



El avellano en Asturias:

diversidad genética local y
guía para su cultivo y recuperación

Ana Campa
Mercè Rovira
Juan José Ferreira

El avellano en Asturias: diversidad genética local y guía para su cultivo y recuperación

Ana Campa¹, Mercè Rovira², Juan José Ferreira¹

¹ Programa de Genética Vegetal, Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA), Gobierno del Principado de Asturias.

² Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA) Centre Mas Bové, Generalitat de Catalunya.

ÍNDICE

Prólogo.....	7
Agradecimientos	9
1. Introducción.....	11
2. El avellano.....	13
2.1 Descripción de la especie	13
2.2 Estadios fenológicos	15
2.3 Multiplicación de la especie	17
3. Situación actual del cultivo	21
3.1 El cultivo tradicional en Asturias.....	22
3.2 Variedades locales.....	24
4. Colección de avellanos del SERIDA	27
4.1 Prospección 2003-2005	27
4.2 Instalación de la colección.....	29
5. Caracterización de la colección	33
5.1 Caracterización molecular	33
5.2 Caracterización fenológica.....	35
5.3 Caracterización morfológica de fruto	39
5.3.1 Caracterización cualitativa.....	39
5.3.2 Caracterización cuantitativa	40
6. Descripción de potenciales variedades	43
7. Orientaciones para el cultivo del avellano en Asturias	57
7.1 Selección de las variedades	57
7.2 Preparación del terreno.....	58

7.3 Diseño de la plantación	58
7.4 Mantenimiento de la parcela	59
7.5 Poda	60
7.6 Principales plagas	61
7.7 Principales enfermedades	63
7.8 Recolección y manejo postcosecha en plantaciones comerciales..	64
7.9 Procesado de las avellanas	66
8. Perspectivas de futuro: hacia la recuperación del cultivo	67
Referencias.....	69
Anexos	
Anexo I. Climogramas	73
Anexo II. Caracterización fenológica	74
Anexo III. Caracterización cuantitativa	75

PRÓLOGO

Desde hace muchos años, el cultivo del avellano forma parte del paisaje de Asturias. Concebido casi siempre como una actividad complementaria en nuestro medio rural, fue una importante fuente de ingresos adicionales para muchas comarcas. Su aprovechamiento económico fue decreciendo con el paso del tiempo, pero las avellanas nunca dejaron las riberas de nuestros ríos, los bordes de los caminos y las cestas de nuestras casas.

Recuperar los cultivos tradicionales tiene un doble valor. Por un lado, es una forma de conservar el medio natural y el paisaje, condición que será ineludible en todas las políticas de desarrollo rural del futuro; por otro, es un factor de diversificación de las producciones agrarias, una de las señas de identidad económica y social del medio rural asturiano.

La situación de partida para la recuperación del cultivo del avellano es inmejorable: se trata de una especie bien adaptada a las condiciones agroclimáticas locales, un cultivo tradicional en nuestro medio rural y, seguramente, presenta una diversidad de variedades locales fruto de la selección y adaptación de los agricultores asturianos durante muchos años.

Precisamente, uno de los aspectos que aborda este trabajo es la caracterización de la diversidad local de variedades o genotipos de avellano recolectados en Asturias y mantenidos en la colección del SERIDA. Este tipo de trabajos no se habían realizado previamente en Asturias, si exceptuamos un estudio pionero de S. Álvarez-Requejo realizado a mediados del siglo XX en la Estación Pomológica de Villaviciosa (actual SERIDA-Villaviciosa) y del que sólo se conservan cuatro variedades. El libro que se presenta proporciona datos sobre las características, diferencias y comportamiento de variedades locales de avellano, tanto para la preservación de diversidad genética local de esta especie como para el diseño de futuras plantaciones. Así mismo, busca poner en valor este cultivo tradicional y contribuir a la recuperación, modernización y uso de las producciones locales.

Este trabajo de investigación es una buena herramienta para la modernización del cultivo del avellano en Asturias. Es necesario que los profesionales de nuestro sector primario interesados en la recuperación de este cultivo dispongan de un marco de referencia, con una caracterización de las

variedades locales de avellano y una guía de manejo para conservar y dar mayor rentabilidad a las explotaciones.

Para dar respuesta a esas necesidades surge este trabajo, y no es casual que nazca y se desarrolle en el SERIDA, la herramienta investigadora del Gobierno de Asturias al servicio del sector primario y agroalimentario. Desde nuestra Consejería de Medio Rural y Cohesión Territorial, concebimos el SERIDA como un esfuerzo investigador orientado a satisfacer las necesidades de nuestro sector primario, poniendo la innovación al servicio de la consolidación y rentabilidad de las explotaciones.

La creación de la Consejería de Ciencia, Innovación y Universidad ha supuesto un impulso político y un estímulo para la actividad investigadora en Asturias. Trabajando en estrecha colaboración, esperamos que suponga también una nueva etapa para el SERIDA, en la que actividad investigadora y sector primario encuentren un marco favorable para su consolidación y desarrollo.

Quiero agradecer este trabajo a los Dres. en Biología por la Universidad de Oviedo, Juan José Ferreira y Ana Campa, por su trabajo desde el Grupo de Genética Vegetal del SERIDA, y a la Dra. en Biología por la Universidad de Lleida, Mercè Rovira. Un trabajo que esperamos sea también estímulo para todos los investigadores que colaboran en el progreso de nuestro medio rural y en lograr un sector primario moderno y competitivo.

Alejandro Jesús Calvo Rodríguez
Consejero de Medio Rural y Cohesión Territorial

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración de los productores que han contribuido y enriquecido este trabajo prestando sus conocimientos y experiencia. También agradecen el esfuerzo en la conservación y caracterización de esta colección de todo el personal de apoyo del Programa de Genética Vegetal del SERIDA, y en especial a los asistentes de investigación Fernando Díaz, José Ángel Poladura y Monserrat Sanz. Igualmente, agradecen a Josep M. Ferré (IRTA Más Bové) la realización y cuidado de los injertos que han permitido establecer la colección de avellanos del SERIDA. Especial mención para todos los alumnos que han realizado sus prácticas de formación Universitaria en el Programa de Genética Vegetal, especialmente Noemí Trabanco Martín y Claudia García González que han realizado sus Tesis de Licenciatura con esta especie.

Los trabajos de prospección e instalación de la colección han sido financiados en parte por los proyectos RF01-030 (Recuperación y conservación de los recursos fitogenéticos de especies de interés tradicional en Asturias) y RF2008-0014-C03 (Prospección, introducción, caracterización y documentación de germoplasma español de tres especies frutales: algarrobo, avellano y nogal) del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA).

Villaviciosa a 31 de agosto de 2020

1. INTRODUCCIÓN

El avellano europeo (*Corylus avellana* L.) es un cultivo tradicional en Asturias, de cuya importancia, ya en el año 1711, da cuenta Fray Toribio Santo Tomás y Pumarada (2006). Sin embargo, a finales del siglo XX este cultivo quedó relegado en la región como consecuencia de la baja cotización de su fruto y del retroceso demográfico del medio rural. Aunque el territorio rural asturiano representa el 80% de la superficie de la Comunidad Autónoma, aproximadamente el 82,2% de la población se concentra actualmente en áreas urbanas (Perfil Ambiental de Asturias, 2015). Con todo, este fruto seco mantiene su reconocimiento local, donde se recolecta para el autoconsumo o la venta de excedentes en mercados locales, y suscita un creciente interés.

En el escenario actual de calentamiento del planeta debido a la emisión de gases de efecto invernadero, se precisa una permanente búsqueda de la sostenibilidad y la adaptación de los cultivos y los modos de alimentación. La biodiversidad de las especies cultivadas resulta clave para la adaptación de los cultivos, el desarrollo de nuevas variedades, la diversificación de la alimentación, así como la preservación del medio ambiente. Por otro lado, en un escenario de crisis demográfica y despoblamiento en el medio rural, la recuperación de cultivos tradicionales, como es el caso del avellano en Asturias, puede jugar un papel relevante como un recurso adicional y contribuir, al mismo tiempo, a la conservación del paisaje.

El objetivo de este trabajo ha sido reunir y describir los resultados obtenidos en los últimos años en la conservación y caracterización de la diversidad genética local del avellano. Conocer nuestra diversidad contribuirá a su conservación, a la recuperación y valorización de este cultivo y a diversificar los sistemas de producción y medios de vida locales.

2. EL AVELLANO

2.1 Descripción de la especie

El avellano europeo (2n=22) está incluido dentro de la Familia *Betulaceae*, Orden *Fagales*. La especie es natural del hemisferio norte y se extiende por toda Europa y Asia occidental (Botta y col. 2019). Es una especie leñosa, de raíz poco profunda y que puede alcanzar los 8-10 m en altura. Crece formando matas debido a la tendencia que tienen el cuello del tallo y las raíces a emitir sierpes o hijuelos (Figura 1A). Las hojas son caducas, simples, alternas y presentan bordes doblemente aserrados (Figura 1B).

Es una especie monoica con flores femeninas y masculinas separadas dentro del mismo árbol (Figura 1C). Las flores masculinas se agrupan en inflorescencias denominadas amentos, con forma cilíndrica de 4-6 cm de largo, colgantes, de color amarillo-verdoso y producen una gran cantidad de polen. Las flores femeninas, también agrupadas en inflorescencias, tienen aspecto de glomérulo o yema de la que sobresalen los estigmas rojizos en el momento de la floración. Las flores femeninas pueden ocupar dos posiciones: aisladas a lo largo del brote o en la base del pedúnculo que lleva los amentos masculinos, en cuyo caso, normalmente se encuentran en grupos (Tasias 1975). En esta especie suele presentarse una separación temporal de la floración masculina y la femenina (dicogamia), que puede ser de algunos días o incluso semanas. La dicogamia puede ser de diferentes tipos, si la floración masculina precede a la femenina (protandria) o viceversa (protoginia), aunque esto depende mucho de las condiciones ambientales. La mayoría de las variedades de avellano europeo presentan protandria. La floración ocurre en invierno antes de la brotación vegetativa. La polinización del avellano es anemófila (con la ayuda del viento) y presenta diferentes tipos de incompatibilidades (Schuster 1924; Tasias 1975; Germain 1994). Esta puede ser autoincompatibilidad, es decir, el polen producido por un árbol no poliniza las flores femeninas de ese mismo árbol, o incompatibilidad cruzada entre variedades, es decir, el polen producido por una variedad no poliniza otra variedad o genotipo. Es una incompatibilidad de tipo esporofítico (Thompson 1979a) y está controlada por el gen *S* en el que se han descrito varios alelos (Mehlenbacher y Thompson 1988; Thompson 1979b; Mehlenbacher 1997; Mehlenbacher 2014).

El fruto, la avellana (*ablana*, en asturiano), está protegido por un involucrio (*garrapiellu*) habitualmente dehiscente en la maduración (Figura 1D).

Estos frutos presentan una cáscara ósea (pericarpio) que contiene una semilla envuelta por una testa de color canela. Se agrupan en racimos que contienen un número variable de frutos según la variedad (entre 1-8) y también diferentes formas, tamaños y colores que se utilizan como descriptores para definir y clasificar la diversidad morfológica del fruto de esta especie (Bioversity y col. 2008).

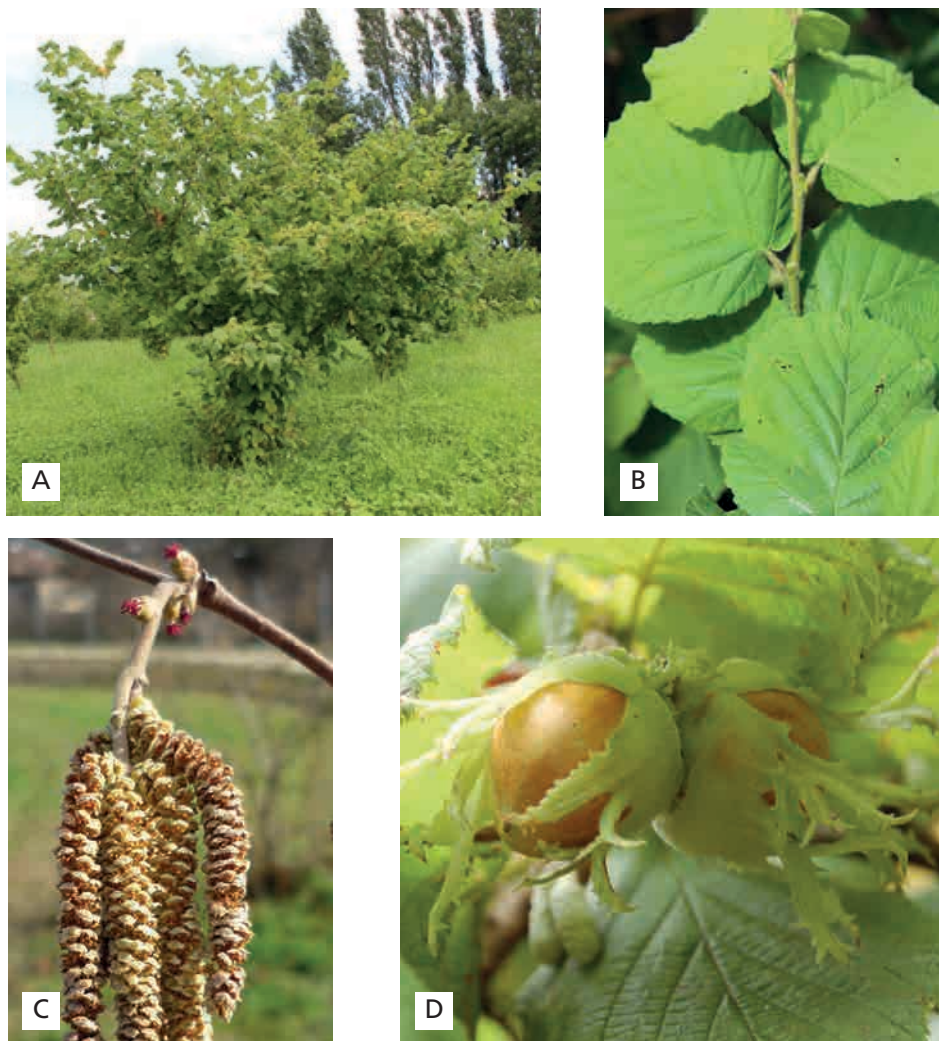


Figura 1. Imágenes mostrando las características de la especie *Corylus avellana* L.

A: Árbol en plena fructificación. B: Hoja característica de avellano.

C: Inflorescencias masculinas (amentos) y femeninas (estigmas rojos).

D: Involucros con avellanas.

Desde un punto de vista de su composición química, el grano de la avellana se caracteriza por tener un bajo contenido en agua (4-5% de su peso) y un elevado contenido en aceites (50-60%), particularmente en ácidos grasos insaturados como el ácido oleico (en gran proporción), linoleico y palmítico. Además, contienen carbohidratos (10-22%), proteínas (11-20%) y ciertos minerales (Köksal y col. 2006) dentro de los que destacan por su concentración el potasio, el fósforo, el calcio, el magnesio y el hierro. Las proteínas de las avellanas son ricas en algunos aminoácidos esenciales como arginina, leucina, fenilalanina o treonina. Aunque la composición química presenta diferencias entre variedades y según el ambiente de cultivo (Serra y Ventura 1993), se puede afirmar que se trata de un alimento energético y nutritivo.

2.2 Estadios fenológicos

A lo largo del año, el avellano manifiesta cambios, tanto en sus estructuras reproductivas como en su crecimiento vegetativo, cambios que Germain y Sarraquigne (2004) agruparon en un total de 22 estadios fenológicos: 10 estadios para la floración masculina, 6 para la floración femenina y 6 para el crecimiento vegetativo. El desarrollo de estos estadios guarda una estrecha relación con variables ambientales como la temperatura, las horas de frío acumuladas y la longitud del día. Simplificando, se pueden considerar un total de 6 estadios fenológicos (Figura 2):

1º Inicio floración masculina (Fm1, según Germain y Sarraquigne, 2004): aproximadamente el 5% de los amentos están formados, abiertos y comienzan la emisión de polen.

2º Fin floración masculina (Fm3-Gm-Hm): Apenas se observa emisión de polen. Los amentos presentan senescencia, oscurecimiento o han caído al suelo.

3º Inicio floración femenina (Ff1): aproximadamente un 5% de las flores femeninas han iniciado la floración y son visibles los estigmas de color rojizo.

4º Fin floración femenina (Ff3): todas las flores femeninas han finalizado su floración y es visible el oscurecimiento del color de los estigmas.

5º Desborre de las yemas (C1-C3): se observa la apertura de los brotes y despliegue de las primeras hojas de cada brote.

6º Calibre definitivo de fruto (Jf): Se observa lignificación de la cáscara, así como la aparición de su color característico en el 50% de los frutos.

Estadios floración masculina



Amentos de 4-5 cm, coloración verde, bráctas cerradas (Bm)



Elongación amentos, anteras diferenciadas, coloración amarillenta (Em)



Plena floración (Fm2)

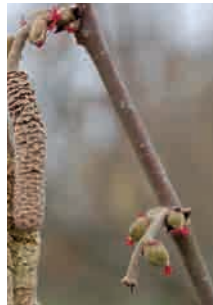


Amentos senescentes, sin polen, de color pardo (Gm)

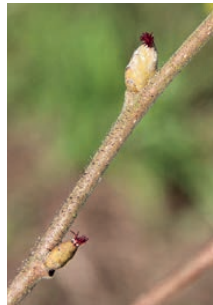
Estadios floración femenina



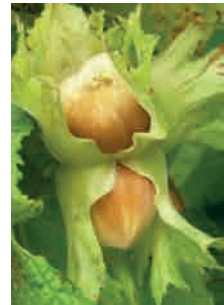
Principio de floración femenina, elongación de los estigmas (Ff1)



Plena floración femenina (Ff2)



Fin floración femenina, oscurecimiento de los estigmas (Ff3)



Calibre definitivo del fruto (Jf)

Estadios crecimiento vegetativo



Hinchazón (Bf)



Desborre (C1)



Despliegue 3 primeras hojas (C3)

Figura 2. Principales estadios fenológicos descritos para el avellano (adaptado de Germain y Sarraquigne 2004). Entre paréntesis se indica la nomenclatura utilizada por estos autores para identificar cada estadio.

Como el avellano es una especie que presenta dicogamia e incompatibilidad, la disponibilidad de polen compatible durante la floración femenina es uno de los factores más limitantes en las producciones. Aun tratándose de variedades compatibles genéticamente, la duración de la viabilidad de los estigmas también es un aspecto importante para asegurar una correcta y adecuada polinización. Dado que la duración de las floraciones, tanto femenina como masculina, depende mucho de las condiciones ambientales de humedad y temperatura (Germain 1994), la fructificación del avellano está íntimamente ligada a las condiciones climatológicas presentes durante el invierno, época en el que ocurre la floración.

2.3 Multiplicación de la especie

El avellano puede reproducirse a través de la germinación de las semillas y multiplicarse mediante la separación de hijuelos, la preparación de acodos, injertos o la micropropagación. Actualmente, la micropropagación es una técnica muy utilizada para multiplicar a gran escala las variedades de avellano. La multiplicación por semilla (Figura 3) no garantiza conservar en la descendencia las características de la variedad ya que las semillas derivan de la polinización (reproducción sexual) y de la recombinación entre los genes que controlan las características de los padres. Para la germinación de la semilla de avellano resulta conveniente un tratamiento en frío (4- 7°C) durante 3-4 meses. Por el contrario, los injertos, la separación de hijuelos o la realización de acodos permiten una propagación vegetativa (clonación), esto es, mantener la identidad genética y las características del árbol.



Figura 3. A: Semillero de avellanas.
B: Plántulas de avellano.

La multiplicación tradicional en Asturias se ha realizado siempre a partir de la extracción de vástagos o hijuelos que brotan del cuello de los árboles seleccionados. Sin embargo, la producción de planta mediante acodo resulta más eficaz en términos de enraizado y supervivencia de la planta. La técnica de acodo en montículos, es la que se ha seguido en el SERIDA para la propagación de las variedades. Esta técnica se realiza en cuatro pasos (Figura 4) y se puede empezar en primavera o en invierno sobre los hijuelos anuales:

1º Aclareo y despunte de los hijuelos. Se seleccionan vástagos de no más de 1-1,5 cm de diámetro y se despuntan a 1 m de altura, aproximadamente. Se eliminan los vástagos no seleccionados (Figura 4A).

2º Anillado de los hijuelos. Se anillan los hijuelos seleccionados en su base con la ayuda de un alambre o una brida (Figura 4B).

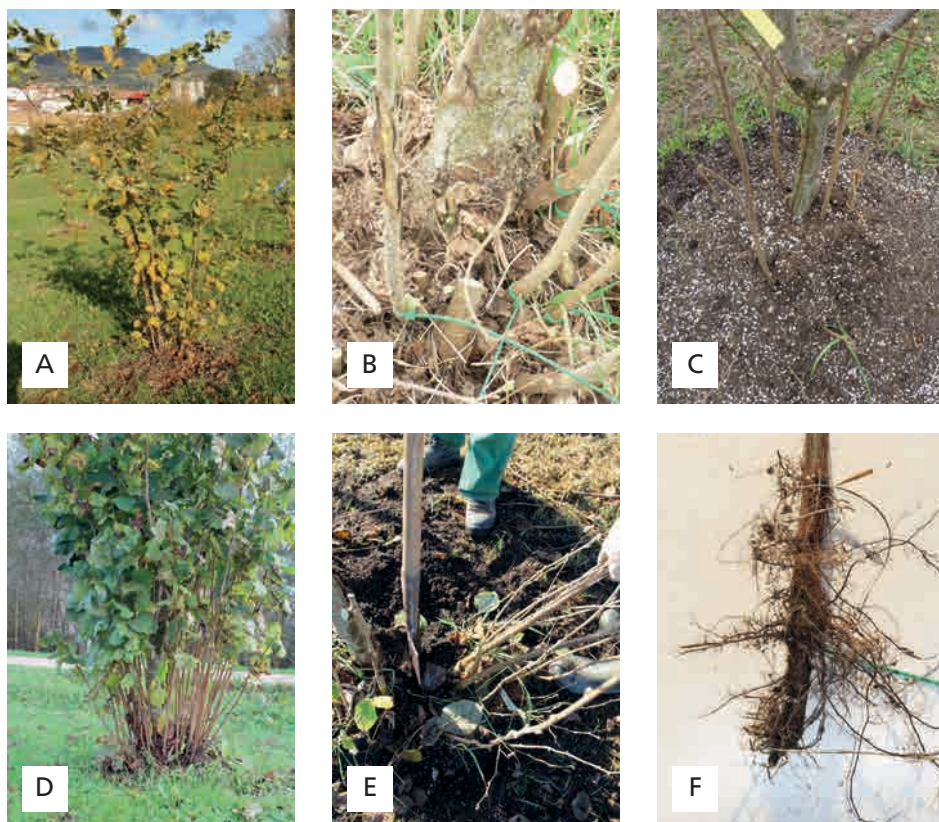


Figura 4. Etapas en la multiplicación del avellano mediante acodo en montículos o pie madre a partir de hijuelos anuales y empezando en invierno.

3º Aporcado y mantenimiento del pie. Se cubre la parte anillada de los vástagos con tierra o turba (Figura 4C) y se mantiene durante una campaña para que se desarrollen nuevas raíces por encima de la zona anillada (Figura 4D).

4º Extracción de las nuevas plantas con raíces. Se extraen los vástagos anillados y enraizados de la planta madre (Figura 4E, 4F). Esta labor debe realizarse en el invierno siguiente al anillado.

El injerto es un método de propagación vegetativa artificial en el que una porción de tejido se une a otra planta ya asentada, de manera que este conjunto crece como un solo organismo. La Figura 5 muestra una secuencia de la técnica de injertado mediante hendidura tal y como se realiza habitualmente en las instalaciones del Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA) Mas Bové.

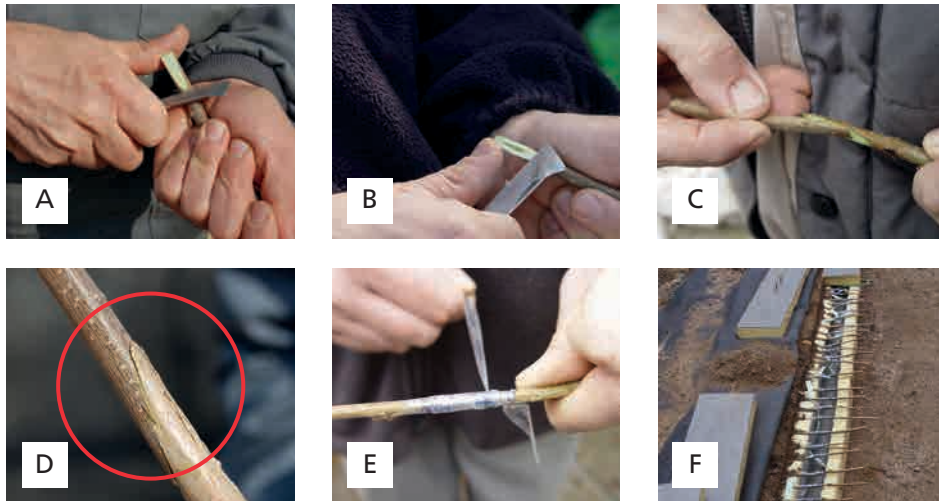


Figura 5. Secuencia de los pasos seguidos en el desarrollo de los injertos.

- A) y B) preparación del material vegetal que se va a injertar.
- C) y D) encaje de los dos materiales, variedad a multiplicar y patrón.
- E) Sellado del injerto con cinta elástica.
- F) Colocación de los injertos en instalaciones con calor localizado.

3. SITUACIÓN ACTUAL DEL CULTIVO

El avellano es uno de los principales cultivos de frutos secos a nivel mundial. Está presente en los cinco continentes y en los últimos 50 años ha experimentado un notable incremento en superficie (hectáreas, ha) y producción (toneladas, t) según estadísticas de la FAO (FAOSTAT, ver Figura 6). En el año 2018 se estima que la producción mundial de avellana ocupó 966.196 ha y se produjeron 863.888 t en cáscara. La mayor parte de la producción mundial se localiza en Turquía, Italia, Azerbaiyán, EEUU y China.

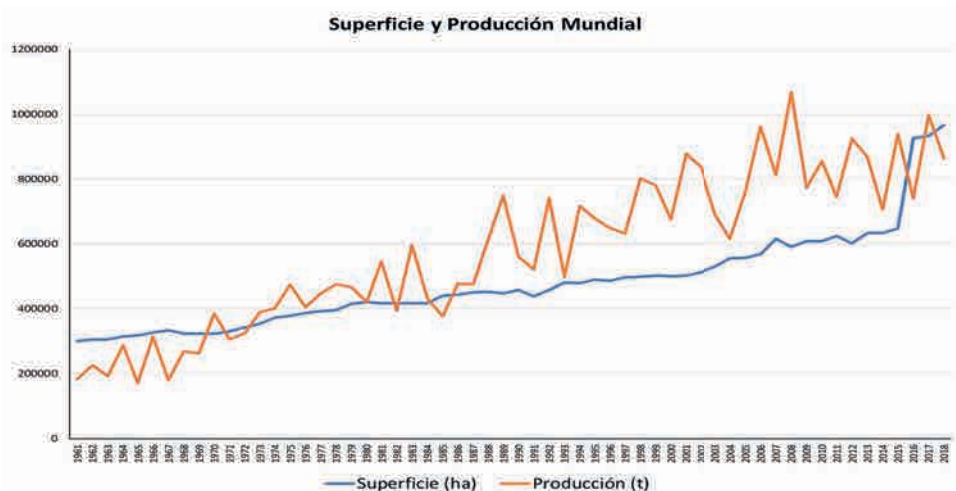


Figura 6. Evolución de la superficie de cultivo y la producción de avellana en el mundo durante el periodo 1961-2018. (Fuente FAOSTAT, consultado febrero 2020).

España fue el décimo país productor del mundo en el año 2018, con un 1% de la producción mundial, y el consumo fue de $2.5 \cdot 10^6$ Kg en 2015, con un consumo per cápita estimado de 0.06 kg (Martín Cerdeño 2017). En España, este cultivo sufrió una gran expansión a mediados del siglo XIX, sobre todo en la zona de Cataluña, como consecuencia del arranque de viñas por la crisis de la filoxera (Tous y col. 2001). Sin embargo, en los últimos cuarenta años la superficie y producción españolas han decaído (ver Figura 7), registrándose pérdidas de superficie del -8% y de producciones del -40,7% en los

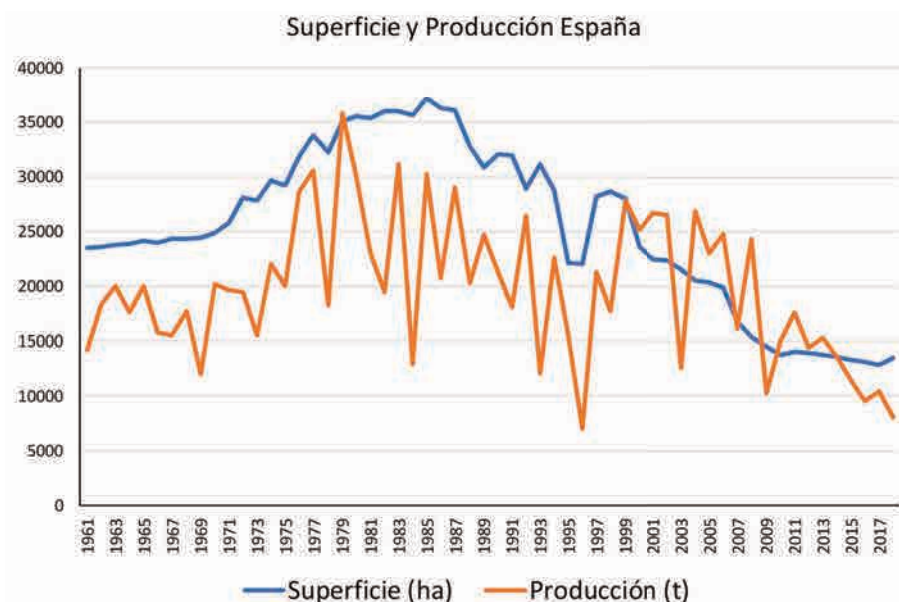


Figura 7. Evolución de la superficie de cultivo y la producción de avellano en España durante el periodo 1961-2018. (Fuente FAOSTAT, febrero 2020).

últimos 5 años (MAPA, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación). En el año 2018, se estimó en 13.505 ha la superficie total dedicada en España a la plantación comercial de avellano, dando lugar a una producción de 8.033 t en cáscara. La mayoría de estas plantaciones comerciales se localizan en Tarragona (83,3%), Girona (7,4%) y Castellón (7,2%), en menor medida el País Vasco, Aragón, Navarra, Castilla y León, La Rioja y Castilla La Mancha. En lo que respecta a Asturias, los datos estadísticos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación no muestran la superficie en plantación regular destinada a este cultivo, si bien indica la presencia de 184.000 árboles diseminados en 2018 y una producción de 55 t.

3.1 El cultivo tradicional en Asturias

La avellana es un producto muy apreciado en el medio rural asturiano por su valor nutritivo y su facilidad de conservación (Fernández y col. 2002). El cultivo tradicional se desarrollaba en los bordes o sebes de las fincas para delimitar las parcelas, así como para proporcionar madera y fruto a la unidad familiar. También era frecuente encontrar avellanos en las orillas de los ríos, donde se plantaban para evitar la erosión que producen el agua y la corriente en el suelo. Los árboles se mantenían en matas con varios tallos por pie (Figura 8) con cuidados mínimos en cuanto a podas, control de pla-

gas y enfermedades o abonados. Periódicamente, se renovaban los pies de las matas, tarea que se aprovechaba para extraer sierpes o rebrotes de la base de los árboles. Si se realizaban labores de aclareo o poda, se hacían en los meses de diciembre o enero y la madera se aprovechaba como combustible o para la elaboración de utensilios (cestos, mangos de utensilios y varas o *guiás*).

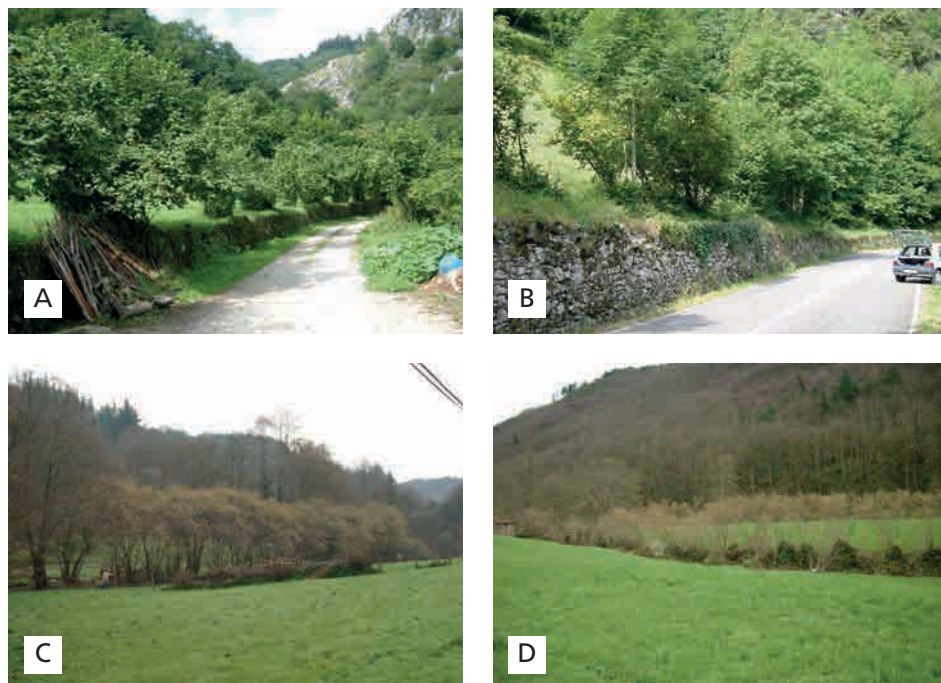


Figura 8. Cultivo del avellano en Asturias en bordes de las fincas. Imágenes tomadas en Asturias durante la prospección realizada en las anualidades 2003-2005.
A: Las Cuevas, Infiesto. B: La Riera, Somiedo. C: Pumares, Belmonte. D: Riocastello, Valdés.

Generalmente, la recolección de la avellana y su envuelta (involucro) se realizaba manualmente, en el mes de agosto, con ayuda de utensilios como el *gabitu* con el que se enganchaba y bajaban las ramas para alcanzar los frutos. Posteriormente, los frutos se secaban en un lugar fresco (*horru* o *panera*), libre de roedores y pájaros. Una vez separadas las avellanas del involucro se almacenaban durante todo el año y se consumían bien directamente, frescas o tostadas, o bien se utilizaban en la elaboración de diferentes postres (Figura 9) como pastas, rosquillas, *casadielles* y los conocidos como *carajitos del profesor*. Las avellanas tienen un tiempo de conservación largo en lugares frescos y secos, aunque con el paso del tiempo se rancian debido a su alto contenido en grasa.



Figura 9. Postres típicos asturianos elaborados a partir de avellanas. Imágenes tomadas en el 37 Festival de la Avellana (Infiesto, 2008).

En la geografía asturiana conviven avellanos silvestres, conocidos como *bravos* y avellanos cultivados, también denominados *mansos*. Las zonas donde mayoritariamente están presentes las formas silvestres se denominan popularmente como *ablanero* o *ablanal*. Estas formas silvestres se utilizan, en ocasiones, como polinizadores puesto que producen abundante polen durante amplios periodos de tiempo.

3.2 Variedades locales

Los primeros trabajos que se realizaron en Asturias con esta especie datan de los años 60 del pasado siglo XX. En la Estación Pomológica de Villaviciosa (actual SERIDA) se estableció una colección que reunía las principales variedades tradicionales asturianas conocidas como 'Amandi', 'Camoca', 'Casina', 'Coalla', 'Espinaredo', 'Naviana', 'Restiello', 'Rubiano', 'Quirós' y 'Villaviciosa', cuyos nombres aluden a zonas de cultivo en muchos casos. También se menciona la presencia de la variedad 'Grande' como sinónimo de la variedad de origen catalán 'Grossal de Constanti'. Estas variedades se evaluaron y caracterizaron en un mismo ambiente y, aunque no se dispone de

los datos originales, las principales conclusiones de este trabajo se publicaron en un Manual Técnico (Álvarez-Requejo 1965). Este Manual Técnico fue un trabajo pionero en España que abordó de una manera completa los principales puntos críticos de este cultivo. De estos primeros trabajos, se conservan cinco variedades: 'Amandi', 'Casina', 'Espinaredo', 'Grande' y 'Quirós'. Estas variedades, procedentes de la Estación Pomológica de Villaviciosa, se introdujeron en una colección del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) establecida en Reus (Tarragona). En los años 1974-1975, pasaron a la colección de avellanos del Centro Mas Bové, (Centro perteneciente, en aquellos años, de la Exma. Diputación Provincial de Tarragona), y, actualmente, forman parte del Banco de Germoplasma de Avellano, del IRTA Mas Bové (Rovira 1997).

En el año 1991, se retoman los trabajos en esta especie y se instala en los terrenos del SERIDA-Villaviciosa una parcela de avellanos para su valoración agronómica. En este ensayo se incluyeron las cuatro variedades asturianas ('Amandi', 'Casina', 'Espinaredo' y 'Quirós') junto con 21 cultivares comerciales ('Grande', 'Buttler', 'Camponica', 'Daviana', 'Ennis', 'Gironell', 'Grifoll', 'Kalinkara', 'Morell', 'Mortarella', 'Negret', 'OSU 155-29', 'OSU 43-58', 'Pauetet', 'Ribet', 'Royal', 'Segorbe', 'Santa María de Gesú', 'Tombul', 'Tonda di Giffoni' y 'Tonda Gentile Romana'). Actualmente, todavía se conserva en el SERIDA el árbol original de las variedades 'Amandi', 'Casina' y 'Espinaredo'.

Uno de los aspectos más relevantes para la recuperación de un cultivo local es disponer de variedades cuyas características y comportamiento en las condiciones locales de cultivo sean bien conocidas, ya que esto permite optimizar el diseño de las plantaciones. Como se ha mencionado, en Asturias existe una larga tradición de cultivo/aprovechamiento de esta especie y esto ha contribuido a la conservación *in situ* de una amplia diversidad genética adaptada a las condiciones locales de cultivo. Conocer la diversidad de esta especie permitirá seleccionar las variedades locales más prometedoras y facilitará la adaptación a los cambios en la alimentación o medioambientales. Por eso, esta colección establecida en los años 90 se completó con más diversidad local recolectada en Asturias.

4. COLECCIÓN DE AVELLANOS DEL SERIDA

4.1 Prospección 2003-2005

En el año 2003 se inició una exploración por todo el territorio asturiano la diversidad genética del avellano, en colaboración con el IRTA Mas Bové y en el marco del proyecto *Recuperación y conservación de los recursos fitogenéticos de especies de interés tradicional en Asturias* (RF01-030), financiado por el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria del Gobierno de España (INIA). En este proyecto se trató de explorar y reunir la máxima diversidad fenotípica de fruto siempre que no se tuviese constancia de que derivaba de variedades comerciales o viveros. En modo alguno esta prospección buscaba reunir y conocer toda la diversidad local cultivada de avellano, sino disponer de una primera aproximación a la misma.

Para la planificación de esta prospección inicialmente se investigaron las principales zonas o localidades asturianas productoras de avellanas y, además se investigó la distribución de las forma cultivadas en toda la geografía asturiana, tratando de representar diferentes ambientes y formas de cultivo. Esta exploración de campo se realizó en el mes de agosto, en el momento de la maduración y recolección de este fruto. En cada localidad visitada se identificaron varios ejemplares y se recabó de los propietarios toda



Figura 10. Mapa de Asturias indicando la distribución por concejos (municipios) en los que se seleccionaron ejemplares de avellano en la prospección realizada en el periodo 2003-2005. En paréntesis se indica el número de ejemplares marcados.

la información relacionada con su origen, diferenciación, características, producción y calidad. Teniendo en cuenta esta información, más las características del fruto, se etiquetaron uno o varios árboles (pies) por localidad. La nomenclatura utilizada para identificar cada ejemplar fue el nombre de la localidad seguido de un número si en la localidad se etiquetó más de un ejemplar. Los árboles fueron también geolocalizados registrando los valores de altitud, latitud y longitud. En la prospección, se visitaron 32 concejos, aunque solo se marcaron 91 ejemplares en 22 de concejos y en un total de 42 localidades (Figura 10). Estos ejemplares se localizaron en una altitud que osciló entre 50 m y 800 m sobre el nivel del mar (Rovira y col. 2008).

La relación con los productores también permitió anotar particularidades sobre el cultivo y uso tradicional de este fruto (Figura 11). En este trabajo de



Figura 11. Imágenes tomadas durante las prospecciones junto con productores locales.

A: El Peñueco, Piloña. B: Robriguedo, Peñamellera Baja. C: Llananzares, Aller.

D: San Pedro de los Burros, Grado.

campo no se encontraron denominaciones varietales que permitiesen diferenciar las variedades locales. En general, se denomina genéricamente como *ablano*, excepto en el caso de una entrada recolectada en el Concejo de Quirós denominada 'Quirosana' o 'de Quirós'. La mayor parte de los árboles seleccionados se localizaron en los bordes de las fincas o en las orillas de los ríos. Su estado de mantenimiento era mínimo y básicamente consistía en la renovación de los pies al cabo de varios años. El destino del fruto era abastecer el consumo familiar y la venta de los excedentes en los mercados o negocios locales. En algunos casos no se llegaba a recoger la producción debido al bajo precio o a la escasa producción asociada al envejecimiento o falta de cuidados del árbol.

En el momento de la prospección se realizó una primera caracterización *in situ* de los árboles señalados y del fruto. Sin embargo, para tener un conocimiento más preciso de esta diversidad local resultaba necesario caracterizarlos todos en un mismo ambiente y durante varias campañas para minimizar el efecto ambiental en la expresión de los caracteres fenotípicos.

Para instalar la colección de campo fue necesario multiplicar vegetativamente, o clonar, estos árboles seleccionados. Para ello, en invierno se realizó una nueva salida para recolectar estaquillas o renuevos anuales de cada árbol marcado el verano anterior. A partir de esta madera, se realizaron los injertos en las instalaciones del IRTA Mas Bové (ver Figura 5). Los injertos se realizaron sobre plantones de avellano, reservados ya para este fin, con el método de calor localizado (Lagerstedt 1981). Una vez que el injerto había prendido, las plantas injertadas se mantuvieron en vivero y se trasplantaron en campo. Sobre estas plantas se realizó una multiplicación vegetativa en montículos mediante anillado y aporcado en la parte injertada para favorecer la emisión de raíces. El invierno siguiente, los pies con raíz se separaron y se mantuvieron en vivero para su desarrollo. Estas plantas fueron las que se utilizaron para establecer la colección de campo del SERIDA, y mantener un duplicado de cada ejemplar en el Banco de Germoplasma de Avellano del IRTA Mas Bové, incluido en la red española de colecciones de germoplasma.

4.2 Instalación de la colección

La instalación de la colección comenzó en el SERIDA en el año 2008 con la incorporación de hijuelos derivados del ensayo iniciado en 1991 y la incorporación de árboles derivados de los injertos realizados en el IRTA Mas Bové con material asturiano reunido en la prospección 2003-2005. La instalación de la parcela se realizó entre febrero 2008 y marzo 2010, puesto que no todas las accesiones estuvieron disponibles en la misma fecha. Posteriormente, se repusieron algunos árboles muertos. Se plantaron 2 ejemplares

por accesión en un marco de 4 x 6 m y los árboles se conservaron en una formación de un solo pie. Desde su instalación, en la colección se vienen realizando las tareas propias de mantenimiento como desbrozado periódico, eliminación de hijuelos, podas, abonados y tratamientos fitosanitarios cuando procede. La parcela está rodeada de avellanos “asilvestrados” para favorecer la presencia de polen durante la floración femenina. Actualmente, la colección del SERIDA se compone de 60 entradas (árboles o variedades con procedencia diferenciada): 43 entradas de material recolectado en Asturias, incluyendo las variedades originales ‘Amandi’, ‘Quirós’, ‘Casina’ y ‘Espinaredo’, 3 materiales de Cantabria y 14 variedades comerciales de referencia (Tabla 1). La Figura 12 muestra una imagen de la colección de campo de avellanos del SERIDA.

Tabla 1. Origen de las accesiones y variedades mantenidas en la colección SERIDA e incluidas en este trabajo. Origen: 1, prospección 2003-2005; 2, ensayo agronómico instalado en el SERIDA en 1991, 3, Banco Nacional de Germoplasma de Avellano del IRTA Mas Bové. Tipo: C, variedad comercial, L, variedad o accesión local. ITA, Italia; TUR, Turquía; ESP, España.

Nombre	Origen	Tipo	Localidad	Concejo	CCAA	País	Latitud	Longitud	Altitud
Aguasmestas	1	L	Aguasmestas	Belmonte	Asturias	ESP	43°10 561 N	6°18 010"W	400
Allande 3	1	L	Pola de Allande	Pola de Allande	Asturias	ESP	43°16 184 N	6°36 239 W	500
Amandi	2	L			Asturias	ESP			
Andines	1	L	Andinas	Ribadedeva	Asturias	ESP	43°20 807 N	4°32 794"W	50
Barreiros1	1	L	Barreiras	Stª Eulalia de Oscos	Asturias	ESP	43°14 695 N	7°00 210"W	400
Barreiros2	1	L	Barreiras	Stª Eulalia de Oscos	Asturias	ESP	43°14 695 N	7°00 210"W	400
Casina	2	L			Asturias	ESP			
Castrosin2	1	L	Castrosin	Cangas de Narcea	Asturias	ESP	43°13 134 N	6°30 984"W	600
El Peñueco1	1	L	Peñueco	Piloña	Asturias	ESP	43°18 317 N	5°24 938 W	260
Espinaredo	2	L			Asturias	ESP			
Forcinas1	1	L	Forcinas	Pravia	Asturias	ESP	43°27 756 N	6°07 610"W	90
Forcinas2	1	L	Forcinas	Pravia	Asturias	ESP	43°27 756 N	6°07 610"W	90
Inclan	1	L	Inclán	Pravia	Asturias	ESP	43°28 795 N	6°10 621"W	300
La Encrucijada1	1	L	La Encrucijada	Cabranes	Asturias	ESP	43°23 890 N	5°25 113 W	420
La Riera 2	1	L	La Riera	Somiedo	Asturias	ESP	43°09 799 N	6°15 947"W	450
Las Cuevas1	1	L	Las Cuevas	Caso	Asturias	ESP	43°15 635 N	5°25 041 W	460
Llananzares1	1	L	Casomera	Aller	Asturias	ESP	43°03 850 N	5°34 500"W	650
Llananzares2	1	L	Casomera	Aller	Asturias	ESP	43°03 850 N	5°34 500"W	650
Llanos1	1	L	Llanos	Aller	Asturias	ESP	43°06 138 N	5°34 571"W	500
Llanos2	1	L	Llanos	Aller	Asturias	ESP	43°06 138 N	5°34 571"W	500
Pesoz2	1	L	Pesoz	Pesoz	Asturias	ESP	43°15 415 N	6°52 452"W	390
Priero1	1	L	Priero	Salas	Asturias	ESP	43°26 097 N	6°15 153"W	200
Priero2	1	L	Priero	Salas	Asturias	ESP	43°26 097 N	6°15 153"W	200

Nombre	Origen	Tipo	Localidad	Concejo	CCAA	País	Latitud	Longitud	Altitud
Pumares1	1	L	Pumares	Stª Eulalia de Oscos	Asturias	ESP	43°15 684 N	7°01 830"W	430
Pumares2	1	L	Pumares	Stª Eulalia de Oscos	Asturias	ESP	43°15 684 N	7°01 830"W	430
Pumares4	1	L	Pumares	Stª Eulalia de Oscos	Asturias	ESP	43°15 684 N	7°01 830"W	430
Quirós	2	L			Asturias	ESP			
Riocastello1	1	L	Riocastello	Tineo	Asturias	ESP	43°20 886 N	6°34 033 W	420
Riocatiello3	1	L	Riocastello	Tineo	Asturias	ESP	43°20 886 N	6°34 033 W	420
Robriguedo2	1	L	Robrigedo "Lles"	Peñamellera Baja	Asturias	ESP	43°18 943 N	4°36 670"W	300
Rubiano1	1	L	Rubiano	Grado	Asturias	ESP	43°18 573 N	6°06 296 W	500
San Pedro1	1	L	S Pedro los Burros	Grado	Asturias	ESP	43°20 188 N	6°06 849 W	240
San Pedro3	1	L	S Pedro los Burros	Grado	Asturias	ESP	43°20 188 N	6°06 849 W	240
Santana2	1	L	Santana	Aller	Asturias	ESP	43°09 843 N	5°39 091"W	400
Taranés2	1	L	Taranés	Ponga	Asturias	ESP	43°11 872 N	5°12 184W	600
Tuñón2	1	L	Tuñón	Santo Adriano	Asturias	ESP	43°17 545 N	5°58 883 W	180
Tuñón3	1	L	Tuñón	Santo Adriano	Asturias	ESP	43°17 545 N	5°58 883 W	180
Tuñón4	1	L	Tuñón	Santo Adriano	Asturias	ESP	43°17 545 N	5°58 883 W	180
Yerbo1	1	L	Yerbo	Tineo	Asturias	ESP	43°22 900 N	6°33 036 W	280
Yerbo2	1	L	Yerbo	Tineo	Asturias	ESP	43°22 900 N	6°33 036 W	280
Araujo	3	L			Cantabria	ESP			
Avellanosa	3	L			Cantabria	ESP			
Butler	2	C				EEUU			
Camponica	2	C				ITA			
Daviana	2	C				ITA			
Ennis	2	C				EEUU			
Gironell	2	C				ESP			
Grande	2	C				ESP			
Kalinkara	2	C				TUR			
Morell	2	C				ITA			
Mortarella	2	C				ITA			
Negret	2	C			Cataluña	ESP			
Riancho	3	L			Cantabria	ESP			
Royal	2	C				EEUU			
Segorbe	2	C			Valencia	ESP			
Tombul	2	C				TUR			
Tonda di Giffoni	2	C				ITA			



Figura 12. Imagen del estado actual de la colección de campo de avellanos mantenida en las instalaciones del SERIDA. Cada entrada está representada por dos árboles. Imagen tomada en agosto 2019.

5. CARACTERIZACIÓN DE LA COLECCIÓN

Paralelamente a la conservación en la colección de campo, el material se caracterizó desde dos enfoques distintos: molecular y morfo-agronómico. La caracterización morfo-agronómica incluyó caracteres fenológicos (véase Figura 2) y dimensiones y formas del involucro, del fruto y del grano. Las dimensiones y formas se registraron utilizando los descriptores estandarizados (Bioversity y col. 2008), y son caracteres que presentan una alta heredabilidad (Botta y col. 2019), por lo que se espera que la influencia ambiental en la expresión del carácter no sea muy alta.

5.1 Caracterización molecular

Los marcadores moleculares son variantes en longitud o secuencia de la molécula de ADN y pueden ser de diferentes tipos según el método de obtención o el tipo de variación que presenten. Constituyen una herramienta complementaria a las caracterizaciones morfológicas clásicas y tienen la ventaja de no estar influenciados por el ambiente y presentar un elevado polimorfismo o variación. Permiten, por ejemplo, investigar las relaciones existentes entre diferentes variedades de una especie, la organización de la diversidad, así como detectar sinonimias (variedades que teniendo las mismas características son denominadas de manera diferente). Como primer paso en el conocimiento de esta diversidad local, se realizó una caracterización basada en marcadores moleculares de los árboles prospectados durante las anualidades 2003-2005.

En el momento de la prospección se recolectó tejido *in situ* (hoja joven) de un total de 69 árboles y se investigó la variación para marcadores moleculares tipo ISSR (inter simple sequence repeats). Además de los materiales prospectados, se incluyeron también materiales conservados en la colección: las variedades tradicionales asturianas 'Casina', 'Espinaredo' y 'Quirós', 8 variedades de referencia de origen catalán, y 10 variedades de referencia de origen internacional, concretamente de Italia, Turquía y EEUU. El estudio permitió valorar la diversidad, estructura y relaciones existentes entre los materiales asturianos y las variedades de referencia. Con los marcadores utilizados se obtuvieron 66 fragmentos polimórficos (Ferreira y col. 2010) y los resultados mostraron que el material asturiano estaba fuertemente relacionado

entre sí y difería del resto de variedades de referencia de origen catalán, italiano, turco y de EEUU. A pesar de que el material asturiano estaba muy relacionado entre sí, se encontraron pocos árboles que presentaran exactamente el mismo perfil de marcadores moleculares, lo que sugiere que en el mecanismo de multiplicación de esta especie en Asturias ha participado la reproducción por semillas, derivadas de polinización cruzada. La variedad 'Grande', que en algunas ocasiones llegó a considerarse una variedad tradicional asturiana, resultó muy próxima a los materiales catalanes. Otros trabajos previos ya habían propuesto que la variedad 'Grande', la variedad 'Barcelona' introducida en EEUU en el año 1835 desde España, la variedad 'Fertile de Coutard' cultivada en el sur de Francia y la variedad 'Castanyera' cultivada en Cataluña, son en realidad la misma variedad y constituyen un caso claro de sinonimia (Boccacci y col. 2006), es decir, la misma variedad es conocida con diferentes nombres o denominaciones. Los trabajos de Álvarez-Requejo (1965) también sugieren una posible sinonimia entre 'Grande' y la variedad catalana 'Grosal de Constantí'.

La diferenciación entre el material local asturiano y el material no local se confirmó más tarde, en el año 2011, investigando la variación en 13 marcadores moleculares tipo microsatélite (Campa y col. 2011). En este trabajo se analizaron 62 de los árboles prospectados en Asturias y 15 variedades de referencia. Además, se incluyeron en el análisis un total de 40 árboles silvestres o *bravos* que se identificaron durante las prospecciones en ambientes muy diferentes del territorio asturiano y para los cuales también se recolectó tejido *in situ*. Esto permitió comparar la diversidad genética local cultivada con la diversidad silvestre. Los resultados permitieron agrupar el material en tres grupos principales (Figura 13) basándose en un análisis cluster combinado con un análisis de componentes principales (PCA) realizado en el paquete R (R core Team 2018). El **grupo 1** con 50 árboles, principalmente materiales cultivados asturianos, presentó poca variación para los 13 marcadores analizados, de modo que la mayoría de los avellanos locales presentaron exactamente el mismo perfil molecular. El **grupo 2**, formado por 21 árboles que mayoritariamente eran cultivares de referencia, aunque en este grupo también se incluyeron algunos árboles cultivados asturianos como 'Priero1' y 'Pesoz2'. La explicación a este resultado podría ser que estos árboles derivan de reproducción sexual (germinación de la avellana) y de hibridaciones naturales entre materiales locales y materiales importados. El **grupo 3** incluyó 46 árboles, en su mayoría materiales locales silvestres, aunque también se agruparon materiales cultivados como 'Allande3' y 'Robrieguedo2'. Estos árboles podrían ser derivados también de reproducción sexual y de hibridaciones entre materiales locales cultivados y silvestres, aunque tampoco puede descartarse una mala clasificación inicial, es decir que se hubieran considerado como materiales cultivados árboles que en realidad eran silvestres.

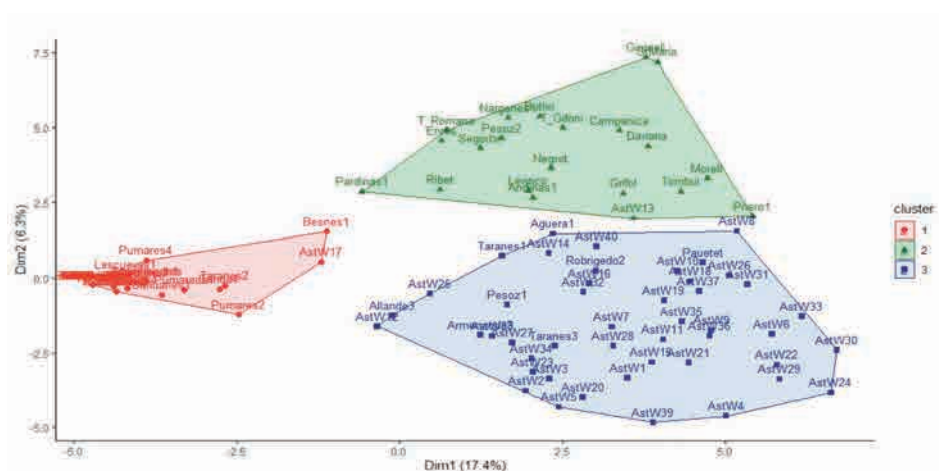


Figura 13. Gráfico en dos dimensiones mostrando la agrupación obtenida en un análisis cluster combinado con un análisis de componentes principales (PCA) para 62 árboles locales cultivados, 40 árboles silvestres (denominados AstW seguido de un número) y 15 variedades de referencia en base a 13 marcadores moleculares de microsatélites (datos tomados de Campa y col. 2011).

En conclusión, los análisis de la variación a nivel de ADN con marcadores ISSR y microsatélites revelaron que las variedades cultivadas asturianas están fuertemente relacionadas entre sí, pero se diferencian tanto de las variedades internacionales de referencia como de las formas silvestres locales. Por tanto, las variedades asturianas cultivadas pueden considerarse como una población diferenciada dentro de la especie.

5.2 Caracterización fenológica

Los periodos de floración son de extraordinaria importancia en las especies frutales por su relación con la producción y, especialmente, en el caso de que se requiera una polinización cruzada para el cuajado de fruto, como ocurre en el avellano. En la colección de avellanos del SERIDA se registró semanalmente la fenología en base a 6 caracteres (ver apartado 2.2 Estadios fenológicos): inicio y fin de floración masculina, inicio y fin de floración femenina, inicio del desborre y adquisición del calibre definitivo de los frutos. Los datos se registraron como fechas a partir del día 1 de diciembre de la anualidad anterior, ya que muchas variedades comenzaron la floración masculina en este mes, y las fechas se transformaron en número de días contados desde el 1 de diciembre. A partir de los caracteres registrados de floración se estimaron otros dos caracteres: duración (días desde la fecha inicio a la fecha fin) de la floración masculina y duración de la floración femenina. Teniendo en cuenta que los caracteres fenológicos están íntimamente relacionados con

las condiciones climáticas, en el Anexo I se muestran los climogramas correspondientes a las anualidades 2017, 2018 y 2019 en las que se valoraron estos caracteres. En general, y de acuerdo con los informes agrometeorológicos y fenológicos de AEMET (Agencia Estatal de Meteorología), 2017 fue un año con una buena acumulación de horas de frío en invierno y una primavera cálida; 2018 fue un año con una primavera fría y lluviosa que condujo a una fenología retrasada en la mayoría de las especies vegetales, y 2019 fue un año con invierno cálido y seco que favoreció las floraciones, en particular la del avellano que tiene lugar en el invierno.

La Figura 14 representa para cada variedad o entrada los resultados obtenidos en los caracteres de floración masculina y floración femenina. En el Anexo II se presentan los datos medios de los tres años registrados para cada variedad o entrada. Para el inicio de la floración masculina la colección mostró un amplio rango de variación, desde los 16 días de la variedad 'Camponica' hasta los 70 de 'Morell'. El inicio de la floración femenina también presentó un amplio rango de variación, extendiéndose desde los 40 días de 'Camponica' y 'Gironell' hasta los 93 de 'La Encrucijada'. El tiempo de duración de las floraciones también presentó un amplio rango de variación en los dos casos. La floración masculina tuvo una duración de 23 días en 'Andines' y 'Pesoz2', hasta los 50 días de 'Butler'. La floración femenina tuvo una duración desde los 24 días de 'Andines' hasta los 53 de 'Negret'. En general las entradas recolectadas en Asturias fueron más tardías en floración y brotación que las variedades no locales utilizadas como referencia. Estas variedades asturianas mantienen el mismo patrón de comportamiento en la colección nacional de avellanos del IRTA Mas Bové (Rovira y col. 2018).

La gran mayoría de los materiales evaluados presentaron protandria, es decir, la floración masculina previa a la femenina. Solo dos entradas, 'Forcinas2' y 'Gironell', presentaron protoginia, con la floración femenina previa a la masculina. Las entradas 'Avellanosa' y 'La Encrucijada', presentaron una separación temporal muy amplia entre ambas floraciones (ver Figura 14).

En cuanto al desborre, se observó un rango total de variación de 43 días, desde los 78 días de la variedad más temprana 'Camponica' a los 121 días de la variedad más tardía 'La Riera'. En cambio, en el momento en que queda definido el calibre del fruto, se observó un rango de variación pequeño, de 15 días, desde los 240 días de la variedad 'Morell' a los 255 días de las variedades 'Butler', 'Forcinas1', 'Llanos1' y 'Quirós' (ver Anexo II).

Se detectaron correlaciones significativas y positivas entre todos los caracteres fenológicos medidos, exceptuando el carácter calibre del fruto formado, de modo que aquellas variedades que inician antes la floración masculina también la terminan antes e igualmente ocurre con la floración femenina. Las entradas más precoces en floración también son más precoces para la brotación

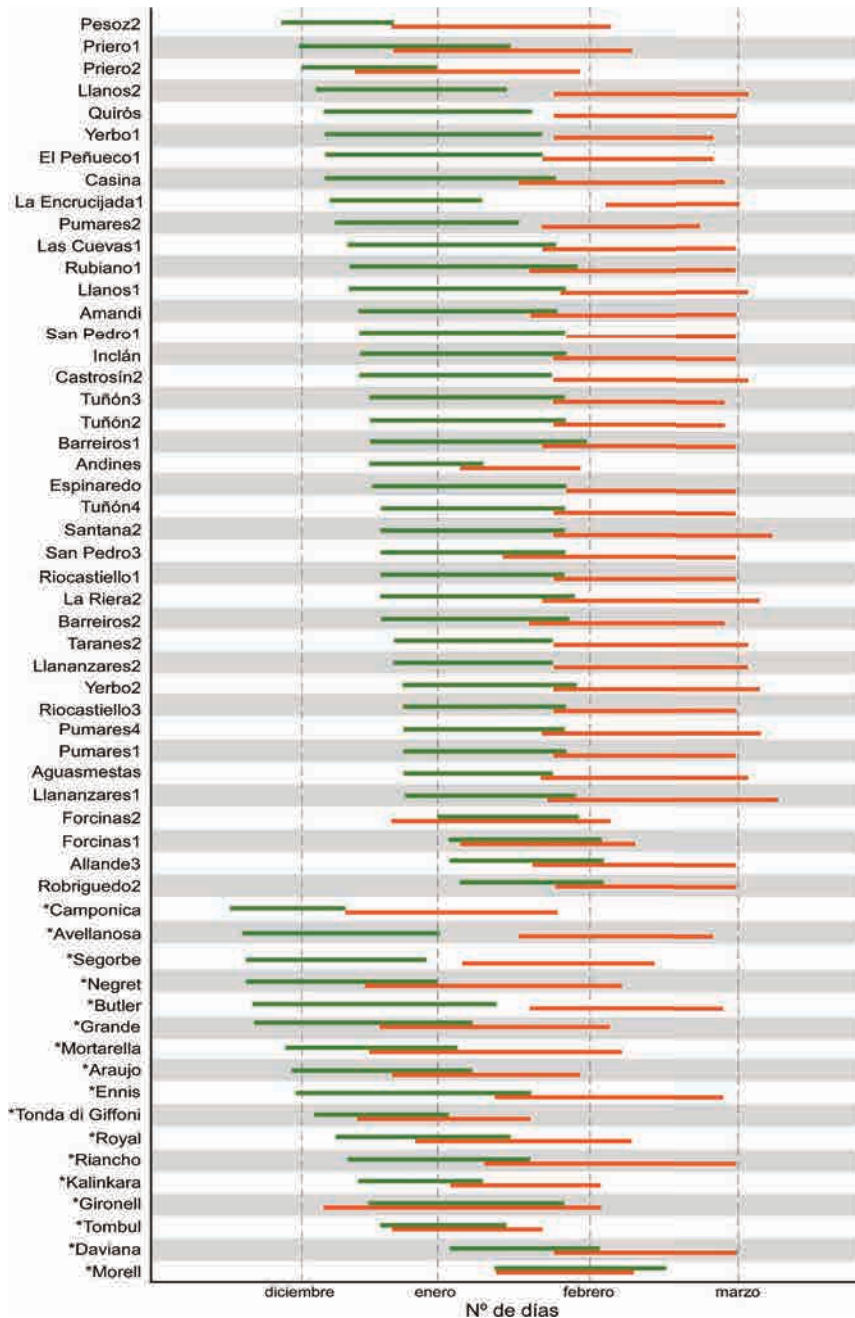


Figura 14. Periodo de floración masculina (color verde) y femenina (color naranja) observados en las condiciones de cultivo de Villaviciosa para 57 entradas o variedades reunidas en la colección SERIDA. Datos medios de los años 2017, 2018 y 2019. *: variedades testigo.

de las hojas. La falta de correlación entre el momento de formación del tamaño del fruto y el resto de los caracteres puede ser debida al escaso rango de variación que mostró este carácter, ya que apenas se observaron diferencias de 15 días entre la entrada más temprana y la más tardía.

De acuerdo con la lista de descriptores propuestos para esta especie (Bio-
versity y col. 2008) las variedades de avellano pueden clasificarse según el
inicio de floración en variedades tempranas, medias o tardías. Teniendo en
cuenta que la entrada o variedad más tardía floreció a los 70 días (contados
a partir del 1 de diciembre), se consideraron 3 periodos de 23 días para cla-
sificar las variedades como tempranas (florece antes del 23 de diciembre),
medias (entre el 24 de diciembre y el 15 de enero) o tardías (a partir del 15
de enero). Igualmente, se clasificaron las variedades o entradas en función
de la floración femenina en tempranas (floración femenina antes del 27 de
enero), medias (entre 28 de enero y el 14 de febrero) y tardías (a partir del
14 de febrero). La Tabla 2 muestra una clasificación de las entradas evaluadas
en este trabajo de acuerdo con los criterios descritos. Las entradas de origen
asturiano más tempranas tanto para la floración masculina como femenina
fueron ‘Pesoz2’, ‘Priero1’ y ‘Priero2’.

Tabla 2. Clasificación de las variedades o entradas de avellano según las floraciones masculina y femenina en las condiciones de cultivo de Villaviciosa (media en los años 2017, 2018 y 2019).

Masculina ♂	Femenina ♀	Variedades
Temprana	Temprana	Camponica, Negret, Grande
	Media	Segorbe, Avellanosa, Butler
	Tardía	-
Media	Temprana	Gironell, Tonda di Giffoni, Mortarella, Araujo, Royal, Priero1, Priero2, Pesoz2
	Media	Kalinkara, Riancho, Ennis, Andines, Casina, Rubiano1, Amandi
	Tardía	El Peñueco1, Pumares2, Barreiros1, Las Cuevas1, Llanos1, Llanos2, Quirós, Yerbo1, Castrosín2, Inclán, Tuñón2, Tuñón3, San Pedro1, Espinaredo, La Encrucijada1
Tardía	Temprana	Tombul, Forcinas2
	Media	Morell, Forcinas1, San Pedro3, Barreiros2, Allande3
	Tardía	Daviana, Aguasmestas, La Riera2, Pumares1, Pumares4, Amandi, Riocastiello1, Riocastiello3, Santana2, Tuñón4, Llananzares2, Taranes2, Yerbo2, Robriguedo2

Para el diseño de las plantaciones de avellano conviene usar variedades que presenten la mayor superposición posible de los periodos de floración masculina y femenina y favorecer así la polinización. En este trabajo no se identificaron variedades que proporcionen polen durante todo el rango de duración de la floración femenina en la colección. Por este motivo, suelen recomendarse el uso de dos o tres variedades polinizadoras en las plantaciones, que cubran todo el período de floración femenina, y que sean compatibles genéticamente con la variedad base. Las variedades asturianas presentaron una duración media de la floración masculina de 37 días que se solapó bien con el periodo de floración femenina de las variedades de referencia. También son interesantes variedades con una duración larga de la floración femenina para asegurar la presencia de flores receptivas a la polinización. Las variedades asturianas presentaron una duración media de la floración femenina de 40 días, pero escaso solapamiento con las floraciones masculinas de las variedades de referencia, si exceptuamos 'Morell'. Los resultados observados en las condiciones de Villaviciosa concuerdan con lo descrito por Germain y Sarraquigne (2004), quienes establecen que la emisión media de polen de un árbol es cercana al mes y la duración de la floración femenina es más larga.

5.3 Caracterización morfológica de fruto

Durante las campañas 2017, 2018 y 2019 se cosecharon avellanas de cada árbol de la colección. Los frutos se secaron en sombreado y posteriormente se caracterizaron morfológicamente utilizando caracteres cualitativos y cuantitativos.

5.3.1 Caracterización cualitativa

La caracterización tradicional de la variación morfológica de avellano se basó en un juego de descriptores o caracteres estandarizado internacionalmente que incluye caracteres del árbol, hoja, brote, involucro, avellana y grano (Bioversity y col. 2008). La mayor parte de estos caracteres son de naturaleza cualitativa y para cada uno de ellos se propusieron clases que permiten clasificar las variedades. En este trabajo se seleccionaron 12 descriptores cualitativos del involucro y la avellana, con baja componente subjetiva en la valoración para una fácil diferenciación de los materiales vegetales (Tabla 3). La mayor parte del material asturiano presentó avellanas con forma globular, sección circular, color marrón claro, con un ápice plano y con una forma basal convexa o plana.

Tabla 3. Caracterización de 39 entradas asturianas basándose en 12 descriptores cualitativos de involucro y fruto descritos por Bioversity y col. (2008). Entre paréntesis se indica el número de accesiones asturianas calificadas dentro de cada clase fenotípica. Forma longitudinal: eje principal de la avellana; Forma transversal: eje perpendicular al eje principal.

Descriptor		Clases					
INVOLUCRO							
6.6.1	Constricción	Ausente (33)	Presente (6)				
6.6.2	Longitud en relación al fruto	Más corto (2)	Igual (4)	Más largo (33)			
6.6.3	Dentado	Débil (0)	Medio (29)	Fuerte (10)			
6.6.4	Serrado	Débil (4)	Medio (18)	Fuerte (17)			
6.6.7	Densidad pilosidad	Ausente (21)	Baja (13)	Alta (4)	Muy Alta (1)		
AVELLANA							
6.6.12	Forma longitudinal	Achatada (1)	Globular (32)	Cónica (1)	Ovoide (0)	Subcilíndrica corta (4)	Subcilíndrica larga (1)
6.6.13	Forma transversal	Elíptica (5)	Circular (34)	Triangular (0)	Rectangular (0)		
6.6.14	Color	Blanco (0)	Amarillento (2)	Marrón claro (28)	Marrón (7)	Marrón oscuro (2)	
6.6.15	Estriado	Ausente (15)	Poco (20)	Medio (4)	Fuerte (0)		
6.6.16	Forma ápice	Plano (26)	Obtuso (12)	Afilado (1)	Muy Afilado (0)		
6.6.18	Cicatriz pistilar	Pequeña (18)	Media (20)	Grande (1)			
6.6.21	Curvatura cicatriz basal	Cóncava (1)	Plana (16)	Convexa (22)			

5.3.2 Caracterización cuantitativa

Respecto a los caracteres cuantitativos del fruto, se registraron las dimensiones externas de la avellana (longitud: medida del eje principal de la avellana, ancho: medida del eje perpendicular al eje principal y grueso; parte más ancha perpendicular a la sutura o ápice de la avellana) y las dimensiones

del grano (longitud, ancho y grueso) en 20 avellanas tomadas al azar de cada árbol de la colección. También se registró el peso de la avellana y del grano en 10 avellanas de cada árbol y se estimó el rendimiento en grano. Finalmente, se valoró la proporción de avellanas con granos dobles y la proporción de avellanas vacías. A partir de los datos obtenidos en cada fruto se estimaron las medias para cada variedad y la correlación entre las variables. En el Anexo III se muestran los datos medios de las caracterizaciones cuantitativas.

Los resultados revelaron variación para los caracteres medidos. Así, por ejemplo, dentro del material local la longitud de la avellana osciló entre 1,7 cm ('Robriguedo2') y 2,1 cm ('Allande3'). La longitud del grano osciló entre 1,2 cm ('Robriguedo2') y 1,7 cm ('Allande3'). El peso de 10 avellanas osciló entre 14,5 g ('Llanos2') y 22,8 g ('Allande3') y el rendimiento en grano entre 39% ('Forcinas1') y 55% ('Llananzares2'). En general, el material de origen asturiano presentó avellanas de dimensiones más pequeñas y con mayores rendimientos en grano que las variedades testigo analizadas en este trabajo. Avellanas con rendimiento en grano alto indican una cáscara fina y son muy interesantes desde el punto de vista del productor, ya que la industria paga por el peso del grano.

Se encontraron correlaciones positivas y significativas entre las dimensiones y el peso de las avellanas y de los granos, es decir, las avellanas con mayores dimensiones también tenían granos más grandes. En cambio, las correlaciones fueron significativas pero negativas entre el rendimiento en grano y las dimensiones de avellana, del grano y el peso de las avellanas con cáscara; es decir, los valores más altos de rendimiento en grano fueron encontrados en las avellanas más pequeñas.

En base a la caracterización cuantitativa, las variedades se agruparon mediante un análisis cluster combinado con un análisis de componentes principales (PCA) realizado con el proyecto R (R core Team 2018). Las diferencias entre los grupos establecidos se estudiaron mediante la prueba de Tukey. Se identificaron 3 grupos principales que fueron representados en una gráfica bidimensional con las dos componentes principales obtenidas en el análisis PCA (Figura 15). La variedad turca 'Kalinkara', con una avellana muy grande y achatada, se separó del resto de variedades en la agrupación. Las características de cada grupo fueron:

- **Grupo 1**, constituido por 39 accesiones de origen asturiano excepto las variedades testigo 'Morell' y 'Tombul', se caracteriza por tener los granos significativamente más pequeños y con mayor rendimiento en grano. En este grupo se encuentran las cuatro variedades asturianas descritas por Álvarez-Requejo (1965) 'Amandi', 'Casina', 'Espinaredo' y 'Quirós'.

- **Grupo 2**, formado por 10 accesiones, todas ellas variedades de referencia excepto las accesiones de origen local 'Allande3' y 'Pumares2'. Este grupo se caracteriza por presentar unos valores intermedios para la mayoría de los caracteres medidos.
- **Grupo 3**, constituido por 6 accesiones de referencia, 'Butler', 'Camponica', 'Ennis', 'Royal' y 'Tonda di Giffoni' y la accesión de origen cántabro 'Riancho'. Se caracteriza por presentar dimensiones de avellanas significativamente mayores que los grupos 1 y 2.

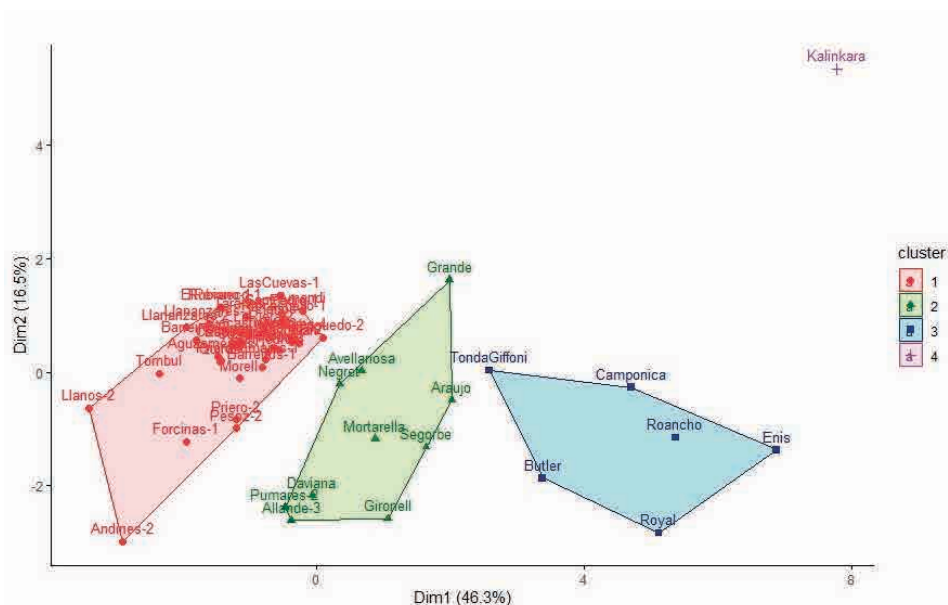


Figura 15. Gráfico en dos dimensiones mostrando el agrupamiento de las accesiones de avellano obtenida mediante un análisis componentes principales (PCA) combinado con un análisis cluster usando las dimensiones de la avellana, grano y en rendimiento en grano (datos 2017, 2018 y 2019).

6. DESCRIPCIÓN DE POTENCIALES VARIEDADES

Las características deseables para una variedad de avellano deberían incluir, según Botta y col. (2019):

- **Caracteres del árbol**, baja emisión de hijuelos, moderado vigor, brotación tardía para evitar heladas y elevada producción.
- **Caracteres de floración**, amplios periodos de floración masculina y femenina, abundante producción de polen, y cosecha concentrada. Utilización de variedades compatibles.
- **Caracteres de fruto**, alto rendimiento en grano, bajo porcentaje de avellanas con defectos, uniformidad y en el caso particular de avellanas enteras destinadas al consumo fresco, tamaños medios o grandes, color atractivo, facilidad para el cascado y buen sabor.
- Elevados niveles de **resistencia o tolerancia** frente a plagas y enfermedades.

A partir de los resultados de las caracterizaciones realizadas sobre el material reunido en la colección del SERIDA se puede concluir que:

- Las avellanas asturianas forman un grupo bastante homogéneo en cuanto a morfología y variación molecular pero diferenciado de otras avellanas no locales.
- Las avellanas asturianas muestran, en general, un tamaño pequeño, pero con un alto rendimiento en grano. Muchas de ellas presentaron un fruto de forma globular similar al tipo 'Casina', considerado el prototipo de variedad asturiana, con ligeras variaciones.
- Las avellanas asturianas presentan una floración femenina que puede clasificarse como tardía (a partir del 14 de febrero).

Teniendo en cuenta toda la información reunida en las caracterizaciones se realizó una preselección estratificada para identificar aquellas accesiones locales más prometedoras, buscando seleccionar una amplia diversidad fenotípica junto con características deseables.

En primer lugar, se seleccionaron las variedades '**Amandi**', '**Casina**', '**Espinaredo**' y '**Quirós**' por razones históricas, ya que derivaban de los trabajos pioneros de Álvarez-Requejo (1965).

En segundo lugar, se consideraron los caracteres fenotípicos del árbol como desarrollo y producción de hijuelos. De este modo se descartaron siete accesiones: 'La Encrucijada1' por su escaso desarrollo, 'Andines', 'Las Cuevas1', 'Allande3', 'Barreiros2', 'Castrosin2' y 'Pesoz2' por su tendencia a emitir muchos rebrotes, característica no deseable para un buen manejo de las plantaciones. Por otro lado, teniendo en cuenta la época de floración femenina resultaron muy interesantes las accesiones con floración femenina temprana: 'Forcinas2', 'Priero1' y 'Priero2' (ver Figura 14 y Anexo II).

En tercer lugar, se consideró el fenotipo de la avellana, tanto para rasgos cualitativos como cuantitativos. Se buscaron fenotipos diferentes a los que mostraba la variedad 'Casina', tomada como referencia, en busca de reunir una amplia diversidad de fruto. Bajo este criterio se seleccionaron las accesiones 'Pumares2' con una avellana más clara, y 'Llananzares2' con una avellana más oscura. También se seleccionaron 'Llanos2' y 'Robriguedo2' por su morfología diferenciada. Finalmente, se consideró el origen geográfico de modo que estuviesen representados árboles recolectados en la zona oriental, central y occidental de Asturias, previsiblemente adaptados a ambientes distintos. Para este criterio resultó muy interesante el árbol 'Taranes2', ya que fue el único recolectado en el concejo de Ponga y además se recolectó en zona de montaña, a una altitud de 600 m (ver Tabla 1).

De este modo se seleccionaron 11 accesiones locales asturianas como las más prometedoras para evaluar en futuros ensayos agronómicos: **'Amandi'**, **'Casina'**, **'Espinaredo'**, **'Quirós'**, **'Forcinas2'**, **'Llananzares2'**, **'Llanos2'**, **'Priero1'**, **'Pumares2'**, **'Robriguedo2'** y **'Taranes2'**

Las características de estas accesiones se detallan a continuación.

CASINA



Variedad local de avellana incluida en los trabajos de Álvarez Requejo (1965) de tamaño pequeño, forma globular, color claro, alto rendimiento en grano y cascara delgada. Involucro abierto. Esta variedad se utilizó, por sus buenas características, como parental en los primeros cruzamientos realizados en la Universidad de Oregón (OSU, Corvallis, EEUU) dentro del programa de mejora genética del avellano. Se considera el prototipo de variedad asturiana.

CONCEJO DE ORIGEN: desconocido

FLORACIÓN	CALIBRE FRUTO
Masculina: Media Femenina: Media	Dimensiones de avellana (cm): 1,8 x 1,7 x 1,6 Dimensiones del grano (cm): 1,4 x 1,2 x 1,2 Peso 10 avellanas: 17,9 g Rendimiento en grano: 52,1%
INVOLUCRO	AVELLANA
Constricciones: Ausentes Longitud en relación al fruto: Más largo Dentado: Medio Serrado: Medio Vellosidad: Baja	Forma longitudinal: Globular Forma transversal: Circular Color: Marrón Claro Estriado: Ausente Forma ápice: Plano Cicatriz pistilar: Pequeña Curvatura cicatriz basal: Convexa

ESPINAREDO



Variedad local de avellana, incluida en los trabajos de Álvarez Requejo (1965), de tamaño pequeño, forma globular y alto rendimiento en grano. Involucro mayor que el fruto y abierto.

CONCEJO DE ORIGEN: desconocido

FLORACIÓN	CALIBRE FRUTO
Masculina: Media Femenina: Tardía	Dimensiones de avellana (cm): 1,8 x 1,7 x 1,6 Dimensiones del grano (cm): 1,4 x 1,3 x 1,2 Peso 10 avellanas: 18 g Rendimiento en grano: 51,9%
INVOLUCRO	AVELLANA
Constricciones: Ausentes Longitud en relación al fruto: Más largo Dentado: Medio Serrado: Medio Vello: Ausente	Forma longitudinal: Globular Forma transversal: Circular Color: Marrón Claro Estriado: Ausente Forma ápice: Plano Cicatriz pistilar: Pequeña Curvatura cicatriz basal: Plana

AMANDI



Variedad local de avellana, incluida en los trabajos de Álvarez Requejo (1965), de tamaño intermedio, forma globular y alto rendimiento en grano. Involucro abierto.

CONCEJO DE ORIGEN: desconocido

FLORACIÓN	CALIBRE FRUTO
Masculina: Tardía Femenina: Tardía	Dimensiones de avellana (cm): 1,8 x 1,9 x 1,6 Dimensiones del grano (cm): 1,4 x 1,3 x 1,2 Peso 10 avellanas: 19,7 g Rendimiento en grano: 52,6%
INVOLUCRO	AVELLANA
Constricciones: Ausentes Longitud en relación al fruto: Igual-Más largo Dentado: Medio Serrado: Medio Velloso: Baja	Forma longitudinal: Globular Forma transversal: Circular Color: Marrón Claro Estrizado: Ausente Forma ápice: Plano Cicatriz pistilar: Pequeña Curvatura cicatriz basal: Plana

QUIRÓS



Variedad local de avellana, incluida en los trabajos Álvarez Requejo (1965), de tamaño pequeño, forma globular y alto rendimiento en grano. Involucro abierto.

CONCEJO DE ORIGEN: Quirós

FLORACIÓN	CALIBRE FRUTO
Masculina: Media Femenina: Tardía	Dimensiones de avellana (cm): 1,8 x 1,7 x 1,5 Dimensiones del grano (cm): 1,4 x 1,3 x 1,1 Peso 10 avellanas: 18 g Rendimiento en grano: 51,3%
INVOLUCRO	AVELLANA
Constricciones: Ausentes Longitud en relación al fruto: Más largo Dentado: Medio Serrado: Débil Vello: Baja	Forma longitudinal: Globular Forma transversal: Circular Color: Marrón Estriado: Ausente Forma ápice: Plano Cicatriz pistilar: Media Curvatura cicatriz basal: Convexa

FORCINAS2



Variedad local de avellana, localizada en la prospección 2003-2005, de tamaño pequeño, forma globular, y alta proporción de almendra. Única variedad local que presenta protoginia (floración femenina precede a la masculina). Recogida a 90 m sobre nivel del mar. Involucro abierto y corto dejando ver bien el fruto. Elevada producción de hijuelos.

CONCEJO DE ORIGEN: Pravia

FLORACIÓN	CALIBRE FRUTO
Masculina: Tardía Femenina: Temprana	Dimensiones de avellana (cm): 1,8 x 1,7 x 1,6 Dimensiones del grano (cm): 1,3 x 1,3 x 1,2 Peso 10 avellanas: 16,7 g Rendimiento en grano: 49,9 %
INVOLUCRO	AVELLANA
Constricciones: Ausentes Longitud en relación al fruto: Más corto Dentado: Fuerte Serrado: Medio Vello: Ausente	Forma longitudinal: Globular Forma transversal: Circular Color: Marrón Estriado: Poco Forma ápice: Obtuso Cicatriz pistilar: Pequeña Curvatura cicatriz basal: Plana

LLANANZARES2



Variedad local de avellana localizada en la prospección 2003-2005, de tamaño pequeño, forma globular, color marrón oscuro y alto rendimiento en grano. Recogida en zona de montaña, a 650 m sobre el nivel del mar. Involucro abierto y corto.

CONCEJO DE ORIGEN: Aller

FLORACIÓN	CALIBRE FRUTO
Masculina: Tardía Femenina: Tardía	Dimensiones de avellana (cm): 1,8 x 1,7 x 1,5 Dimensiones del grano (cm): 1,3 x 1,2 x 1,2 Peso 10 avellanas: 16,7 g Rendimiento en grano: 54,9%
INVOLUCRO	AVELLANA
Constricciones: Ausentes Longitud en relación al fruto: Más largo Dentado: Fuerte Serrado: Fuerte Velloso: Ausente	Forma longitudinal: Globular Forma transversal: Circular Color: Marrón oscuro Estriado: Medio Forma ápice: Plano Cicatriz pistilar: Pequeña Curvatura cicatriz basal: Convexa

LLANOS2



Variedad local de avellana localizada en la prospección 2003-2005, con una morfología diferenciada, de tamaño pequeño, forma subcilíndrica y alto rendimiento en grano. Involucro largo y abierto.

CONCEJO DE ORIGEN: Aller

FLORACIÓN	CALIBRE FRUTO
Masculina: Media Femenina: Tardía	Dimensiones de avellana (cm): 1,8 x 1,6 x 1,3 Dimensiones del grano (cm): 1,4 x 1,2 x 1,0 Peso 10 avellanas: 14,5 g Rendimiento en grano: 53,8 %
INVOLUCRO	AVELLANA
Constricciones: Ausentes Longitud en relación al fruto: Más largo Dentado: Medio Serrado: Baja Vello: Ausente	Forma longitudinal: Subcilíndrica-corta Forma transversal: Elíptica Color: Marrón claro Estriado: Poco Forma ápice: Afilado Cicatriz pistilar: Pequeña Curvatura cicatriz basal: Convexa

PRIERO1



Variedad local de avellana localizada en la prospección 2003-2005, de tamaño pequeño, forma cónica, y floraciones masculina y femenina tempranas. Es la variedad local que presentó una duración de la floración femenina más larga (49 días). Involucro cerrado y envolvente.

CONCEJO DE ORIGEN: Salas

FLORACIÓN	CALIBRE FRUTO
Masculina: Media Femenina: Temprana	Dimensiones de avellana (cm): 1,7 x 1,7 x 1,6 Dimensiones del grano (cm): 1,3 x 1,2 x 1,2 Peso 10 avellanas: 16,6 g Rendimiento en grano: 48,8%
INVOLUCRO	AVELLANA
Constricciones: Presente Longitud en relación al fruto: Más largo Dentado: Medio Serrado: Fuerte Velloso: Alta	Forma longitudinal: Cónica Forma transversal: Circular Color: Marrón Estriado: Ausente Forma ápice: Obtuso Cicatriz pistilar: Media Curvatura cicatriz basal: Plana

PUMARES2



Variedad local de avellana localizada en la prospección 2003-2005 de tamaño mediano, forma longitudinal subcilíndrica, color amarillento y floración femenina tardía. Involucro cerrado y mayor que el fruto.

CONCEJO DE ORIGEN: Santa Eulalia de Oscos

FLORACIÓN	CALIBRE FRUTO
Masculina: Media	Dimensiones de avellana (cm): 2,1 x 1,7 x 1,5
Femenina: Tardía	Dimensiones del grano (cm): 1,6 x 1,2 x 1,1
	Peso 10 avellanas: 21,7 g
	Rendimiento en grano: 41,7%
INVOLUCRO	AVELLANA
Constricciones: Ausente	Forma longitudinal: Subcilíndrica corta
Longitud en relación al fruto: Más largo	Forma transversal: Elíptica
Dentado: Medio	Color: Amarillenta
Serrado: Medio	Estriado: Poco
Vellosidad: Ausente	Forma ápice: Obtuso
	Cicatriz pistilar: Pequeña
	Curvatura cicatriz basal: Convexa

ROBRIGUEDO2



Variedad local de avellana localizada en la prospección 2003-2005 de tamaño pequeño, morfología diferenciada con una forma longitudinal achatada y floración masculina y femenina tardías. Involucro abierto y corto dejando ver bien el fruto.

CONCEJO DE ORIGEN: Peñamellera baja

FLORACIÓN	CALIBRE FRUTO
Masculina: Tardía Femenina: Tardía	Dimensiones de avellana (cm): 1,7 x 1,9 x 1,6 Dimensiones del grano (cm): 1,2 x 1,4 x 1,2 Peso 10 avellanas: 19,6 g Rendimiento en grano: 42,4 %
INVOLUCRO	AVELLANA
Constricciones: Ausente Longitud en relación al fruto: Igual Dentado: Fuerte Serrado: Medio Velloso: Ausente	Forma longitudinal: Achatada Forma transversal: Circular Color: Marrón claro Estriado: Ausente Forma ápice: Plano Cicatriz pistilar: Grande Curvatura cicatriz basal: Cóncava

TARANES2



Variedad local de avellana, localizada en la prospección 2003-2005, de tamaño pequeño, forma longitudinal globular, alto rendimiento en grano, floraciones masculina y femenina tardía y cultivada en montaña. Involucro abierto e igual o ligeramente mayor que el fruto.

CONCEJO DE ORIGEN: Ponga

FLORACIÓN	CALIBRE FRUTO
Masculina: Tardía Femenina: Tardía	Dimensiones de avellana (cm): 1,8 x 1,7 x 1,6 Dimensiones del grano (cm): 1,3 x 1,3 x 1,2 Peso 10 avellanas: 18,3 g Rendimiento en grano: 52,8 %
INVOLUCRO	AVELLANA
Constricciones: Ausente Longitud en relación al fruto: igual o ligeramente mayor Dentado: Medio Serrado: Medio Vello: Ausente Cicatriz pistilar: Pequeña	Forma longitudinal: Globular Forma transversal: Circular Color: Marrón claro Estrado: Poco Forma ápice: Plano Curvatura cicatriz basal: Convexa

7. ORIENTACIONES PARA EL CULTIVO DEL AVELLANO EN ASTURIAS

Para la recuperación y modernización del avellano, la actual forma de cultivo en Asturias debería evolucionar hacia unos mayores niveles de profesionalización que incluyan un diseño de las plantaciones y unos cuidados que garanticen una producción rentable y sostenible. En el establecimiento y manejo de estas plantaciones deben considerarse los aspectos básicos que se resumen:

7.1 Selección de las variedades

En una especie como el avellano que presenta autoincompatibilidad, la elección de las variedades resulta crucial para alcanzar unas producciones rentables. Teniendo en cuenta que Asturias tiene una larga tradición en el cultivo y aprovechamiento del avellano, resulta muy recomendable utilizar variedades locales puesto que se encuentran adaptadas a las condiciones de cultivo. Además, estas variedades locales deberían combinarse con variedades compatibles en los periodos floración (véase Figura 14) o bien con materiales silvestres. Una práctica muy extendida en Asturias es instalar ejemplares silvestres en las proximidades de la parcela que sirvan como fuente de polen. Estos ejemplares silvestres son árboles derivados de germinación de avellanas, que producen poco fruto y de baja calidad, pero productores de una gran cantidad de polen.

Respecto a la incompatibilidad genética del material local, existen algunos trabajos que estudian la incompatibilidad del polen en algunas de las variedades incluidas en la colección SERIDA (Mehlenbacher y Thompson 1988). Por ejemplo, la variedad turca 'Tombul' se ha descrito como parcialmente autoincompatible, con producciones que rondan un 44% en las flores que se polinizan consigo mismas; 'Ennis' y 'Negret' son autoincompatibles, con producciones entorno al 7%; 'Casina', la principal variedad asturiana, se ha definido como una variedad estrictamente autoincompatible, con producciones por debajo del 1% o incluso del 0% cuando las flores se autopolinizan. Teniendo en cuenta que los estudios con marcadores moleculares han revelado que las variedades asturianas están bastante próximas entre si genéticamente, es esperable que estos estudios de autoincompatibilidad realizados con 'Casina' puedan extrapolarse al resto de variedades locales. Se han

definido como variedades compatibles genéticamente con 'Casina' las variedades de referencia 'Segorbe', 'Barcelona', 'Ennis', 'Tonda di Giffoni', 'Butler', 'Daviana' y 'Morell', y como incompatibles genéticamente 'Tonda Gentile Romana' y 'Negret' (Mehlenbacher y Miller 1988; Mehlenbacher y Thompson 1988). En las condiciones de cultivo de Villaviciosa las variedades 'Daviana' y 'Morell' se comportan como buenas variedades polinizadoras de 'Casina', ya que además de ser genéticamente compatibles, tienen una floración masculina tardía que se solapa con la floración femenina de la mayoría de las variedades asturianas (ver Figura 14).

7.2 Preparación del terreno

Esta tarea deber realizarse con suficiente anterioridad al trasplante (otoño-invierno) y debería consistir en un subsolado y pase de fresa cuando las condiciones de humedad del suelo lo permitan. Conviene incluir entre estas tareas un abonado de fondo diseñado a partir de los correspondientes análisis de suelo.

7.3 Diseño de plantación

En una plantación profesional, la distancia entre calles, y entre plantas dentro de calle, debe adaptarse a cada caso concreto teniendo en cuenta el vigor de las variedades, la maquinaria de trabajo disponible y el tipo de terreno. Se debería buscar una orientación de las calles norte-sur y un marco de plantación de 5-6 m entre calles y 3-4 m entre árboles. Por otro lado, dado que la mayoría de las variedades son autoincompatibles, conviene incluir en la plantación dos o más variedades diferentes (compatibles y coincidentes en el periodo de floración) para garantizar la polinización. Ya que la polinización es anemófila (por el viento), debe tenerse en cuenta el sentido de los vientos dominantes en época de floración, que debe ser perpendicular a las filas de árboles para asegurar una buena distribución del polen (Grau 2003).

En cuanto al número y distribución de los polinizadores hay varias propuestas según la referencia consultada. La proporción de polinizadores en una plantación puede oscilar entre el 8 y el 20% de la parcela (Schuster 1924; Germain 1994; Snare 2008; Botta y Valentini, 2018). Es recomendable utilizar un rango amplio de variedades polinizadoras para asegurar la disponibilidad de polen durante el período de floración femenina de la variedad base. Respecto a la distribución de las variedades polinizadoras, se pueden disponer en filas o como árboles aislados (Figura 16), aunque esta última distribución dificulta la recolección y el manejo por variedades. Schuster (1924) propone las condiciones de cultivo de Oregón (EEUU) un polinizador cada 3 árboles y cada 3 filas. Bergougnoux y col (1978) plantean una distribución en filas completas

de polinizadores cada 5 o 6 filas de variedad base, donde las filas de polinizadores no deben superar los 50 m (Botta y Valentini 2018). Mehlenbacher y Miller (1988) describen una distancia máxima de 20 m entre polinizador y variedad comercial por lo que plantea colocar un polinizador cada 6 árboles y cada 3 filas. En las plantaciones tradicionales asturianas se utilizaban como polinizadores árboles silvestres que dan una avellana que no tiene mucha calidad pero que, como ya se ha mencionado anteriormente, producen una elevada cantidad de polen y se supone que son compatibles con las variedades tradicionales asturianas. Se colocaban en los lindes de las parcelas.

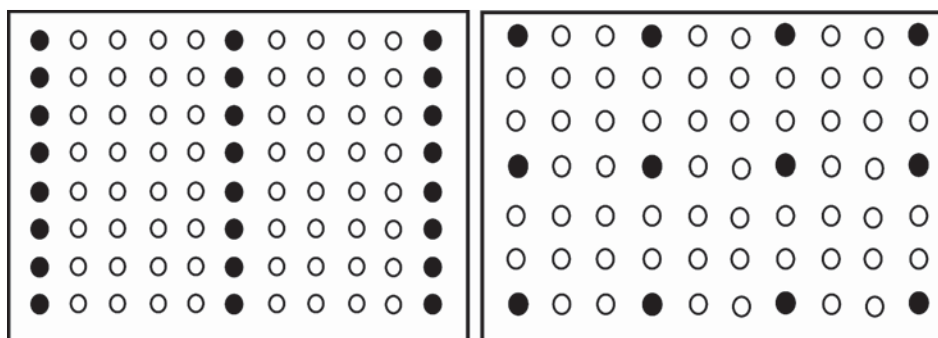


Figura 16. Ejemplo de dos posibles distribuciones de los árboles polinizadores en una plantación comercial. ● variedad polinizadora, ○ variedad principal

7.4 Mantenimiento de la parcela

La plantación debe mantenerse limpia de hierbas y malezas de modo que son necesarios 3-4 pases de desbrozado o siega anuales. Mantener una parcela limpia reduce la proliferación de plagas y enfermedades y resulta imprescindible para la recolección. También es conveniente aplicar abonados de manera periódica, ya que la nutrición de la planta es un factor determinante para su crecimiento y producción. Son usuales dosis aproximadas de 100 kg/ha N, 40 Kg/ha de P_2O_5 y 100 kg/ha de K_2O , (Tous y Rovira 2004). Estas recomendaciones de abonado dependen del tipo de suelo, edad de la plantación y manejo de esta. Por su mejor aprovechamiento, en caso de riego localizado o fertirrigación, estas dosis pueden ser más reducidas. Una buena metodología para abonar correctamente es tener en cuenta los resultados de los análisis foliares que son recomendables realizar cada año a mediados del mes de julio.

El cultivo del avellano tiene unas necesidades hídricas anuales de unos 800 mm para poder alcanzar buenos resultados productivos (Gispert 2015). Teniendo en cuenta los datos climatológicos (Anexo I) se observa que la lluvia

efectiva para el período 2017-2019, fue de unos 860 mm anuales, por lo que este cultivo habría tenido las necesidades cubiertas. Es importante que las aportaciones pluviométricas estén bien distribuidas a lo largo del año y que durante el período fisiológico del cultivo (marzo-septiembre), éstas cubran sus necesidades. Consultados los datos de pluviometría en este período, se constata que en los meses de primavera se cubren las necesidades hídricas del avellano, pero no en los meses de verano (junio-julio-agosto) por lo que sería recomendable un aporte hídrico de apoyo (80-100 mm) durante estos meses. Un estudio sobre la capacidad de retención de agua disponible de los suelos permitiría una aplicación del riego más exacta.

7.5 Poda

La poda tiene por objeto formar el árbol para mantenerlo sano y con una producción mantenida en el tiempo. Esta labor se suele realizar en noviembre-diciembre, después de la caída de hoja y cuando los amentos aún están en reposo invernal. El avellano presenta fructificación lateral y terminal en ramas del año anterior, por tanto, la poda debe estar dirigida a estimular una cantidad moderada de crecimiento nuevo cada año.



Figura 17. Aspecto de un árbol de la variedad 'Mortarella' de 6 años formado en un pie, antes y después de la poda.

La poda debe iniciarse eliminando los hijuelos o chupones anuales y luego la madera envejecida, buscando favorecer la aireación y la entrada de luz, mantener el máximo de ramas anuales y promover un crecimiento equilibrado de la planta. En los árboles jóvenes la poda tiene como principal objetivo equilibrar el sistema radicular con el desarrollo de la parte aérea dándole a ésta una formación (**poda de formación**). Este tipo de poda se mantiene durante los 4-5 primeros años y se utilizan dos tipos de formación principales, en vaso o en mata (Figuras 17 y 18). En los árboles adultos y formados se realiza una **poda de mantenimiento anual** que consiste en aclarar las ramas para favorecer la entrada de la luz, muy importante para estimular la inducción floral femenina, a la vez que se mantiene la formación. Se recomienda, cada 4-5 años intervenir con una poda más severa (Grau 2003).

En los últimos años, en Tarragona se están plantando árboles de avellano injertados sobre patrones no rebrotantes (Rovira y col. 2015). Los árboles se forman a un solo pie, y en vaso, para facilitar la mecanización de las labores del campo. Esta nueva manera de conducción de los árboles permite un ahorro de los costes de la plantación (mano de obra para quitar los hijuelos), a la vez que es más respetuosa con el medio ambiente (no se utilizan herbicidas para eliminar los hijuelos).

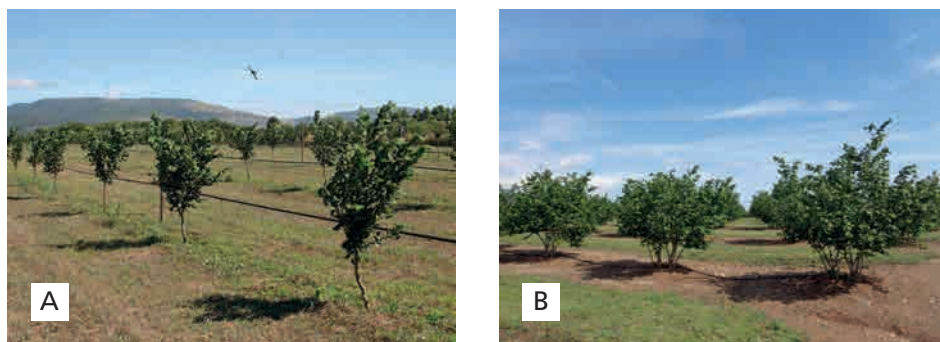


Figura 18. A: Plantación conducida en formación en vaso con un solo pie por árbol.
B: Plantación conducida en una formación en mata con varios pies por árbol.

7.6 Principales plagas

Para el control de las plagas es recomendable identificar y cuantificar los daños correctamente (Martín y col. 2015) y, si cabe, aplicar materias activas autorizadas (ver página <https://www.mapa.gob.es>). Las plagas más frecuentes en los cultivos de avellano en Asturias son:

Pulgon. Suelen aparecer en primavera y mantenerse hasta el verano. Los más frecuentes son *Corylobium avellanae* S. y *Myzocallis coryli* G. Viven en el envés de las hojas (Figura 19A) y sobre las yemas, causando un debilitamiento general de la planta debido a la savia que extraen. Esto puede conducir a una caída prematura de las hojas y finalmente repercutir en el tamaño y en la calidad de las avellanas.

Gorgojo del avellano. Es una de las plagas más importantes. Está producida por el insecto *Curculio nucum* L. (Figura 19B). Se distinguen dos tipos de daños: la picada alimenticia que realiza el adulto sobre el fruto inmaduro o en el pedúnculo, y los daños causados por la alimentación de la larva que devora el grano hasta dejar la avellana vacía. Los dos, provocan la caída prematura de los frutos. En el segundo caso la hembra, fecundada a finales de mayo-principios de junio, inicia la puesta, perfora la avellana y deposita un huevo en cada fruto. Este huevo eclosiona y será la larva la que se coma la avellana, y posteriormente sale del fruto haciendo un agujero circular en la cáscara, visible en la recolección (Figura 19B). La larva se entierra en el suelo, y emerge como adulto en primavera.

Taladro o barrenador. Está causado por el lepidóptero *Zeuzera pyrina* L. Los adultos ponen los huevos en las ramas y las orugas penetran en las ramas jóvenes y excavan galerías en sentido ascendente produciendo la muerte de las ramas (Figura 19C). En ocasiones es posible observar serrín en los orificios de entrada como consecuencia de su actividad. Para reducir los niveles de la plaga en fincas afectadas se puede realizar una lucha manual. Consiste en eliminar mecánicamente las orugas dentro de las galerías utilizando alambres o muelles. También es importante retirar y destruir la madera afectada y realizar tratamientos en el periodo de puesta y eclosión de los huevos (verano) si los daños fueran significativos. La técnica de confusión sexual ha sido experimentada en las plantaciones de Tarragona con éxito. Los dispensadores se deben colocar a finales de abril o primeros de mayo, antes de iniciarse el vuelo de los adultos.

Aborto de las yemas o BADO. Está causado por el ácaro *Phytoptus avellanae* Nal., el cual ataca las yemas fructíferas o vegetativas de modo que no pueden desarrollarse y se hinchan. El ácaro vive de forma sedentaria en el interior de la yema y sale con la llegada del buen tiempo, hacia marzo (inicio de la brotación), en busca de yemas tiernas. Una yema afectada se hincha a medida que el insecto se multiplica adquiriendo una coloración amarillenta y rojiza (Figura 19D). Los años de sequía favorecen la aparición de la plaga, y como consecuencia el árbol se debilita y las yemas atacadas se deforman y no brotan. Si la afectación es intensa, al año siguiente puede afectar a la cosecha y al desarrollo del árbol. El momento más apropiado para combatir la plaga es en el periodo migratorio del ácaro, hacia marzo. El número de tratamientos necesarios será de 3 o 4, distanciados quince o veinte días entre sí.

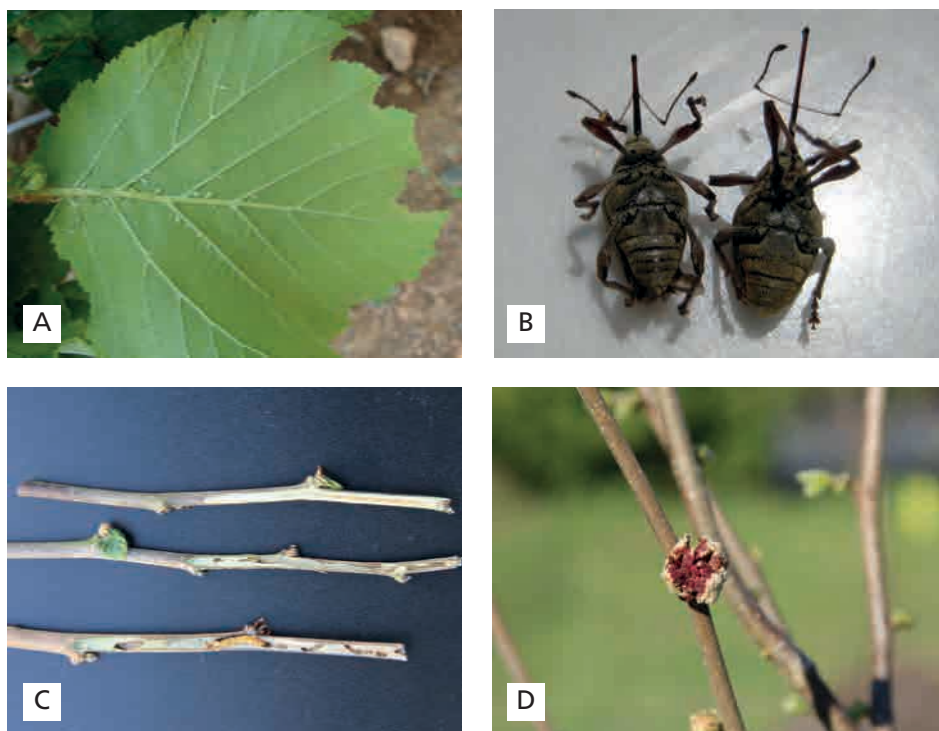


Figura 19. Algunas plagas frecuentes en los cultivos locales de avellano.

A: Pulgones en el envés de las hojas. B: Gorgojo del avellano (*Curculio nucum*) cedida por A. Aymami. C: Galerías desarrolladas por el taladro en ramas jóvenes (*Zeuzera pyrina*). D: BADOX en yemas.

7.7 Principales enfermedades

En referencia a las principales enfermedades del avellano, destacan las siguientes:

Yema seca. Producida por el hongo *Cryptosporiosis* spp. Esta enfermedad fúngica provoca el secado y posterior caída de yemas del avellano (Figura 20A).

Chancro del avellano. Producida por el hongo *Cytospora corylicola* Sacc. Enfermedad que en Cataluña se conoce como “sol-cuit” y en Italia “mal dello stacco”. Ataca a árboles de plantaciones viejas o debilitadas por condiciones agronómicas o ambientales adversas. Las temperaturas elevadas en verano y humedades ambientales altas en primavera-verano son factores climáticos que favorecen su desarrollo. El hongo penetra exclusivamente por heridas, principalmente por los cortes de poda o la eliminación de ramas muertas. Se recomienda proteger las heridas con una pasta protectora. Como prevención

de esta enfermedad fúngica se recomiendan tratamientos de cobre, en el momento de la brotación y en la caída de hoja (Figura 20B).

Virosis. Algunas variedades de avellano están infectadas por el Virus del Mosaico del Avellano (ApMV) (Figura 20C). El virus se transmite por heridas, por lo que se hace indispensable la limpieza de los utensilios de poda. Es muy importante el control de esta virosis en los viveros, ya que se ha demostrado que los árboles afectados, producen menos avellanas que los árboles sanos (Aramburu y Rovira 1998).

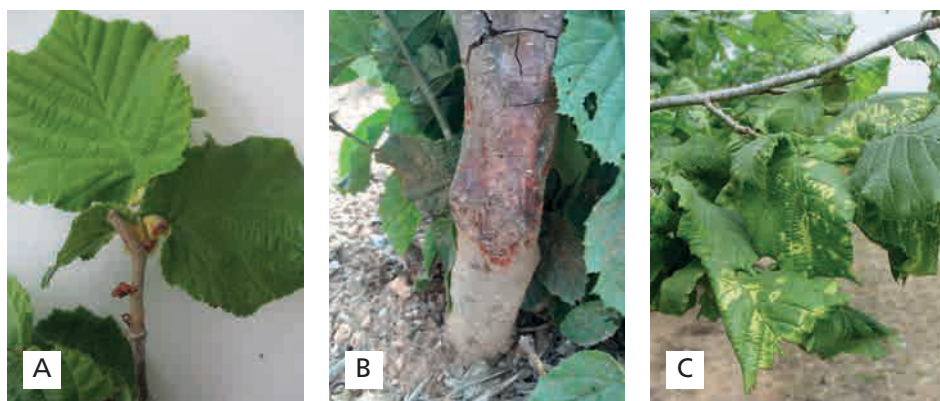


Figura 20. Principales enfermedades en el cultivo del avellano.

A: Yema seca. B: Chancro del avellano. C: Virus del mosaico del avellano, ApMV.

7.8 Recolección y manejo postcosecha en plantaciones comerciales

La recolección se realiza de dos maneras, directamente en el árbol una vez que la avellana muestra su color pardo característico dentro del involucre, o se recolecta del suelo después de agitar los árboles. En las plantaciones comerciales (Figura 21) se deja caer la avellana cuando está madura, antes ya se ha preparado el terreno, y se recoge con máquinas aspiradoras (se requieren dos operarios, el que lleva el tractor y el que aspira las avellanas) o integrales (barredora, aspiradora simultánea y requiere un solo operario que lleva el tractor), según la tipología del terreno y los marcos de plantación (Figura 21). Mediante el uso de esta maquinaria, ya se realiza una primera limpieza de las avellanas: se separan las avellanas vacías (que no pesan) con las hojas, y las piedras (más pesadas que las avellanas). Es importante que la avellana se recoja lo antes posible una vez está en el suelo para evitar la humedad, posibles contaminaciones y preservar su buena calidad. Las avellanas recolectadas se secan hasta que alcanzan un contenido en humedad del 6%. Para ello se almacenan en silos (Figura 22), normalmente ventilados y protegidos de oscilaciones térmicas importantes (Tous y Rovira 2004). Por último,

se debe tener en cuenta que el grano presenta problemas de conservación una vez extraído de la cáscara ya que se rancian rápidamente como consecuencia de su exposición a la atmosfera.



Figura 21. Diferentes equipos usados en la recolección de la avellana.
A, B: máquinas aspiradoras. C, D: Máquinas integrales (Imagen de P. Arbonés).



Figura 22. Silo industrial para almacenar avellanas con cáscara.

7.9 Procesado de las avellanas

Las instalaciones modernas del procesado de avellana (Figura 23) incluyen clasificadores por análisis de imagen, que permiten eliminar granos podridos, trozos de cáscara y otros artefactos. Una vez descascarada la avellana y formados los lotes correspondientes (por variedad, calibre, calidad, etc.) se almacenan en cámaras de ambiente controlado (temperatura y humedad relativa) hasta su comercialización o procesado. El grano de la avellana se utiliza principalmente en la alimentación humana, ya sea fresco, tostado, frito, salado o como elemento integrador de diferentes productos elaborados asociados al cacao, o en la fabricación de turrone, mazapanes, helados, pasteles, bebidas, en cremas extensibles, etc. (Romero y col. 1997).

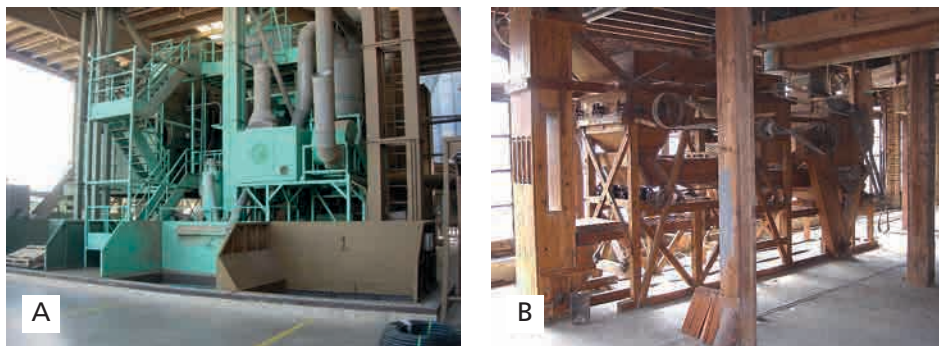


Figura 23. A: Planta de procesado de avellanas moderna. B: Máquina antigua tradicional para el descascarillado de avellanas (imagen cedida por Centro de Desarrollo Rural 'El Prial', Infiesto).

8. PERSPECTIVAS DE FUTURO: HACIA LA RECUPERACIÓN DEL CULTIVO

En este texto se ha resumido el trabajo desarrollado en el SERIDA en los últimos años en los que se llevó a cabo una prospección, se estableció una colección de campo con materiales locales, se estudió la diversidad genética reunida, y se preseleccionó un juego de variedades locales con potencial para el cultivo local. Sin embargo, el trabajo no finaliza aquí. Por una parte, en lo que se refiere al material vegetal resulta conveniente:

- I Continuar con la preservación de la diversidad genética local tanto manteniendo la colección de campo establecida como mejorándola con la incorporación de nuevas accesiones locales o variedades de interés.
- II Definir los alelos de incompatibilidad y evaluar el comportamiento agronómico de las variedades preseleccionadas en diferentes ambientes asturianos, así como ponerlas a disposición de los productores.

Por otro lado, en lo que respecta a la recuperación y desarrollo del cultivo local de avellana, los esfuerzos deberían implicar paralelamente, la **modernización** de los cultivos locales para que permitan unas producciones sostenibles y rentables en el tiempo, la **promoción y puesta en valor** del consumo de la avellana asturiana, muy especialmente para el consumidor y transformador local, y la **diferenciación** de las producciones locales.

Estamos seguros de que la coordinación de esfuerzos en todas estas direcciones permitirá revertir la situación actual de este cultivo tradicional en Asturias y la emergencia de un nuevo actor en la diversificación de las producciones regionales agroalimentarias. Esperemos que la sociedad asturiana reconozca y mantenga el potencial de este cultivo tradicional y que no caiga en el olvido.

REFERENCIAS

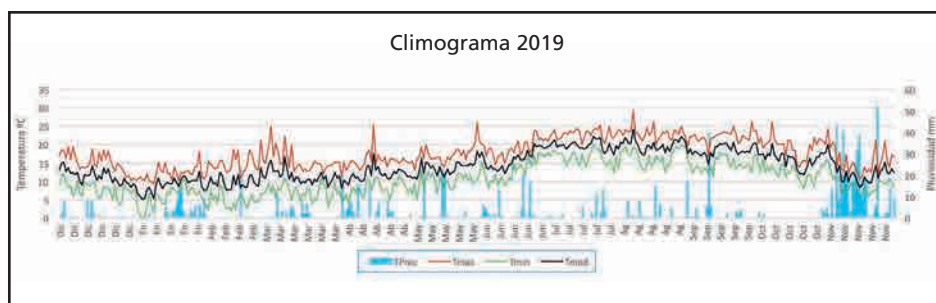
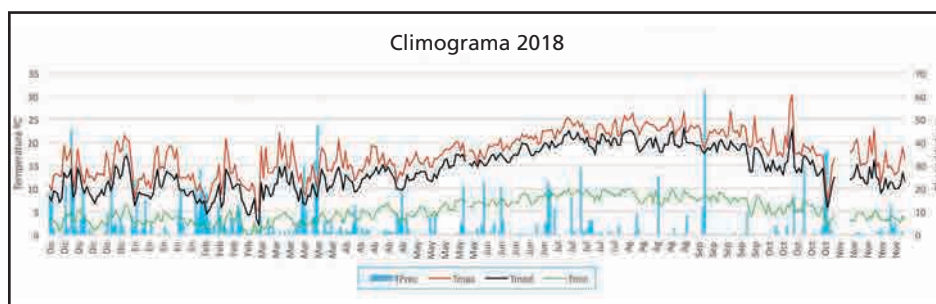
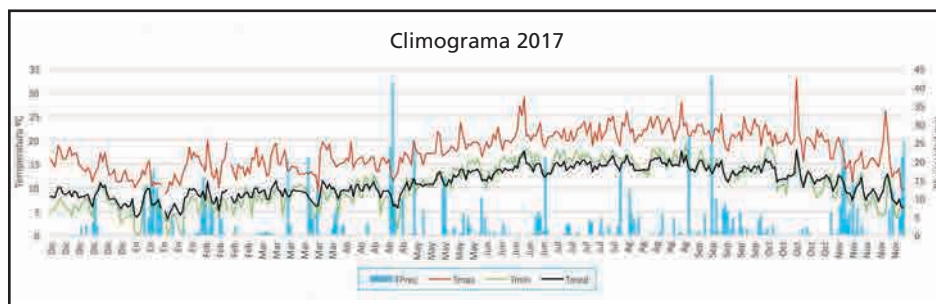
- ÁLVAREZ-REQUEJO S. (1965). El avellano. Manuales Técnicos N° 32. Ministerio de Agricultura, Madrid. 188 p.
- ARAMBURU J., ROVIRA M. (1998). Efecto de la enfermedad del mosaico del avellano causada por el virus ApMV, en la producción de avellana 'Negret'. Nutri-Fitos 98: 44-50.
- BERGOUNOUX F., GERMAIN E., SARRAQUINE J.P. (1978). Le noisetier, production et culture. INVUFLEC, éd. Paris, 161 pp.
- BIOVERSITY, FAO, CIHEAM (2008). Descriptors for hazelnut (*Corylus avellana* L.) Bioversity International, Rome, Italy; Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy; International Centre for Advanced Mediterranean Agromomic Studies, Zaragoza, Spain. ISBN: 978-92-9043-762-8.
- BOCCACCI P., AKKAK A., BOTTA R. (2006). DNA typing and genetic relations among European hazelnut (*Corylus avellana* L.) cultivars using microsatellite markers. Genome 49:598-611.
- BOTTA R., MOLNAR T.J., ERDOGAN V., VALENTINI N., TORELLO MARINONI D., MEHLENBACHER S.A. (2019). Hazelnut (*Corylus* spp.) Breeding. In: Al-Khayri J, Jain S, Johnson D (eds) Advances in Plant Breeding Strategies: Nut and Beverage Crops. Springer, Cham.
- BOTTA R., VALENTINI N. (2018). Il nocciolo. Progettazione e coltivazione del corileto (Tecnica & pratica). Edagricole-New Business Media.
- CAMPA A., TRABANCO N., PÉREZ-VEGA E., ROVIRA M., FERREIRA J.J. (2011). Genetic relationship between cultivated and wild hazelnuts (*Corylus avellana* L.) collected in northern Spain. Plant Breed 130:360-366.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2020); FAOSTAT, Estadísticas sobre alimentación y agricultura. <http://www.fao.org/faostat/> (acceso: febrero 2020).
- FERNÁNDEZ V., FERNÁNDEZ J.A., FERNÁNDEZ X., GARCÍA A., LÓPEZ J., MARTÍNEZ L., MUÑOZ J.A., PRIETO M.A., RODRÍGUEZ R., SUÁREZ J., SUÁREZ M., VILLA J. (2002). Trabayar pa comer. Producción y alimentación na Asturias tradicional. Fundación Municipal de Cultura, Educación y Universidad Popular. Ayuntamiento de Xixón-Gijón. 150 pp ISBN:84-87741-54-1.
- FERREIRA J.J., GARCÍA-GONZÁLEZ C., TOUS J., ROVIRA M. (2010). Genetic diversity revealed by morphological traits and ISSR markers in hazelnut germplasm from northern Spain. Plant Breed 129:435-441.

- FRAY TORIBIO DE SANTO TOMÁS Y PUMARADA (2006). Arte general de granjerías (1711-1714) De las granjerías temporales. Edición J López, MJ Priesca y J Suárez. Editorial San Esteban, Salamanca & Museo del Pueblo de Asturias, Gijón. 1211 pp.
- GERMAIN (1994). The reproduction of hazelnut (*Corylus avellana* L.): a review. *Acta Hort* 351: 195-209.
- GERMAIN E., SARRAQUIGNE J.P. (2004). Le noisetier. Institut National de la Recherche Agonomique (INRA), Francia, 291 pp.
- GISPERT J.R., TOUS J., ROMERO A., PLANA J., GIL J., COMPANY A. (2005). The influence of different irrigation strategies and the percentage of wet soil volume on the productive and vegetative behavior of the hazelnut tree (*Corylus avellana* L.). *Acta Hort* 686:333-341.
- GRAU P. (2003). Avellano europeo, manual de plantación y manejo. Instituto de Investigaciones Agropecuarias Gobierno de Chile, Boletín INIA 108, ISSN 0717-4829.
- KÖKSAL A., ARTIK N., SEMSEK A., GÜNES N. (2006). Nutrient composition of hazelnut (*Corylus avellana* L.) varieties cultivated in Turkey. *Food Chemistry* 99:509-515.
- LAGERSTEDT H. (1981). A new device for hot-callusing graft unions. *HortScience* 16:529-530.
- MAPA, Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación (2020). Anuario de estadística Agraria, <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/> (consultado: febrero 2020).
- MARTÍN A., ARRIBAS G., BARRIOS G. (2015) Guía de gestión integrada de plagas del avellano. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Gobierno de España. Madrid, España, 108 pp. (<https://www.mapa.gov.es>).
- MARTIN CERDEÑO V.J. (2017). Consumo de frutos secos en España. Distribución y consumo 107(I). <https://bit.ly/2Tg4VP3>.
- MEHLENBACHER S.A. (1997). Revised dominance hierarchy for S-alleles in *Corylus avellana* L. *Theor Appl Genet* 94:360-366.
- MEHLENBACHER S.A. (2014). Geographic distribution of incompatibility alleles in cultivars and selections of European hazelnut. *J Amer Soc Hort* 139:191-212.
- MEHLENBACHER S.A., MILLER A.N. (1988). Pollinizer management in a hazelnut orchard, Oregon State University.
- MEHLENBACHER S.A., THOMPSON M.M. (1988). Dominance relationships among S-alleles in *Corylus avellana* L. *Theor Appl Genet* 76:669-672.
- PERFIL AMBIENTAL DE ASTURIAS (2015). Publicaciones de Desarrollo Sostenible, Gobierno del Principado de Asturias. <https://www.asturias.es>
- R CORE TEAM (2018). A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>

- ROMERO A., TOUS J., PLANA J. (1997). Qualitat i Postcollita. En: El Conreu de l'avellaner (en catalán). Generalitat de Catalunya. SATOS J., SANTACANA J., PLANA J., GIL J.F., VARGAS J.F. (editores) p: 123-135.
- ROVIRA M. (1997). Genetic variability among hazelnut (*Corylus avellana* L.) cultivars. *Acta Horti* 445: 45-50.
- ROVIRA M., FERREIRA J.J., CAMPA A. (2018). Adaptability of hazelnut material from Asturias (northern Spain), in Tarragona area (northeastern Spain). *Acta Horti* 1226:197-204.
- ROVIRA M., FERREIRA J.J., TOUS J. (2008). Prospección de avellanos (*Corylus avellana* L.) en Asturias. *Fruticultura Profesional* 173: 16-23.
- ROVIRA M., HERMOSO J.F., ROMERO A., BATLLE I. (2015). Las nuevas plantaciones de avellano. *Vida Rural* 404:44-48.
- SCHUSTER C.E. (1924). Filbert, experimental data on filbert pollination. *Oregon Agric Expt Sta Bull* 208:25-38.
- SERRA J., VENTURA F. (1993) Oil content, stability and fatty acid composition of the main varieties of Catalanian hazelnut (*Corylus avellana* L.). *Food Chemistry* 48:231-241.
- SNARE L. (2008). Hazelnut production. *Primefact* 175, Profitable & Sustainable primary industries.
- TASIAS J. (1975). El Avellano en la Provincia de Tarragona. Exma. Diputación Provincial de Tarragona, Tarragona. 363 pp.
- THOMPSON M.M. (1979a). Genetics of incompatibility in *Corylus avellana* L. *Theor Appl Genet* 54:113-116.
- THOMPSON M.M. (1979b). Incompatibility alleles in *Corylus avellana* L. cultivars. *Theor Appl Genet* 55:29-33.
- TOUS J., ROVIRA M. (2004). Situación y perspectivas agronómicas del cultivo del avellano. *Vida Rural* 201:41-45.
- TOUS J., ROVIRA M., ROMERO A. (2001). Avellano. En: La horticultura española. Sociedad Española de Ciencias Hortícolas SECH: 275-278.

Anexo I. Climogramas

Climogramas correspondientes a las anualidades 2017, 2018 y 2019. Datos de temperatura y pluviosidad obtenidos de la estación meteorológica AEMET más próxima a Villaviciosa (Colunga, 432933N: 051450W). TPrec, precipitación diaria (mm); Tmax, Tmin, Tmed, temperatura máxima, mínima y media diaria (°C).



Anexo II. Caracterización fenológica

Datos medios y error de la caracterización fenológica realizada en las anualidades 2017, 2018 y 2019. Datos en número de días estimados a partir del 1 de diciembre de la anualidad anterior. FM, floración masculina; FF, floración femenina; *, variedades testigo.

Variedad	Inicio FM	Duración FM	Inicio FF	Duración	Desborre	Cosecha
Aguasmestas	52 ± 9	30 ± 6	80 ± 2	42 ± 4	115 ± 3	244 ± 13
Allande3	61 ± 4	32 ± 4	78 ± 7	42 ± 8	117 ± 4	249 ± 15
Amandi	42 ± 5	40 ± 2	78 ± 2	42 ± 4	112 ± 2	249 ± 15
Andines	45 ± 2	23 ± 2	63 ± 9	24 ± 13	96 ± 1	245 ± 11
Barreiros1	45 ± 6	44 ± 2	80 ± 3	40 ± 2	115 ± 5	249 ± 15
Barreiros2	47 ± 8	38 ± 3	77 ± 3	40 ± 3	115 ± 3	245 ± 26
Casina	36 ± 2	47 ± 6	75 ± 1	42 ± 1	112 ± 2	249 ± 15
Castrosin2	43 ± 8	39 ± 4	82 ± 1	40 ± 2	112 ± 2	249 ± 12
El Peñueco1	36 ± 6	44 ± 2	80 ± 3	35 ± 4	110 ± 4	246 ± 7
Espinaredo	45 ± 10	40 ± 6	85 ± 3	35 ± 1	112 ± 2	247 ± 14
Forcinas1	61 ± 4	31 ± 3	63 ± 11	36 ± 14	103 ± 1	255 ± 10
Forcinas2	59 ± 2	29 ± 0	49 ± 2	45 ± 2	96 ± 1	245 ± 14
Inclan	43 ± 8	42 ± 4	82 ± 1	37 ± 2	94 ± 3	252 ± 13
La Encrucijada1	37 ± 24	31 ± 2	93 ± 2	28 ± 14	110 ± 4	252 ± 17
La Riera2	47 ± 8	40 ± 6	80 ± 3	44 ± 3	121 ± 9	251 ± 13
Las Cuevas1	40 ± 4	42 ± 4	80 ± 3	40 ± 2	117 ± 4	249 ± 15
Llananzares1	52 ± 13	35 ± 7	80 ± 3	47 ± 3	89 ± 5	249 ± 12
Llananzares2	50 ± 11	32 ± 8	82 ± 1	40 ± 2	120 ± 2	250 ± 12
Llanos1	41 ± 8	44 ± 5	82 ± 1	40 ± 2	117 ± 4	255 ± 10
Llanos2	34 ± 11	39 ± 8	82 ± 1	40 ± 2	120 ± 2	254 ± 10
Pesoz2	27 ± 11	23 ± 9	49 ± 2	45 ± 2	120 ± 2	248 ± 8
Priero1	30 ± 7	43 ± 4	50 ± 6	49 ± 4	92 ± 6	247 ± 14
Priero2	31 ± 10	27 ± 3	42 ± 5	46 ± 6	98 ± 2	249 ± 8
Pumares1	52 ± 9	33 ± 5	82 ± 1	37 ± 2	88 ± 2	251 ± 13
Pumares2	38 ± 11	38 ± 7	80 ± 3	32 ± 2	117 ± 4	247 ± 7
Pumares4	52 ± 9	33 ± 5	80 ± 3	45 ± 5	112 ± 2	252 ± 13
Quiros	35 ± 3	42 ± 4	82 ± 1	37 ± 2	120 ± 2	255 ± 10
Riocastello1	47 ± 8	38 ± 5	82 ± 1	37 ± 2	115 ± 5	249 ± 12
Riocastello3	52 ± 9	33 ± 5	82 ± 1	37 ± 2	112 ± 2	251 ± 13
Robriguedo2	63 ± 5	29 ± 4	83 ± 7	37 ± 9	110 ± 4	249 ± 15
Rubiano1	41 ± 8	46 ± 8	77 ± 3	42 ± 4	98 ± 2	245 ± 13
San Pedro1	43 ± 8	42 ± 4	85 ± 2	35 ± 4	115 ± 2	247 ± 15
San Pedro3	47 ± 8	38 ± 5	72 ± 10	48 ± 9	117 ± 4	252 ± 13
Santana2	47 ± 8	38 ± 5	82 ± 1	45 ± 2	115 ± 5	252 ± 13
Taranés2	50 ± 11	32 ± 8	82 ± 1	40 ± 2	120 ± 2	249 ± 12
Tuñón2	45 ± 6	40 ± 3	82 ± 1	35 ± 4	117 ± 4	250 ± 12
Tuñón3	45 ± 6	40 ± 3	82 ± 1	35 ± 1	112 ± 2	249 ± 15
Tuñón4	47 ± 8	38 ± 5	82 ± 1	37 ± 2	110 ± 4	249 ± 15
Yerbo1	36 ± 6	44 ± 2	82 ± 1	33 ± 2	112 ± 2	251 ± 13
Yerbo2	52 ± 9	35 ± 4	82 ± 1	42 ± 1	110 ± 4	251 ± 13
* Araujo	29 ± 2	37 ± 2	49 ± 2	38 ± 2	115 ± 2	248 ± 8
* Avellanosa	19 ± 5	40 ± 5	75 ± 1	40 ± 3	112 ± 2	252 ± 10
* Butler	21 ± 9	50 ± 1	77 ± 3	40 ± 5	88 ± 2	255 ± 10
* Camponica	16 ± 7	24 ± 5	40 ± 4	43 ± 4	110 ± 4	248 ± 8
* Daviana	61 ± 1	31 ± 2	82 ± 1	37 ± 2	78 ± 2	250 ± 8
* Ennis	30 ± 2	48 ± 6	70 ± 4	47 ± 6	117 ± 4	245 ± 13
* Gironell	45 ± 8	40 ± 8	40 ± 4	52 ± 2	115 ± 7	250 ± 10
* Grande	21 ± 3	44 ± 6	47 ± 4	47 ± 6	90 ± 1	247 ± 12
* Kalinkara	43 ± 6	25 ± 6	61 ± 12	31 ± 14	94 ± 2	250 ± 10
* Morell	70 ± 9	35 ± 7	71 ± 6	28 ± 8	98 ± 2	240 ± 7
* Mortarella	28 ± 5	35 ± 4	45 ± 7	52 ± 6	96 ± 1	250 ± 10
* Negret	20 ± 4	39 ± 2	44 ± 7	53 ± 7	90 ± 1	248 ± 7
* Riancho	40 ± 10	37 ± 6	68 ± 7	52 ± 6	110 ± 4	243 ± 17
* Royal	36 ± 6	35 ± 4	54 ± 5	44 ± 8	120 ± 2	249 ± 15
* Segorbe	20 ± 4	37 ± 4	64 ± 3	39 ± 3	108 ± 5	252 ± 10
* Tombul	47 ± 8	26 ± 10	49 ± 2	31 ± 8	80 ± 4	245 ± 2
* Tonda di Giffoni	33 ± 4	28 ± 4	42 ± 6	35 ± 7	80 ± 2	250 ± 10

Anexo III. Caracterización cuantitativa

Datos medios de la caracterización cuantitativa realizada en las anualidades 2017, 2018 y 2019. Longitud, ancho y grueso en centímetros, peso de 10 avellanas o granos (g). *, variedades testigo.

Variedad	Avellana				Grano				% grano	% vacias	% dobles
	longitud	ancho	grueso	Peso 10	longitud	ancho	grueso	Peso 10			
Aguasmestas	1,8	1,7	1,6	16,7	1,3	1,3	1,2	8,6	51,7	5,7	1,4
Allande3	2,1	1,7	1,5	22,8	1,7	1,2	1,1	9,7	42,5	3,1	1,5
Amandi	1,8	1,9	1,6	19,7	1,4	1,3	1,2	10,4	52,6	2,8	0,0
Andines	1,9	1,6	1,2	16,8	1,5	1,1	0,9	7,3	43,5	8,6	0,0
Barreiros1	1,8	1,8	1,6	19,6	1,4	1,3	1,1	9,9	50,4	2,3	0,0
Barreiros2	1,8	1,7	1,6	15,0	1,3	1,2	1,2	7,7	51,4	3,0	0,0
Casina	1,8	1,7	1,6	17,9	1,4	1,2	1,2	9,3	52,1	1,5	0,0
Castrosin2	1,7	1,7	1,6	18,1	1,3	1,3	1,2	9,4	52,1	2,8	1,5
El Peñueco1	1,7	1,7	1,6	17,7	1,3	1,3	1,2	9,3	52,8	1,1	0,0
Espinaredo	1,8	1,7	1,6	18,0	1,4	1,3	1,2	9,3	51,9	3,0	0,0
Forcinas1	1,7	1,7	1,4	18,5	1,3	1,2	1,0	7,2	39,1	3,4	0,0
Forcinas2	1,8	1,7	1,6	16,7	1,3	1,3	1,2	8,4	49,9	5,6	0,0
Inclan	1,9	1,7	1,6	19,9	1,4	1,3	1,2	10,3	51,7	4,5	0,0
La Encrucijada1	1,6	1,6	1,4	10,2	1,1	1,2	1,0	6,0	50,0	0,0	0,0
La Riera2	1,8	1,7	1,6	19,4	1,4	1,3	1,2	10,3	53,3	0,0	1,5
Las Cuevas1	1,8	1,7	1,6	18,8	1,4	1,3	1,2	10,0	53,5	4,5	0,0
Llananzares1	1,7	1,7	1,5	16,8	1,4	1,3	1,2	8,9	52,7	1,5	0,0
Llananzares2	1,8	1,7	1,5	16,7	1,3	1,2	1,2	9,2	54,9	0,0	0,0
Llanos1	1,8	1,7	1,6	19,7	1,4	1,3	1,2	10,4	53,0	2,4	0,0
Llanos2	1,8	1,6	1,3	14,5	1,4	1,2	1,0	7,8	53,8	1,5	0,0
Pesoz2	1,9	1,7	1,5	18,2	1,5	1,3	1,1	9,7	53,1	13,2	2,7
Priero1	1,7	1,7	1,6	16,6	1,3	1,2	1,2	8,1	48,8	9,1	0,0
Priero2	1,9	1,7	1,5	20,0	1,5	1,2	1,1	9,3	46,6	1,5	0,0
Pumares1	1,8	1,7	1,6	19,7	1,4	1,3	1,2	10,2	51,9	3,0	0,0
Pumares2	2,1	1,7	1,5	21,7	1,6	1,2	1,1	9,1	41,7	4,1	0,0
Pumares4	1,9	1,7	1,6	19,7	1,4	1,3	1,3	10,2	51,6	4,1	0,0
Quiros	1,8	1,7	1,5	18,0	1,4	1,3	1,1	9,2	51,3	1,5	0,0
Riocastello1	1,8	1,8	1,6	18,8	1,4	1,3	1,2	10,1	53,6	1,5	0,0
Riocastello3	1,8	1,8	1,6	16,4	1,4	1,3	1,2	8,6	53,3	7,1	0,0
Robriguedo2	1,7	1,9	1,6	19,6	1,2	1,4	1,2	8,4	42,4	11,8	0,0
Rubiano1	1,7	1,7	1,6	16,2	1,3	1,3	1,2	8,5	52,1	3,0	0,0
San Pedro1	1,8	1,7	1,6	19,1	1,3	1,3	1,2	10,2	53,2	7,3	0,0
San Pedro3	1,8	1,7	1,6	19,2	1,4	1,3	1,2	9,5	49,5	2,3	0,0
Santana2	1,9	1,8	1,6	20,0	1,4	1,3	1,2	10,4	52,1	0,0	0,0
Taranés2	1,8	1,7	1,6	18,3	1,3	1,3	1,2	9,7	52,8	0,0	0,0
Tuñón2	1,8	1,7	1,5	17,8	1,4	1,3	1,2	9,6	53,7	0,0	0,0
Tuñón3	1,8	1,8	1,6	19,5	1,4	1,3	1,2	10,1	52,1	2,9	0,0
Tuñón4	1,8	1,7	1,6	19,2	1,4	1,3	1,2	10,1	52,8	4,3	0,0
Yerbo1	1,9	1,7	1,6	19,7	1,4	1,3	1,2	10,3	52,3	3,0	0,0
Yerbo2	1,8	1,7	1,6	19,8	1,4	1,3	1,2	10,3	52,0	4,4	0,0
* Araujo	2,0	2,0	1,6	27,4	1,5	1,4	1,2	11,1	40,5	1,5	0,0
* Avellanosa	2,0	1,9	1,6	20,9	1,5	1,4	1,2	9,0	43,3	0,0	0,0
* Butler	2,3	2,0	1,7	29,9	1,9	1,4	1,2	13,2	44,2	7,5	0,0
* Camponica	2,2	2,2	1,8	32,3	1,6	1,6	1,2	13,1	40,5	9,2	0,0
* Daviana	2,5	1,9	1,7	19,4	1,9	1,3	1,3	9,6	50,3	0,0	0,0
* Ennis	2,5	2,4	2,0	37,9	1,9	1,5	1,3	14,9	39,2	5,7	0,0
* Gironell	3,3	1,8	1,6	21,5	1,3	1,3	1,2	8,6	39,8	2,3	0,0
* Grande	2,1	2,4	1,9	9,9	1,6	1,5	1,5	4,1	41,4	0,0	0,0
* Kalinkara	2,0	2,3	2,3	24,6	1,3	1,8	1,8	12,2	48,7	16,7	0,0
* Morell	1,8	1,7	1,5	18,7	1,4	1,3	1,1	8,7	46,3	0,0	0,0
* Mortarella	2,2	1,8	1,5	24,5	1,7	1,3	1,1	12,2	49,8	7,3	0,0
* Negret	2,0	1,9	1,6	21,9	1,5	1,3	1,2	10,9	49,5	1,5	0,0
* Riancho	2,6	2,3	2,1	35,9	1,4	1,3	1,2	14,2	39,7	11,8	0,0
* Royal	2,7	2,1	2,0	34,3	2,1	1,3	1,3	13,0	38,7	0,0	0,0
* Segorbe	2,1	1,9	1,6	26,4	1,5	1,4	1,2	11,0	41,5	1,5	3,3
* Tombul	1,9	1,6	1,4	14,9	1,5	1,3	1,2	8,0	53,6	0,0	0,0
* Tonda di Giffoni	1,9	2,1	1,8	24,6	1,4	1,4	1,3	10,0	41,2	19,0	0,0



Servicio Regional de Investigación
y Desarrollo Agroalimentario



GOBIERNO DEL
PRINCIPADO DE ASTURIAS

CONSEJERÍA DE MEDIO RURAL
Y COHESIÓN TERRITORIAL