizando chips SNP porcinos de alta densidad.
- Evaluación de la diversidad genómica y el tamaño efectivo en la (sub) población (s) tipificada.
- Evaluación de la mutación, el desequilibrio de ligamiento y las tasas de recombinación a lo largo y a través de los cromosomas y la (sub) población (s).
- Evaluación de la dinámica de los alelos deletéreos: barridos de selección y purga.
- Inferencia de áreas genómicas que albergan genes con importancia para la adecuación a los planes de reproducción.





# Tesis y seminarios

## Tesis Doctorales



**Tesis Doctoral con Mención Internacional: Comportamiento y sostenibilidad del ganado equino y vacuno manejado en brezales-tojales cantábricos**

**Autor:** Carlos López López

**Año:** diciembre 2019

**Directores:** Dres. Koldo Osoro Otaduy, Rafael Celaya Aguirre

**Lugar de presentación:** Escola Politécnica Superior de Enxeñaría de Lugo. Universidad de Santiago de Compostela

Se estudiaron las respuestas productivas y el comportamiento alimentario del ganado caballar y vacuno en comunidades de brezal-tojal y su impacto en la vegetación, con el fin de lograr sistemas sostenibles con estos herbívoros. Además, se evaluó la combinación de distintos marcadores moleculares presentes en las plantas para estimar la composición de la dieta, la ingestión y la digestibilidad. Los tres experimentos que conforman la tesis se llevaron a cabo en la finca del Monte Carbayal (Illano), en el marco de dos proyectos de investigación financiados por

el INIA (RTA2009-00130-C02-00 y RTA2010-00136-00-00) y cofinanciados por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).

El objetivo del **Experimento 1** fue evaluar la selección de dieta, las respuestas productivas y el estado parasitario del ganado caballar pastando en brezales-tojales de distinta composición botánica, comparando yeguas lactantes y no lactantes, y estudiar la dinámica vegetal en estos matorrales. El diseño experimental consistió en tres tipos de vegetación (dominada por brezos, por tojo, o codominada por tojo y herbáceas) con cuatro parcelas de 1,2 ha por tipo. Durante tres años, de mayo a finales del verano o principios del otoño, se manejaron en cada parcela una yegua lactante con su potro más una yegua no lactante.

La composición química de los componentes vegetales (brezos, tojo y herbáceas) reveló un bajo valor nutritivo. Las estimaciones de dieta por el método de alcanos indicaron una mayor selección de gramíneas y tojo por parte de las yeguas, mostrando un mayor rechazo por los brezos. Los rendimientos de yeguas y potros fueron menores en las parcelas dominadas por brezo que en los tojales y tojal-herbazales, siendo las variaciones de peso menos favorables en las yeguas lactantes. Los conteos fecales de huevos de parásitos gastrointestinales se incrementaron a lo largo de la temporada de pastoreo, sin diferencias entre los tipos de vegetación. El pastoreo con equino resultó en aumentos de la cobertura de brezos y herbáceas, y disminuciones en la cobertura y altura del tojo. La diversidad florística aumentó en mayor medida a lo largo del experimento en las parcelas pastadas que en las no pastadas. Los resultados indican que el pastoreo de ganado caballar

en matorrales dominados o codominados por tojo puede ser sostenible al menos durante parte del año (4-6 meses), al contrario de los dominados por brezo, que no satisfacen las necesidades nutricionales equinas ni siquiera por un corto periodo de tiempo (2-4 meses). El pastoreo de equino puede constituir una buena herramienta de manejo para reducir la dominancia del tojo, promover la diversidad florística y disminuir el riesgo de incendios.

El **Experimento 2** trató de comparar la conducta de pastoreo y respuestas productivas del ganado caballar y el vacuno en pastoreo mixto en distintas situaciones de vegetación disponible, combinando zonas de brezal-tojal con áreas de pradera de raigrás y trébol. Durante dos años se manejaron vacas de raza Asturiana de los Valles y yeguas de raza mestiza (mayoritariamente Cabalo Galego de Monte), todas con sus crías, en dos parcelas de brezal-tojal con un 80% ó 25% de pasto mejorado (19 y 22 ha, respectivamente; 12 y 10 hembras reproductoras de cada especie por parcela y año, respectivamente).

El seguimiento de los animales en la parcela con 25% de pradera reveló que las yeguas empleaban más tiempo diario pastando que las vacas. En primavera, ambas especies pastaron preferentemente en las zonas de pradera (95% del tiempo de pastoreo), mientras que en agosto y en septiembre, una vez que se reduce la disponibilidad del pasto mejorado, las vacas utilizaron las zonas de matorral en mayor medida que las yeguas. Las crías mostraron un patrón de conducta similar al de sus madres, aunque con tiempos de pastoreo menores. Las estimaciones de composición de dieta usando marcadores fecales mostraron mayores porcentajes de trébol en vacas que en yeguas duran-

te la primavera-verano. Durante el otoño, las vacas seleccionaron mayores porcentajes de brezo y menores de tojo que las yeguas. Las yeguas mostraron variaciones de peso más favorables que las vacas durante el global de la estación de pastoreo, aunque las diferencias se limitaron sobre todo a la parcela 80% mejorada. Los terneros mostraron mayores ganancias globales de peso que los potros, sin diferencias significativas entre las dos parcelas. El ganado caballar compite con el vacuno por el uso de pastos herbáceos de buena calidad, afectando negativamente a las recuperaciones de peso de las vacas cuando ambas especies pastan juntas.

El objetivo del **Experimento 3** fue evaluar la utilización de alcoholes de cadena larga, combinados con alcanos y ácidos grasos de cadena larga, como marcadores fecales para estimar la composición y digestibilidad de la dieta y la ingestión en equinos y vacunos alimentados con forrajes procedentes de brezales-tojales y praderas. Se establecieron cuatro grupos de tres yeguas y dos grupos de tres vacas (con los animales estabulados individualmente) a los que se suministraron distintas dietas (distintas proporciones de raigrás inglés, brezo y tojo) durante

11 días, recogiendo muestras de los componentes vegetales y de las heces los cuatro últimos días para su posterior análisis químico.

Las diferencias en los perfiles de alcoholes obtenidas entre los componentes vegetales indican que estas moléculas ofrecen información adicional a la de alcanos y ácidos grasos para poder discriminar mejor dichos componentes. La combinación de los tres tipos de marcadores permitió obtener las estimaciones de composición de dieta más precisas. Empleando distintos alcoholes y ácidos grasos como marcadores internos, todos ellos permitieron obtener estimativas precisas de la digestibilidad de la dieta en equinos, mientras que en vacunos, los alcoholes ofrecieron estimativas más precisas que los ácidos grasos. La ingestión total de materia seca se estimó mediante la relación fecal de distintos alcoholes y ácidos grasos con los alcanos dosificados por vía oral, obteniéndose diferencias entre los pares de marcadores empleados en los cálculos.

Los resultados obtenidos en la tesis han sido publicados en cinco artículos científicos:

López López, C.; Celaya, R.; Santos, A.S.; Rodrigues, M.A.M.; Osoro, K.;

Ferreira, L.M.M. 2015. Application of long-chain alcohols as faecal markers to estimate diet composition of horses and cattle fed with herbaceous and woody species. *Animal*, 9: 1786-1794. DOI: 10.1017/S1751731115001196

López López, C.; Celaya, R.; Santos, A.S.; Rodrigues, M.A.M.; Osoro, K.; Ferreira, L.M.M. 2016. Combination of long-chain alcohols and fatty acids with alkanes as faecal markers to estimate feed intake and digestibility in horses and cattle fed on grass-heathland vegetation communities. *Canadian Journal of Animal Science*, 96: 221-231. DOI: 10.1139/CJAS-2015-0071

López López, C.; Ferreira, L.M.M.; García, U.; Moreno-Gonzalo, J.; Rodrigues, M.A.M.; Osoro, K.; Ferreira, I.; Celaya, R. 2017. Diet selection and performance of horses grazing on different heathland types. *Animal*, 11: 1708-1717. DOI: 10.1017/S1751731117000465

López López, C.; Rosa García, R.; Ferreira, L.M.M.; García, U.; Osoro, K.; Celaya, R. 2017. Impacts of horse grazing on botanical composition and diversity in different types of heathland. *The Rangeland Journal*, 39: 375-385. DOI: 10.1071/RJ17079

López López, C.; Celaya, R.; Ferreira, L.M.M.; García, U.; Rodrigues, M.A.M.; Osoro, K. 2019. Comparative foraging behaviour and performance between cattle and horses grazing in heathlands with different proportions of improved pasture area. *Journal of Applied Animal Research*, 47: 377-385. DOI: .1080/09712119.2019.1649679



## Trabajos Fin de Grado



### Ecología social de la agricultura y el cambio global: el caso de la manzana de sidra en Asturias

**Autor:** Adrián Pallés López

**Año:** Julio, 2020

**Directores:** Dres. Daniel García García (Universidad de Oviedo) y Marcos Miñarro Prado (SERIDA)

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

En un contexto de emergencia climática en el que un cambio en nuestros sistemas de producción y consumo es tan urgente como necesario, es indispensable evaluar no sólo los conocimientos que la sociedad tiene sobre la crisis ambiental, sino su predisposición a tomar medidas para paliarla.

En este trabajo se analiza la percepción que estudiantes de bachiller de distintos entornos de Asturias tienen sobre esta crisis, haciendo énfasis en el cambio climático, la crisis de biodiversidad, la sostenibilidad de la agricultura a nivel global, y trasladando el análisis a un nivel local evaluando su conocimiento acerca del cultivo del manzano de sidra. Mediante un cuestionario se ha recogido información sobre el conocimiento, preocupación y fuentes de las que reciben información acerca de estas cuestiones,

y se ha analizado en función de qué factores varía esta percepción.

El alumnado ha mostrado estar familiarizado con conceptos básicos del cambio climático y la biodiversidad, aunque se han identificado errores en conceptos que podrían ser clave a la hora de plantear de qué manera se afronta la crisis ambiental. En concreto, desconocen cómo influye la biodiversidad en procesos básicos de la agricultura como la polinización o el control de plagas y no son conscientes de la gravedad de la tasa de extinción de especies actual. Por otra parte, ha mostrado sobrevalorar aquellas medidas para combatir esta crisis relacionadas con el reciclaje y la reducción de la contaminación, lo que nos indica que se centran en este tipo de acciones mientras infravaloran medidas relacionadas con el consumo, como la reducción del consumo de carne, ropa y el uso del transporte público o energías renovables, así como la reducción del incremento de la población teniendo menos hijos.

Se ha identificado la importancia de la influencia positiva del rendimiento académico, el entorno rural, el acceso a fuentes de información y el nivel educativo de los familiares en la percepción global del alumnado sobre la crisis, y se ha observado un mayor grado de preocupación en las mujeres que en los hombres. Además, se destaca la urgencia de cambiar radicalmente la relevancia que se le otorga a las distintas medidas para combatirla, poniendo el foco en aquellas con una mayor utilidad, de forma que sea posible articular respuesta social real a la mayor crisis de la sociedad moderna.



# Publicaciones

## LIBROS



### Memoria de Actividades del SERIDA 2019

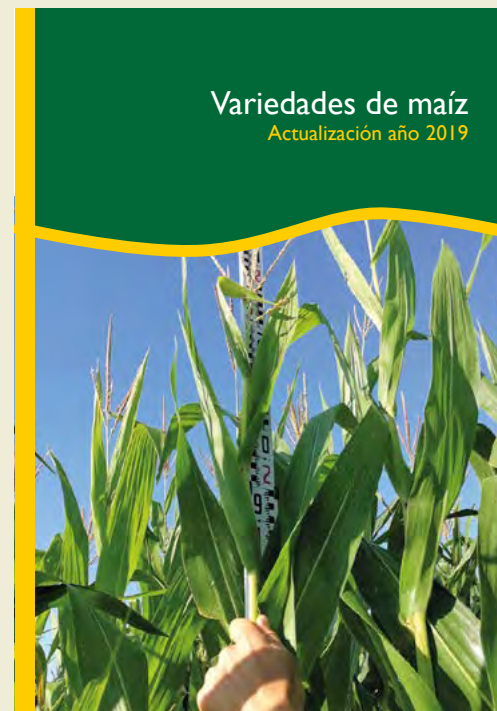
Año: 2020

Edita: SERIDA

[On line] <http://www.serida.org/publicacionesdetalle.php?id=8119>

La Memoria SERIDA 2019 recoge información de los proyectos de I+D+i, de la labor contractual y relacional con otros organismos, agentes e instituciones, así como de las actividades científicas, técnicas, divulgativas, promocionales y de formación desarrolladas por la entidad durante el año 2019.

## FOLLETOS



### Variedades de maíz. Actualización año 2019

Alfonso Carballal Samalea

Silvia Baizán González

Consuelo González García

Isabel Piñeiro Sierra

Cristina Cueto Álvarez

Adela Martínez Fernández

Año: 2020

Edita: SERIDA, Consejería de Desarrollo Rural, Agroganadería y Pesca

[On line] <http://www.serida.org/publicacionesdetalle.php?id=8069>

La publicación recoge los datos actualizados de evaluación de variedades comerciales de maíz realizadas por el Serida, los criterios recomendados para elegir las más adecuadas a cada explotación, así como la metodología empleada en la evaluación de variedades de maíz para silo.

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



Servicio Regional de Investigación  
y Desarrollo Agroalimentario



¡Síguenos en nuestras redes sociales!

 /SeridaAst

 @SeridaAst

*Investigación agropecuaria, alimentaria y forestal*