

LEGUMBRES

salud sostenible



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA Y PESCA,
ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo Agrícola
de Desarrollo Rural

Europa investe en las zonas rurales



Comunidad
de Madrid

LEGUMBRES

salud sostenible



**Comunidad
de Madrid**

CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE,
ADMINISTRACIÓN LOCAL
Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO
Instituto Madrileño de Investigación
y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario

Programa de Desarrollo Rural
de la Comunidad de Madrid 2014-2020





**Biblioteca
virtual**

Esta versión forma parte de la Biblioteca Virtual de la **Comunidad de Madrid** y las condiciones de su distribución y difusión se encuentran amparadas por el marco legal de la misma.



www.madrid.org/publicamadrid

Primera Edición: 2017

Edita: Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario. IMIDRA

Coordinación: C. De Lorenzo

Editoras: A. Lázaro, I. Goñi, A. Redondo y C. De Lorenzo

Autores (por orden alfabético): R. Alonso (CIEMAT), B. Beltrán (UCM), V. Bermejo (CIEMAT), R. Bienes (IMIDRA), F. Cabello (IMIDRA), H. Calvete (CIEMAT), A. Carbajal (UCM), C. Cuadrado (UCM), C. De Lorenzo (IMIDRA), S. Elvira (CIEMAT), I. González (CIEMAT), I. Goñi (UCM), L.M. Guasch (INIA), A. Lázaro (IMIDRA), D. Martín (INIA), J. R. Martínez (UCM), C. Martínez (UCM), A. Redondo (UCM), C. Rubio (IMIDRA), I. Santín (INIA), B.E. Sastre (IMIDRA), J. Sanz (CIEMAT), L. Serrano (UCM), L. Solano (UCM), F.J. Tardío (IMIDRA), J.L. Tenorio (INIA), M.D. Tenorio (UCM), M.J. Villanueva (UCM)

Coordinación editorial y corrección de pruebas: María Rosa Soto y Gema González

Autoridad de Gestión del Programa de Desarrollo Rural de la Comunidad de Madrid 2014-2020: Consejería de Medio Ambiente, Administración Local y Ordenación del Territorio

Fotografía de portada: F. Cabello

Fotografías propiedad de los autores

ISBN: 978-84-451-3589-1

Depósito Legal: M-43791-2016

Diseño y maquetación: B.O.C.M.

Tirada: 300 ejemplares en CD

ÍNDICE

Prólogo	7
Capítulo I Legumbres del campo al plato: un viaje en imágenes.....	11
Capítulo II Las legumbres en la tradición de Madrid.....	31
Capítulo III Experiencias con leguminosas para el control de la erosión.....	47
Capítulo IV Los beneficios de las leguminosas en agricultura de conservación. Un caso de estudio.....	67
Capítulo V La sensibilidad de las leguminosas a la contaminación atmosférica.....	79
Capítulo VI Las legumbres desde la época de Cervantes hasta hoy: un elemento clave en la Dieta Mediterránea.....	93
Capítulo VII ¿Qué tienen las legumbres para ser tan saludables? Nutrientes y compuestos bioactivos.....	111
Capítulo VIII Factores antinutritivos: cómo potenciar el valor nutritivo y funcional de las legumbres.....	137
Capítulo IX Las legumbres en nuestra mesa. Recursos dietéticos y culinarios para fomentar su consumo.....	161
Capítulo X Mejora de la comercialización de leguminosas en la Comunidad de Madrid: en busca de una figura de calidad.....	179

PRÓLOGO

La Comunidad de Madrid a través del Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario (IMIDRA) realiza, con el libro que ahora tiene en sus manos, una sustancial aportación al Año Internacional de las Legumbres al abordar estos alimentos desde diferentes perspectivas, permitiéndonos descubrir el valor nutritivo, medioambiental, culinario, comercial e histórico de un aparentemente modesto plato de garbanzos. Si la alimentación ideal es segura, saludable, sostenible y solidaria, sin duda las legumbres aparecen como bandera.

Cuando la Asamblea General de las Naciones Unidas proclamó el año 2016 Año Internacional de las Legumbres, lo hizo atendiendo al importante papel que este alimento juega como garantía de seguridad alimentaria, por su contribución a mitigar el cambio climático y por su capacidad para hacer que la agricultura sea más sostenible, sin olvidar que estamos hablando de productos de gran valor nutricional que forman parte, con miles de singularidades regionales, de la cultura global.

La diferencia entre la ciencia y la consciencia es que la primera es sistemática, exhaustiva y la segunda es individual, imprevisible y emotiva. Lentejas, alubias y garbanzos no son únicamente semillas secas comestibles de las plantas de la familia *Fabaceae* (*Leguminosae*), sino que un plato de lentejas es un viaje emocional y sentimental, una perfecta máquina del tiempo que nos traslada a esa Edad de Oro en la que no existían responsabilidades ni preocupaciones.

El libro recoge una anécdota relatada por un vecino de Villar del Olmo que recuerda que los pequeños decían a la abuela: “*Yo de ese cemento que comen los tíos no quiero*”, y ahora, ya mayores, lo primero que piden cuando vuelven a casa de los padres son gachas de almorta.

Pueden ser gachas, garbanzos, alubias... la historia persiste, se repite generación tras generación. Si la receta es la misma, ¿ha cambiado el plato o hemos cambiado nosotros? Es más, buscamos exactamente el sabor, olor, color y textura que se grabó en nuestra memoria y que durante mucho tiempo nos pareció aburrido, prescindible e incluso penoso. Y de pronto las legumbres de la madre, del abuelo, e incluso del comedor escolar se convierten en objeto de placer y plenitud.

Marcel Proust lo explicó diciendo: “*Cuando nada subsiste ya de un pasado antiguo, cuando han muerto los seres y se han derrumbado las cosas, solos, más frágiles, más vivos, más inmateriales, más persistentes y más fieles que nunca, el olor y el sabor perduran mucho más, y recuerdan, y aguardan, y esperan, sobre las ruinas de todo, y soportan sin doblegarse el edificio enorme del recuerdo.*”

Se hizo famosa la magdalena de Proust, pero la misma idea sirve con un cocido madrileño, con una diferencia esencial, mientras la receta de las magdalenas de Commercy que rememora Proust todavía no ha cumplido 300 años, las legumbres llevan con nosotros toda la vida, la de la humanidad, al menos desde que deja-

mos de ser cazadores – recolectores para iniciarnos en el mundo de la agricultura hace unos 12.000 años.

El trabajo de investigación realizado por el IMIDRA nos permite remontarnos hasta los orígenes y así saber que el garbanzo apareció en un área indeterminada entre Turquía y Siria, desde donde se extendió por todo el Mediterráneo; la judía surge en el sur de México, Guatemala y en los Andes de Perú, llegando a España en el siglo XV; el origen del cultivo de la lenteja se sitúa en Israel y se puede rastrear su uso en la cultura egipcia, romana y griega. Aristófanes en su obra “Pluto” (388 a.C.) las aprovechaba para denunciar la hipocresía social, diciendo de un personaje que había visto mejorada su situación económica: *“ahora ya no le gustan las lentejas”*.

Ni se imaginaba Aristófanes que las legumbres, que fueron alimento de subsistencia en los periodos más lúgubres de la Edad Media, se iban a convertir en ingrediente principal en multitud de recetas de restaurantes de alta cocina. Y hay motivos para que así sea, posiblemente el más importante es que las legumbres admiten 12 alegaciones nutricionales (por su alto contenido en proteína, fibra y hierro y por su bajo contenido en grasa y azúcares) y tienen variadas propiedades saludables (bajo índice glucémico, poder saciante, capacidad antioxidante y contribuyen a reducir el colesterol).

Las legumbres son un alimento económico y muy recomendable; una humilde y valiosa fuente de proteína. La pirámide de

alimentos las sitúa en la zona central con una recomendación de consumo de unas tres veces por semana, algo que ni siquiera Don Quijote cumplía, ya que su rutina solo incluía lentejas un día a la semana: *“Una olla de algo más vaca que carnero, salpicón las más noches, duelos y quebrantos los sábados, lentejas los viernes, algún palomino de añadidura los domingos, consumían las tres partes de su hacienda”*.

Llevamos toda la vida comiéndolas y siguen siendo unas desconocidas. De hecho nos cuesta imaginarlas fuera de un humeante plato hondo y pocos imaginan que cuando toman cacahuets o altramuces están saboreando legumbres, lo mismo que cuando tomamos soja. Nuestros atajos mentales asocian legumbres con puchero de lentejas, garbanzos o alubias, pero el universo de la legumbre es mucho más amplio que eso, tanto en lo que se refiere a productos aptos para el consumo humano, como en sus posibilidades gastronómicas, de hecho ya no nos extraña verlas en frío como un ingrediente de la ensalada, como crujiente aperitivo, o en exóticas recetas de otras culturas, como es el caso del hummus de Líbano, faláfel de Egipto, garifoto de Ghana, kichadi de India, o el arroz con feijao de Brasil.

Las legumbres están marcadas por un aura de *malditismo*, pero sin el atractivo que esta caracterización tiene en otros ámbitos. Se las ha llamado la carne de los pobres, frente a las proteínas animales que se consideraban de ricos. Esta sociología del consumo, arrastrada desde hace milenios, se contradice con lo que sucede

actualmente en muchos países. Hay constancia de que en India, Japón, otros países asiáticos y varios latinoamericanos, el consumo de leguminosas en la actualidad es mayor en los grupos de rentas elevadas que en las inferiores.

La disminución de su consumo en España desde los años 60 y en otros países de nuestro entorno posiblemente sea consecuencia del abaratamiento de los productos cárnicos y derivados y de un nuevo modelo de vida más urbano y acelerado que nos obliga a comer en menos tiempo, en el mismo lugar de trabajo, en ocasiones sin más opción que hacerlo en frío y emparedado.

Más pronto que tarde, ya sea en formato clásico con plato humeante y cuchara o en nuevas presentaciones que los nuevos cocineros ensayan aplicando física y química avanzada a la gastronomía, las legumbres volverán a reinar. Alimentar continuada y sostenidamente a 7.000 millones de personas, más de 10.000 millones a finales del siglo XXI, no puede soportarse en la producción de proteína animal.

Por si fueran necesarios otros argumentos, el trabajo que prologo lo confirma con precisión científica, el cultivo de legumbre beneficia al suelo al establecer una relación simbiótica con microorganismos capaces de fijar el nitrógeno atmosférico y transformarlo en modo asimilable por las plantas. De esta forma, terrenos que permanecerían despoblados, pueden ser colonizados para el uso agrícola. Las legumbres tienen un papel fundamental en la producción sostenible

de alimentos, son unas pequeñas semillas que encierran salud, excelencia sensorial y ofrecen un futuro más sostenible.

Su enorme diversidad cifrada en decenas de miles de especies permite a las legumbres crecer en todos los escenarios imaginables: desde zonas de calor tropical a otras gélidas; aparecen en altitudes por debajo de 0 metros hasta lo más alto de los Andes; conocemos especies capaces de germinar en terrenos áridos y otras que son acuáticas.

Este volumen refleja, de forma rigurosa pero divulgativa, los resultados de la investigación y experimentación que el personal del IMIDRA realiza con las legumbres para asegurar la conservación de las mejores variedades madrileñas, su puesta en cultivo y comercialización rentable por los agricultores de Madrid, y su presencia en nuestra dieta. Los investigadores de la Comunidad de Madrid no están solos, sino que colaboran activamente con diferentes organismos de investigación. Fruto de esas colaboraciones aparecen en este libro capítulos de profesores de las Facultades de Farmacia y Medicina de la UCM, del CIEMAT y del INIA.

Las legumbres merecían un estudio como este que revela al detalle su valor nutricional, valora su capacidad de fertilizar el suelo en el que crecen y recuerda que forman parte de nuestra historia, además de ser un alimento fundamental en la dieta mediterránea.

Pedro Rollán

Consejero de Medio Ambiente, Administración Local y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid

Legumbres del campo al plato: un viaje en imágenes

Cristina de Lorenzo Carretero¹ y Luis M. Guasch Pereira²

¹ Departamento de Transferencia. Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario IMIDRA. Comunidad de Madrid. Finca El Encín, 28800 Alcalá de Henares
cristina.delorenzo@madrid.org

² Centro de Recursos Fitogenéticos CRF. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria INIA. Finca "La Canaleja", 28800 Alcalá de Henares
luis.guasch@inia.es

Antecedentes

Conocemos como legumbres, en general, a las semillas secas comestibles de las leguminosas, plantas de la familia *Fabaceae* (*Leguminosae*). La utilidad primaria de estas especies en alimentación humana radica en sus semillas, fundamentalmente por su alto contenido proteico. Dentro de la Dieta Mediterránea, las legumbres aparecen con per-

sonalidad propia. Sin duda son un alimento con fama de todo lo bueno: asequible, saludable, sostenible y, bien tratado culinariamente, versátil y exquisito. Se las considera fundamentales para atender la demanda futura de alimentos de la población mundial. En concreto, se apuesta por evitar la costosa transformación de la proteína vegetal en proteína animal –y, en este sentido, las leguminosas también son plantas de valor



Figura 1. Composición con la gran diversidad de accesiones de legumbres del Centro Nacional de Recursos Fitogenéticos del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, del Programa Nacional de Conservación y Utilización Sostenible de los Recursos Fitogenéticos. Foto L. Guasch.

forrajero– utilizando directamente aquella para la alimentación humana, y en este contexto las legumbres (Figura 1) aparecen entre los alimentos “estrella”.

Sin embargo, aunque son consideradas un gran recurso, los porqués de todos esos adjetivos anteriores no son siempre evidentes para el consumidor. Este libro pasará revista, en sus diferentes capítulos, a todos los aspectos citados: su producción y precio, su diversidad, su presencia en la historia de la alimentación, su manejo agrícola y sus relaciones con microorganismos beneficiosos, los efectos de los contaminantes atmosféricos en su cultivo y calidad, sus posibilidades culinarias, sus compuestos nutricionales y con actividad biológica, cómo limitar sus compuestos antinutritivos, su integración en las dietas y sus posibilidades de innovación. En este primer capítulo también vamos a revisar estos conceptos, pero con ayuda de imágenes foto-

gráficas, macro- y microscópicas. Un viaje en imágenes en este 2016 declarado por la ONU como Año Internacional de las Legumbres.

¿Cómo son las semillas de leguminosas? Un primer vistazo y algunos datos

En general, y como se ha indicado, las leguminosas cuyo principal aprovechamiento son sus semillas secas son denominadas “leguminosas grano”. Dentro de esta denominación, y sin unos límites muy definidos, suelen establecerse grupos según su preferente aplicación o interés principal, lo que luego se refleja en diferentes reglamentaciones y agrupaciones en términos estadísticos de datos de producción consumo, o hectáreas de cultivo. Así aparecen las leguminosas grano “como tales” y las proteaginosas. Los cultivos principales de leguminosas grano (Figuras 2-4) son



Figura 2. Izquierda, Judía, *Phaseolus vulgaris* L. Accesoión Inventario Nacional BGE28940. Algete (Madrid). Derecha: Carilla, judía de careta, *Vigna unguiculata* (L) Walp. Accesoión Inventario Nacional BGE024406 Ruidecañas (Tarragona).



Figura 3. Izquierda: Lenteja, *Lens culinaris*. Accesoión Inventario Nacional BGE034195, Villarejo de Salvaneés (Madrid). Derecha: Garbanzo, *Cicer arietinum*. Accesoión Inventario Nacional BGE029031 Navalcarnero (Madrid).

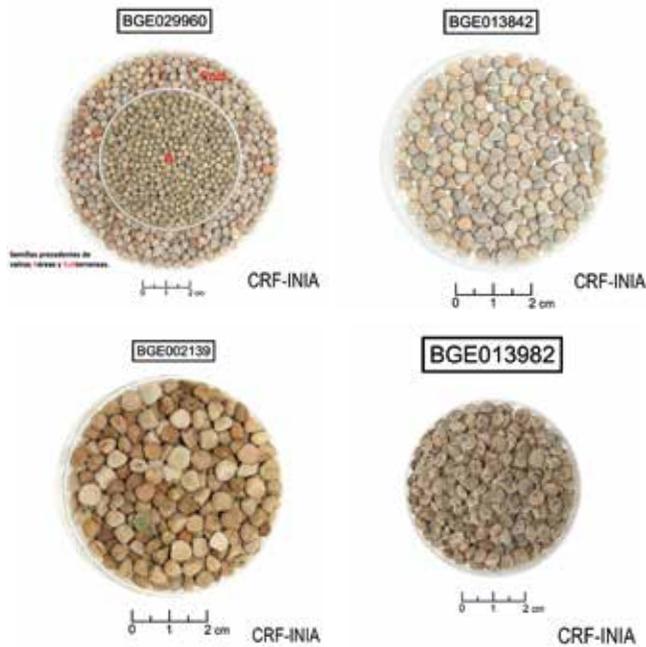


Figura 4. Arriba izquierda: Veza, *Vicia sativa* L. subsp. *Amphicarpa* (Dorthes) Asch. & Graebn. Accesoión Inventario Nacional BGE029960 Játiva (Valencia). Arriba derecha: Yero, *Vicia ervilia* (L.) Wild. Accesoión Inventario Nacional BGE013842 Alcalá de Henares (Madrid). Abajo izquierda: Algarroba, *Vicia articulata* Hornem. Accesoión Inventario Nacional BGE013982 Talavera de la Reina (Toledo). Abajo derecha: Titarro, *Lathyrus cicera* L. Accesoión Inventario Nacional BGE002139 Madrid (Madrid)

las judías secas, lentejas y garbanzos para consumo humano, y vezas y yeros para consumo animal. Además están las algarrobas, titarros, almortas, alholvas, alverjas y alverjones, que tuvieron una considerable importancia en nuestra agricultura de secano hasta mediados del siglo pasado, pero han ido casi desapareciendo con la mecanización del campo. Las lentejas, garbanzos, yeros y vezas son plantas que se adaptan bien a las condiciones de cultivo semiáridas de la zona mediterránea, sea en siembra de otoño o finales de invierno si son zonas frías. Las judías tienen mayores exigencias hídricas, son sensibles al frío y pueden presentar problemas de cuajado con temperaturas altas. Se suelen sembrar en primavera y pueden ser de enrame o de porte más compacto.

Por otro lado está el grupo de los cultivos proteaginosos: los guisantes secos, las habas, haboncillos y altramuces dulces (Figura 5), que son también leguminosas

y presentan asimismo raíz profunda y condiciones de cultivo parecidas a lentejas y garbanzos.

Atendiendo a su aplicación práctica aparece también el grupo de las oleaginosas: cártamo, colza, camelina, girasol y soja. Dentro de éstas, la soja también es una leguminosa y también es de alto contenido proteico. Aunque es la principal leguminosa a nivel mundial, el cultivo en España es muy reducido.

La superficie cultivada de la campaña 2015/2016 (Anuario 2015 y Avances de superficies y producciones agrícolas, MAGRAMA) sería de 253.000 hectáreas para las leguminosas grano y 218.000 para las proteaginosas, lejos de los 735.000 de girasol. Las primeras presentan una disminución del 8% sobre la campaña anterior pero aun así supone un aumento del 5% sobre la media de las 5 últimas campañas, mientras que en



Figura 5. Izquierda: Guisante, *Pisum sativum* L. Accesoión Inventario Nacional BGE031029 Piedralaves (Avila). Centro: Haba, *Vicia faba* L. Accesoión Inventario Nacional BGE029052 Perales de Tajuña (Madrid). Derecha: Haboncillo, *Vicia faba* L subsp. faba var. Minor Beck. Accesoión Inventario Nacional BGE002092 Salas (Asturias).

las segundas el aumento en la campaña pasada llega al 30% y sobre la media un 9%. La producción supondría, para esta misma campaña, unas 210.000 toneladas para leguminosas grano y 227.000 para las proteaginosas, en donde sólo de guisante serían 192.600. En cuanto a la distribución geográfica de leguminosas grano, Castilla-La Mancha es la principal productora con un 43%, seguida de Castilla y León (31%), Andalucía (10%) y Aragón (7%). En consumo humano, la mitad de la producción de lenteja se realiza en Castilla-La Mancha, destacando la provincia de Cuenca. El garbanzo se cultiva prioritariamente en Andalucía -particularmente en Sevilla-, y también en Castilla y León. En cuanto las judías secas se concentran en Castilla y León y Galicia, siendo aquella la mayor productora, y en especial la provincia de León. Los principales productores de proteaginosas son Castilla-La Mancha, Andalucía y Castilla y León, destacando Andalucía y Sevilla en particular en habas y Extremadura con Badajoz en altramuz.

Las importaciones medias de leguminosas grano en los últimos 5 años alcanzaron las 155.000 toneladas, correspondiendo unas 50.000 toneladas a lenteja, garbanzo y judía seca. En proteaginosas, la media de importación en los últimos cinco años supera las 143.000 toneladas, de las que 104.000 corresponden a guisante. Las importaciones de soja se desmarcan de todo lo expuesto superando los 3,3 millones de toneladas de semillas y 1,9 millones de toneladas de torta de soja.

Incluso sin considerar las compras de soja, las importaciones suponen un porcentaje muy superior a la producción nacional. Por este motivo existen ayudas con el objetivo de potenciar los cultivos proteaginosos (Real Decreto 1075/2014), incluyendo, en leguminosas grano: veza, yeros, algarrobas, titarros, almortas, alholva, alverja y alverjón, y en proteaginosas los guisantes secos, habas y haboncillos y altramuz dulce. Para consumo humano está la ayuda asociada a las legumbres de calidad, incluyendo Denominaciones de Origen Protegidas e Indicaciones Geográficas Protegidas, con un límite de 10.000 ha. Finalmente, en el marco del nuevo pago comunitario para las prácticas beneficiosas para el clima y el medio ambiente (*greening*), España ha optado por los cultivos fijadores de nitrógeno tanto de consumo humano como animal entre las categorías de superficies que contabilizarán como superficies de interés ecológico (SIE), siendo elegibles: judía, garbanzo, lenteja, guisante, habas, altramuz, algarroba, titarros, almorta, veza, yeros, alholva, alverja, alverjón, alfalfa, esparceta, zulla y trébol (éste último incluido por el Real Decreto 1172/2015).

¿Cómo son las semillas de leguminosas? Ahora con ayuda del microscopio

Como se ha indicado al principio del capítulo, las legumbres son las semillas secas de las leguminosas; más concretamente, de aquellas especies que agrónomica-

mente se conocen, en general, como “leguminosas-grano”. No constituyen un grupo específico, sino que se reparten entre las diferentes tribus botánicas de la familia *Fabaceae*. El hecho de que su aprovechamiento principal sea la semilla hace que éstas presenten algunas características comunes frente a las de las leguminosas forrajeras y arbóreas, que se desarrollarán en detalle en sucesivos capítulos de este libro.

La importancia de la semilla o grano se debe fundamentalmente a su riqueza proteica. El porcentaje medio de proteína de la semilla madura se sitúa normalmente entre el 20 y el 25%. Algunos altramuces (Figura 6) pueden sobrepasar fácilmente el 30%. La soja, tras la labor de selección y mejora vegetal, supera el 35 aun cuando la selección fue realizada para aumentar el contenido en grasa.

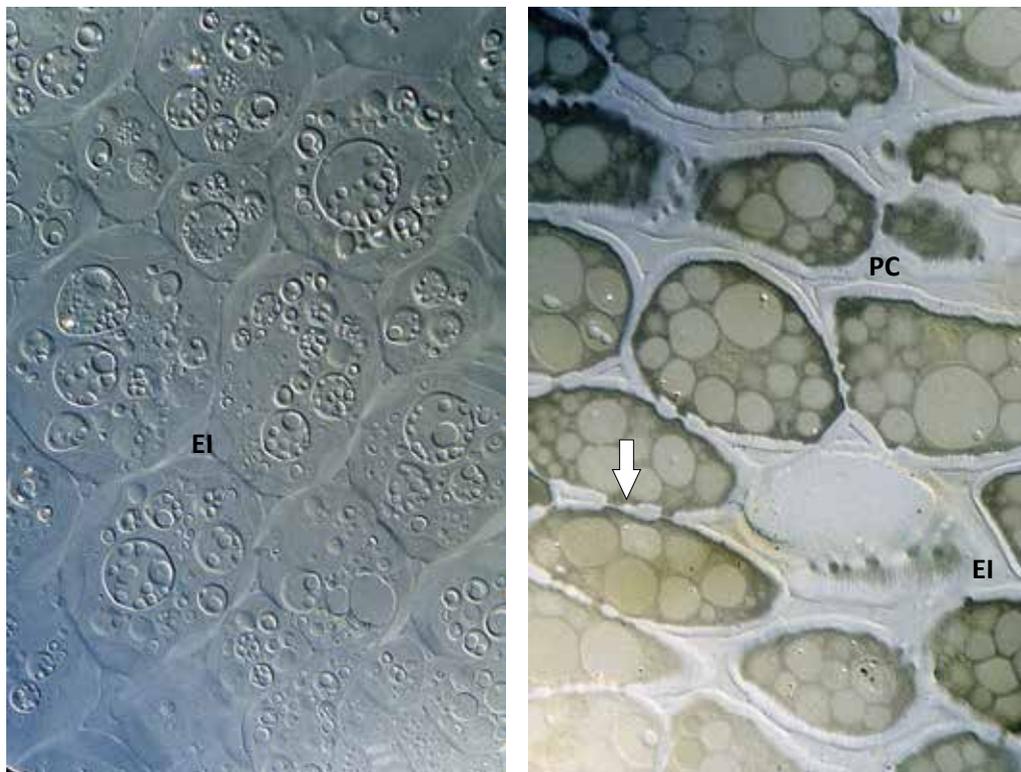


Figura 6. Aspecto del tejido de los cotiledones de altramuz, vistos al microscopio óptico en ausencia de tinción y con observación en contraste de interferencias (DIC), técnica que produce un efecto de tridimensionalidad incluso en cortes finos. Las grandes células del endospermo aparecen llenas de cuerpos proteicos redondeados.

En la imagen de la izquierda (6A), correspondiente a *Lupinus angustifolius*, los cuerpos proteicos presentan inclusiones globulares paracrystalinas y las paredes celulares (PC) se observan engrosadas alrededor de los espacios intercelulares (EI). Las gruesas paredes celulares son la razón del alto contenido en fibra de los lupinos.

En la imagen de la derecha (6B), correspondiente al altramuz blanco dulce *Lupinus albus* L., cultivar Multolupa, los cuerpos proteicos consisten en una matriz homogénea y las paredes no se hallan tan engrosadas, observándose las zonas de adelgazamiento (flecha) para la comunicación intercelular. Fotos C. de Lorenzo.

La semillas de de leguminosas contienen un alto porcentaje de globulinas, que son proteínas de almacenamiento o reserva destinadas a servir como fuente de nitrógeno durante las etapas iniciales del desarrollo de la planta. Contienen grandes cantidades de los aminoácidos aspártico, glutámico, leucina, aminoácidos básicos y amidas.

En lo tocante al valor biológico de la proteína de las leguminosas, su calidad depende de su contenido en aminoácidos esenciales –aquellos que son utilizados por el metabolismo para la síntesis de otros aminoácidos y proteínas y deben ser aportados por la dieta–. En compara-

ción con el patrón de la World Health Organization WHO (WHO technical report series 935, 1973), las leguminosas son deficientes en al menos uno de los aminoácidos azufrados cisteína y metionina. Las proteínas de almacenamiento son, en general, pobres en dichos aminoácidos.

El contenido en otros nutrientes. Las legumbres –semillas o granos de las leguminosas para consumo en seco– tienen un alto contenido en hidratos de carbono, que puede oscilar desde un 35% en altramuces hasta un 60-70% para habas y guisantes lisos. El principal constituyente es el almidón (Figura 7), excepto

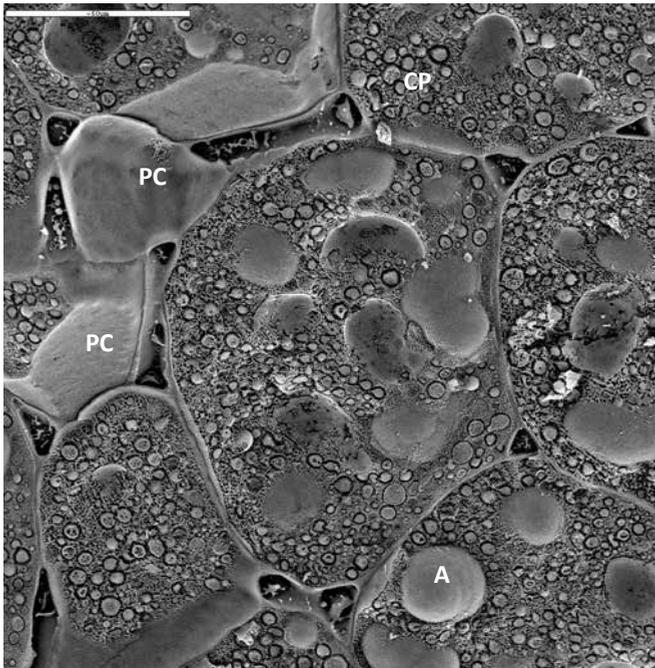


Figura 7. Aspecto del tejido de cotiledón de una lenteja pardina visto al microscopio electrónico de barrido (SEM).

La técnica empleada, criofijación en nitrógeno líquido bajo condiciones de vacío y observación a baja temperatura, provoca muy pocos artefactos o alteraciones estructurales en el tejido. Se observan las células redondeadas propias del endospermo, en algunos casos cubiertas por la pared celular (PC). En su interior destacan fácilmente los granos de almidón (A) en los amiloplastos, junto con los abundantes cuerpos proteicos (CP), en este caso circulares y de pequeño tamaño. Las paredes celulares no aparecen engrosadas. Foto C. de Lorenzo.

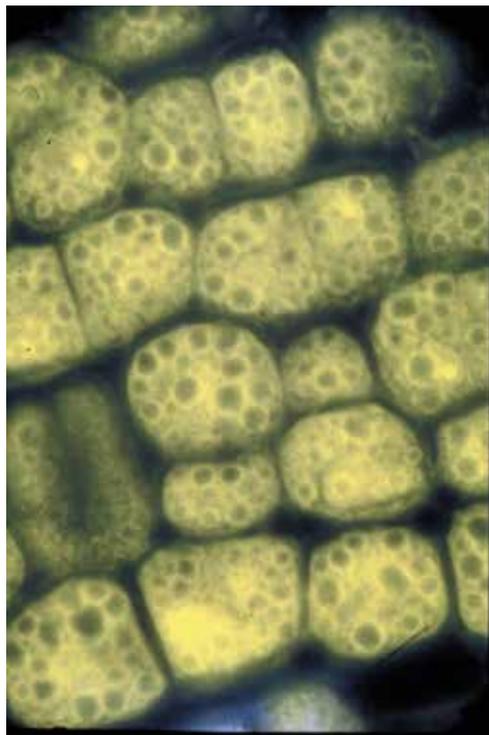


Figura 8. Cotiledón de altramuz blanco (*Lupinus albus* L, cultivar Multolupa) mostrando la localización de las vesículas lipídicas (fluorescencia amarilla) rodeando los cuerpos proteicos. Foto C. de Lorenzo.

en el altramuz –que prácticamente sólo tiene trazas, pero en cambio es muy rico en polisacáridos constituyentes de la pared celular (fibra)–.

Respecto a las grasas, el contenido de las legumbres es bajo en general, aproximadamente entre el 1 y 2%, siendo algo superior en garbanzo. Como excepciones aparecen el cacahuete y la soja. Algunas especies, como *Lupinus albus* (Figura 8) y *Lupinus mutabilis* presentan porcentajes llamativos (7 y 15% respectivamente). Los principales ácidos grasos presentes en la grasa de las legumbres son el oleico y linoleico, que suman alrededor del

65% del total. Pozuelo *et al.*, (2001) observaron como en el cotiledón de *Lupinus albus* las vesículas lipídicas se situaban principalmente alrededor de los cuerpos proteicos, aunque algunas vesículas más grandes aparecían dispersas por el citoplasma.

En lo tocante al contenido en vitaminas hidrosolubles, cabe destacar la abundancia en ácido fólico. El contenido en vitamina C es escaso y habitualmente se elimina con las operaciones culinarias. Entre las vitaminas liposolubles, conviene conocer que las legumbres sin descortezar (sin retirar la piel), tienen mayor contenido que los cereales. Respecto a la provitamina A, la cantidad es muy variable dependiendo de la especie, la variedad y el color de la misma, oscilando entre 50 y 300 Unidades Internacionales de vitamina A / 100g. En relación al contenido mineral, las legumbres aportan calcio, hierro, potasio, magnesio y zinc.

La presencia de compuestos tóxicos e inhibidores. Un obstáculo al consumo indiscriminado y masivo de las legumbres se basa en la presencia en las mismas de diferentes compuestos o factores antinutritivos. En general son sustancias generadas en el metabolismo secundario de las leguminosas y generalmente como respuesta a una situación de estrés o peligro para la planta. Son, por tanto, defensas del vegetal contra agresiones externas (ambientales, fitopatológicas, de animales...). En lo que nos ocupa en la alimentación humana, el problema es que estas sustancias o los

productos de su metabolismo interfieren en la digestión y aprovechamiento de los nutrientes.

Dada la gran diversidad de las legumbres, las diversas modificaciones y domesticación agronómica de la que han sido objeto, y la propia diversidad bioquímica de los factores antinutritivos, la clasificación de los mismos es compleja y sus efectos, muy variados. El lector puede encontrar en este libro un capítulo dedicado a la presencia de antinutrientes en legumbres, con la explicación de su baja incidencia en la dieta de una sociedad desarrollada y, con la importancia que los diferentes tratamientos de adecuación tecnológica y culinaria tienen para reducir su concentración y presencia en las leguminosas grano. De forma muy general, los antinutrientes más comunes en las legumbres y sus principales efectos son:

- Inhibidores de proteasas y amilasas, que alteran enzimas necesarios para la digestión.
- Lectinas, biomoléculas que se unen específicamente a determinados restos azucarados y pueden alterar la mucosa intestinal y disminuir la actividad enzimática.
- Oligosacáridos, pequeños azúcares que pueden causar flatulencia.
- Las sustancias causantes del fabismo, que puede producir destrucción de glóbulos rojos en caso de un excesivo y continuo consumo de habas.
- El ácido fítico, que insolubiliza determinados minerales y también interactúa con enzimas digestivas.

- Taninos condensados, que disminuyen el valor nutritivo de los alimentos.
- Saponinas, que interactúan con diversos nutrientes y pueden alterar la mucosa digestiva, y
- Alcaloides (Figura 9), que junto con los glucósidos cianogénicos producen un intenso sabor amargo. Hoy en día la domesticación agronómica de las especies ha llevado, entre otras cosas, a la selección de variedades de bajo o nulo contenido en alcaloides, conocidas como “dulces”, por lo que éstos no se consideran ya entre los antinutrientes.



Figura 9. Inmunolocalización de alcaloides quinolizidinicos (lupanina e hidroxilupanina) en la semilla del altramuz de hoja estrecha, *Lupinus angustifolius*, mediante marcaje con oro coloidal e intensificación con plata para su observación al microscopio óptico. La localización (flechas) se detecta sobre los cuerpos proteicos (Pozuelo et al., 2001). Foto: C. de Lorenzo.

Legumbres en el campo: eficiencia y sostenibilidad con la Fijación Biológica de Nitrógeno

Las legumbres de la subfamilia de las *Papilionoideas*, propias de clima templado o subtropical, presentan en general hojas alternas, pinnado compuestas y con estípulas. Florecen en racimo, con unas características flores bisexuales e irregulares. La corola es amariposada con un pétalo dorsal erguido (estandarte), dos laterales (alas) y dos ventrales con sus bordes más o menos soldados en forma de quilla. Los estambres están unidos en dos haces (5+5, 9+1) o en un haz tubular que rodea al único carpelo. El fruto, que da nombre común a estas plantas, es una **legumbre** que puede estar estrangulada entre las semillas, o ser indehiscente subterráneo como en el cacahuete, o dehiscente con explosión, como en los altramuces. (Figura 10).



Figura 10. Izquierda, Detalle de flor de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. BGE040000 carilla, judía de careta.

Derecha, detalle de vainas verdes secas y semillas de judía blanca *Phaseolus vulgaris* L. NC08365.

Composición L. Guasch.

Esta subfamilia es en la que la simbiosis con rizobios para la **Fijación Biológica del Nitrógeno** (FBN) está más extendida dentro de la familia *Fabaceae* (*Leguminosae*). En el siguiente apartado vamos

a dedicar toda la atención a la simbiosis rizobio-leguminosa, un complejo proceso de cooperación planta-microorganismo basado en la capacidad de las leguminosas para interactuar con bacterias del suelo y establecer una simbiosis que les permite fijar el nitrógeno atmosférico (N_2) en forma de amonio, que se une a compuestos orgánicos. Ello permite la independencia de la fertilización nitrogenada a las leguminosas y constituye el principal rasgo de sostenibilidad de su cultivo y su factor diferenciador. Existen, además, factores adicionales como las bajas necesidades hídricas que también contribuyen a su sostenibilidad.

Los nódulos de las leguminosas. La fijación biológica de nitrógeno (FBN) ocurre en las leguminosas en unas estructuras especializadas denominadas **nódulos** que suelen estar en las raíces, aunque también existen en tallos. Existen dos tipos de nódulos: de crecimiento indeterminado –con meristemo permanente–, y de crecimiento determinado –con sección longitudinal homogénea–. Los nódulos de leguminosas constan de una serie de capas celulares externas que constituyen la **corteza nodular** y una **zona central, interna** o **zona infectada** donde los rizobios se diferencian en su forma simbiótica (bacteroides) y se produce la fijación de nitrógeno atmosférico. La corteza consta de las siguientes capas: corteza externa, endodermis, corteza media o parénquima nodular y corteza interna (Figura 11).

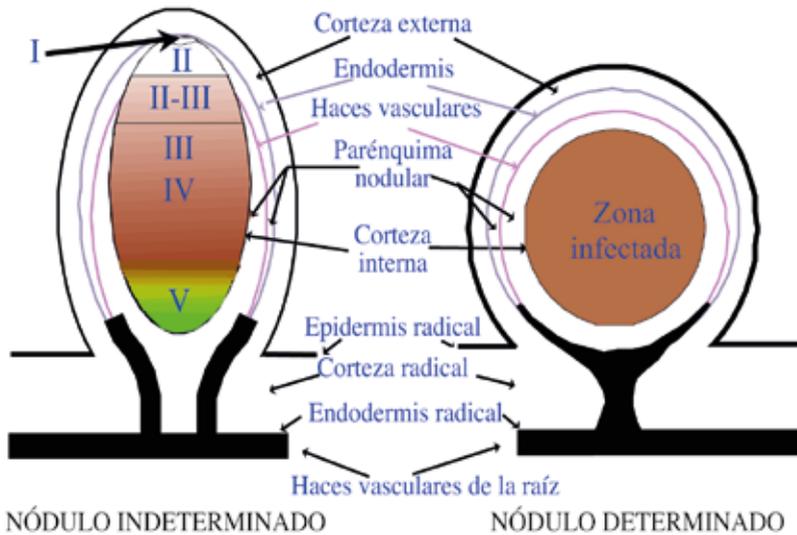


Figura 11. Esquema de nódulo indeterminado y determinado. Las zonas I meristemo, II o de fijación –donde tiene lugar la invasión–, interfase II-III donde los bacteroides adquieren su tamaño total y presentan heterogeneidad citoplasmática, III fijación activa, IV fijación ineficiente con bacteroides con citoplasma homogéneo, y V o de senescencia, corresponden a las descritas por Vasse *et al.* 1990, según el estado de los bacteroides.

La formación de un nódulo comienza con la invasión o infección del tejido radicular por parte de bacterias de los géneros *Rhizobium* y/o *Bradyrhizobium* (entre los más frecuentes, y de forma específica según el género de la leguminosa).

Las bacterias se diferencian en su forma simbiótica o bacteroide en el interior de la célula vegetal, expresando el complejo aparato metabólico que permite la FBN (Figura 12).

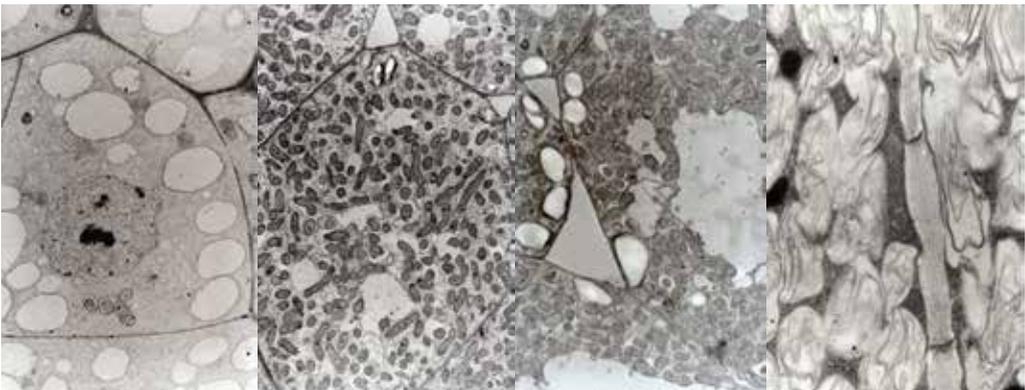
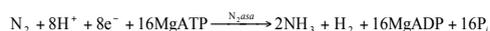


Figura 12. Imágenes de células infectadas por rizobios en un nódulo de crecimiento indeterminado. De izquierda a derecha, aspecto de una célula en los estadios iniciales de la formación nodular (zona I), zona interfase II-III, zona III de fijación activa y zona V de senescencia. Fotos C. de Lorenzo.

La actividad fijadora de nitrógeno depende de un enzima, la **nitrogenasa**, cuyo funcionamiento requiere un ambiente microaeróbico, una fuente de energía y poder reductor. La simbiosis Rhizobium-leguminosa implica un intercambio de metabolitos, un metabolismo nodular compartido. El bacteroide recibe del citoplasma vegetal, a través de la membrana peribacteroidal, los sustratos carbonados de los que obtiene la energía, el poder reductor y los esqueletos carbonados necesarios para la fijación de N_2 , y envía a la célula vegetal el N_2 en forma de amonio. Este último es asimilado en aminoácidos, vía glutamina sintetasa / glutamato sintasa, que transformados en amidas o ureidos son enviados a la parte aérea de la planta.

Hasta aquí todo parece sencillo pero, para que todo funcione, tienen que producirse procesos supuestamente incompatibles, que al final funcionan mediante finos equilibrios. El primer obstáculo es que la enzima nitrogenasa se desnaturaliza con el O_2 (tanto su componente I o molibdenoferroproteína como, en especial, su componente II, ferroproteína o nitrogenasa reductasa), y sin embargo a la vez necesita de O_2 para la producción de energía. Así, la reducción de una molécula de N_2 requiere 8 electrones, lo que a su vez supone la hidrólisis de 16 moléculas de MgATP, con lo que necesita estar acoplada a un sistema eficiente de producción de ATP según la ecuación siguiente:



El caso representado es el correspondiente a la fosforilación oxidativa, dado que

los bacteroides no tienen capacidad fermentativa, son aeróbicos estrictos (Ditta et al., 1987). Sin embargo, se sabe que *in vivo* pueden llegar a ser necesarias hasta 40 moléculas de ATP (Hill, 1992). Esta baja eficiencia energética *in vivo* es, en parte, debida a la producción de H_2 por la nitrogenasa que, en las condiciones óptimas indicadas en la ecuación anterior, supone que por cada molécula de N_2 reducida se obtiene otra de H_2 . Esto supone la dedicación de un 25% de los electrones necesarios, y esta pérdida de energía es mayor en condiciones de estrés.

La fijación de N_2 es tan costosa energéticamente que ha obligado a los rizobios a desarrollar unos sistemas de regulación altamente sofisticados. La presencia, en un organismo aeróbico estricto, del enzima nitrogenasa, que se desnaturaliza con el O_2 , pero cuyos altos requerimientos energéticos sólo es posible satisfacer siendo el O_2 el aceptor final de electrones de la cadena respiratoria, plantea la necesidad de una fuerte regulación del contenido de O_2 dentro de los nódulos.

Ello se consigue mediante una sucesión de mecanismos de regulación de la difusión de O_2 : la *barrera a la difusión de oxígeno en la corteza de los nódulos*, la *leghemoglobina* (una hemoglobina con mayor afinidad al oxígeno que las mioglobinas de mamíferos (Verma y Nadler 1984), y la *respiración nodular*. Cada vez se encuentran más evidencias que indican que todo el metabolismo del bacteroide está acoplado a este sistema de regulación de la nitrogenasa para permitir un uso eficiente de la energía.

En particular, la leghemoglobina constituye todo un ejemplo de proteína colaborativa, en la que la apoproteína y el grupo hemo son sintetizados, respectivamente, por la planta y el rizobio. Como toda hemoglobina, tiene un brillante color rojo cuando el hierro ferroso del grupo hemo se encuentra oxigenado. Esto dota a los nódulos funcionales de un característico color rojo. La leghemoglobina se ha localizado mediante técnicas inmunocitoquímicas, situándose en el citosol de las células infectadas y llegando hasta la membrana que envuelve a las formas simbióticas de los rizobios o bacteroides,

donde cede el O_2 para su difusión por el espacio peribacteroidal y utilización por el simbionte (Figura 13).

La barrera a la libre difusión del oxígeno atmosférico hacia el interior del nódulo se localiza en la corteza. Las células de la corteza del nódulo se compactan en determinadas capas, forzando la difusión de los gases a través de zonas precisas de la red de espacios aéreos que conforman los espacios intercelulares (Figura 14). La aparición de un estrés que motive la disminución o el cese de la costosa actividad fijadora de nitrógeno se consigue

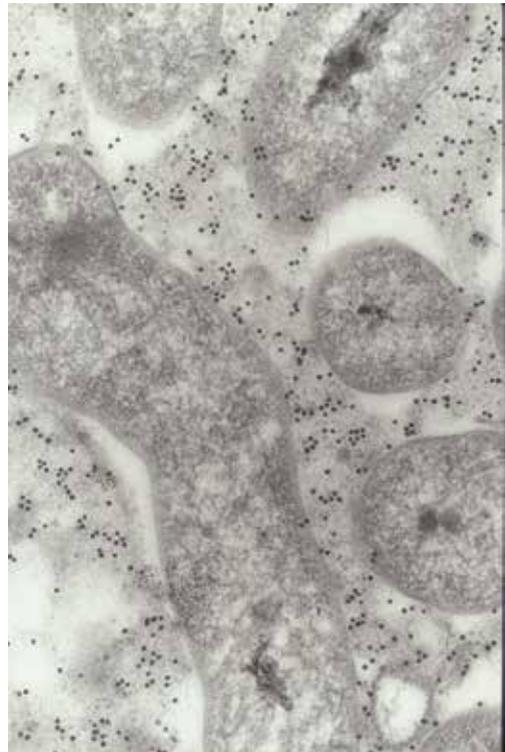


Figura 13. Izquierda: Nódulos formados por *Bradyrhizobium* sp. (*Lupinus*) sobre raíces de altramuces blancos (*Lupinus albus* L.). Puede observarse la coloración rojiza producida por el acúmulo de leghemoglobina en su interior (flechas). Derecha: Inmunolocalización de leghemoglobina al microscopio electrónico de transmisión mediante un anticuerpo monoclonal y detección con oro coloidal en un nódulo de altramuces. La localización de la hemoproteína se sitúa claramente en el citosol nodular. B, bacteroide; EPB, espacio peribacteroidal. Fotos C. de Lorenzo.

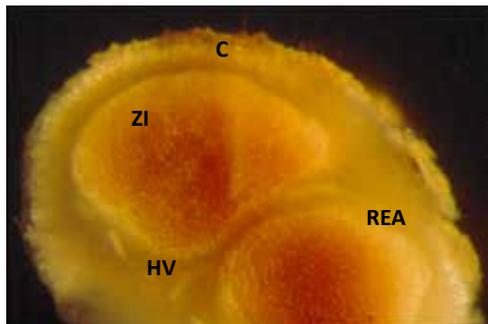


Figura 14. Sección transversal del nódulo de *Lupinus albus*, mostrando dos lóbulos de zona infectada por *Bradyrhizobium*. Se observa la leghemoglobina roja y la red de espacios aéreos (espacios brillantes). Microscopía óptica de campo oscuro e iluminación tangencial con fibra óptica. C: corteza; HV: Haces vasculares.

REA: red de espacios aéreos. ZI: zona infectada.

Foto cortesía de la Dra. M. Fernández-Pascual, Instituto de Ciencias Agrarias ICA-CSIC.

proteína (Figura 15) que limita el espacio para la difusión del oxígeno y otros gases, modulando así la actividad del enzima nitrogenasa (de Lorenzo *et al.*, 1992).

La regulación de la FBN a través del suministro de O₂ permite a la planta adecuar y limitar esta costosa actividad, siendo por tanto muy sensible a cualquier situación de estrés que limite la fotosíntesis o la disponibilidad de sustratos orgánicos. Estreses como la aplicación de herbicidas (Fernández-Pascual *et al.*, 1992), el encharcamiento (Arrese-Igor *et al.*, 1993) o la sequía tienen siempre un rápido efecto sobre la FBN, aspecto que debe ser conocido para el manejo adecuado y sostenible de estos cultivos.

mediante una fina regulación de esta barrera. Uno de los mecanismos empleados para ello es la deposición de una glico-

En resumen, las legumbres tendrán un papel fundamental para la provisión de

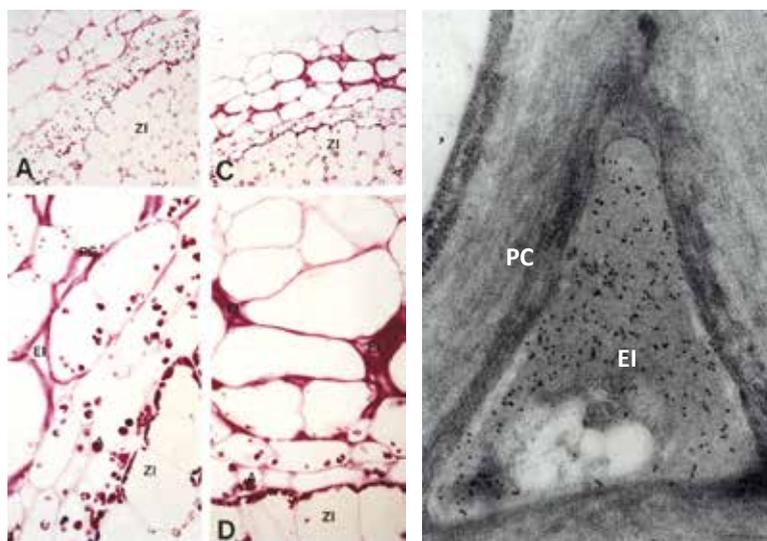


Figura 15. Izquierda, localización de carbohidratos al microscopio óptico en nódulos de lupino. A y B, nódulos control. La red de espacios aéreos intercelulares (EI) aparece libre. La localización rosa se sitúa en los gránulos de almidón y paredes celulares (PC). C y D, nódulos sometidos a estrés por la aplicación de fertilizantes nitrogenados. Los espacios aéreos de la zona intermedia e interna de la corteza se encuentran ocupados por una materia reactiva. Derecha, inmunodetección de dicha sustancia mediante el anticuerpo MAC 265 en un espacio intercelular. Fotos C. de Lorenzo.

alimentos a la creciente población mundial. Su huella de carbono es menor que la de casi todos los demás grupos de alimentos (Nijdam *et al.*, 2012) gracias a no necesitar fertilización nitrogenada, consumen poca agua y proveen de proteína, fibra, vitaminas y minerales.

Legumbres en el plato: versatilidad, ahorro y sabor

Las legumbres responden al título de este libro: su consumo es altamente saludable y su cultivo es sostenible, con una baja huella de carbono, una baja necesidad de aporte hídrico y, sobre todo, con la independencia de la fertilización nitrogenada gracias a la FBN.

En la gastronomía, las legumbres son una potencial fuente de innovación que comienza a explotarse. La globalidad del mundo actual acerca a investigadores, tecnólogos de alimentos y chefs a productos, elaboraciones y platos que antes revestían únicamente carácter local. El precio asequible de las legumbres permite su adición e integración en platos novedosos y su utilización como ingrediente con carácter integral e incluso propiedades funcionales en la industria alimentaria.

En general las legumbres son un más que saludable alimento, como se detallará en posteriores capítulos de este libro. Además del aporte nutricional (casi el doble de proteína por unidad de masa, en términos medios, que la quinoa), no contienen gluten, ayudan al control de la tensión arterial y el colesterol (Arnoldi *et al.*, 2015), y su

consumo se relaciona con la reducción de riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares y diabetes (Singhal *et al.*, 2014).

La investigación reciente demuestra que incluso los llamados factores antinutritivos de las legumbres pueden tener un efecto bioactivo beneficioso sobre determinadas patologías y, en concreto, acción quimiopreventiva contra el cáncer (Sánchez-Chino *et al.*, 2015). Estos aspectos bioactivos son altamente dependientes en la dosis de consumo de las leguminosas, y se revisan en el capítulo dedicado a los principios antinutritivos.

Sin duda uno de los aspectos que más atraen gastronómicamente de las legumbres es su extraordinaria variabilidad, que permite no solo la creatividad en la composición del plato sino también el estudio y la exploración de sus propiedades sensoriales, funcionales y para la industrialización. Valgan como ejemplo las siguientes imágenes de lentejas y garbanzos (Figura 16).

Así, el empleo de harinas de leguminosas en aperitivos, cereales de desayuno, cremas, salsas y sopas preparadas o repostería, permite incrementar la capacidad saciante, el contenido en fibra, la proteína de origen vegetal y determinados minerales, sin añadir gluten y apenas grasa (Asif *et al.*, 2013). En hamburguesas y albóndigas, la mitad de la carne puede sustituirse fácilmente por lentejas o alubias pequeñas, con todos los beneficios comentados. Asimismo, pueden utilizarse sus harinas o sus pastas como relleno, en propuestas alimentarias con masas congeladas.

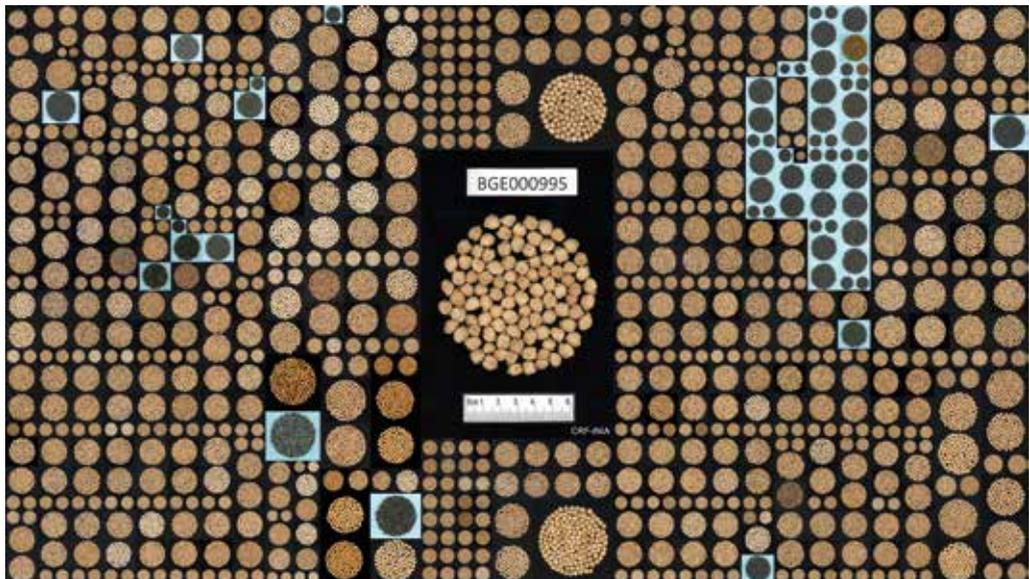


Figura 16. Arriba: Composición de diferentes lentejas. Centro de Recursos Fitogenéticos INIA.
Abajo: Composición de diferentes garbanzos, *Cicer arietinum* L. En posición central la accesión Inventario Nacional BGE000995 recogida en 1978 en Almagro (Ciudad Real). Composiciones: L. Guasch.

Cerrando el círculo: desde el plato tradicional a las hamburguesas veganas

Las legumbres son un ingrediente tradicional y básico de la gastronomía del Mediterráneo y en general de toda Europa y Oriente Medio, así como de la India y de los países americanos. Existe una ingente cantidad de variedades locales: prácticamente en cada país y región pueden encontrarse legumbres típicas. Concretamente en este libro un capítulo se dedica a la diversidad de las legumbres madrileñas.

Y sin duda entre las legumbres madrileñas ocupa un puesto destacado el tradicional garbanzo. El cocido madrileño ha pasado de ser una solución culinaria tradicional que permitía aprovechar todo lo que hubiera disponible aportando hidratación, minerales, proteína vegetal, fibra y –cuando había– proteína animal y grasa, a una comida objeto de atención gastronómica. La evolución de los garbanzos y la modificación de sus componentes durante la preparación del cocido puede observarse en la Figura 17 gracias al microscopio electrónico de barrido a bajas temperaturas (crio-SEM).

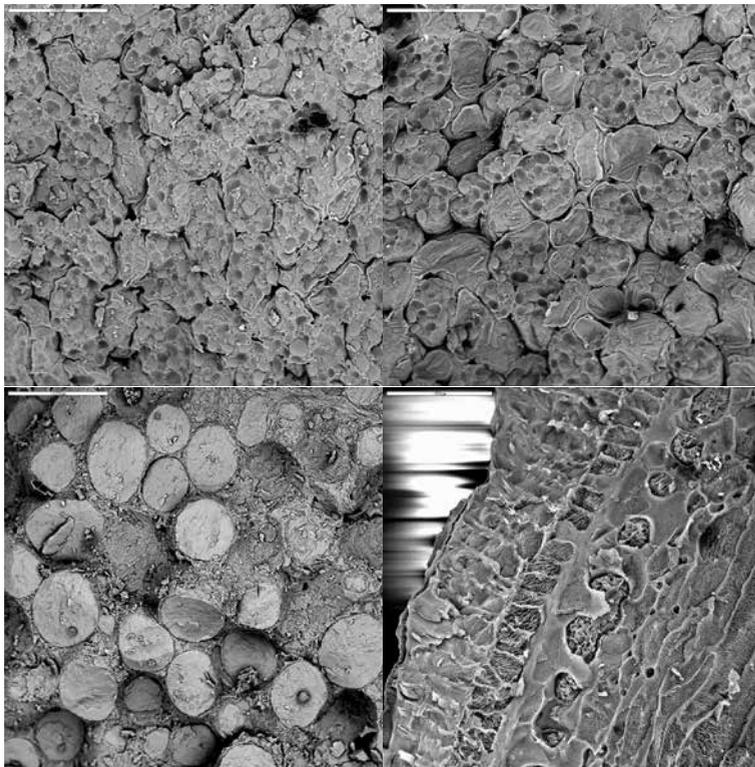


Figura 17. Aspecto de las células del cotiledón de garbanzo observadas por criomicroscopía de barrido. (1) Imagen superior izquierda: garbanzo crudo. Las células se encuentran arrugadas y compactadas por la deshidratación. Se observan los granos de almidón, los cuerpos proteicos y los espacios intercelulares.

(2) Imagen superior derecha: garbanzo embebido en agua. Las células adquieren turgencia y una forma más redondeada. Los granos de almidón se hinchan e inician el proceso de la gelatinización. El agua lava parte de la materia intercelular de unión, contribuyendo al ablandamiento de la textura del garbanzo.

(3) Imagen inferior izquierda: garbanzo cocido. La aplicación del proceso térmico acaba de desnaturar

el almidón y se coagulan todos los contenidos celulares, apareciendo las células ocupadas por un material amorfo y con forma claramente redondeada.

(4) Imagen inferior derecha: aspecto de la piel y la epidermis del garbanzo durante la imbibición. El agua disuelve el material de unión entre las células que componen la piel y la epidermis propiamente dicha del cotiledón, llegando a desprender aquella.

Se ha comentado que las legumbres contienen, generalmente, una pequeña cantidad de grasa. Haciendo uso de aparatos más propios del laboratorio que de la cocina es posible obtener la grasa a partir de semillas de leguminosas no particularmente ricas en este componente, arrastrando también pigmentos (en este caso clorofila del guisante). La centrifugación a altas velocidades de una pasta de guisantes ultracongelados proporciona una “mantequilla” de intenso color verde brillante <https://jetcitygastrophysics.com/2011/02/28/modernist-cuisine-at-home-pea-butter/>. La misma pasta de guisantes, deshidratada y molida, puede añadirse a clara de huevo batida para obtener unos snacks saludables de alto contenido proteico y mineral (Figura 18).

Este capítulo ha comenzado hablando de la Fijación Biológica del Nitrógeno en le-



Figura 18. Snacks crujientes en forma de hoja elaborados con clara de huevo y guisante deshidratado. Proyecto IMIDRA FP12. (Mendía y De Lorenzo 2012, resultados no publicados). Foto. E. Mendía.

guminosas y de una de sus proteínas más características, la leghemoglobina. Por su similitud con las hemoglobinas con contenido de hierro y transportadoras de oxígeno en animales, la leghemoglobina fue objeto de especial interés para los investigadores de Impossible Foods, compañía de innovación alimentaria creada por un bioquímico de la Universidad de Stanford. Los científicos de la compañía habían establecido previamente que los aspectos sensoriales que echaban más de menos los consumidores de hamburguesas vegetarianas eran el aspecto de la carne fresca, de color rojo brillante, y el sabor intenso que, tras diversos experimentos, acabó asociándose al grupo hemo. ¿Cómo introducir hemo con una proteína vegetal de color rojo? Mediante la leghemoglobina. Así las hamburguesas vegetales de Impossible Foods resultan casi indistinguibles de las procedentes de carne de vaca. Para convencerse, echen un vistazo aquí: <http://www.iflscience.com/environment/could-biochemists-veggie-burger-be-closest-thing-real-meat>.

Referencias

- Arnoldi, A., Zanoni, C., Lammi, C. and Boschin, G. (2015). *The role of grain legumes in the prevention of hypercholesterolemia and hypertension*. Cr. Rev. Plant Csi. 34(1-3): 144-168. DOI 10.1080/07352689.2014.897908
- Arrese-Igor, C., Royuela, M., De Lorenzo, C., De Felipe, M.R. and Aparicio-Tejo, P.M. (1993). *Effect of low rhizosphere*

- oxygen on growth, nitrogen fixation and nodule morphology in lucerne nodules.* *Physiol. Plant.* 89: 55-63.
- Asif, M., Rooney, L.W., Ali, R. and Riaz, M.N. (2013). *Application and opportunities of pulses in food system: a review.* *Cr. Rev. in Food Sci. and Nutr.* 53: 1168-1179.
- Anuario 2015 y Avances de superficies y producciones agrícolas. Subdirección General de Cultivos Herbáceos e Industriales, Secretaría General Técnica (MAGRAMA).
- De Lorenzo, C., Iannetta, P.P.M., Fernández-Pascual, M., James, E.K., Lucas, M.M., Sprent, J.I. Witty, J.F., Minchin, F.R. and De Felipe, M.R. (1992). *Oxygen diffusion barrier in legume nodules (II): mechanisms of oxygen diffusion barrier operation.* *J. Exp. Bot.* 44: 1469-1474.
- Ditta, G., Virts, E., Palomares, A. and Kim, C. H. (1987). *The nif A gene of Rhizobium meliloti is oxygen regulated.* *J. Bacteriology* 169: 3217-3223.
- Fernández-Pascual, M., De Lorenzo, C., Pozuelo, J.M. and De Felipe, M.R. (1992). *Alterations induced by four herbicides on lupin nodule cortex structure, protein metabolism and some senescence-related enzymes.* *J. Plant Physiol.* 140: 385-390.
- Hill, S. (1992). *Physiology of nitrogen fixation in free-living heterotrophs.* In: *Biological Nitrogen Fixation.* Pp 87-134. Stacey, G. et al., eds. Chapman & Hall, New York.
- Mendía, E. y De Lorenzo, C. 2012. Informe interno de resultados. Proyecto FP12-PA. IMIDRA. Comunidad de Madrid.
- Nijdam, D., Rood, T., and Westhoek, H. (2012). *The price of protein.* *Food Policy* 37(6): 760-770.
- Pozuelo, J.M., Lucas, M.M., De Lorenzo, C., Fernández-Pascual, M., Maldonado, S. and De Felipe, M.R. (2001). *Immunolocalization of alkaloids and X-ray microanalysis of elements in lupin seeds.* *Protoplasma* 218 (1-2): 104-111.
- Sanchez-Chino, X., Jiménez-Martínez, C., Davila-Ortiz, G., Alvarez-Gonzalez, I. and Madrigal-Bujaidar, E. (2015). *Nutrient and Nonnutrient component of legumes, and its chemopreventive activity: a review.* *Nutrition and Cancer* 67(3): 401-410.
- Singhal, P., Kaushik, G. and Mathur, P. (2014). *Antidiabetic potential of commonly consumed legumes: a review.* *Cr. Rev. in Food Sci. and Nutr.* 54(5): 655-672- DOI 10.1080/10408398.2011.604141
- Vasse, J., de Billy, F., Camut, S. and Trunchet, G. (1990). *Correlation between ultrastructural differentiation of bacteroids and nitrogen fixation in alfalfa nodules.* *J. Bacteriol.* 172: 4295-306.

Verma, D.P.S. and Nadler, K. (1984). *Legume-Rhizobium-symbiosis: host point of view*. In: Genes induced in molecular plant interactions. Pp 57-91. Verma, D.P.S., Ed. Springer-Verlag, New York.

WHO technical report series; no. 935 : Protein and amino acid requirements in human nutrition: report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation. 1973. ISBN 92 4 120935

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a sus antiguos compañeros del Instituto de Ciencias Agrarias (ICA-CSIC), al personal del Centro de Recursos Fitogenéticos (CRF-INIA) y al personal del área de Alimentación y Procesos del Departamento de Investigación Agroalimentaria (IMIDRA) su ayuda para la elaboración de este capítulo.

Las legumbres en la tradición de Madrid

Almudena Lázaro Lázaro* y Fco. Javier Tardío Pato

Departamento de Investigación Agroalimentaria. Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario IMIDRA. Comunidad de Madrid. Finca El Encín, 28800 Alcalá de Henares

*almudena.lazaro@madrid.org

Antecedentes

Desde el punto de vista alimentario, las legumbres son los granos secos de algunas especies de la familia de las Leguminosas (*Fabaceae*). En algunos casos también se consume el fruto y/o la semilla en verde (p. ej. en habas, judías y guisantes) pero entonces este alimento suele considerarse dentro de la categoría de verduras y hortalizas. Por tanto, en este capítulo, cuando nos referimos a legumbres estamos aludiendo principalmente al grano seco.

Como en la mayor parte de España (VV.AA., 1984) hasta los años 60 del pasado siglo XX, las legumbres han tenido una gran importancia en la alimentación madrileña, y por ello se han cultivado desde siglos en nuestra Comunidad (Sánchez *et al.*, 2006). Sin embargo, el consumo ha ido disminuyendo año a año, desde unos 12-14 kilos por persona y año en los años 60, cuando se consumían casi a diario, hasta una tasa actual de 3,4 kilos por persona en 2013 (MERCASA, 2014), aunque desde el 2011 la tendencia es de ligero crecimiento, especialmente en lo que se refiere a nuevas propuestas y presentaciones como legumbres ya cocidas o como elemento de platos preparados.

La superficie de cultivo también ha descendido drásticamente, especialmente en

el caso de la Comunidad de Madrid (MAGRAMA, 2014), lo que hace necesaria la importación de legumbres para cubrir la demanda. El caso de las judías es particularmente significativo. Según datos de la Delegación Comarcal de Agricultura de Buitrago del Lozoya, en la Sierra Norte de Madrid tan sólo se cultivan unas dos hectáreas, en su mayor parte para autoconsumo. Sin embargo, existe una notable diversidad morfológica de las variedades tradicionales de la zona, probablemente sustentada por una mayor difusión del cultivo en el pasado (Lázaro *et al.*, 2013), que en la actualidad parece querer recuperarse (Lázaro *et al.*, 2016).

Atendiendo a la antigua distribución de las producciones de leguminosas y a las referencias escritas y orales de su cultivo, se pueden delimitar las posibles zonas aptas para la recuperación de estos cultivos tradicionales. Esta eventual recuperación podría tener interés económico en el caso de aquellas producciones de calidad ligadas a un determinado municipio o área geográfica.

Las legumbres en Madrid. Datos históricos

El estudio del cultivo de las legumbres en Madrid en los siglos pasados, se abordó

en un trabajo anterior, mediante la consulta del Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico de Pascual Madoz (Sánchez *et al.*, 2006). Esta minuciosa obra fue realizada entre los años 1845-1850 y en ella se recogen diversos datos geográficos de todos los municipios españoles en el siglo XIX, entre ellos las principales producciones agrícolas. En la Tabla 1 se presenta un resumen de ese trabajo, concretamente el porcentaje de municipios madrileños en los que se registró el cultivo de legumbres.

Según los datos de esta obra, casi en el 70% de los municipios de la provincia se cultivaban legumbres, destacando la comarca Metropolitana (municipios más próximos a la ciudad de Madrid) en la que se alcanza el máximo porcentaje, tanto en el total de las especies (84% de los municipios cultivan legumbres), como en la mayoría de las especies por separado.

Muchos de estos municipios son hoy barrios de la ciudad de Madrid, como Vicálvaro, Villaverde, Vallecas y Carabanchel. Es de suponer que los campos de estas localidades servían de suministro de alimentos frescos a los mercados de la Villa de Madrid, aprovechando la proximidad.

Atendiendo a la importancia de cada especie en el total provincial, cabe mencionar los garbanzos (*Cicer arietinum* L.), que se sembraban en el 46% de los municipios, y las algarrobas (*Vicia articulata* Hornem.) en el 31%. También destaca la mención de guisantes (*Pisum sativum* L.) en el 13% de los municipios, habas (*Vicia faba* L.) en el 11%, judías (*Phaseolus vulgaris* L.) en el 11% y almortas (*Lathyrus sativus* L.) en el 8%. El resto de los cultivos parecen testimoniales, incluidas las lentejas (*Lens culinaris* Medik.) que, en el siglo XIX, se sembraban sólo en el 1% de los municipios madrileños.

Tabla 1. Porcentaje de municipios en los que registró cultivo de legumbres, en cada una de las comarcas agrarias de Madrid, y en el total provincial, según el Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico de Pascual Madoz, de 1850. Fuente: Sánchez *et al.*, 2006

	Campiña	Guadarrama	Las Vegas	Metropolitana	Sierra Norte	Sur-occidental	Total provincia
Garbanzos	44%	42%	14%	81%	28%	65%	46%
Habas	9%	-	5%	22%	6%	19%	11%
Almortas	16%	-	10%	19%	4%	3%	8%
Yeros	6%	-	-	-	-	-	1%
Lentejas	6%	-	-	-	-	-	1%
Judías	9%	8%	24%	3%	22%	-	12%
Algarrobas	3%	25%	-	69%	16%	68%	31%
Guisantes	6%	-	-	31%	4%	35%	13%
Legumbres sin precisar	28%	25%	48%	19%	30%	19%	27%
TOTAL LEGUMBRES	66%	63%	62%	84%	62%	81%	69%

Si se considera la distribución geográfica por especies en el pasado, se puede observar la presencia mayoritaria de garbanzos y algarrobas en las comarcas del centro y del sur de la provincia. Así, por ejemplo, en el 81% de los municipios de la comarca Metropolitana se cultivaban garbanzos. En el caso de las judías, se cultivaban principalmente en la comarca de Las Vegas (24% de los municipios) y en la de la Sierra Norte (22%), mientras que los guisantes en la Suroccidental (35%) y en la Metropolitana (31%).

En esta obra histórica podemos encontrar también algunas referencias a la fama especial y antigua de algunos cultivos en algún sitio concreto. Así, por ejemplo, se puede leer: “buenos garbanzos” en San Agustín de Guadalix, “garbanzos de superior calidad” en El Molar, “excelentes judías” en Los Molinos, etc. Madoz, probablemente se hacía eco de algo comúnmente aceptado en aquella época. Sin embargo, esta mención especial de su histórica fama puede significar una especial aptitud del terreno y su entorno para desarrollar esos cultivos. Por ejemplo, hay dos zonas muy aptas para el cultivo de calidad de los garbanzos, una alrededor de El Molar y San Agustín de Guadalix (anteriormente citada) y otra en la comarca Suroccidental y Metropolitana, donde se mencionan la excelencia de los garbanzos de Cubas, Sevilla la Nueva, Boadilla del Monte y Alcorcón.

Estudio del conocimiento tradicional madrileño

Durante los años 1999 al 2002, un equipo de investigadores del IMIDRA y del

Real Jardín Botánico de Madrid realizaron un estudio etnobotánico sobre los alimentos silvestres que se consumían de forma tradicional en la Comunidad de Madrid (Tardío *et al.*, 2002). Para ello recorrieron 55 municipios (31% del total de municipios madrileños) de todas las comarcas agrarias de la Comunidad de Madrid, realizando entrevistas a más de 100 personas, preguntando distintas cuestiones relativas al uso y manejo de las plantas. Aunque la prioridad de ese trabajo eran las plantas silvestres, a menudo se preguntaba también sobre las plantas cultivadas y, especialmente, sobre el cultivo y uso tradicional de las legumbres, tanto para el consumo humano como para el ganado. Los entrevistados eran en general personas jubiladas, que habían desarrollado la mayor parte de su vida laboral en el campo, como agricultores, ganaderos o guardas forestales. Por tanto, puede decirse que la información obtenida se refiere a unos conocimientos y usos tradicionales de la vida rural en la zona hasta aproximadamente los años 70-80 del siglo pasado.

En este apartado, se analizarán los datos de estas entrevistas para conocer la importancia cultural que han tenido las legumbres en la agricultura madrileña, al menos hasta finales del siglo XX.

En primer lugar, y como prueba de la relevancia que han tenido las legumbres en el campo madrileño, cabe destacar que en todos los casos en los que se preguntó, los entrevistados o informantes recordaban haber visto o haber sembrado

alguna legumbre en su pueblo. En cuanto a las especies, en el total de esas entrevistas, las leguminosas grano que más se mencionaron (más del 50% de los casos) fueron las algarrobas, almortas (Figura 1) y garbanzos. Otras especies mencionadas en una proporción significativa fueron habas, lentejas, judías, vezas (*Vicia sativa* L.), yeros (*Vicia ervilia* (L.) Willd.) y guisantes. En menor medida se mencionaron judiones (*Phaseolus coccineus* L.) y titarros (*Lathyrus cicera* L.).



Figura 1. Planta de almorta cultivada en Alcalá de Henares.

Atendiendo a la distribución de las especies de legumbres por las comarcas agrarias madrileñas (Tabla 2), podemos hacer varias observaciones. En primer lugar, el

cultivo de los **garbanzos** se ha mencionado en toda la Comunidad, si bien se ha concentrado mayoritariamente en las comarcas Suroccidental, en la Campiña, y en la Sierra Norte. Esta distribución está en concordancia con la conocida preferencia de esta especie por los suelos con poca cal y en general silíceos, que son los predominantes en estas comarcas. Sin embargo, un claro indicador de la importancia que ha tenido el garbanzo en la dieta de nuestros antepasados es la constatación de que su cultivo se ha dado por toda la provincia, incluso en las comarcas que a priori no tenían las condiciones óptimas para ello, como, por ejemplo, los suelos muy calizos de la comarca de Las Vegas. Un caso similar es el del **guisante**, cuyo cultivo ha sido mencionado en prácticamente todas las comarcas, aunque parece preferir los suelos sin cal y los climas fríos de la Sierra Norte.

Las **habas** en cambio se han cultivado principalmente en la comarca de las Vegas, alrededor de los ríos Tajuña y Tajo, y también del Jarama y el Guadarrama (Figura 2). Esto indica que se trata de un cultivo de huerta, que requiere de la cercanía de agua para su manejo. Las **lentejas** se han cultivado exclusivamente en las comarcas del sur, y probablemente por ello su cultivo no se ha mencionado en la Sierra, ni en la comarca de la Sierra Norte, ni en la comarca de Guadarrama. Esto indica que el cultivo requiere calor para su desarrollo. Además, prefiere los suelos calizos del sur. Al contrario que las **judías** y los **judiones**, que se han cultivado prefe-

Tabla 2. Porcentaje de citas de cada cultivo en cada una de las comarcas madrileñas.

	Campiña	Guadarrama	Las Vegas	Metropolitana	Sierra Norte	Suroccidental
Garbanzos	25%	8%	8%	4%	25%	29%
Habas	25%	25%	50%	-	-	-
Almortas	35%	4%	27%	4%	15%	15%
Yeros	33%	6%	22%	-	22%	17%
Lentejas	33%	-	33%	-	-	33%
Judías	-	13%	-	-	88%	-
Algarrobas	14%	11%	11%	-	32%	32%
Guisantes	13%	13%	-	13%	38%	25%
Veza	42%	11%	11%	5%	21%	11%

riblemente en las comarcas de la sierra (Sierra Norte y Guadarrama), indicando así su preferencia por los suelos ácidos (sin cal) y los climas frescos en verano, que es cuando se cultiva.

Mención especial merecen dos cultivos hoy prácticamente desconocidos: las **algarrobas** y las **almortas**, que fueron citados en más del 50% de las entrevistas. Esto constata la gran importancia que tuvieron, ya que han quedado en la memoria colectiva de los habitantes de mayor edad de nuestro entorno rural. Su presencia se recuerda por toda la región,



Figura 2. Habas del Tajuña. Detalle de la planta en flor.

aunque en el caso de las almortas más en la Campiña y Las Vegas, y en el caso de las algarrobas, más en la Sierra Norte y en la comarca Suroccidental.

Desgranando las respuestas de los informantes, se comprueba que las **algarrobas** se han usado principalmente para el consumo animal. Así, en Cadalso de los Vidrios nos comentaron que “se molían y se las echaba al ganado y se las envolvía con trigo, cebada y pitos (almortas); se hacía un pienso envuelto, que no es lo mismo que un pienso compuesto”. O en San Martín de Valdeiglesias que decían que “eran el mejor pienso para las ovejas y las vacas”. Aunque también se han usado para el consumo humano, principalmente en épocas de escasez de otros alimentos. Según los informantes “se hacía pan con harina de algarroba (sola, sin mezclar); salía muy malo, se sacaba del horno totalmente desecho”. En ocasiones “también se comían los granos en verde igual que el guisante”. Su presencia ocasional en la dieta indica que no han sido

muy apreciadas para el consumo humano. En cambio sí para el consumo animal, estando presente siempre en la dieta de rumiantes, en el lugar omnipresente que hoy ocupa la soja (otra leguminosa, pero importada) en la formulación de los piensos que se les da al ganado. Dado que las algarrobas siempre han formado parte de la alimentación animal en nuestro entorno, este es un cultivo que se debería volver a considerar en futuros escenarios, en los que el mercado internacional de la soja sufra fluctuaciones que produzcan tensiones económicas en el sector ganadero.

Las **almortas**, en cambio, se usaron principalmente para consumo humano. Por ejemplo, en Perales de Tajuña recuerdan su cultivo y su consumo. Allí la harina de almortas se consumía principalmente en forma de gachas, aunque se ha comido alguna vez el grano entero cocido, añadido a guisos como las patatas con carne. Aunque su consumo a veces se asocia a tiempos pasados o incluso a épocas de penuria, existe una cierta nostalgia de su uso. En Camarma de Esteruelas nos informaron de que las almortas se ponían más para el ganado, molidas para las vacas, pero también se las comían las personas en las gachas. En Villar del Olmo, nos recuerdan como los hijos, cuando eran pequeños no las querían. Le decían a su abuela: “yo de ese cemento que comen los tíos no quiero”. Sin embargo, ahora cuando vienen a casa de sus padres en el verano piden gachas de almortas. Los propios vecinos concluyen que “antes se hacían con un

poco de sebo y ahora se preparan de otra manera y son un plato de lujo”. Y también que “las gachas tienen su secreto: hay que saber tostar bien la harina. Si está bien tostada es una gacha estupenda, si está mal tostada, saben a harina”. De todos los testimonios recogidos se deduce que es un alimento apreciado, aunque en desuso. Y que con una preparación culinaria apropiada tiene un gran potencial gastronómico, ya que forma parte de la identidad cultural, los gustos, las preferencias y los recuerdos de las gentes del campo de Madrid.

También se guarda memoria de otros dos cultivos: los **yeros** y la **veza**, que fueron nombrados en torno al 40% de las veces y en prácticamente todas las comarcas, aunque principalmente en la Campiña.

Los **yeros** se han usado para alimento del ganado equino. Por ejemplo, en Los Santos de la Humosa se recogió el siguiente testimonio: “el grano revuelto con avena (dos partes de avena y una de yeros) se le daba a las mulas. Se les considera (alimentos) muy fuertes. Si se les daba yeros a los cerdos, les salían manchas, por lo que no se incluían en su alimentación”. En Perales de Tajuña también se sembraba el yero, que en Villarejo de Salvanés llaman “titos”. También decían que eran “muy buenos para las palomas” “y para las ovejas” pero en este caso se metían los granos en agua primero, para que se hincharan. Como consecuencia de las políticas de subvenciones de la Unión Europea, este cultivo tuvo un repunte alrededor del año 2000, que es cuando se

hizo el trabajo de campo. Y así se pudo ver cultivado, por ejemplo, en Olmeda de las Fuentes o Ciempozuelos.

La **veza** también es un cultivo muy usado en la alimentación de ganado, tanto el grano como la planta entera como forraje. En Valverde de Alcalá nos comentaron que “antes se vendía el grano, luego el forraje”. En Santorcaz “la veza se le daba al ganado vacuno y para las ovejas y toros bravos”, a veces mezclado con avena, como por ejemplo en Villar del Olmo, Olmeda de las Fuentes o Valdaracete, o a veces mezclado con centeno como en la Puebla de la Sierra. En Camarma de Esteruelas “se sembraba para dársela verde para las ovejas y a las mulas. Se segaban y se les daba y las mulas cogían un lustre que para qué”. También se recogía el grano para pienso de las ovejas. Creemos que se la daban sin moler.

Un cultivo minoritario, que se mencionó en menos del 10% de los casos, es el de los **judiones**, que sólo se han sembrado en la sierra. Principalmente en la comarca de la Sierra Norte, aunque también en la comarca de Guadarrama. Se siguen cultivando en muchos municipios de la Sierra Norte de Madrid ya que su uso es muy apreciado en la cocina actual. Por ejemplo, hemos recogido testimonio actual de su cultivo en Montejo, la Hiruela, Bustarviejo, y memoria de su cultivo en Rascafría (donde las llamaban judías galletas) o en Cercedilla.

Otra leguminosa, que no se puede considerar legumbre, es la alfalfa que

se ha cultivado principalmente como forraje para el ganado. Aunque se ha recogido testimonio de su uso en alimentación humana, fundamentalmente los brotes tiernos de la planta en ensalada, cuando la planta era silvestre. Por ejemplo, en Perales de Tajuña o en Ambite.



Figura 3. Principales legumbres cultivadas en Madrid para consumo humano. Acciones conservadas en el CRF-INIA con sus códigos del Inventario Nacional. A) Garbanzos de Navalcarnero, BGE032347; B) Lentejas de Colmenar de Oreja, BGE032284; C) Almortas de Villarejo de Salvanés, BGE034204; D) Judías de la Virgen, de Navarredonda y San Mamés, BGE043799.



Figura 4. Principales legumbres cultivadas en Madrid para consumo animal. Acciones conservadas en el CRF-INIA con sus códigos del Inventario Nacional. A) Guisantes de Arganda del Rey, BGE034268; B) Habas de Perales de Tajuña, BGE036132; C) Yeros de Alcalá de Henares, BGE013842; D) Algarrobas de Villacastín (Segovia), BGE031081

Producciones actuales

En la Tabla 3 se presentan las superficies y producciones de legumbres en la Comunidad de Madrid, según los datos del último Anuario de Estadística (MAGRAMA 2015). Podemos ver que, en la actualidad, las principales legumbres de Madrid, tanto en superficie dedicada al cultivo, como en producción, son los guisantes secos, los garbanzos y los yeros. De ellas, tanto los guisantes secos como los yeros se emplean exclusivamente para la alimentación animal. Aunque sus superficies han sufrido una cierta fluctuación, estos dos cultivos han vivido un repunte en el campo madrileño en los últimos años, debido a las políticas de subvenciones de la Unión Europea a través de su Política Agraria Común (PAC). Dentro de las legumbres de consumo humano, destaca el garbanzo con unas 550 ha seguido de la lenteja con algo más de 300 ha. Las producciones de habas secas (que se usan para alimentación animal), almortas y otras legumbres son prácticamente testimoniales.

Es llamativo el caso de las judías, cuya superficie (como judía seca) no aparece registrada en las estadísticas agrarias oficiales, si bien conocemos de su existencia (en la Sierra Norte de Madrid) a través de distintas fuentes: la Oficina Comarcal de Buitrago de Lozoya, contactos a través de productores, restaurantes, ayuntamientos de la sierra, grupos de acción local (Galsinma) y otros. La superficie dedicada a este cultivo es pequeña, alrededor de las 2 ha, formando parte de huertos familiares, muchas veces dedicados al autoconsumo, o al abastecimiento de restaurantes. Sin embargo, parece haber una tendencia creciente, gracias al impulso de agricultores, asociaciones y otros agentes económicos y sociales de la comarca. En Madrid también se cultivan 5 ha de judías verdes (considerado cultivo hortícola), una de ellas al aire libre.

Por último, se constata la desaparición de las algarrobas, cuyo cultivo, como hemos visto, fue fundamental en el pasado para

Tabla 3. Superficie, rendimiento y producción de las principales leguminosas grano en la Comunidad de Madrid. Fuente: MAGRAMA (2015).

Cultivo	Superficie (hectáreas)			Rendimiento (kg/ha)		Producción de grano	Paja cosechada
	Secano	Regadío	Total	Secano	Regadío	(toneladas)	(toneladas)
Garbanzos	494	54	548	800	1.800	492	394
Habas	2	2	4	600	1.500	4	3
Almortas	38	–	38	600	–	23	18
Yeros	494	–	494	1.056	–	522	418
Lentejas	312	3	315	500	1.200	160	128
Judías secas	–	–	–	–	–	–	–
Algarrobas	–	–	–	–	–	–	–
Guisantes	762	195	957	1.535	2.149	1.589	1.271
Otras legumbres	20	1	21	900	2.100	20	16

la alimentación del ganado, y ha estado muy arraigado en la región.

La colección de variedades tradicionales del IMIDRA

Aunque es difícil definir el concepto de variedad tradicional, también llamada local, cultivar o en inglés “landrace”, una buena definición fue la propuesta por Negri *et al.* (2000): “una variedad local, de un cultivo que se propaga por semillas, puede ser definida como una población vegetal identificable que tiene un nombre local; no ha sido sometida a procesos formales de mejora, se caracteriza por estar adaptada a las condiciones ambientales de la zona de cultivo, y estar fuertemente asociada con los usos tradicionales, el conocimiento, los hábitos, la lengua y los ritos de los agricultores que la seleccionan y cultivan”. Camacho-Villa *et al.* (2005) propusieron una definición similar: “una variedad local es una población dinámica de una planta cultivada que tiene un origen histórico y una identidad, no ha estado sometida a procesos convencionales de mejora, por lo que suele conservar cierta diversidad genética, está adaptada a las condiciones locales de cultivo y se asocia con sistemas agrarios tradicionales”.

Hoy en día, consumidores y productores están cada vez más interesados en las variedades locales. Al haber sido seleccionadas por los agricultores de una zona en función de sus preferencias y haberse adaptado a lo largo de los años de cultivo a las condiciones ambientales del terreno,

es de esperar que tengan características interesantes para ambos. La adaptación a una zona de cultivo las hace interesantes para los agricultores ecológicos, o todos aquellos que quieran practicar una agricultura sostenible y adaptada al entorno. Al haber sido seleccionadas durante generaciones según los gustos de las poblaciones que las han consumido pueden presentar sabores y texturas excepcionales (Escribano y Lázaro, 2012). Además, al no haber sido sometidas a procesos de mejora centrados en caracteres concretos como el aumento de tamaño, la vida útil post-cosecha, o la resistencia a enfermedades, puede que tengan contenidos interesantes en micro-nutrientes.

En cualquier caso, la gran diversidad genética que contienen y la enorme variedad de caracteres que ofrecen, las convierten en algo muy valioso para la agricultura y la alimentación del presente y del futuro. Este valor se lo están dando ya los consumidores, las grandes superficies y los restauradores que las demandan. Y también, como siempre, porque sin el conocimiento de la biodiversidad agraria es imposible mejorar un cultivo. Y este es el principal objetivo del grupo de Horticultura del IMIDRA.

Así, en la colección de semillas de variedades autóctonas del IMIDRA hay recogidas 53 accesiones de judía, 3 de judión, 2 de garbanzo, 4 de haba, 1 de lenteja y 1 de guisante. En el inventario permanente del CRF (http://wwwx.inia.es/inventarionacional/Bus_genero.asp) se recogen 61 entradas madrileñas de judía,

7 de judión, 5 de garbanzo, 13 de lenteja, 5 de guisante, 2 de almorta, 3 de titarro, 6 de haba, 3 de yero y 2 de veza cultivada. En ningún banco de germoplasma aparece recogida ninguna muestra de algarroba cultivada de Madrid cuando, como hemos visto, era una leguminosa importante en la provincia. Aunque el CRF sí conserva accesiones de algarrobas de provincias limítrofes (de la Rosa *et al.*, 1999).

Los garbanzos de Madrid

Como se ha mencionado en anteriores epígrafes, la legumbre estrella para la alimentación humana en Madrid, ha sido y es el garbanzo. Su uso y su cultivo ha sido mayoritario y muy extendido por toda la región. Así fue hasta el siglo XX.

Aunque se ha utilizado fundamentalmente en la cocina tradicional, también se ha recogido el uso de alguna variedad específica para alimentación animal. Por ejemplo, en Cadalso de los Vidrios nos hablaron de ello en estos términos: “antes se sembraba una variedad negra ... para piensos; se sembraba en terrenos peores que el blanco”. En Galapagar nos contaron de que se les daba (junto con habas) a los caballos y a veces los toros bravos, mojados y a veces algo molidos.

En estas entrevistas se ha recogido también información sobre su ciclo de cultivo, especialmente sobre su fecha de siembra. Así, en Rozas de Puerto Real decían que se sembraba para San José (19 de marzo). Sin embargo, en San Martín de Valde-

glesias diferenciaban según la calidad y orientación del terreno. “En los terrenos malos de solana los garbanzos se sembraban por San Blas (2 de febrero), para que cuando quisieran venir las calores estuviera ya granado; salían unos garbanzos muy buenos. Sin embargo, en las zonas más tardías se ponían una semana antes de san José”. En Villa del Prado nos contaron el siguiente refrán sobre la siembra: “el garbanzo, por san José, ni sembrado, ni por nacer”, o sea que para entonces esté ya sembrado y nacido. Sin embargo, los que se ponían en regadío en los terrenos de huerta los ponían más tarde (finales de marzo o primeros de abril) “porque el rocío del río les perjudicaba mucho”. Para combatir la rabia del garbanzo (“nosotros decíamos que se picaba, se empezaba a poner la planta amarilla y se secaba”) ponían palos de saúco pinchados en el suelo del garbanzal. Según nos dijeron: “a nosotros nunca nos dio un ataque fuerte de rabia, siempre aparecía alguna planta”. Cambiando ya de comarca, en Santorcaz decían que se sembraban en abril o mayo y se recogían en septiembre, mientras que en Olmeda de las Fuentes el refrán era: “para san Marcos (25 de abril), el garbanzal, ni nacido ni por sembrar”. Es decir, que la siembra la realizaban entre febrero, marzo y abril, según el terreno fuera más cálido o más frío. También en Chinchón se solían sembrar a mediados de abril o algo antes, siempre después de san José.

Hoy en día, la recolección se suele hacer con la cosechadora, aunque como nos decían en Chinchón “se pierden mu-

chos". Para ello hay que "allanar lo más posible pasando un rulo detrás de la siembra para luego poder bajar mucho el peine de la cosechadora". En este municipio nos hablaron de que tenían "semillas que se siembran de toda la vida" (variedad local).

En el IMIDRA se conservan 2 muestras (o accesiones) de garbanzo: una de Brunete y otra de Navalcarnero. Además, el Inventario Nacional de Recursos Fitogenéticos en su página web recoge información de otras 3 muestras más: de Navalcarnero, de Chinchón y de San Lorenzo del Escorial.

Aunque con esta especie el IMIDRA no ha abordado aún un trabajo de caracterización completo, datos preliminares indican que las variedades tradicionales de garbanzo de Madrid son del tipo castellano (Figura 1). Esto es, de grano medio o grande, redondeado y arrugado.

Las lentejas de Madrid

El cultivo de la lenteja ha sido relativamente importante en Madrid en las comarcas de la Campiña, las Vegas y la zona Suroccidental. El 13 % de los entrevistados en los pueblos de Madrid mencionaron su cultivo, por ejemplo, en Villarejo de Salvanés, en los Santos de la Humosa o en Olmeda de las Fuentes.

En España existen dos tipos bien definidos de lentejas: tipo *macrosperma* (o de semilla grande) y *microsperma* (de semilla pequeña). Las lentejas de Madrid son del tipo *macrosperma*, comercialmente

conocido como tipo castellana (Lázaro et al. 2001), un tipo bastante homogéneo que se caracteriza por tener semillas grandes (peso de 100 semillas ≥ 4 g) y una piel lisa no moteada.

Las judías y los judiones de Madrid

La judía ha sido, junto con la patata, el cultivo más importante en la Sierra Norte hasta 1960. Según los trabajos etnobotánicos de Laura Aceituno, en la Sierra Norte las judías se cultivaban en regadío y cada familia mantenía un gran número de variedades, que iban alternando año tras año (Aceituno-Mata, 2010). La diversidad aseguraba la cosecha, aunque hubiera un mal año, ya que cada variedad tiene distinta respuesta a las condiciones ambientales, como los requerimientos de agua y nutrientes o la resistencia a plagas y enfermedades. En el aspecto alimentario, la judía era la base de la dieta serrana y se comía a diario, por lo que tener muchas variedades en la despensa permitía cambiar de colores, sabores y texturas en el plato.

En la zona de sierra la judía se cultiva en regadío en pequeñas huertas con otras hortalizas. En la campiña del Jarama las huertas son mayores y se realizan diversas rotaciones alternando el cultivo de la judía en regadío con cultivos de secano como el ajo, la cebada, las calabazas o los melones. En los pueblos más fríos, la judía representaba el cultivo más importante y servía como moneda de cambio para conseguir trigo, garbanzos, vino, aceite, hortalizas, higos o melocotones.

Las fechas de siembra varían según la altitud y la finalidad del cultivo. Las judías dedicadas a grano seco se siembran por san Isidro (15 de mayo) y en la zona de campiña se puede hacer también una siembra tardía a principios de agosto. Las judías para verde suelen sembrarse en varias tandas para escalonar la producción. En la zona de campiña se pone la primera tanda a mediados de abril y la segunda a finales de junio. En los pueblos de sierra se ponen hasta tres tandas: la primera a primeros de mayo; la segunda tanda, llamadas judías “sanjuaneras”, se sembraba entre san Juan (24 de junio) y san Pedro (29 de junio); y las más tardías desde la Virgen del Carmen (16 de julio) hasta principios de agosto. En verano, antes de sembrar las judías se riega un poco el surco donde se van a poner.

La cosecha de judía verde suele empezar a los dos meses de haberlas sembrado. Las judías secas se cosechan a partir de mediados de septiembre y durante todo el mes de octubre. Antiguamente, los excedentes de vainas verdes se insertaban en un hilo y se secaban. Las vainas secas se guardaban en la despensa y antes de cocinarlas se ponían a remojo. Actualmente se conservan guisadas y envasadas al vacío o bien congeladas.

En un reciente trabajo llevado a cabo en el IMIDRA, y usando datos propios, así como la información suministrada por los agricultores, se han podido identificar 17 tipos de judías, judíos y judiones en la Sierra de Madrid. Son los siguientes:

- Judías de las once
- Judías planchetas
- Judías redondas
- Judías pintas
- Judías de la virgen
- Judías ombligo de la reina
- Judías caretas
- Garbanceras
- Judíos. En la Sierra Norte de Madrid se llaman judíos a las judías de mata baja. En el valle del Lozoya se les llama judiones.
 - Judío patonero
 - Judío pinto
 - Judío rojo
 - Judiillos
- Judías de la vaina roja
- Judías del escarabajo
- Judías mantequeras
- Judía vinagrosa
- Judión

A partir de los trabajos del IMIDRA y de otras iniciativas llevadas a cabo en la Sierra Norte de Madrid, un grupo de agricultores ha creado la Asociación de Cultivadores de Judía de la Sierra Norte de Madrid que prevé producir y comercializar conjuntamente estas judías bajo una marca colectiva de calidad, auspiciada por la etiqueta de Madrid “M Producto Certificado”. Esta asociación aglutina a personas y entidades que se dedican a la producción de judías en la comarca de la Sierra Norte de Madrid, así como a la divulgación e investigación en relación con la biodiversidad agrícola. Los fines de la Asociación de Cultivadores de Judía son promover el reconocimiento de las judías de variedades tradicionales producidas en la Sierra Norte de Madrid,

fomentando la producción ecológica y la creación de empleo.

Las habas de Madrid

Poco se sabe de las habas de Madrid. A través de los datos históricos, de las entrevistas con los agricultores hemos podido constatar que se trata de un cultivo que fue relativamente importante, sobre todo en la comarca de las Vegas (vegas de los ríos Tajuña y Tajo). De las entrevistas se deduce que, aunque se consumía principalmente su grano en verde (con y sin vaina), también se consumió su grano seco guisado. Sin embargo, el principal uso de las habas secas ha sido la alimentación del ganado. Por ejemplo, nos contaron que se daban de comer a las vacas y toros bravos (granos triturados), ovejas (granos enteros) y a las mulas y caballos (granos remojados). En la actualidad, según los datos del Anuario de Estadística 2014 (MAGRAMA 2015) en la Comunidad de Madrid se cultiva únicamente 1 ha para habas verdes y 4 ha para habas secas, para consumo animal.

El IMIDRA conserva unas pocas variedades tradicionales. A falta de datos de caracterización, y gracias a observaciones preliminares, podemos decir que las habas de Madrid son en general variedades de vaina intermedia: con una longitud alrededor de los 20 cm, y unas 4-7 semillas arriñonadas por vaina.

Conclusiones

Las legumbres han sido muy cultivadas y consumidas en Madrid hasta mediados

del siglo XX. A partir de entonces su cultivo y su consumo han disminuido continuamente, aunque en los últimos años, ha habido un tímido repunte de ambos.

En la actualidad, las legumbres de Madrid más cultivadas son los guisantes secos y los yeros, ambos destinados a la alimentación animal. Se constata la desaparición del cultivo de la algarroba pues no aparece mencionado en las estadísticas agrarias, y muy probablemente la pérdida de los cultivares autóctonos de Madrid. La adaptación de este cultivo a las condiciones de la región durante siglos podría indicar una buena aptitud para su uso en ganaderías extensivas o ecológicas. Si fuera necesario su recuperación, sería necesario abordarla a partir de cultivares de provincias limítrofes.

La legumbre estrella para la alimentación humana en Madrid, ha sido y es el garbanzo. Su uso y su cultivo ha sido mayoritario y muy extendido por toda la región. Sin embargo, la lenteja sólo ha sido importante en las comarcas del sur de la provincia y las judías en la Sierra Norte. En el caso de las judías destaca la gran diversidad de tipos encontrados y descritos, lo que le da gran oportunidad de futuro en mercados como el de la restauración que buscan esta diversidad.

A partir de los trabajos de investigación y de las iniciativas de los agricultores y consumidores, se puede volver a colocar a las legumbres en el lugar primordial que siempre han tenido en Madrid. Su recuperación pasa, quizás, por producir

y comercializar las principales especies bajo una marca colectiva o de calidad.

Referencias

- Aceituno-Mata, L. (2010). *Estudio etno-botánico y agroecológico de la Sierra Norte de Madrid*. PhD thesis. Universidad Autónoma de Madrid.
- Camacho-Villa, T.C., Maxted, N., Scholtena, M. and Ford-Lloyd, B. (2005) *Defining and identifying crop landraces*. Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization 3(3): 373-384.
- Escribano, S, and Lázaro, A. (2012) *Sensorial characteristics of Spanish traditional melon genotypes: has the flavor of melon changed in the last century?* Eur Food Res Technol DOI: 10.1007/s00217-012-1661-7
- Lázaro, A., Ruiz, M., De la Rosa, L. and Martín, I. (2001) *Relationships between agro/morphological characters and climatic parameters in Spanish landraces of lentil (Lens culinaris Medik.)*. Genet Resour Crop Evol 48(3):239-249
- Lázaro, A., Villar, B., Aceituno-Mata, L., Tardío, J. and De la Rosa, L. (2013) *The Sierra Norte of Madrid: an agrobiodiversity refuge for common bean landraces*. Genet Resour Crop Evol 60(5):1641-1654
- Lázaro, A., Aceituno-Mata, L., Fernández-Navarro, I.C., Pirredda, M. and Tardío, F. J. (2016). *Catálogo de Variedades Tradicionales de Judías de la Comunidad de Madrid*. IMIDRA, Comunidad de Madrid, Ed. 109 pp. ISBN 978-84-451-3564-8.
- MERCASA (2014) *Alimentación en España 2014*. MERCASA, Madrid
- MAGRAMA (2015) *Anuario de Estadística 2014*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid
- Negri, V., Becker, H., Onnela, J., Sartori, A., Strajeru, S. and Laliberté, B. (2000) *A first inventory of on-farm conservation and management activities in Europe including examples of formal and informal sector cooperation*. In: Laliberté, B., Maggioni, L., Maxted, N. and Negri, V. (ed.) ECP/GR In situ and on-farm conservation network. Report of a task force on wild species conservation in genetic reserves and a task force on on-farm conservation and management. Isola Polvese, Italy. pp 15-31.
- De la Rosa, L., Martín, I. y Varela, F. (1999) *La colección de algarrobos (Vicia articulata Hormen) del centro de recursos fitogenéticos del INIA*. Invest. Agr. Prod. Prot. Veg. Vol. 14 (3) 367-382
- Sánchez, F.J., Salces, R. and Lázaro, A. (2006) *Evolución de la superficie de cultivo de leguminosas en la Comunidad de Madrid: desde el siglo XIX hasta nuestros días*. En: De los Mozos, M.,

Giménez Alvear, M.J., Rodríguez-Conde, M.F. and Sánchez-Vioque, R. (ed.) Nuevos retos y oportunidades de las leguminosas en el sector agroalimentario español (Segundas Jornadas de la Asociación Española de Leguminosas), Cuenca, 25-27 de abril de 2006. Consejería de Agricultura. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Toledo. pp 51-58

Tardío, J., Pascual, H, y Morales, R. (2002) *Alimentos silvestres de Madrid. Guía de plantas y setas de uso alimentario tradicional en la Comunidad de Madrid*. 246pp. Ediciones La Librería. Madrid

VV.AA. (1984) *Una fuente de proteínas. Alubias, garbanzos y lentejas*. Ministerio de Agricultura. Madrid. ISBN 10:8474793262 / ISBN 13:9788474793260

Agradecimientos

Este trabajo no habría sido posible sin la ayuda de los vecinos de los pueblos de Madrid que nos regalaron su conocimiento, su saber y sus recuerdos. Asimismo, queremos agradecer a Ramón Morales y a Higinio Pascual que participaran en las entrevistas. Y por último a Francisco Javier Sánchez, cuya revisión de la obra de Madoz nos sirvió de punto de partida en este trabajo.

Experiencias con leguminosas para el control de la erosión

Ramón Bienes* y Blanca Sastre

Departamento de Investigación Aplicada y Extensión Agraria. Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario IMIDRA.

Comunidad de Madrid. Finca El Encín, 28800 Alcalá de Henares

*ramon.bienes@madrid.org

Antecedentes

Más del 99% de las calorías ingeridas por los seres humanos provienen de alimentos de la tierra (Pimentel, 2006) y según datos de la FAO (2005) un 42% de la población depende de la actividad agrícola, junto a la caza, pesca y silvicultura. Es por esto que gran parte de nuestro suelo está dedicado a la agricultura: en Europa, los campos labrados y cultivos permanentes ocupan un 25 % del suelo (EEA-ETC/LUSI, 2010). La agricultura tiene por tanto un peso importante en el medio ambiente, lo que supone, entre otras cosas, una responsabilidad con la disponibilidad del agua y la sostenibilidad del suelo que ocupa. Es por ello que un manejo inadecuado o el fomento de medidas irrespetuosas con el medio ambiente pueden afectar a una gran proporción de terreno y personas. Por ejemplo, la búsqueda de la maximización de la producción con incentivos erróneos, llevó durante muchos años en Europa a una intensificación de los cultivos con, entre otras consecuencias, un aumento de la erosión y la escorrentía (Boardman *et al.*, 2003; Souchère *et al.*, 2003). Actualmente hay una creciente concienciación por la conservación del suelo.

En España, de los 17 Mha de tierras labradas, los cultivos herbáceos suponen el 70 %, el viñedo el 6% y el olivar el 15 % (Instituto Nacional de Estadística, Anuario 2015). Se trata de una porción importante del territorio que se suele someter a un manejo que deja el suelo desnudo mediante un excesivo laboreo, la aplicación de herbicidas, etc.

Las consecuencias relacionadas con los procesos erosivos están llevando al abandono de los suelos agrícolas de toda Europa, abandono que ya afecta a miles de kilómetros cuadrados. Cuando se abandona un cultivo suele ser en las zonas ya altamente degradadas, lo que favorece aún más la erosión (Romero-Díaz, 2003). En las zonas mediterráneas la gravedad de este abandono radica en que los procesos de colonización de plantas son lentos (García-Ruiz y Lana-Reanult, 2011) y en la lenta tasa de formación del suelo en este clima (López-Bermúdez, 2002). Así, los efectos de dicho abandono pueden permanecer indefinidamente.

Los procesos erosivos se encuentran entre los principales responsables de la pérdida de productividad, por lo que se hace necesario una actuación encaminada a controlarlos.

La Política Agraria de la UE y el fortalecimiento de los mercados nacional e internacional, han fomentado la expansión de olivares y viñedos en tierras marginales, con pendientes pronunciadas (García-Ruiz, 2010). En estos cultivos las calles suelen estar desnudas gran parte del año, quedando el suelo expuesto a las precipitaciones, lo que lo hace vulnerable a la erosión hídrica de un modo directo, por impacto de la gota de lluvia, e indirecto por la escorrentía que se concentra en regueros, no escasamente presentes en nuestro paisaje agrícola.

El estudio experimental de la erosión nos ofrece evidencias claras de la problemática y datos concretos al respecto, que pueden servir para cuantificar los costes medioambientales que incluyen el impacto social. Si se ofrecen datos concretos sobre la tolerabilidad de las tasas erosivas se facilitará la labor de las políticas tanto nacionales como europeas en materia de agricultura y suelos que pueden tener una base científica para la implementación de medidas adecuadas (Renschler and Harbor, 2002), y así se ayudará a la concienciación de consumidores y agricultores, ya que sus decisiones están fuertemente influenciadas por factores socio-económicos (Boardman *et al.*, 2003). Esto puede facilitar que se frene la pérdida de productividad de los suelos y el aumento de superficie degradada, adaptándose dichas medidas a las condiciones regionales de cada área (Calatrava *et al.*, 2011).

Durante 23 años, el IMIDRA ha venido estudiando las pérdidas de suelo en los

cultivos y situaciones predominantes en España (cereal secano, olivar, viñedo y tierras abandonadas) utilizando distintas técnicas. De este modo puede conocerse la repercusión de distintos manejos del suelo en nuestros terrenos agrícolas y saber si la tasa erosiva es o no tolerable según los criterios actuales. Se ha comprobado en diferentes escenarios que manejos con suelo desnudo como son el laboreo y/o el empleo de herbicidas, comprometen la conservación de los suelos, con tasas erosivas medias de hasta 20 t ha⁻¹ año⁻¹.

Las leguminosas no sólo hay que valorarlas desde el punto de vista de la dieta y como alimentos saludables, también pueden cumplir una función muy valiosa desde el punto de vista de la conservación ambiental. En este capítulo se exponen las experiencias obtenidas por los autores en diversas investigaciones llevadas a cabo desde 1994 hasta el presente (2016) en donde se han empleado leguminosas para combatir la erosión y mitigar la degradación de los suelos.

Es opinión de los autores la gran necesidad de evaluar a tiempo las consecuencias de los manejos en los procesos erosivos, y estudiar la idoneidad de alternativas. Las experiencias obtenidas por el IMIDRA en la lucha contra la erosión se han agrupado en tres bloques:

1. Empleo de leguminosas herbáceas para la mejora de pastizales y como alternativa al abandono de tierras.
2. Empleo de leguminosas herbáceas como cubiertas vegetales y alterna-

tiva al manejo tradicional de cultivos leñosos.

3. Empleo de leguminosas arbustivas en la recuperación de suelos degradados y en el control de la erosión.

Los ensayos han sido realizados en diversas localidades de España (Fig. 1), en las provincias de Madrid (fincas de El Encín y La Chimenea), Guadalajara (Marchamalo) y Cuenca (Albaladejito).

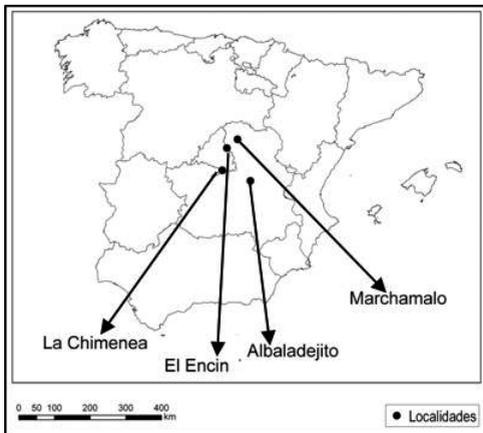


Figura 1. Situación de las localidades en las que el IMIDRA ha llevado a cabo estudios de control de la erosión con empleo de leguminosas.

Empleo de leguminosas herbáceas para la mejora de pastizales y como alternativa al abandono de tierras

Numerosos estudios han intentado determinar los niveles tolerables o aceptables de erosión del suelo para entornos agrícolas de secano. Estudios recientes fijan los niveles de pérdida de suelo admisible en el entorno de $1 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ (Verheijen *et al.*, 2009). Las estimaciones actuales sugieren que la erosión de la pérdida de

suelo de tierras agrícolas en Europa es de 10 a 40 veces mayor que este valor (Pimentel, 2006). En España, se estima que aproximadamente el 44% de la superficie terrestre está afectada por la desertificación, con tasas de erosión superiores a $12 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ (Montanarella, 1999).

Las consecuencias del abandono de tierras agrícolas constituyen una preocupación desde el punto de vista de la investigación (García-Ruiz y Lasanta, 1994; Lasanta y García-Ruiz, 1996). Algunos autores han comprobado que en áreas semiáridas los procesos erosivos pueden verse favorecidos, sobre todo en suelos desestructurados (López-Bermúdez y Torcal, 1986). Se ha observado que, a largo plazo, la vegetación se desarrolla en los campos abandonados hasta controlar la erosión y disminuir eficazmente la escorrentía. Sin embargo, cuando las condiciones edafoclimáticas no son las adecuadas, la vegetación puede no ser capaz de desarrollarse rápidamente (García-Ruiz *et al.*, 1991), con lo que los campos abandonados quedan desprotegidos durante un tiempo indeterminado y sufren un incremento de los procesos erosivos (Bienes y Torcal, 1997). En estos casos se precisaría realizar algún tratamiento previo al abandono, tal como una siembra de leguminosas prateras que aumentan la cobertura vegetal y cooperan a incrementar el nivel de nitrógeno del suelo.

También es importante conocer la evolución de la pérdida de nutrientes, tanto en el agua de escorrentía como asociados a los sedimentos en función del manejo del

suelo. Durante el período 1994 a 1997 el IMIDRA llevó a cabo un estudio en 4 localidades para evaluar tanto la pérdida de suelo como esta fuga de nutrientes, comparando las pérdidas de un suelo labrado sin cubierta vegetal frente a otro en el que se introdujeron unas leguminosas.

Las leguminosas con las que se han realizado los ensayos de control de la erosión son las que figuran en la Tabla 1, junto con las principales características de suelo y clima de cada una de las 4 localidades en las que se llevaron a cabo los ensayos.

Los datos y la frecuencia con la que se han tomado a lo largo del período 1994-1997 son los que figuran en la Tabla 2. Todas las localidades mencionadas han dispuesto de una estación meteorológica automática que ha proporcionado los datos de pluviometría y temperatura.

No sólo se ha registrado experimentalmente la pérdida de suelo con diferentes leguminosas, sino también la pérdida de

nutrientes tanto adheridos a los sedimentos como disueltos en el agua de escorrentía. Para tener una idea de la eficacia de las diferentes leguminosas en el control de la erosión, en las Tablas 3 y 4 se han incluido también las correspondientes pérdidas de suelo y nutrientes que tienen lugar en un suelo desnudo a modo de testigo.

La introducción de las leguminosas ha reducido potentemente la pérdida de suelo y de nutrientes en todas las localidades ensayadas. La reducción de la escorrentía se explica por la mayor infiltración que induce la cubierta vegetal al promover la formación de macroporos biológicos y mejorar la estabilidad estructural. La permeabilidad del suelo está también directamente relacionada a la biomasa radicular (Bronick y Lal, 2005). Las parcelas con cubierta de leguminosas han incrementado el contenido de materia orgánica del suelo, reduciendo así la formación de costras y el sellado del suelo. Por el contrario, el laboreo que mantiene el suelo desnudo, aumenta la erosión y disminuye el contenido de materia orgánica.

Tabla 1. Localidades y periodos de los ensayos. Características del suelo y clima.

Localidad	Parcelas	Años	Tipo de vegetación	Suelos	Pendiente	Clima
Encín (Madrid)	4 parcelas de erosión tipo USLE (80 m ²)	1994-1997	<i>Medicago sativa</i> var. Ayna <i>Astragalus cicer</i>	<i>Typic Haploxeralf</i> Franco arenosa Mat. orgánica: 1,31%	6%	P: 430 mm T: 13,40C ETP: 745 mm
Marchamalo (Guadalajara)	4 parcelas de erosión tipo USLE (80 m ²)	1994-1997	<i>Medicago sativa</i> var. Ayna <i>Astragalus cicer</i>	<i>Typic Rhodoxeralf</i> Arcillo arenosa Mat. orgánica: 1,12%	12,3%	P: 379 mm T: 13,20C ETP: 744 mm
Aranjuez (Madrid)	4 parcelas de erosión tipo USLE (80 m ²)	1994-1997	<i>Medicago sativa</i> var. Ayna <i>Astragalus cicer</i> <i>Hedysarum spinosissimum</i> <i>Hedysarum humile</i>	<i>Gypsic Haploxerept</i> Arcillo limosa Mat. orgánica: 1,31%	10%	P: 395 mm T: 13,6 °C ETP: 1238 mm
Albaladejito (Cuenca)	4 parcelas de erosión tipo USLE (80 m ²)	1994-1997	Esparceta silvestre	<i>Calcic Haploxeralf</i> Franco arenosa Mat. orgánica: 0,63%	8,9%	P: 589 mm T: 12,20C ETP: 686 mm

Tabla 2. Tipo de datos, unidades, frecuencias y método empleado.

Datos		Unidad	Frecuencia	Método
Climatología	ETP	mm	1 hora	Penman-Monteith
	Precipitación	mm	10 minutos	HOBO
	Temperatura	°C	10 minutos	Termómetro
Vegetación	Cobertura	%	Trimestral	Fotografía/Estimación visual
Edafología	Carbono orgánico suelo	mg·g ⁻¹	Anual	Oxidación húmeda
	Carbono orgánico sedimentos	mg·g ⁻¹	Episodio lluvia	Oxidación húmeda
	Humedad (15 y 30 cm)	m ³ ·m ⁻³	15 minutos	Sondas ECH ₂ O
	Infiltración	mm·h ⁻¹	Anual	Infiltrómetro de doble anillo
	Fósforo	ppm	Episodio lluvia	Olsen
Sedimentos	Sedimentos	g	Episodio lluvia	Parcelas USLE 80 m ²
	Ca sedimentos	ppm	Episodio lluvia	Acetato amónico
	Mg sedimentos	ppm	Episodio lluvia	Acetato amónico
	Na sedimentos	ppm	Episodio lluvia	Acetato amónico
	K sedimentos	ppm	Episodio lluvia	Acetato amónico
	Fósforo sedimentos	ppm	Episodio lluvia	Olsen
Escorrentía	Escorrentía	mm	Episodio lluvia	Parcelas USLE 80 m ² Absorción atómica
	Ca en escorrentía	ppm	Episodio lluvia	Parcelas USLE 80 m ² Absorción atómica
	Mg en escorrentía	ppm	Episodio lluvia	Parcelas USLE 80 m ² Absorción atómica
	Na en escorrentía	ppm	Episodio lluvia	Parcelas USLE 80 m ² Absorción atómica
	K en escorrentía	ppm	Episodio lluvia	Parcelas USLE 80 m ² Absorción atómica
	NO ₃ ⁻ en escorrentía	ppm	Episodio lluvia	Parcelas USLE 80 m ² Absorción atómica
	PO ₄ ³⁻ en escorrentía	ppm	Episodio lluvia	Parcelas USLE 80 m ² Absorción atómica
	Cl ⁻ en escorrentía	ppm	Episodio lluvia	Parcelas USLE 80 m ² Absorción atómica
HCO ₃ ⁻ en escorrentía	ppm	Episodio lluvia	Parcelas USLE 80 m ² Absorción atómica	

Tabla 3. Pérdida media anual de nutrientes en los sedimentos.

Localidad	Sedimento (kg·ha ⁻¹)	MO (Kg·ha ⁻¹)	Fósforo (Kg·ha ⁻¹)	Ca (Kg·ha ⁻¹)	Mg (Kg·ha ⁻¹)	Na (Kg·ha ⁻¹)	K (Kg·ha ⁻¹)
SUELO DESNUDO							
Albaladejito	1.290	86,9	0,13	4,62	0,39	0,39	0,83
La Chimenea	10.375	442,1	0,93	31,94	1,80	2,45	3,41
Marchamalo	27.958	386,2	1,30	129,49	6,84	8,15	11,33
El Encín	6.879	125,7	0,25	19,97	1,09	1,37	1,85
LEGUMINOSAS							
Albaladejito	25	1,1	0,003	0,04	0,004	0,008	0,02
Aranjuez	2.496	126,8	0,10	8,98	0,47	0,57	1,11
Marchamalo	44	1,1	0,002	0,12	0,01	0,02	0,02
El Encín	833	18,6	0,003	0,10	0,01	0,01	0,02

Tabla 4. Pérdida media anual de nutrientes en el agua de escorrentía.

Localidad	Escorrentía (mm)	NO ₃ ⁻ (Kg/ha)	PO ₄ ⁻³ (Kg/ha)	Cl ⁻ (Kg/ha)	HCO ₃ ⁻ (Kg/ha)	Ca (Kg/ha)	Mg (Kg/ha)	Na (Kg/ha)	K (Kg/ha)
SUELO DESNUDO									
Albaladejito	18,24	6,10	1,15	0,60	1,53	1,93	0,68	3,46	1,25
La Chimenea	38,27	7,17	16,26	25,94	82,48	182,56	18,83	80,69	27,45
Marchamalo	40,76	8,51	2,34	0,88	3,62	10,91	1,54	3,44	2,66
El Encín	36,22	4,56	1,46	2,09	8,24	10,09	1,18	3,10	3,78
LEGUMINOSAS									
Albaladejito	3,4	0,54	0,33	0,52	1,00	0,67	0,16	0,25	0,46
Aranjuez	11,85	2,11	1,94	1,01	16,62	3,41	2,50	1,93	6,70
Marchamalo	3,46	0,51	0,13	0,15	0,39	0,47	0,07	0,07	0,11
El Encín	5,14	0,39	0,13	0,14	0,66	0,70	0,09	0,22	0,41

Por tanto, estas pérdidas de suelo y de nutrientes deben ser controladas porque puede suponer problemas ambientales como la eutrofización (Quilbé et al, 2005; Bienes et al, 2010), la pérdida de la fertilidad (Wudneh et al, 2007; Gabiri et al, 2015; Baptista et al, 2015) y representan un coste económico para los agricultores. Pero también son el origen de la contaminación agraria difusa, la cual si bien es de mucha menor intensidad que la que pueda ocasionar un vertido de un contaminante, a diferencia de aquella que afecta a superficies rara vez cartografiables, la contaminación agraria difusa afecta al 50% de la superficie agrícola mundial, lo que le convierte en un problema mucho más grave que el de la contaminación puntual.

Mientras que el suelo desnudo, conforme se va erosionando año tras año, tiende a presentar un mayor coeficiente de escorrentía (Tabla 5), la introducción de leguminosas tiende a mantenerlo en unos valores relativamente bajos. El agua que deja de escurrir es porque la infiltración se ha visto incrementada, lo que permite un

mejor aprovechamiento del agua de lluvia. Como consecuencia, se va a potenciar el desarrollo de la vegetación natural cubriendo el suelo muy eficazmente de forma que la erosión quede en unos niveles tolerables. Por tanto, se pone en marcha todo un mecanismo de retroalimentación cuyo fin último es fijar el suelo, incrementar el contenido de materia orgánica en el mismo al quedar muchos más restos vegetales en superficie, evitar la pérdida de fertilidad y controlar la contaminación difusa, lo que repercutirá en una mejora medioambiental.

La Fig. 2 muestra la pérdida de suelo registrada en una parcela labrada y en otra con un pastizal de leguminosas. Conforme se establecieron las leguminosas, vemos cómo el Factor C de la RUSLE disminuye con el tiempo en el caso de las leguminosas, mientras que se mantiene casi constante en el suelo desnudo. El factor C da idea de la eficacia de una cubierta vegetal reduciendo la capacidad erosiva del clima. Por ejemplo un valor de 0,15 significa que la agresividad del clima ha quedado reducida al 15%, por lo que cuanto menor sea este factor, menor es la erosión.

Tabla 5. Coeficiente de escorrentía superficial (%) y su evolución bajo distintos usos del suelo en las zonas de estudio.

Año	Especies de leguminosas del pastizal	Suelo desnudo	Pastizal de leguminosas
ARANJUEZ	<i>Medicago sativa</i> var. <i>Ayna</i> , <i>Astragalus cicer</i> , <i>Hedysarum spinosissimum</i> y <i>Hedysarum humile</i>		
1994		6,72	4,82
1995		9,35	8,49
1996		13,92	3,34
1997		13,09	0,78
ALBALADEJITO	<i>Onobrychis hispanica</i>		
1994		0,73	0,59
1995		1,98	0,75
1996		4,74	0,75
1997		6,58	0,87
MARCHAMALO	<i>Medicago sativa</i> , var. <i>Ayna</i> y <i>Astragalus cicer</i>		
1994		0,62	0,67
1995		7,25	0,65
1996		13,29	0,81
1997		7,68	0,66
EL ENCÍN	<i>Medicago sativa</i> , var. <i>Ayna</i> y <i>Astragalus cicer</i>		
1994		4,93	3,39
1995		6,60	0,54
1996		10,29	0,81
1997		11,25	0,76

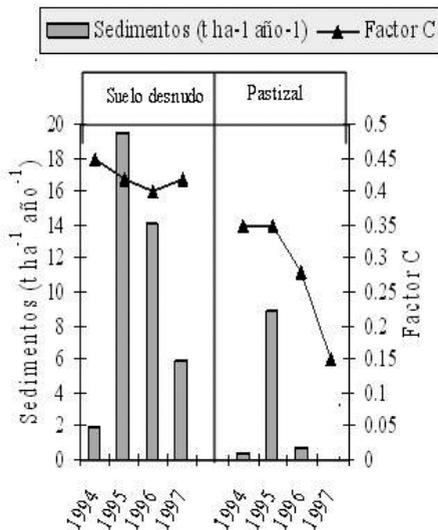


Figura 2. Comparación de la pérdida de suelo anual en el testigo (suelo desnudo) y el pastizal de leguminosas en Aranjuez, y evolución del factor C con el tiempo.

El empleo de leguminosas herbáceas como cubiertas vegetales y alternativa al manejo tradicional de cultivos leñosos

Las cubiertas vegetales se llevan utilizando dos décadas en las calles de cultivos leñosos, principalmente en olivar, viñedo y almendro, para controlar la pérdida de suelo por erosión aumentando a la vez el contenido en materia orgánica y la infiltración de agua en el suelo. El efecto protector de las cubiertas en el suelo se debe a que evitan el impacto directo de la gota de lluvia en el suelo, frenan la escorrentía superficial y mejoran la estructura del suelo favoreciendo una mayor resistencia de sus agregados. Además, en el caso de las le-

guminosas aportan nitrógeno al suelo debido a la fijación de nitrógeno atmosférico de sus micorrizas, produciendo un efecto fertilizante en el olivar (Foraster *et al.*, 2006).

Estas cubiertas pueden ser naturales o sembradas. En las cubiertas naturales de nueva instalación no abundan las leguminosas debido a su alta sensibilidad al empleo de herbicidas, mientras que en las cubiertas maduras su representación llega al 16% del total de familias (Guzmán y Foraster, 2008).

El grupo del Dr. Bienes del IMIDRA lleva una década investigando el efecto de las

cubiertas vegetales sembradas en las calles de olivar en el Centro de Olivicultura de la Comunidad de Madrid, localizado en la finca La Chimenea (Aranjuez-Colmenar de Oreja). Los dos primeros años de estudio se sembró lenteja (*Lens culinaris*), de 2010 a 2012 esparceta (*Onobrychis viciifolia*) y yeros (*Vicia ervilia*) a partir de 2013 (Tabla 6).

Se han tomado datos climatológicos de la estación automática que dispone la finca, datos de vegetación, edafológicos y de producción y calidad del Aceite de Oliva Virgen Extra. Todos los datos con las frecuencias y métodos empleados se resumen en la Tabla 7.

Tabla 6. Tratamientos y periodos ensayados en "La Chimenea". Características del suelo y clima.

Tratamiento	Repeticiones	Años	Suelos	Clima
Control	3 calles	2007-2016	Gypsic Haploxerept Textura franco arenosa Materia orgánica: 1.31%	P: 395 mm T: 13.6 °C ETP: 1238 mm
Lenteja	6 calles	2007-2009		
Esparceta	6 calles	2010-2013		
Yeros	6 calles	2013-2016		

Tabla 7. Tipo de datos, unidades, frecuencias y método empleado.

Datos		Unidad	Frecuencia	Método
Climatología	ETP	mm	1 hora	Penman-Monteith
	Precipitación	mm	10 minutos	HOBO
	Temperatura	°C	10 minutos	Termómetro
Vegetación	Cobertura	%	Bimensual	Fotografía/Estimación visual
Edafología	Carbono orgánico (0-5 y 5-10 cm)	mg·g ⁻¹	Anual	Oxidación húmeda
	Carbono orgánico- particulado (0-5 y 5-10 cm)	mg·g ⁻¹	Anual	Fraccionamiento-Oxidación húmeda
	Carbono orgánico-Fracción mineral (0-5 y 5-10 cm)	mg·g ⁻¹	Anual	Fraccionamiento-Oxidación húmeda
	Estabilidad de agregados (0-5 y 5-10 cm)	Número de impactos	Anual	CND (Counting Number Drops)
	Humedad (15 y 30 cm)	m ³ ·m ⁻³	15 minutos	Sondas ECH ₂ O
	Infiltración	mm·h ⁻¹	Anual	Infiltrómetro de doble anillo y anillo sencillo
	Porosidad (15 y 30 cm)	%	Anual	Caja de arena y ollas de presión
Aceituna y aceite	Sedimentos	g	Episodio lluvia	Microparcelas Gerlach 1 m ²
	Producción	kg/árbol	Anual	Gravimetría
	Índice de madurez	-	Anual	(Beltrán <i>et al.</i> , 2008) Color epidermis
	Rendimiento graso industrial	%	Anual	Abencor
	Polifenoles totales	mg·g ⁻¹	Anual	(Vázquez-Roncero <i>et al.</i> , 1973)
Pigmentos (clorofilas y carotenos)	mg·g ⁻¹	Anual	(Mínguez-Mosquera <i>et al.</i> , 1991)	

La **cobertura** es una medida importante debido al efecto que la propia cubierta tiene evitando el impacto directo de la lluvia en el suelo y a la reducción de la velocidad de la escorrentía. De las tres leguminosas sembradas, la lenteja es la que tuvo peor implantación con una mala nascencia en las dos campañas, sin que en ningún momento cubriera más de un 15-20% del total del suelo. La esparceta sólo logró una buena cobertura en 2013 debido a la lluviosa primavera, pero en ningún caso llegó a los buenos resultados obtenidos con los yeros (Fig. 3). En cualquier caso la superficie cubierta por la esparceta y los yeros fue superior a la obtenida con el control, consistente en un pase de labor anual.

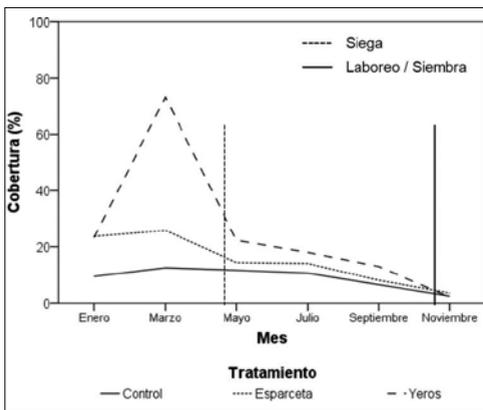


Figura 3. Evolución de la cobertura del control (media de 3 años), esparceta (media de 3 años) y yeros (datos de un año).



Figura 4. Fotografía de la cubierta de esparceta en flor (izda.) y de la cubierta de yeros (dcha.) en el primer término de la foto.

En la figura 4 se muestran las fotografías de la cubierta de esparceta (izquierda) en la primavera de 2013 y de la cubierta de yeros (derecha) en la primavera de 2014.

La **pérdida de suelo** se midió recogiendo en los canalones de las microparcels los sedimentos movilizados tras cada lluvia. Debido a la escasa cobertura de la lenteja, la pérdida media de suelo fue muy elevada, $15 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ frente a las $5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ del control en esa misma temporada. En cuanto a la esparceta y los yeros, la pérdida media de estas leguminosas frente al control fue de 4,0 y $6,8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ respectivamente en el periodo comprendido entre 2011 y 2014 (Sastre *et al.*, 2016). En la figura 5 se muestra la pérdida de suelo acumulada tras cada evento lluvioso en ese mismo periodo. La pérdida de suelo en el control es constante a lo largo de todo el tiempo de estudio, mientras que las leguminosas reducen la erosión principalmente en primavera, cuando la cobertura del suelo es mayor, mientras que el control de la erosión debido a las lluvias de otoño no es tan eficiente.

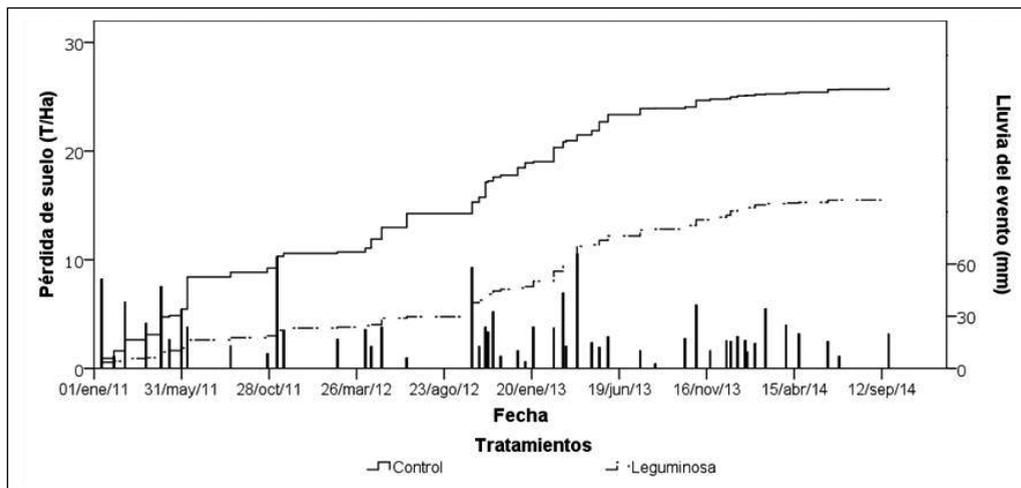


Figura 5. Pérdida de suelo acumulada para el control y la leguminosa entre 2011 y 2014 y en barras verticales, cantidad de lluvia que lo produjo.

A lo largo de todo el periodo de estudio se ha monitorizado el **contenido volumétrico de agua en el suelo** (Sastre *et al.*, 2015), con un resultado positivo de las leguminosas a 30 cm de profundidad (figura 6). Esta cubierta mantiene a lo largo de todo el año más humedad que el control, haciendo que el olivo disponga de más cantidad de agua a una profundidad donde dispone gran parte de su sistema radicular.

También se midió el **incremento del contenido de agua en el suelo** tras cada evento lluvioso a 15 y 30 cm de profundidad (Sastre *et al.*, 2016). Tanto el control como la leguminosa muestran un incremento significativamente mayor a 15 que a 30 cm, no hallándose diferencias entre tratamientos a 15 pero sí a 30 cm de profundidad (Tabla 8).

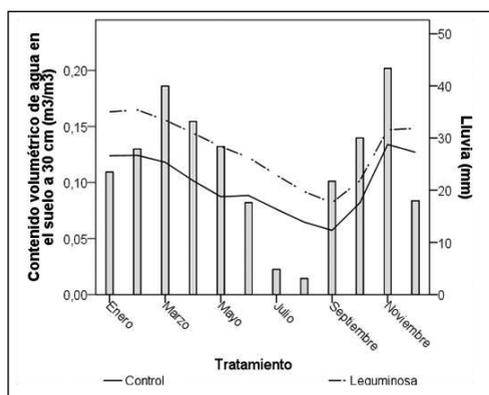


Figura 6. Humedad media del suelo a 30 cm de profundidad en cada tratamiento y precipitación media para cada mes.

En cuanto al efecto de las leguminosas sobre el contenido en el suelo de **carbono orgánico** en 2013 (García-Díaz *et al.*, 2014) no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ni en el total ni en el particulado, como consecuencia de la rápida mineralización de los restos vegetales procedentes de la leguminosa (baja relación C/N), excepto de 5 a 10 cm (Tabla 9), donde el control tuvo un contenido algo mayor que la cubierta vegetal.

Tabla 8. Incremento de la humedad del suelo ($\Delta\theta$) para cada tratamiento a 15 y 30cm de profundidad y porcentaje de aumento respecto al tratamiento laboreo.

Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre tratamientos para una misma profundidad. Letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre profundidades para un mismo tratamiento.

Tratamiento	Incremento de humedad del suelo ($m^3 \cdot m^{-3}$)			
	15 cm		30 cm	
	Media	aumento respecto a Control	Media	aumento respecto a Control
Control	0,020 a B	--	0,002 a A	--
Leguminosa	0,022 a B	10 ‰	0,004 b A	100 ‰

Tabla 9. Carbono orgánico total y carbono orgánico particulado a diferentes profundidades y el total del perfil estudiado (0-10 cm).

Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre tratamientos para una misma profundidad.

Tratamiento	Profundidad (cm)	n	SOC ($g \cdot kg^{-1}$)	C-POM ($g \cdot kg^{-1}$)
Control	0-5	6	$7,9 \pm 0,6$	$1,8 \pm 0,9$
	5-10	6	$7,6 \pm 1,2$ a	$1,8 \pm 1,0$
	Media	12	$7,7 \pm 0,9$	$1,8 \pm 0,9$
Leguminosa	0-5	6	$7,5 \pm 1,5$	$1,9 \pm 0,6$
	5-10	6	$6,2 \pm 0,7$ b	$0,8 \pm 0,3$
	Media	12	$6,9 \pm 1,3$	$1,4 \pm 0,8$

La estabilidad de los agregados es un indicador de la susceptibilidad del suelo a ser erosionado. En la Fig. 7 se muestran las curvas de supervivencia de los agregados del control y la esparceta del año 2013 a

dos profundidades (Sastre *et al.*, 2014). Como puede verse hay más agregados de esparceta que resisten un mayor número de impactos tanto a 0-5 como a 5-10 cm de profundidad frente al control.

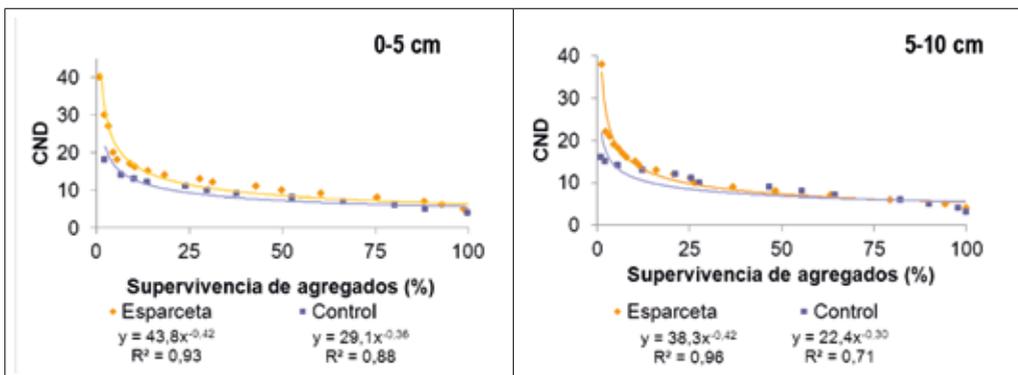


Figura 7. Curva de supervivencia de agregados secos al aire tomados entre 0 y 5 cm. (izda.) y de 5 a 10 cm de profundidad (dcha.) para la cubierta de esparceta y el control. Debajo del nombre del tratamiento aparece la ecuación de ajuste a la curva y el grado de ajuste (R^2).

La Tabla 10 muestra el promedio de impactos que resisten los agregados de control y esparceta a estas dos profundidades, encontrándose agregados más estables de esparceta a nivel superficial respecto a 5-10 cm. También son más estables los agregados de esparceta que los del control en la profundidad de 0-5 cm. Esto indica que el efecto de esta cubierta leguminosa es bastante superficial, posiblemente porque la esparceta ha sido una cubierta con escasa cobertura que no se ha adaptado correctamente a la zona de estudio.

Tabla 10. Media, desviación estándar y número de muestras del test CND.

Distintas letras minúsculas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre profundidades para el mismo tratamiento. Distintas letras mayúsculas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre grupos para una misma profundidad.

Tratamiento	Profundidad (cm)	n	CND (Media \pm S.D.)
Control	0-5	87	8,2 \pm 3,2 a A
	5-10	90	8,3 \pm 3,1 a A
Esparceta	0-5	86	10,8 \pm 5,4 a B
	5-10	87	8,9 \pm 5,0 b A

La figura 8 muestra los resultados de varios parámetros del suelo de la cubierta de yeros frente al control en el año 2014 (Sastre *et al.*, February-2016). En este gráfico puede apreciarse una mejora de las características físico-químicas del suelo, excepto para la porosidad total y el agua disponible que no varían, y la infiltración que se redujo por efecto de la cubierta.

En cuanto al efecto que las cubiertas de leguminosas han tenido sobre la

producción de aceituna y el Aceite de Oliva Virgen, la Tabla 11 muestra que no hay diferencias estadísticamente significativas ni en producción ni en el rendimiento graso industrial en ninguna de las 3 campañas estudiadas (Sastre *et al.*, 2015).

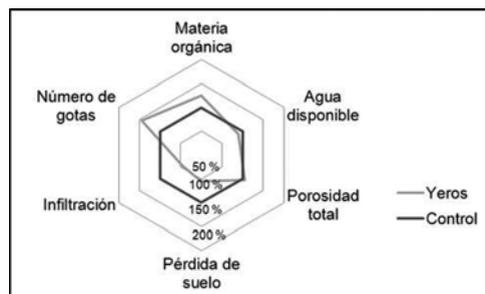


Figura 8. Los suelos control mostraron un contenido en materia orgánica de 1,33%, 10% de agua disponible, 47% de porosidad total, 0,7 kg·m⁻² pérdida anual de suelo, una infiltración de agua de 36 mm·h⁻¹ y 12,7 gotas para romper los agregados del suelo.

Tabla 11. Producción (kg/árbol) y rendimiento graso industrial (%). Media y desviación estándar para cada tratamiento en las 3 campañas estudiadas. N=10 para producción y N=3 para rendimiento graso industrial.

Campaña	Producción (kg/árbol ³)		Rendimiento graso industrial (%)	
	Control	Esparceta	Control	Esparceta
11/12	6,3 \pm 1,9	5,4 \pm 2,2	17,1 \pm 2,2	15,8 \pm 2,4
12/13	1,7 \pm 1,3	1,8 \pm 1,4	22,7 \pm 1,1	24,2 \pm 0,6
13/14	9,5 \pm 2,7	8,4 \pm 1,8	22,5 \pm 0,7	22,2 \pm 0,8

Se ha determinado en los aceites de oliva vírgenes elaborados en la campaña 2013/2014 el contenido en polifenoles totales y los pigmentos (clorofilas y carotenos), no encontrándose diferencias significativas entre control y cubierta de esparceta para ninguno de estos parámetros (Tabla 12).

Tabla 12. Índice de madurez, contenido en polifenoles totales, clorofilas, carotenos y pigmentos totales medios y desviación estándar (ppm) para cada tratamiento (N=3). Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

	Índice de madurez	Polifenoles totales (ppm)	Clorofilas (ppm)	Carotenos (ppm)	Pigmentos totales (ppm)
Control	2,8±0,1	359,5±23,3	18,2±1,5	29,6±2,3	47,8±3,9
Esparceta	3,0±0,0	393,5±20,4	16,9±1,4	27,6±2,0	44,5±3,4

Empleo de leguminosas arbustivas en la recuperación de suelos degradados y en el control de la erosión

En un ecosistema no degradado, la vegetación leñosa y herbácea realiza todos los años un aporte de materia orgánica fresca al suelo que está sujeta a dos tipos de procesos, uno de degradación (mineralización), en el que se liberan nutrientes, y otro de síntesis en el que se forma el humus. La cantidad de hojarasca que suministra una cubierta vegetal al suelo, y la velocidad con que ésta se descompone, determinan la rapidez con que se reutilizan los nutrientes en el sistema suelo-planta y la forma en que evoluciona el contenido en materia orgánica del suelo, es decir, el humus. Sin embargo, en un suelo degradado, esta recirculación de los nutrientes está interrumpida y la disminución del contenido de materia orgánica que ha tenido lugar acarrea una pérdida de fertilidad. La importancia de la materia orgánica humificada radica en su capacidad para asociarse con los minerales de arcilla formando agregados que mejoran la estructura del suelo, la permeabilidad y el intercambio gaseoso. Todo ello hace que el suelo sea más estable y menos propenso a los procesos de degradación. Además, la materia

orgánica del suelo puede retener hasta 20 veces su peso en agua, determina la disponibilidad de micronutrientes, una parte importante de la capacidad de intercambio catiónico y, en términos generales, representa una parte importante de la fertilidad.

Actualmente en las revegetaciones se están utilizando cada vez más especies del género *Quercus*, pero los resultados obtenidos no han sido lo buenos que se esperaban, entre otras causas debido a unos conocimientos insuficientes sobre las técnicas más adecuadas de cultivo en tierras agrícolas abandonadas. Las encinas tienen graves problemas de sobrevivir en los terrenos agrícolas abandonados, especialmente cuando a las limitaciones propias de estos suelos se unen las condiciones de sequía y la competencia con herbáceas (Ocaña *et al.*, 1996; Domínguez *et al.*, 1999). La falta o la escasez de hongos capaces de micorrizar las especies arbóreas a introducir (Peñuelas, 1999) representa también una dificultad añadida en la reforestación de terrenos agrícolas abandonados. Por otro lado, la recuperación de las áreas degradadas mediante la colonización natural de la vegetación autóctona es un proceso en muchos casos tan lento que resulta prácticamen-

te inviable. En estos casos, el empleo de arbustos adaptados a la zona y con capacidad de ocupar con rapidez terrenos que han perdido su fertilidad, se convierte en una alternativa interesante en la recuperación de los suelos degradados. Se ha observado en terrenos agrícolas abandonados que la erosión hídrica que se produce durante los años inmediatamente posteriores al abandono del cultivo, es incluso mayor que la que tenía lugar mientras estaban siendo cultivados. Todo esto es consecuencia de la escasa velocidad de colonización de la vegetación natural si se compara con la velocidad de colonización de las plantas cultivadas.

Las especies leñosas arbustivas poseen una elevada capacidad para instalarse en un terreno degradado, permitiendo así una cobertura más rápida del suelo. El IMIDRA ha llevado a cabo diversos estudios con el fin de determinar la eficacia en el control de la erosión por parte de diferentes leguminosas arbustivas, así como evaluar la cantidad de hojarasca que aportan al suelo. Las leguminosas, por su capacidad de fijar al suelo nitrógeno atmosférico, son las más interesantes a la hora de recuperar un suelo que, como consecuencia de los procesos erosivos y del manejo intensivo del que ha sido objeto en el pasado, ha sufrido una pérdida de fertilidad considerable, y en consecuencia, pérdida de calidad del suelo.

Las especies que hemos seleccionado y de las que se aportan datos en el resto

de este epígrafe, son aquellas que en estudios previos realizados en el IMIDRA han mostrado un rápido crecimiento y resistencia a la sequía (de Andrés *et al.*, 1999).

La Tabla 13 muestra la producción de hojarasca de las 4 leguminosas arbustivas seleccionadas bajo dos manejos: con riego de apoyo y sin ningún aporte de agua. La Tabla 14 muestra la cantidad de materia orgánica que genera esa hojarasca y la cantidad de N que aporta al suelo.

Tabla 13. Producciones de hojarasca de las diferentes especies arbustivas estudiadas (Alonso *et al.*, 2000).

ESPECIE	Riego de apoyo (kg ms ha ⁻¹)	Secano (kg ms ha ⁻¹)
<i>Colutea arborescens</i>	3.812	719
<i>Colutea cilicica</i>	2.683	817
<i>Dorycnium hirsutum</i>	4.367	-
<i>Medicago arborea</i>	1.733	1.040

Tabla 14. Contenidos en materia orgánica y nitrógeno de hojarasca (Alonso *et al.*, 2000).

ESPECIE	Materia orgánica (g/Kg)	N (g/kg)
<i>Colutea arborescens</i>	894	28,6
<i>Colutea cilicica</i>	897	23,6
<i>Dorycnium hirsutum</i>	898	20,0
<i>Medicago arborea</i>	806	18,6

Los restos vegetales de las leguminosas se mineralizan muy rápidamente (Fig. 9A) como consecuencia de la baja relación C/N, siendo la *Dorycnium hirsutum* la que deja más residuos y, en consecuencia, también la que libera menos N (Fig. 9B).

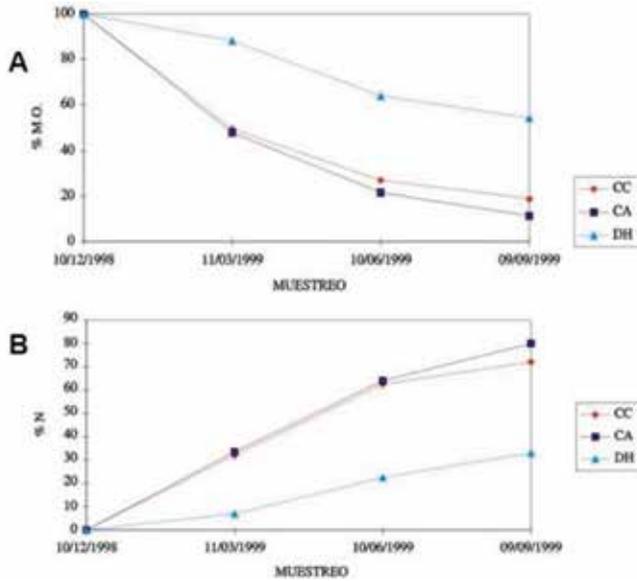


Figura 9. 9A) Velocidad de mineralización de la hojarasca de las leguminosas arbustivas. 9B) liberación de N de la hojarasca durante la mineralización (Alonso et al., 2000).

El hecho de que estos arbustos sean capaces, en tan poco tiempo, de liberar la mayor parte del nitrógeno contenido en su hojarasca tiene un significado biológico importante. Se trata de plantas que, por ser leguminosas, son capaces de fijar el nitrógeno atmosférico y representa, por tanto, un aporte neto de nitrógeno al suelo. Este hecho, va a influir muy favorablemente en el aumento de la fertilidad del suelo y en la autosustentación de la cubierta vegetal que se forme.

El comportamiento de estas leguminosas arbustivas de cara a disminuir la escorrentía lo podemos ver en la Figura 10. En comparación con el suelo desnudo, *Colutea arborescens* es la menos eficaz, mientras que *Medicago strasseri* y *Dorycnium pentaphyllum* reducen la escorrentía hasta valores del orden de un 10% de la que tiene lugar en un suelo desnudo.

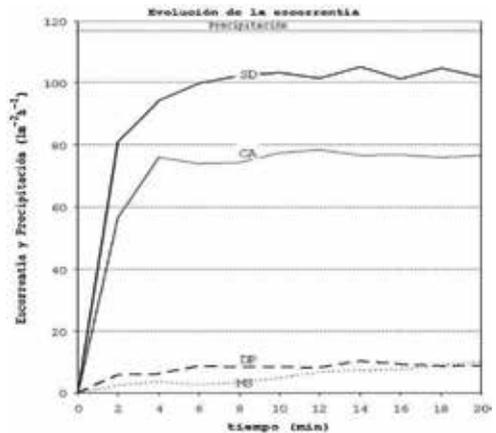


Figura 10. Evolución de la escorrentía (l m⁻² h⁻¹) a partir de T0 en cada uno de los tratamientos: Suelo Desnudo (SD), *Dorycnium pentaphyllum* (DP), *Medicago strasseri* (MS) y *Colutea arborescens* (CA) (Alonso et al., 2000).

También se ha estudiado el comportamiento de la *Retama sphaerocarpa*, arbusto de la familia de las leguminosas que por su carácter autóctono y presentar una muy amplia distribución en la cuenca mediterránea, le hacen muy inte-

resante de cara a una revegetación. Para ello se utilizó lluvia simulada sobre parcela de suelo desnudo (SD), de vegetación espontánea herbácea (VE), retama más vegetación arvense (RVE), retama con la vegetación arvense eliminada (R) y parcela en la que se eliminó la parte aérea tanto de la retama como de la vegetación arvense y que por tanto sólo se dejaron los sistemas radiculares (SDR). La Tabla 15 contiene los resultados obtenidos en cada uno de estos casos (Jiménez *et al.*, 2004), e incluye unos pequeños dibujos que ayudan a interpretar en qué consistió cada prueba.

El tratamiento más eficaz fue la retama con la vegetación herbácea, la cual se ve potenciada gracias al nitrógeno fijado por la leguminosa. Este tratamiento presentó la mayor permeabilidad y en consecuencia, unos valores de esco-

rrentía muy bajos. En este caso el agua que discurre por la superficie del terreno es escasa y lo hace lentamente, sin apenas poder erosivo. Conforme se van eliminando las diferentes partes de la cubierta aérea, vemos cómo se provoca inmediatamente un incremento de la escorrentía. También se observó que la mera presencia de la leguminosa arbustiva potenciaba muchísimo el desarrollo de las herbáceas, en especial las gramíneas que son muy nitrófilas, como consecuencia de un aumento del contenido de nitrógeno en el suelo.

La introducción del arbusto incrementa considerablemente el tiempo que tarda en comenzar a generarse escurrimiento desde que comienza la lluvia. Este efecto se puede apreciar aun cuando sólo dejamos el sistema radicular de la retama. Por tanto, el arbusto tiene dos efectos suma-

Tabla 15. Resultados de permeabilidad estabilizada ($\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$), escorrentía estabilizada ($\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$), coeficiente de escorrentía a los 15 minutos en $\%$ (CEsc15), tiempo de inicio de la escorrentía (ti), coeficiente de escorrentía en $\%$ (CEsc), infiltración en $\%$ (Inf) e intensidad neta ($\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$). Se presentan Datos medios \pm SD. Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos para el nivel $p < 0,05$.

Tratamientos	Permeabilidad estabilizada ($\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$)	Escorrentía estabilizada ($\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$)	CEsc15 ($\%$)	ti (min)	CEsc ($\%$)	Inten. Neta ($\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$)
 Datos medios VE (n=2) †	97,9 \pm 12,9 ac	9,6 \pm 12,9	0,23 \pm 0,24 a	4,8 \pm 4,5 a	3,29 \pm 4,03	107,5
 Datos medios SD (n=2) †	91,0 \pm 22,3	16,5 \pm 22,3	0,53 \pm 0,75	16,4 \pm 20,4	6,99 \pm 8,71	107,5
 Datos medios RVE (n=6)	182,9 \pm 6,0 b	2,5 \pm 6,0	0,00 \pm 0,00 b	56,4 \pm 8,9 b	0,51 \pm 1,25	185,4
 Datos medios R (n=3) *	169,5 \pm 13,9	15,8 \pm 13,9	0,01 \pm 0,01	28,7 \pm 3,33	3,83 \pm 3,33	185,4
 Datos medios SDR (n=6)	96,8 \pm 17,8 c	108, \pm 17,8	0,85 \pm 1,89	49,7 \pm 41,6	5,69 \pm 8,60	107,5

mente importantes en la recuperación de un suelo degradado. El primero es un mejor aprovechamiento de la cantidad de agua de lluvia y el segundo es la potenciación del estrato herbáceo.

Referencias

- Alonso, N., Alegre, J., Bienes, R. 2000. *Utilización de leguminosas arbustivas silvestres en la recuperación: el problema de la degradación de los suelos*. Boletín Agrario. Consejería de Medioambiente, Comunidad de Madrid, 8: 31-38.
- De Andrés, E.F., Martínez Avellano, P., Sánchez, F.J., Tenorio, J.L. y Ayerbe, L. 1999. *Manejo y producción de biomasa en cinco especies de leguminosas arbustivas silvestres en climas semiáridos fríos*. En: "XXXIX Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos", pp. 191-196. Almería.
- Baptista I, Ritsema C, Geissen V (2015) *Effect of Integrated Water-Nutrient Management Strategies on Soil Erosion Mediated Nutrient Loss and Crop Productivity in Cabo Verde Drylands*. PLoS ONE 10(7): e0134244. doi:10.1371/journal.pone.0134244
- Beltrán G., Uceda M., Hermoso M. y Frías L., (2008). *Maduración*. En: Barranco, D., Fernández-Escobar, R. y Rallo, L.(eds.). *El cultivo del olivo*. 6ª Edición ed. Ediciones Mundi-Prensa y Junta de Andalucía, Madrid. 163-187 pp.
- Bienes Allas, R., y Torcal Sáinz, L., (1997). *Influencia del manejo del suelo sobre la erosión en depósitos de terraza (El Encín y Marchamalo)*. Cuaternario y Geomorfología, 11: 113-124.
- Bienes, R.; Ruiz, M.; Marques, M. J.. *Pérdida de suelo, fósforo y materia orgánica por erosión hídrica en parcelas revegetadas con matorral autóctono bajo clima semiárido*. Rev. de Ciências Agrárias [online]. 2010, vol.33, n.1, pp.58-69. Disponible en: http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0871-018X2010000100007&lng=pt&nrm=iso.
- Boardman, J., Poesen, J., Evans, R. (2003). *Socio-economic factors in soil erosion and conservation*. Environmental Science y Policy (6): 1-6
- Calatrava, J., Barbera, G.G. y Castillo, V. M. 2011. *Farming practices and policy measures for agricultural soil conservation in semi-arid mediterranean areas: the case of the guadalentin basin in southeast Spain*. Land Degrad. Develop. 22: 58-69.
- Domínguez, S., Villar, P., Peñuelas, L.; Herrero, N. Y Nicolás, J.L. 1999. *Técnicas para cultivar encinas en suelos agrícolas*. Quercus, 166: 22-25.
- EEA-ETC/LUSI (European Environment Agency- European Topic Centre on Land use and spatial information). (2010) *The European Environment: State*

- and Outlook 2010. Land Use. EEA, Copenhagen, 2010. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2010. 52 pp. ISBN 978-92-9213-160-9
- Foraster L., Rodríguez-Salvador P., Guzmán Casado G. y Pujadas-Salvá A., (2006). *Ensayo de diferentes cubiertas vegetales en olivar ecológico en Castril (Granada)*. VII Congreso SEAE Zaragoza, Zaragoza.
- Gabiri, G.; Obando, J. A.; Tenywa, M. M.; Majaliwa, J. G.; Kizza, C. L.; Zizinga, A. y Buruchara, R. 2015. *Soil and Nutrient Losses under Cultivated Bush and Climbing Beans on Terraced Humid Highland Slopes of Southwestern Uganda*. Journal of Scientific Research y Reports, 8(3): 1-16. DOI: 10.9734/JSRR/2015/18113
- García L, et al., (2000) *Agricultura de conservación en el olivar: cubiertas vegetales*. García-Torres, L. ed., Asociación Española de Agricultura de Conservación/Suelos Vivos Córdoba: .
- García-Ruiz, J.M.; Ruiz-Flaño, P.; Lasanta, T.; Montserrat, G.; Martínez-Rica, J.P. y Pardini, G. (1991) "Erosion in abandoned fields, what is the problem?". In: (Sala, M., Rubio, J. L. y García Ruiz, J. M., Eds.), Soil erosion studies in Spain, pp. 97-108. Logroño: Geoforma Ediciones.
- García-Ruiz, J. M., y Lasanta, T., Eds, (1994). *Efectos geomorfológicos del abandono de tierras*. Zaragoza: Sociedad Española de Geomorfología. Instituto Pirenaico de Ecología (C.S.I.C). Institución Fernando el Católico.
- García-Díaz A., Sastre B. y Bienes R., (2014). *Influencia de las cubiertas vegetales sobre la materia orgánica del suelo en un olivar en clima mediterráneo semiárido*. En: Macías, F., Díaz-Raviña, M. y Barral, M.T.(eds.). Retos y oportunidades en la Ciencia del Suelo. Andavira Editora, S.L., Santiago de Compostela. 299-302 pp.
- García-Ruiz, J.M. (2010). *The effects of land uses on soil erosion in Spain: A review*. Catena, 81: 1-11.
- García-Ruiz, J.M., Lana-Renault, N. (2011). *Hydrological and erosive consequences of farmland abandonment in Europe, with special reference to the Mediterranean region – A review*. Agric. Ecosyst. Environ., doi:10.1016/j.agee.2011.01.003
- Guzmán, G. y Foraster, L., (2008) *Buenas prácticas en producción ecológica. Cultivo del olivar*.
- Jiménez, L.; Ramírez, J.; García-Ormaechea, S.; Marqués, M.J.; Pérez, R. y Bienes, R. 2004. *Infiltration and water erosion in clay loam soils in central Spain. The influence of Retama sphaerocarpa*. In: Fourth international Conference on Land Degradation. Ángel Faz, Roque Ortiz y Gregorio García (editors). Murcia (España). ISBN: 84-95781-40-9

- Lasanta, T., y García-Ruíz, J. M., Eds, (1996). *Erosión y recuperación de tierras en áreas marginales*. Logroño: Instituto de Estudios Riojanos. Sociedad Española de Geomorfología.
- López-Bermúdez, F., y Torcal, L., (1986). *Procesos de erosión en túnel (piping) en cuencas sedimentarias de Murcia (España). Estudio preliminar mediante difracción de rayos X y microscopio electrónico de barrido*. Papeles de Geografía Física, 11: 7-20.
- López-Bermúdez F. 2002. *Erosión y desertificación*. Nivola Ed. Madrid (Spain).
- Montanarella, L., 1999. *Soil at the interface between agriculture and environment. Agriculture, Environment, Rural Development: Facts and Figures—A challenge for Agriculture*. Report for the European Commission.
- Mínguez-Mosquera M.I., Rejano-Navarro L., Gandul-Rojas B., Sanchez-Gomez A.H. y Garrido-Fernandez J., (1991) *Color-Pigment Correlation in Virgin Olive Oil*. Journal of the American Oil Chemists Society, vol. 68, no. 5, pp. 332-336.
- Peñuelas, J.L. (1999). *La micorrización de Quercus: ventajas e inconvenientes*. Actas del Congreso sobre Forestación en las Dehesas. Mérida 20-22 de mayo de 1999.
- Ocaña, L., Renilla, I., Domínguez, S. 1996. *Plantaciones de encinas y coscojas en tierras agrícolas*. Quercus, 120: 16-19.
- Pimentel, D., 2006. *Soil erosion: a food and environmental threat*. Environment, Development and Sustainability 8, 119-137.
- Quilbé R, Serreau C, Wicherek S, Bernard C, Thomas Y, Oudinet JP. 2005. *Nutrient transfer by Runoff from sewage sludge amended soil under simulated rainfall*. Environ Monit Assess.100 (1-3): 177-190.
- Renschler, C.S., Harbor, J. 2002. *Soil erosion assessment tools from point to regional scales—the role of geomorphologists in land management research and implementation*. Geomorphology 47: 189-209.
- Romero-Díaz, A. (2003). *Influencia de la litología en las consecuencias del abandono de tierras de cultivo en medios mediterráneos semiáridos*. Papeles de Geografía (38): 151-165. ISSN: 0213-1781.
- Sastre B., Bienes R., García-Díaz A., Panagopoulos T. y Marqués M.J., (2014) *The Influence of Cover Crops and Tillage on Actual and Potential Soil Erosion in an Olive Grove*. Geophysical Research Abstracts, vol. 16.
- Sastre B., García-Díaz A. y Bienes R., (2014). *Efecto del manejo del suelo de un olivar sobre la estabilidad de los agregados*. En: Macías, F., Díaz-Raviña, M. y Barral, M.T.(eds.). *Retos y oportunidades en la Ciencia del Suelo*. Andavira Editora, S.L., Santiago de Compostela. 461-464 pp.



- Sastre B., Bienes R. y García-Díaz A., (2015) *Efecto de las cubiertas vegetales en un olivar sobre la humedad del suelo*. Estudios en la zona no saturada, vol. XII, pp. 93-96.
- Sastre B., de Lorenzo C., Pérez M.A., Carmona C. y Bienes R., (2015) *Influencia de las cubiertas vegetales sobre la producción de aceituna y el AOV en un olivar de la zona centro. El aceite de oliva*. Comunicaciones presentadas al XVII Simposio Científico-Técnico Expoliva 2015.
- Sastre, B., Barbero-Sierra, C., Bienes, R. et al. *Journal of Soils and Sediments* (2016). doi: 10.1007/s11368-016-1589-9
- Sastre B., Bienes R., García-Díaz A. y Cuevas A., (2016). *Incidencia de las cubiertas vegetales sobre la infiltración del agua de lluvia*. Libro de resúmenes del I Congreso Ibérico de Olivicultura.
- Sastre, B., García-Díaz, A., Bienes, R. y Marques, M.J., (2016), February-2016. *Cover Crops: How to Protect and Restore Soil Conditions in Eroded Woody Crops*. COST ES1104-QUICK REFERENCE SHEET 1.
- Souchère, V., King, C., Dubreui, N., Le-comte-Morel, V., Le Bissonnais, Y., Chalat, M. (2003). *Grassland and crop trends: role of the European Union Common Agricultural Policy and consequences for runoff and soil erosion*. *Environmental Science y Policy* (6): 7-16.
- Vázquez Roncero A., Janer del Valle C. y Janer del Valle M.L., (1973) *Determinación de polifenoles totales del aceite de oliva*. *Grasas y Aceites*, vol. 24, pp. 350-357.
- Verheijen, F.G.A., Jones, R.J.A., Rickson, R.J., Smith, C.J., 2009. *Tolerable versus actual soil erosion rates in Europe*. *Earth-Science Reviews* 94, 23-38.
- Wudneh,A., Erkossa,T., Devi,P.. 2014. *Sediment and nutrient lost by runoff from two watersheds, Digga district in Blue Nile basin, Ethiopia*. *African Journal of Environmental Science and Technology* 8(9):498-510. DOI: 10.5897/AJEST2014.1747

Agradecimientos

La información y los datos expuestos proceden de los proyectos SC93-022-C2 y SC98-031-C3 del MINECO y Fondos FEDER, así como de los proyectos FP07-AG1 y FP12-CVO financiados por el IMIDRA y al proyecto AGRISOST (S2013A-BI-2717).

Los beneficios de las leguminosas en agricultura de conservación. Un caso de estudio

Inés Santín, Diana Martín y José Luis Tenorio*

Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria INIA
Finca "La Canaleja", 28800 Alcalá de Henares

*tenorio@inia.es

Antecedentes

Históricamente, el cereal ha sido el cultivo predominante en las zonas de secano de España, y el cultivo de leguminosas se ha introducido como un componente en estos sistemas de secano, especialmente en rotación con cereales (Pahl, 2001), para reducir el consumo de fertilizantes en las zonas mediterráneas. En España ha habido una tendencia creciente hacia la agricultura de conservación (AC) para mejorar la sostenibilidad sin comprometer la productividad de la tierra. En este contexto, las leguminosas se consideran componentes importantes de los sistemas de cultivo, con el fin de mantener o aumentar el rendimiento de los cultivos, mejorar la fertilidad del suelo y reducir la erosión del suelo (Biederbeck *et al.*, 2005; Lal, 2007; Kassam *et al.*, 2009). Uno de los retos planteados para la agricultura española es continuar la producción de cereales, manteniendo o mejorando la fertilidad del suelo, y al mismo tiempo protegiendo el medio ambiente.

Los efectos de la dinámica del nitrógeno en cultivos de cereal y de leguminosas se han estudiado en diferentes agrosistemas (Jensen, 2004; Liu *et al.*, 2010).

La rentabilidad de las leguminosas se basa en su capacidad de fijar simbióticamente el nitrógeno del aire y ofrece un gran potencial para reducir las cargas ambientales de muchos sistemas agrícolas (Crews and Peoples, 2004). Fu (2000) demostró que las leguminosas pueden potencialmente aumentar la tasa de captura de carbono en el suelo, proporcionando beneficios ambientales importantes. Varios autores han confirmado un efecto medioambiental positivo por el cultivo de leguminosa como fijadora de N, lo cual implica una reducción significativa de las emisiones de nitrógeno (Lemke *et al.*, 2007). Estudios que implican diferentes tipos de rotaciones con cereales y leguminosas han demostrado mejorar la eficiencia de los recursos (Miller *et al.*, 2002), el aumento de rendimiento y la calidad de los cultivos posteriores (Gan *et al.*, 2003), así como el aumento de atributos biológicos del suelo (Biederbeck *et al.*, 2005). En este contexto, aunque los precios de los productos por lo general determinan la elección del cultivo por el agricultor, los efectos a largo plazo de prácticas agronómicas o de sistemas de cultivo sobre el suelo, son cada vez más tenidos en consideración en tales decisiones.

Como hemos comentado anteriormente las leguminosas tienen una función en mejorar la fertilidad del suelo y reducir la erosión del suelo. La emisión de CO_2 desde el suelo a la atmósfera es el principal mecanismo de pérdida de carbono orgánico del suelo y puede ser un indicador precoz cuando los cambios ocurridos por prácticas agrarias no pueden ser todavía detectados en el contenido en materia orgánica total. Las prácticas de Agricultura de Conservación (AC) están ampliamente reconocidas como una alternativa al laboreo convencional que ayuda a mitigar la emisión de CO_2 a la atmósfera (Linn y Doran, 1984; Paustian *et al.*, 1997).

Son muchos los factores que afectan a la medida de respiración del suelo: por una parte la humedad y temperatura del suelo; por otra, la intensidad de las labores, la dosis y tipo de fertilización, el tipo/calidad de los residuos aportados y su localización. Los residuos de cosecha que se dejan en el suelo, bien sobre la superficie, bien incorporados en el perfil del suelo, comienzan a descomponerse, de forma que una mayor parte del carbono se respira y vuelve a la atmósfera como CO_2 , mientras que una pequeña parte se retiene en el suelo como materia orgánica (Franzluebbers, 2009). En las prácticas de AC, los residuos o bien se dejan en superficie (no laboreo) o bien se incorporan con un chisel (mínimo laboreo), pero no se voltean como ocurre con el paso de la vertedera (laboreo tradicional). La tasa de mineralización de estos residuos variará en función de su localización, siendo mayor cuanto más incorporado esté el

residuo, aumentando también la producción de CO_2 durante su descomposición. La incorporación de una leguminosa en la rotación de cultivos constituye un aporte de un residuo con una relación C/N mucho más baja que la de los cereales (≈ 29 para un guisante vs. ≈ 100 para un trigo), además de un aporte de N extra por el N atmosférico fijado de forma simbiótica. Este aporte neto de N orgánico influirá de forma significativa en la tasa de mineralización de la materia orgánica del suelo y por tanto en la emisión de CO_2 . La dosis y tipo de fertilizante aplicado también influye en la tasa de respiración de suelo. La aplicación de un fertilizante mineral (por ejemplo, nitrato amónico) produce un efecto “boost” o de disparo de la tasa de emisión de CO_2 .

Por otro lado, determinados cambios a corto plazo en la composición de las poblaciones de malas hierbas, pueden ser fácilmente atribuibles a un cambio en particular de las prácticas culturales utilizadas. Teniendo en cuenta que, a veces, el empleo de algunos métodos de control o el cambio de éstos por otros, provoca un cambio en la composición de la flora arvense de un cultivo.

Algunos estudios han mostrado que la adopción de sistemas agrícolas de bajos insumos puede dar lugar a un notable aumento en el número y la biomasa de malas hierbas. Este aumento puede estar relacionado con un control de malas hierbas menos eficiente por medios mecánicos y/o físicos, en comparación con los herbicidas (Barberi, 2002; Rueda-Aya-

la et al., 2011). De modo que un control efectivo de malas hierbas debe basarse en una combinación adecuada de varias estrategias de cultivo, (Liebman y Gallandt, 1997; Bond y Grundy, 2001; José-María y Sans, 2011). En este sentido, el desarrollo de rotaciones de cultivos adecuadas es clave para aumentar la capacidad competitiva de los cultivos, evitando así un aumento de la densidad y la dominancia de algunas especies de malas hierbas en particular (Lundkvist *et al.*, 2009).

Planteamiento y metodología de un experimento con leguminosas en Agricultura de Conservación

El trabajo que se explica en este capítulo como caso de estudio se enmarca en un experimento de larga duración, iniciado en 1994 y que se mantiene en la actualidad, en la finca “La Canaleja” perteneciente al Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA, Alcalá de Henares, Madrid).

El ensayo se desarrolla sobre un suelo de textura franco-arenosa, con bajo contenido de materia orgánica y un pH de 8. Se utiliza un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones y se comparan, como tratamientos, tres diferentes sistemas de laboreo: laboreo convencional (LC), laboreo mínimo (LM) y no laboreo (NL). El laboreo convencional aplicado en las parcelas se realizó con arado de vertedera (LC, hasta 30 cm) y las parcelas sometidas a laboreo de conservación consistieron en parcelas con mínimo laboreo (ML, chisel, hasta 15cm)

y no laboreo (NL, siembra directa). Las dimensiones de cada parcela individual son 12.5×25 m, con una rotación de cultivos de 2008 a 2011 de de barbecho con trigo (*Triticum aestivum* L.), guisante (*Pisum sativum*) y cebada (*Hordeum vulgare* L.), y desde 2011 hasta 2014, se sustituyó el guisante por la veza para forraje (*Vicia sativa* L.).

A partir de los datos de guisante de los años 2008 y 2009 se intentó ver los efectos beneficiosos de las leguminosas sobre las emisiones de CO₂ en la rotación del cereal con leguminosa y con diferentes sistemas de laboreo. En los años 2009 a 2011 se intentó ver la infestación de malas hierbas en un cultivo de veza sometido a rotación con técnicas de conservación (laboreo mínimo y no laboreo) y en parcelas de laboreo convencionales (laboreo tradicional). El objetivo era doble: (1) estimar con una metodología sencilla la sostenibilidad de un cultivo de leguminosas, establecido dentro de una rotación con cereal, mediante la comparación de la densidad y biomasa de malas hierbas en tres manejos diferentes, y (2) cuantificar el impacto de las prácticas agrícolas en las leguminosas con respecto a los índices de diversidad de las malas hierbas.

Determinación de las emisiones de CO₂ en una rotación cereal leguminosa en NO laboreo

En este estudio se pretendió estudiar la evolución de las emisiones de CO₂ en una rotación de cultivos de 4 años (bar-

becho-trigo-guisante-cebada) bajo las prácticas de siembra directa con distinto tipo de fertilización en cobertera en los cereales (tradicional vs integrada). Para ello se midieron la emisiones de CO₂ en campo con un analizador de gas infrarrojo (Modelo EGM-4, PP systems) durante fechas clave en el desarrollo del cultivo en dos campañas (2008 y 2009), ahijamiento, encañado, espigado y cosecha.

La fertilización tradicional en cobertera consistió en la aplicación de 200 kg ha⁻¹ de nitrato amónico al 27%N (54 kg N ha⁻¹) sobre el trigo y la cebada en marzo, antes del encañado. La dosis de fertilizante a aplicar en la fertilización integrada se calculó en función del N disponible en el suelo y los rendimientos esperados. Resultando en que únicamente se fertilizó la cebada con 17.1 kg N ha⁻¹ en 2008 y con 11.7 kg N ha⁻¹ en 2009.

Material y métodos para determinar la influencia del sistema de laboreo y las condiciones climáticas en un cultivo de veza. Indicadores para estimar la sostenibilidad del sistema

Para estudiar la eficacia de los sistemas de laboreo se realizó una primera identificación de la flora presente en el terreno donde se desarrollaba el experimento. Posteriormente, cada año objeto del estudio (2011-2014), las malas hierbas fueron identificadas y contadas. Se tomaron 4 muestras en cada parcela, mediante

aros de muestreo (0.125 m²) colocados aleatoriamente en forma de zig-zag, dentro de un área central de 5x10 m, para evitar los efectos del borde. La densidad total de malas hierbas fue calculada por unidad de área (1 m²). Posteriormente el material vegetal correspondiente a cada muestra se secó en estufa a 60°C durante 72 horas y se cuantificó también la biomasa seca de malas hierbas por m².

La diversidad de malas hierbas se cuantificó calculando dos componentes básicos: riqueza, o número de especies en un área determinada, y equidad, o como la abundancia relativa se distribuye entre las especies. Dichos componentes son combinados en el índice de diversidad de Shannon:

$$H' = \sum p_i \ln p_i$$

Donde p_i es la proporción de individuos encontrados en ith especies (Magurran, 1988).

La riqueza específica fue calculada como el índice de *Margalef*:

$$D_{mg} = (S-1) / \ln N$$

Donde S es el número de especies y N es el promedio de la densidad total de malas hierbas en cada parcela (Magurran, 1988).

La equidad de especies fue calculada como el índice de *Pielou*:

$$E = (-\sum p_i \ln p_i) / \ln S$$

El índice de equidad estandariza la abundancia relativa de especies. Puede variar en un rango de 0 a 1, respectivamente cuando la mayoría de los individuos pertenecen a pocas especies o cuando las especies están cercanas a ser igualmente abundantes (Smith and Wilson, 1996). Se seleccionaron los índices de biodiversidad de malas hierbas, la densidad y la biomasa de malas hierbas, para presentar una metodología, basada en el empleo de diagramas tipo “ameba” (Altieri y Nicholls, 2002), con el fin de comparar la sostenibilidad del cultivo de veza durante cuatro años de estudio. Esta metodología se ha utilizado anteriormente en otros trabajos, para estudiar la influencia de los cambios ambientales y el impacto de las prácticas del manejo del suelo (Altieri, 1999).

Resultados y discusión del caso de estudio: utilidad de las leguminosas en la agricultura de conservación

Resultados y discusión de Emisiones de CO₂ en una rotación de cereal y leguminosa en No Laboreo. Las emisiones de CO₂ medidas variaron de forma muy significativa entre las fechas de medida, ocasionadas por variaciones en la temperatura del suelo, en el contenido en humedad y por el estado fenológico del cultivo. Se distinguen muy bien los dos años, con emisiones mucho más bajas en 2009 ya que fue un año muy seco. Desde enero a junio, las precipitaciones caídas en 2008 fueron de 285.3 mm, mientras que en 2009 fueron únicamente de 150.5 mm.

Como se observa en la Figura 1, las parcelas en barbecho fueron las que menos CO₂ emitieron durante 2008, siendo las diferencias con las parcelas cultivadas, en parte, resultado de la respiración de las raíces del cultivo. Durante 2009, no se apreciaron apenas diferencias entre los cultivos y las parcelas en barbecho.

Aunque de forma no significativa, sí se observa que las medidas de emisión de CO₂ durante 2008 en las parcelas de guisante fueron algo menores comparadas con las emisiones medidas sobre las parcelas en cereal. Otros autores (Guardia *et al.*, 2016) tampoco encontraron un efecto significativo de la leguminosa, en su caso una veza, sobre la reducción de la emisión de CO₂. El efecto del cultivo anterior en la rotación será importante, ya que son estos residuos los que, en mayor o menor medida, se irán descomponiendo a lo largo de la siguiente campaña. Los residuos del guisante tienen una relación C/N prácticamente ideal para su descomposición por los microorganismos (C/N ≈ 29) que tendrá lugar desde la cosecha en junio y durante el crecimiento de la cebada. Este hecho, por una parte, puede ser una de las razones para las altas emisiones de CO₂ medidas durante el crecimiento de la cebada pero, por otra parte, su mineralización habrá sido una fuente de N para el cultivo.

En busca del equilibrio entre dejar suficiente cobertura vegetal para proteger al suelo de la degradación y la mineralización/reciclado de nutrientes, los residuos aportados por el guisante son claves por su relación

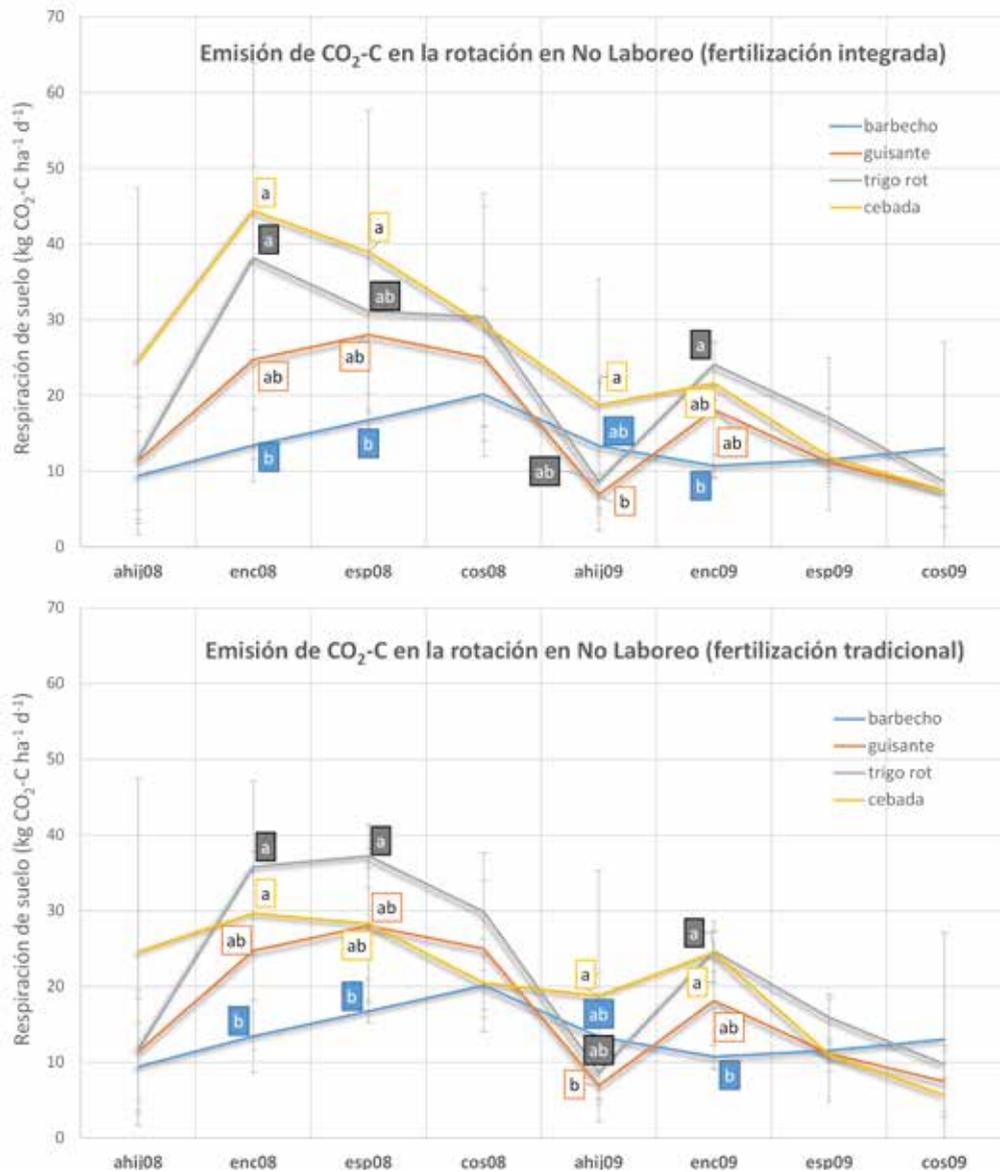


Figura 1. Emisión de CO₂-C en una rotación de cultivos en no laboreo en función de distinta fertilización nitrogenada en cobrera. Distintas letras minúsculas indican diferencias significativas entre los cultivos para una fecha.

C/N. También hay que tener en cuenta el ahorro en fertilizante nitrogenado, con lo que, al evaluar el efecto neto en equivalentes de CO₂, la inclusión de una leguminosa en la rotación combinado con las prácticas

de siembra directa sí resulta en una opción para mitigar las emisiones de CO₂. Por lo tanto, las leguminosas son importantes en la sostenibilidad de la agricultura europea (Reckling et al. 2016).

Influencia del sistema de laboreo y las condiciones climáticas en el cultivo de veza. Indicadores para estimar la sostenibilidad del cultivo. Durante los años objeto de estudio, la comunidad de malas hierbas presente en el ensayo estaba comprendida por especies de malas hierbas dicotiledóneas y gramíneas, anuales y perennes típicas de los campos

de cultivo de la zona (Tabla 1). *Hypocoum procumbens* (L.) y *Lolium rigidum* Gaudin eran las especies anuales con germinación de otoño, que se registraron más abundantes cada año. Las especies anuales *Veronica hederifolia* (L.) y la perenne *Cardaria draba* (L.) fueron las especies con germinación de primavera más abundantes.

Tabla 1. Especies de malas hierbas
 AP (Anual de primavera), AO (Anual de otoño), B (Bianual) y P (Perenne).

Nombre científico	Nombre común	Ciclo de vida
<i>Amaranthus</i> spp.	amaranto	AP
<i>Anacyclus clavatus</i> (Gouan) DC.	magarza	AO&AP
<i>Anthemis arvensis</i> L.	manzanilla	AO&AP
<i>Asperugo procumbens</i> L.	asperilla	AO&AP
<i>Avena sterilis</i> L.	avena loca	AO
<i>Buglossoides arvensis</i> (L.) M. Johnston	nijio de sol	AO&AP
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medicus	bolsa de pastor	AO
<i>Cardaria draba</i> (L.) Desraux	blanquilla	P
<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	cardo	P
<i>Convolvulus</i> spp.	correhuela	P
<i>Descuarinia sophia</i> (L.) Webb. ex Prantl.	jaramago	AO&AP
<i>Diploxys erucoides</i> DC.	jaramago blanco	AO&AP
<i>Echium plantagineum</i> L.	vivorera morada	AO&AP
<i>Fumaria</i> spp.	sangre de cristo	AO
<i>Gallium</i> spp.	amor del hortelano	AP
<i>Hypocoum procumbens</i> L.	zadorija	AO
<i>Lactuca</i> spp.	lechuga	AP
<i>Lamium amplexicaule</i> L.	zapatitos de la virgen	AP
<i>Lolium rigidum</i> Gaudin	vallico	AO
<i>Papaver</i> spp.	amapola	AP
<i>Polygonum aviculare</i> L.	cien nudos	AP
<i>Roemeria</i> spp.	amapola morada	AO
<i>Senecio vulgaris</i> L.	hierba cana	AO&AP
<i>Sonchus</i> spp.	cerraja	AP&B
<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	hierba pajarera	AO&AP
<i>Taraxacum officinale</i> Wigger.	diente de león	P&B
<i>Veronica hederifolia</i> L.	verónica	AO&AP

Los resultados obtenidos apuntan a una clara influencia del sistema de laboreo y las condiciones climáticas en la densidad de malas hierbas presente en las parcelas de veza (Figura 2). En el año 2011, con la mayor precipitación anual, se observó la mayor densidad de malas hierbas. A mayor precipitación, el laboreo de conservación (en especial el ML) parece favorecer una mayor densidad de malas hierbas. Se cuantificó también una mayor densidad de malas hierbas en NL en 2014, cuando la precipitación primaveral (entre los meses de marzo y mayo) fue escasa.

incremento de la densidad de las mismas. Aunque *a priori* dicho incremento puede parecer una desventaja, es necesario considerar la biomasa seca de malas hierbas como parámetro indicador para estimar la importancia de dicha infestación dentro del sistema de cultivo. Los resultados obtenidos destacan que en el año más lluvioso, 2011, las parcelas de veza sometidas a laboreo de conservación presentaban mayor densidad de malas hierbas, pero sin embargo la biomasa seca de las malas hierbas fue similar en los tres manejos de la veza. En este con-

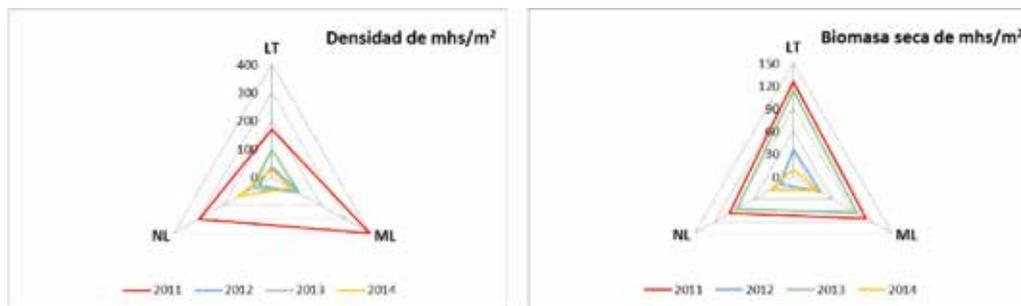


Figura 2. Densidad y biomasa seca de malas hierbas en el ensayo de cultivo de veza.

La biomasa seca de malas hierbas experimentó una gran variación en función de la pluviometría anual. De modo que los años 2011 y 2013, en los que las precipitaciones primaverales fueron especialmente abundantes, la biomasa seca de las malas hierbas fue superior y se incrementó por igual en todos los sistemas de laboreo. En 2012 y 2014, las precipitaciones primaverales fueron escasas, la biomasa seca de malas hierbas recogida también fue inferior y no se registraron grandes diferencias entre sistemas de laboreo.

Se ha descrito el laboreo de conservación como el sistema que presenta mayores problemas de malas hierbas, ocasionando un

texto, la competencia entre cultivo y malas hierbas presenta diferencias considerables en los tres sistemas de laboreo. En un laboreo convencional, con menor densidad de malas hierbas, las plantas alcanzan mayor crecimiento y compiten por los recursos intensamente con el cultivo. En el laboreo de conservación, donde la densidad de malas hierbas es mayor, el crecimiento de las plantas es menor y por tanto, se podría estimar una menor competencia con el cultivo.

Respecto a la evolución de los índices de biodiversidad –riqueza específica, Shannon y Pielou– el sistema de laboreo influyó en dichos índices de distinta forma (Figura 3).

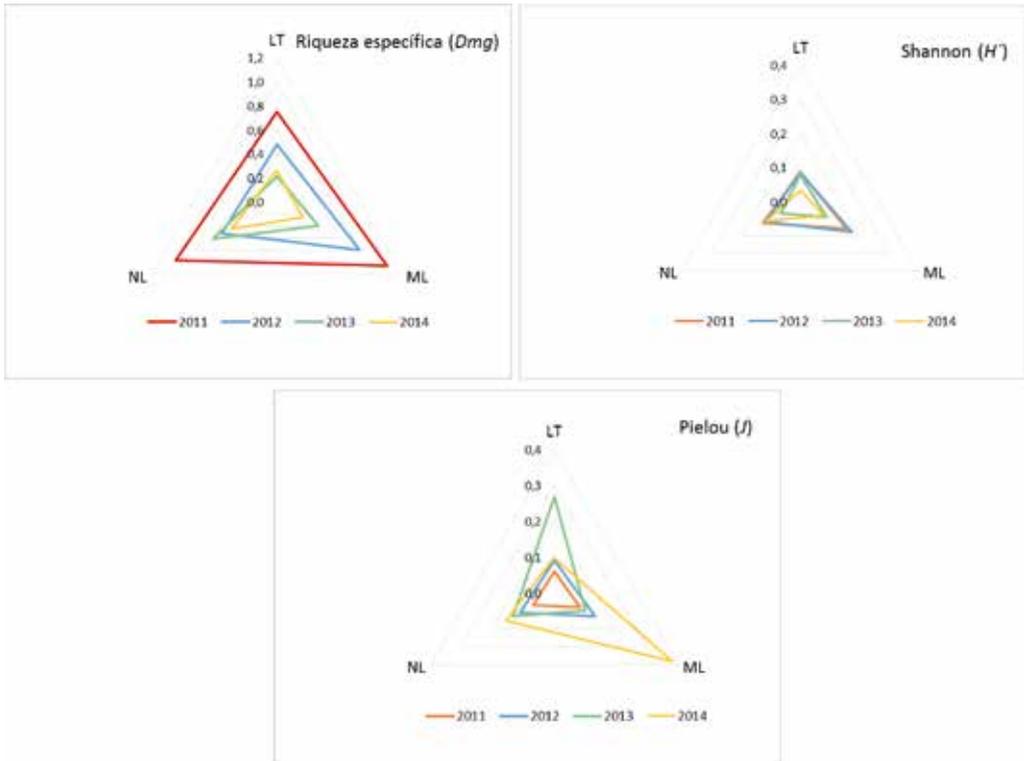


Figura 3. Índices de biodiversidad de malas hierbas en el cultivo de veza.

La riqueza de especies, Dmg, fue elevada en 2011, pero no se encontraron diferencias entre el laboreo convencional y de conservación. En 2012, con escasez de lluvias, la riqueza específica fue superior en ML, mientras que en 2013 y 2014, años caracterizados por precipitaciones similares al promedio histórico, el NL fue el sistema con mayor número de especies. También los efectos del sistema del laboreo sobre la diversidad de especies de malas hierbas (índice de Shannon) variaron cada año, observándose valores más altos en parcelas con ML los dos primeros años y mayor diversidad en las parcelas de NL en 2014. Por último, la densidad relativa de es-

pecies (índice de Pielou) presentes en cada sistema varió también cada año. En 2013, con precipitaciones primaverales elevadas, la abundancia relativa de las especies aumentó en parcelas con LC. En 2014, con una escasa precipitación primaveral, las parcelas con ML mostraron mayor equidad de las poblaciones de malas hierbas.

A la vista de lo expuesto anteriormente, podemos concluir que la comunidad de malas hierbas presente en un campo difiere con el sistema de laboreo empleado en el mismo. También, que la distribución anual de las precipitaciones puede limitar la eficacia del sistema empleado

para controlar las malas hierbas, predisponiendo la especialización de algunas especies en determinadas condiciones de cultivo. En líneas generales, durante el periodo de tiempo objeto de estudio, la comunidad de malas hierbas de nuestro ensayo fue más rica en especies, más diversa y más equitativa con laboreo de conservación (parcelas con ML o NL). La escasez de lluvia en primavera contribuyó muy especialmente al avance de las malas hierbas con respecto al cultivo de veza, que presenta un periodo inicial de desarrollo muy lento, de modo que la ausencia de disponibilidad de agua durante el periodo de crecimiento vegetativo del cultivo es clave para su productividad final.

Concluyendo

Aunque son necesarios estudios a largo plazo, está ampliamente demostrado que tanto las prácticas agronómicas como los factores ambientales influyen de forma determinante en el proceso de cambio de las comunidades de malas hierbas presentes en un cultivo. La evaluación de dichos cambios es crucial para estimar la sostenibilidad de un agro-ecosistema a través del tiempo. En este sentido, la riqueza específica, la diversidad y la equidad de las poblaciones de malas hierbas son indicadores claves para estimar el estado de la flora arvense dentro de un cultivo. Además, la densidad y biomasa total de malas hierbas son índices que nos permiten comparar la competencia entre flora arvense y cultivo en un periodo de tiempo establecido.

Actualmente, la agricultura sostenible y la importancia de la protección del medio ambiente se están promoviendo en Europa, y los agricultores buscan más beneficios de aquellas tecnologías y sistemas de cultivo que permitan aumentar su producción durante todo el año. Los cultivos de leguminosas tienen éxito en condiciones semiáridas cuando la precipitación se produce con el tiempo adecuado y en cantidad, pero esta situación puede ser difícil en zonas semiáridas, propensas a sequías cíclicas. La información sobre la presencia de especies de malas hierbas dentro de diferentes sistemas de laboreo es crucial con el fin de determinar las direcciones de futuras investigaciones en el manejo de malas hierbas en cultivos de leguminosas.

Referencias

- Crews, T.E. and Peoples, M.B. 2004. *Legume versus fertilizer sources of nitrogen: ecological trade-offs and human needs*. Agriculture, Ecosystems and Environment 102, 279–297.
- Franzluebbers, A. 2009. *Linking soil organic carbon and environmental quality through conservation tillage and residue management.*, pp. 263-289, In Lal R. and F.R.F., eds. Soil Carbon.
- Fu, G. 2000. *Nitrogen Dynamics in a Chickpea-wheat Rotation in a Hummocky Field* (Ph.D. Dissertation). University of Saskatchewan, Saskatoon, SK, 200 pp.

- Gan, Y., Miller, P.R., McConkey, B.G., Zentner, P.R., Stevenson, F.C., and McDonald, C.L. 2003. *Influence of diverse cropping sequences on durum wheat yield and protein in the semiarid northern Great Plains*. *Agronomy Journal* 95, 245-252.
- Guardia, G., Tellez-Rio, A., García-Marco, S., Martín-Lammerding, D., Tenorio, J.L. Ibáñez, A. and Vallejo, A. 2016. *Effect of tillage and cereal-legume rotation on greenhouse gas emissions and Global Warming Potential in a non-irrigated Mediterranean field*. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 221: 187-197.
- Jensen, C.R., Joernsgaard, B., Andersen, M.N., Christiansen, J.L., Mogenssen, V.O., Friis, P., and Petersen, C.T. 2004. *The effect of lupins as compared with pea and oats on the yield of the subsequent winter barley crop*. *European Journal of Agronomy* 20 (4), 405-418.
- José-María, L. and Sans, F.X. 2011. *Weed seedbanks in arable fields: effects of management practices and surrounding landscapes*. *Weed Research* 51, 631-640.
- Kassam, A., Friedrich, T., Shaxson, F. and Pretty, J. 2009. *The spread of conservation agriculture: justification, sustainability and uptake*. *International Journal of Agriculture Sustainability* 7: 292-320.
- Lal, R. 2007. *Constraints to adopting no-till farming in developing countries*. *Soil Tillage Research* 94, 1-3.
- Lemke, R.L, Zhong, Z., Campbell, C.A. and Zentner, R. 2007. *Can pulse crops play a role in mitigating greenhouse gases from North American agriculture?* *Agronomy Journal* 99: 1719-1725.
- Liebman, M. and Gallandt, E.R. 1997. *Many little hammers: Ecological approaches for management of: crop-weed interactions*. p. 291-343. In: L.E. Jackson, Ed. *Ecology in agriculture*. Academic Press, San Diego, CA.
- Linn, D.M. and Doran, J.W. 1984. *Effect of Water-Filled Pore Space on Carbon Dioxide and Nitrous Oxide Production in Tilled and Non tilled Soils*. *Soil Science Society of America Journal* 48: 1267-1272.
- Liu, W., Liu, P., Su, K., Yang, J. S., Zhang, J.W., Dong, S.T., Liu, P and Sun, Q.Q. 2010. *Effects of Planting Density on the Grain Yield and Source-sink Characteristics of Summer Maize*. *Chinese Journal of Applied Ecology* 21(7), 1737-1743.
- Lundkvist , A. 2009. *Effect of pre- and pot- emergence weed harrowing on annual weeds in peas and spring cereals*. *Weed Research* 49 (4), 409-416.
- Magurran, A.E. 1988. *Ecological Diversity and its Measurement*. N. J. Princeton. University Press, Princeton, 192 p.

- Miller, P.R., McConeky, B.G., Clayton, G.W., Brandt, S.A., Staricka, J.A.M., Lafond, G.P., Schatz, B.G., Baltensperger, D.D., and Neill KE. 2002. *Pulse crop adaptation in the northern Great Plains*. Agronomy Journal 94, 261-272.
- Pahl, H. 2001. *Sustainability of grain legumes for European farming systems*. In: Proc. European Conference on Grain Legumes, 4th, Cracow, Poland. 8-12 July 2001. European Association for Grain Legume Research (AEP), Paris, pp. 41-45.
- Paustian, K., Andrén, O., Janzen, H.H., Lal, R., Smith, P., Tian, G., Tiessen, H., Van Noordwijk, M. and Woome, P.L. 1997. *Agricultural soils as a sink to mitigate CO₂ emissions*. Soil Use and Management 13: 230-244.
- Reckling, M., Bergkvist, G., Watson, C.A., Stoddard, F.L., Zander, P.M., Walker, R.L., Pristeri, A., Toncea, I. and Bachinger, J. 2016. *Trade-Offs between Economic and Environmental Impacts of Introducing Legumes into Cropping Systems*. Frontiers in Plant Science, DOI: 10.3389/fpls.2016.00669
- Rueda-Ayala, V.P., Rasmussen, J., Gerhards, R. and Fournais, N.E. 2011. *The influence of post-emergence weed harrowing on selectivity, crop recovery and crop yield in different growth stages of winter wheat*. Weed Research 51, 478-488.
- Sequestration and the Greenhouse effect. 2nd ed. SSSA Special Publication 57, Madison, WI, USA.
- Smith, B. and Wilson, J.B. 1996. *A consumer's guide to evenness indices*. Oikos 76, 70-82.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Encarnación Zambrana y José Silveira su labor de mantenimiento de los campos de cultivo. Este trabajo ha sido financiado por los proyectos AGRISOST II P2013-ABI-2717 y RTA 2013-00009-C02-01.

La sensibilidad de las leguminosas a la contaminación atmosférica

Ignacio González Fernández, Héctor Calvete Sogo, Javier Sanz, Susana Elvira, Rocío Alonso y Victoria Bermejo*

Ecotoxicología de la contaminación atmosférica. Departamento de Medio Ambiente. CIEMAT. Madrid

*victoria.bermejo@ciemat.es

Antecedentes

La contaminación atmosférica constituye, junto con el cambio climático, un factor del cambio global que provoca numerosos efectos sobre los ecosistemas y los cultivos. Estos efectos alteran el funcionamiento y estructura de los ecosistemas, reduciendo la capacidad para mantener la biodiversidad y ofrecer los servicios ecosistémicos que proveen a las sociedades humanas de alimento, fibras o materiales de construcción, mitigan el cambio climático mediante el secuestro del carbono de la atmósfera, regulan el ciclo hidrológico, etc. (Mills *et al.*, 2013; Mills y Harmens, 2011; Sutton *et al.*, 2011; Bobbink *et al.*, 2010).

Los efectos de la contaminación atmosférica y el cambio climático están además interrelacionados. Muchos contaminantes son gases de efecto invernadero, agudizan los efectos provocados por el cambio climático en la vegetación, reduciendo así la capacidad de los ecosistemas para tolerar los cambios, y pueden comprometer la eficacia de los mecanismos de mitigación como el secuestro de carbono (Alonso *et al.*, 2014; IPCC, 2013; Mills *et al.*, 2013; Sitch *et al.*, 2007).

El ozono troposférico (O_3) y el depósito atmosférico de nitrógeno son los dos problemas de contaminación atmosférica más extendidos en las zonas rurales y naturales de Europa y otras regiones del planeta (EEA, 2015). El O_3 no se emite directamente desde ninguna fuente si no que se forma en la atmósfera a partir de reacciones químicas de sus precursores (principalmente óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles) con la radiación solar. El depósito atmosférico de nitrógeno se produce cuando distintos compuestos nitrogenados presentes en el aire contaminado, que incluyen óxidos de nitrógeno (NO_x), amoníaco (NH_3) y otras sustancias, entran en contacto con los ecosistemas y los cultivos. Las principales fuentes antropogénicas de compuestos nitrogenados son la generación de energía, el transporte, la producción y uso de fertilizantes en la agricultura y la ganadería.

El O_3 es un gas fuertemente oxidante que resulta tóxico para la vegetación en concentraciones elevadas. Numerosos estudios han descrito cómo el O_3 reduce la productividad de los cultivos, incluidas especies de leguminosas como la soja, reduciendo la seguridad

alimentaria (Tai *et al.*, 2014; Mills y Harmens, 2011; Feng y Kobayashi, 2009). También se han descrito efectos negativos del O₃ sobre el crecimiento de las especies forestales y en los pastos (Büker *et al.*, 2015; Davison y Barnes, 1998). Otros efectos descritos incluyen el ciclo hidrológico, disminuyendo la descarga de agua en los ríos, la reducción del secuestro de carbono por la vegetación, el agravamiento de los efectos de otros estreses ambientales como la sequía, efectos sobre la polinización, degradando el aroma de las flores, y cambios en la composición de especies de los ecosistemas (Calvente-Sogo *et al.*, 2016; Farré-Armengol *et al.*, 2016; Alonso *et al.*, 2014; Mills *et al.*, 2013; Sun *et al.*, 2012; Payne *et al.*, 2011; Sitch *et al.*, 2007).

El depósito de compuestos nitrogenados sobre los ecosistemas inicia una cascada de efectos en los distintos componentes bióticos y abióticos del ecosistema que forman parte del ciclo biogeoquímico del nitrógeno (Sutton *et al.*, 2011) como las especies leguminosas, fijadoras del dinitrógeno (N₂) inerte del aire. Se ha relacionado el exceso del depósito de nitrógeno con aumentos en el ataque de plagas y la prevalencia de incendios forestales, la acidificación del suelo, la disminución de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas, el aumento de la emisión de gases de efecto invernadero desde el suelo o con cambios en la biodiversidad del ecosistema (Bobbink *et al.*, 2010; Sutton *et al.*, 2011; Grulke *et al.*, 2009; Stevens *et al.*, 2004).

Los niveles de fondo de ozono troposférico, aquellos no directamente afectados por fuentes cercanas de contaminantes atmosféricos, han mostrado una tendencia ascendente desde el inicio de la revolución industrial, aunque en las últimas décadas el aumento parece haberse estancado en Europa, acompañado de una reducción de los valores pico (IPCC, 2013). Las emisiones atmosféricas de compuestos nitrogenados y sus niveles de depósito también han mostrado una tendencia ascendente a escala global durante varias décadas y las proyecciones futuras mantienen dicha tendencia o muestran una estabilización en función del escenario futuro de emisiones (IPCC, 2013; Reay *et al.*, 2008).

En España y otros países de la zona mediterránea, la contaminación por O₃ es particularmente elevada, no debido a una mayor emisión de precursores en comparación con otras zonas de Europa, sino a unas condiciones climáticas que favorecen las reacciones de formación del O₃. Como resultado, la concentración se mantiene por encima de los umbrales legalmente establecidos para la protección de la vegetación en la Directiva Europea de calidad del aire (2008/50/CE) (EEA, 2015). El depósito de nitrógeno también supera en determinadas zonas los niveles que se consideran perjudiciales para la sostenibilidad de las áreas protegidas a largo plazo (García-Gómez *et al.*, 2014).

Las especies leguminosas cumplen un papel muy importante en el funcionamiento de los ecosistemas y aportan gran canti-

dad de recursos vitales para las sociedades humanas: gracias a su capacidad para fijar el N_2 del aire, constituyen una fuente de nitrógeno para otras especies vegetales, representan una fuente de proteínas para los animales herbívoros e incluyen diferentes cultivos clave para la alimentación humana. Por ello resulta de gran importancia el estudio de los efectos presentes y futuros que la contaminación atmosférica, como factor del cambio global, puede tener sobre las leguminosas. En particular resulta importante conocer cómo responden a la contaminación atmosférica las especies que conforman los pastos y el estrato herbáceo en los bosques en consideración a la superficie que cubren y a la abundancia de especies que representan.

Dentro de los pastos, las dehesas representan uno de los paisajes más característicos del centro y suroeste de la península Ibérica. Las dehesas son un tipo de aprovechamiento agroforestal tradicional y están protegidas como ecosistemas de interés por la Directiva Europea Hábitats (92/43/CEE) debido a su elevada biodiversidad (Olea y San Miguel-Ayanz, 2006). Dentro de los pastos anuales de dehesa, las especies de leguminosas juegan un papel muy importante, mejorando el valor nutricional del forraje para los animales herbívoros: la presencia de leguminosas incrementa el contenido en proteína y mejora la palatabilidad y la digestibilidad del pasto (Olea y San Miguel-Ayanz, 2006).

En este capítulo se resumen los principales resultados obtenidos en el análisis

de la sensibilidad a la contaminación atmosférica por O_3 y depósito de nitrógeno de las leguminosas de pastos anuales de dehesa.

Sensibilidad de las leguminosas de pastos de dehesa a la contaminación atmosférica

Los estudios sobre la sensibilidad de las especies leguminosas de pastos de dehesa se realizan mediante un tipo de instalación experimental denominada cámaras de techo descubierto (de sus siglas en inglés, OTC). Estas cámaras consisten en pequeños invernaderos de 3 metros de diámetro por 3 metros de altura en los que se inyecta aire al que se añaden distintas concentraciones de contaminantes atmosféricos gaseosos como el O_3 (figura 1). En su interior, las plantas desarrollan su ciclo vital expuestas a una atmósfera enriquecida en el contaminante de interés, o en una atmósfera limpia, en la que el aire se depura mediante un filtro de carbón activo. Esta técnica se utiliza desde los años 70 y 80 para el estudio de los efectos de los contaminantes atmosféricos sobre la vegetación.

Los primeros estudios sobre la sensibilidad al O_3 de las leguminosas y otras especies presentes en los pastos de dehesa comienzan en el año 2000, en la instalación OTC del CIEMAT (Bermejo *et al.*, 2003). Los primeros resultados mostraron una elevada diversidad en la respuesta de las distintas especies al O_3 , apareciendo muchas leguminosas entre las más sensibles. En varias



Figura 1. Vista de las cámaras OTC del CIEMAT en la Finca Experimental La Higuera (CSIC).
Fuente: Calvete-Sogo et al., 2016.



Figura 2. Síntomas visibles de ozono en hojas de trébol (*Trifolium cherleri*) expuestas a concentraciones crecientes de ozono en experimentos de fumigación en OTC. Las hojas fueron tomadas, de izquierda a derecha, en los siguientes tratamientos: aire filtrado (atmósfera limpia), aire no filtrado (concentración ambiental de ozono), aire no filtrado + 20 ppb de ozono y aire no filtrado + 40 ppb (concentraciones 20 y 40 ppb por encima del ambiente respectivamente).
Fuente: Calvete-Sogo et al., 2016.

de estas leguminosas sensibles, el O_3 inducía la aparición de síntomas visibles (figura 2), consistentes en manchas que aparecen en las hojas cuando se dañan los tejidos como consecuencia de la toxicidad del O_3 sobre las células de la planta.

El O_3 es capaz de provocar reducciones en el crecimiento de distintas especies de leguminosas, aunque también existen especies de leguminosas más tolerantes (Gimeno *et al.*, 2004a). La figura 3 muestra cómo se relaciona la producción de biomasa de diversas especies de

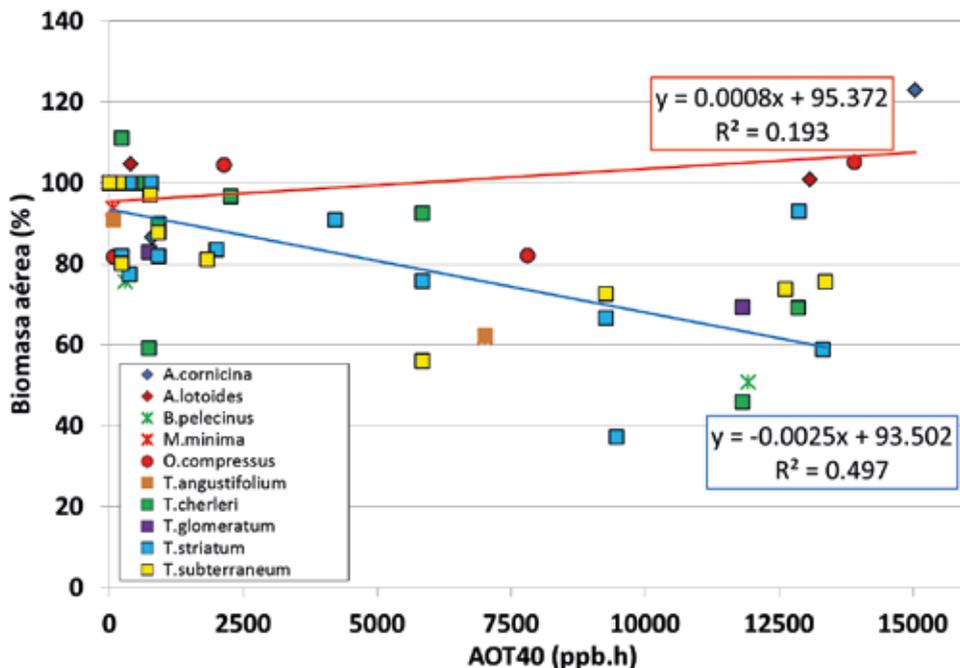


Figura 3. Relación exposición-respuesta de especies leguminosas de pastos de dehesa tolerantes (*Anthyllis cornicina*, *A. lotoides*, *Ornithopus compressus*) (línea roja) y sensibles (*Biserrula pelecinus*, *Medicago minima*, *Trifolium angustifolium*, *T. cherleri*, *T. glomeratum*, *T. striatum*, *T. subterraneum*) (línea azul) al ozono. La exposición está expresada como la concentración acumulada por encima de 40 ppb (AOT40), un índice utilizado para evaluar la calidad del aire según la directiva europea de calidad del aire (D2008/50/CE). La respuesta estudiada es la producción de biomasa aérea relativa al tratamiento control (FA), que representa la concentración de ozono en una atmósfera limpia.

Fuente: Gimeno et al., 2004.

leguminosas de pastos de dehesa con concentraciones crecientes de O_3 . En esta figura es posible diferenciar claramente un grupo de leguminosas sensibles, que muestran reducciones en el crecimiento al aumentar su exposición al O_3 , frente a otras leguminosas tolerantes, cuyo crecimiento no se ve influido por este factor.

La existencia de especies herbáceas con distinta sensibilidad al O_3 y especialmente la existencia de numerosas especies de leguminosas sensibles, tiene implicaciones en la conservación del ecosiste-

ma de la dehesa y en los servicios que ésta ofrece a la sociedad. La presencia de concentraciones elevadas de O_3 puede provocar una disminución en la proporción de leguminosas en el pasto a favor de especies más tolerantes, provocando reducciones en la fijación biológica de nitrógeno que realizan las leguminosas, o disminuciones en la calidad nutritiva del pasto, debido al aporte de proteínas que suponen las leguminosas en comparación con otras especies herbáceas.

Igual que el O_3 , el depósito atmosférico de nitrógeno también puede provocar

cambios en la proporción de leguminosas presentes en los pastos. Los estudios realizados con leguminosas de pastos anuales de dehesa, muestran cómo un aumento del depósito de nitrógeno puede incrementar su crecimiento cuando estas especies crecen individualmente (Sanz *et al.*, 2014, 2007, 2005) debido a un efecto fertilizador del nitrógeno. Sin embargo, la presencia de otras especies competidoras puede modificar esta respuesta. Un experimento de adición de nitrógeno en cantidades semejantes al depósito de nitrógeno en zonas contaminadas (máximo $40 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) en una comunidad experimental formada por una mezcla de especies leguminosas y no leguminosas, muestra cómo el efecto fertilizador del nitrógeno se detecta en las especies no leguminosas, que aumentan su biomasa respecto al tratamiento control con baja disponibilidad de nitrógeno, mientras que las leguminosas no se ven afectadas por el aumento en la disponibilidad del nutriente (Calvete-Sogo *et al.*, 2016). Por lo tanto, el depósito de nitrógeno puede potencialmente disminuir la proporción de leguminosas en el pasto debido a la estimulación del crecimiento de las especies no leguminosas como las gramíneas.

Los efectos de la contaminación atmosférica por O_3 y nitrógeno sobre las leguminosas de pastos de dehesa, tiene diversas consecuencias sobre el ecosistema en el que se encuentran, como se detalla en las secciones siguientes.

Efectos sobre la producción de biomasa y la calidad nutritiva

Uno de los efectos más estudiados de la contaminación atmosférica sobre los pastos son los cambios que se producen en la producción de biomasa y su calidad nutritiva para los animales herbívoros. Los estudios realizados sobre los pastos anuales de dehesa muestran que las especies leguminosas juegan un papel importante en la respuesta a la contaminación atmosférica.

Dos estudios experimentales realizados por el CIEMAT en cámaras OTC muestran que la presencia de especies leguminosas sensibles al O_3 afecta la respuesta del conjunto del dosel herbáceo a este contaminante, a pesar de que también se encuentren presentes especies tolerantes a él. La figura 4a muestra como el O_3 reduce la producción de biomasa de un pasto formado por una mezcla de especies sensibles y tolerantes. Aunque las especies tolerantes no ven modificado su crecimiento, e incluso en algunos casos éste aumenta debido a una disminución de la competencia con las especies más sensibles, el rendimiento global del pasto se ve disminuido.

Uno de los hallazgos más interesantes de estos experimentos es la interacción que se produce entre la contaminación por O_3 y la disponibilidad de nitrógeno (Calvete-Sogo *et al.*, 2014). En la figura 4b se puede observar cómo el O_3 reduce la eficiencia del nitrógeno. Cuando la concentración de O_3 es baja (líneas verde y

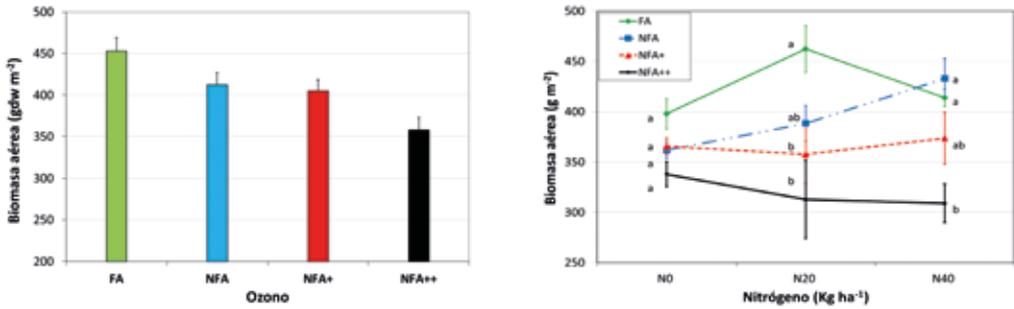


Figura 4. 4A (izquierda). Efectos del ozono sobre la producción de biomasa aérea de un pasto anual formado por una mezcla de especies tolerantes y sensibles al ozono. El aumento en la concentración de ozono en los distintos tratamientos reduce la producción de biomasa del pasto.

4B (derecha). Interacción del ozono y el nitrógeno en la producción de biomasa de un pasto anual: el ozono reduce el efecto fertilizador del nitrógeno.

FA: aire filtrado (atmósfera limpia); NFA: aire no filtrado (concentración ambiental de ozono); NFA+: aire no filtrado + 20 ppb de ozono; NFA++: aire no filtrado + 40 ppb de ozono. N0: tratamiento sin nitrógeno añadido; N20: tratamiento con una dosis de nitrógeno añadida equivalente a 20 kg ha⁻¹ año⁻¹ en cuatro dosis; N40: tratamiento con una dosis de nitrógeno añadida equivalente a 40 kg ha⁻¹ año⁻¹ en cuatro dosis.

El experimento fue desarrollado por el CIEMAT en cámaras OTC en la Finca Experimental La Higuera (CSIC).

Fuente: Calvete-Sogo et al., 2014.

azul), el aumento en la dosis de nitrógeno provoca un aumento en la producción de biomasa. Sin embargo, cuando la concentración de O₃ es elevada (líneas roja y negra), el efecto fertilizador del nitrógeno disminuye e incluso llega a desaparecer bajo la concentración más elevada de O₃ (línea negra).

Además de disminuir la producción de biomasa, el O₃ también disminuye la calidad nutritiva del pasto. La absorción del O₃ por la vegetación induce una serie de cambios bioquímicos en las hojas que incrementan el contenido en fibras y lignina, lo que reduce su digestibilidad (Sanz et al., 2016; González-Fernández et al., 2008). Ambos efectos, sobre la producción de biomasa y su calidad nutritiva, se pueden integrar en índices como el valor consumible del pasto (CFV, del inglés *Consumable Food Value*) (Gon-

zález-Fernández et al., 2008). La figura 5 muestra cómo la exposición al O₃ disminuye el CFV de distintas especies de leguminosas creciendo en cámaras OTC. Las disminuciones provocadas por el O₃ en la producción y la calidad nutritiva del pasto se han relacionado con disminuciones en la producción ganadera en ausencia de aportes externos de forraje (Hayes et al., 2016).

Efectos en la composición del pasto y su capacidad reproductiva

Las diferencias en la sensibilidad de las diferentes especies a los contaminantes atmosféricos pueden inducir cambios en la composición de las comunidades vegetales y en algunos casos una reducción en la riqueza de especies. Este efecto se ha descrito para comunidades de pastos perennes

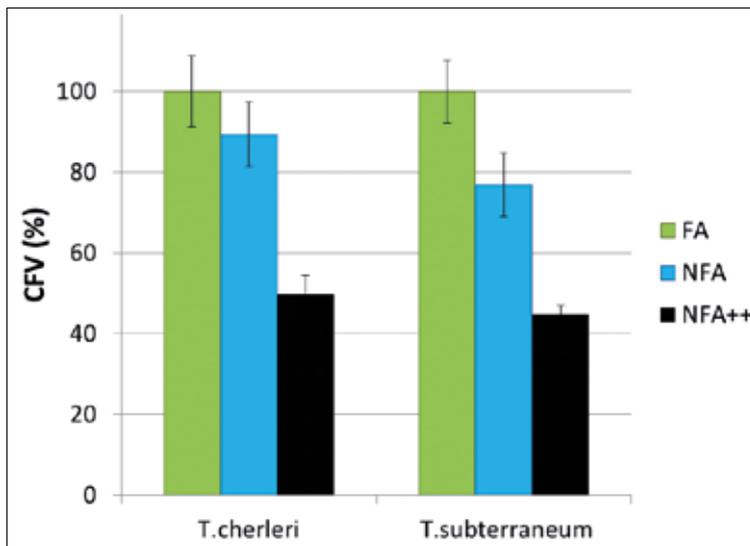


Figura 5. Efectos del ozono sobre la calidad nutritiva para animales herbívoros de dos leguminosas anuales *Trifolium cherleri* y *T. subterraneum*. La calidad se representa con el índice CFV, que integra los efectos sobre la producción de biomasa y su digestibilidad por el ganado.

FA: aire filtrado (atmósfera limpia); NFA: aire no filtrado (concentración ambiental de ozono); NFA++: aire no filtrado + 40 ppb de ozono. El experimento fue desarrollado por el CIEMAT en cámaras OTC en Sant Jaume d'Enveja, Tarragona.

Fuente: Sanz et al., 2016.

de la región biogeográfica atlántica europea (Payne *et al.*, 2011; Stevens *et al.*, 2004), lo que ha puesto de manifiesto la capacidad de los contaminantes atmosféricos para reducir la biodiversidad de las comunidades vegetales. En el caso de los pastos anuales de dehesa, los experimentos desarrollados por el CIEMAT han mostrado como en un ambiente contaminado por O_3 las especies más sensibles disminuyen su abundancia en el pasto a favor de otras más tolerantes (Calvete-Sogo *et al.*, 2016). En el experimento en OTC con la mezcla de especies anuales, el O_3 disminuyó la abundancia de la especie de trébol sensible *Trifolium striatum* (línea verde oscuro) mientras que su espacio fue parcialmente ocupado por otra leguminosa más tolerante, *Ornithopus compressus* (línea azul) (figura 6).

La contaminación atmosférica también puede inducir cambios en la composición de especies del pasto mediante efectos en la capacidad reproductiva de las especies que lo componen. Los pastos anuales dependen de forma muy importante del banco de semillas del suelo a partir del cual se regeneran anualmente tras la sequía estival, por lo que un cambio sostenido en la producción de semillas puede tener consecuencias a largo plazo sobre la diversidad de especies del pasto.

Distintos experimentos en OTC realizados por el CIEMAT han mostrado cómo el O_3 puede disminuir la producción de semillas en especies leguminosas sensibles como el *Trifolium striatum* (Gimeno

et al., 2004b). Además, igual que se ha encontrado con la producción de biomasa, los efectos del O₃ interactúan con la disponibilidad de nitrógeno de forma que

el incremento encontrado en la producción de semillas provocado por el aporte de nitrógeno queda anulado cuando la concentración de O₃ es elevada (figura 7).

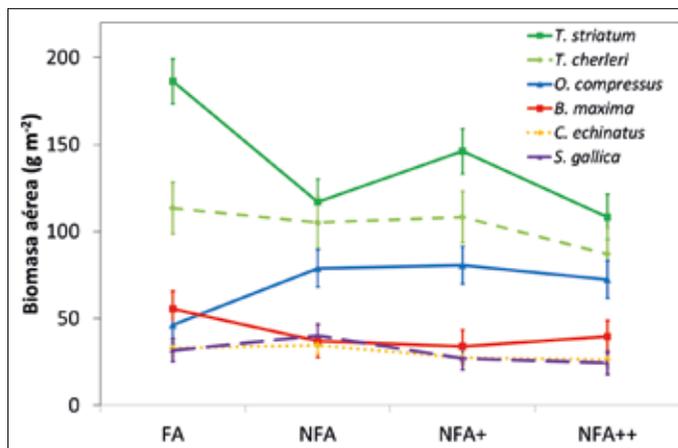


Figura 6. Efectos del ozono en la composición específica de la biomasa aérea de un pasto experimental formado por especies tolerantes y sensibles al ozono. La proporción de la leguminosa sensible *Trifolium striatum* disminuye con el ozono mientras que la proporción de la tolerante *Ornithopus compressus* se incrementa.

FA: aire filtrado (atmósfera limpia); NFA: aire no filtrado (concentración ambiental de ozono); NFA+: aire no filtrado + 20 ppb de ozono; NFA++: aire no filtrado + 40 ppb de ozono. El experimento fue desarrollado por el CIEMAT en cámaras OTC en la Finca Experimental La Higuera (CSIC). Fuente: Calvete-Sogo et al., 2016.

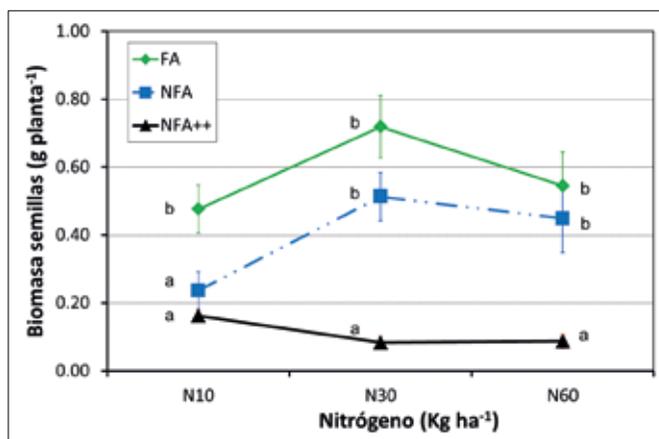


Figura 7. Efectos del ozono y el nitrógeno sobre la producción de semillas de la leguminosa anual *Trifolium striatum*.

FA: aire filtrado (atmósfera limpia); NFA: aire no filtrado (concentración ambiental de ozono); NFA++: aire no filtrado + 40 ppb de ozono. NO: tratamiento sin nitrógeno añadido; N30: tratamiento con una dosis de nitrógeno añadida equivalente a 30 kg ha⁻¹ año⁻¹; N60: tratamiento con una dosis de nitrógeno añadida equivalente a 60 kg ha⁻¹ año⁻¹. El experimento fue desarrollado por el CIEMAT en cámaras OTC en Sant Jaume d'Enveja, Tarragona. Fuente: Sanz et al., 2007.

Conclusión

Numerosas especies de leguminosas presentes en los pastos anuales de dehesa son sensibles a la contaminación atmosférica por ozono y nitrógeno. Los efectos sobre estas especies pueden modificar el funcionamiento y estructura de los ecosistemas donde se encuentran, reduciendo los servicios que los pastos ofrecen a la sociedad.

Los resultados experimentales de los efectos de la contaminación atmosférica sobre los pastos anuales de dehesa muestran como el ozono reduce el crecimiento y la calidad nutritiva de los pastos para los herbívoros. Además el ozono reduce la eficiencia fertilizadora del nitrógeno, disminuyendo el crecimiento inducido por el aumento en la disponibilidad de este nutriente.

La contaminación atmosférica también supone un problema para la conservación de la biodiversidad. El ozono y el nitrógeno pueden provocar cambios en la composición de especies modificando las relaciones de competencia entre ellas. Los experimentos de fumigación con ozono de pastos anuales de dehesa muestran descensos en la proporción de leguminosas sensibles en el pasto, mientras que las especies tolerantes (incluidas otras leguminosas) aumentan su presencia. Otros cambios en la composición de especies, especialmente en pastos anuales, se dan por los efectos del ozono en la producción de semillas. El ozono reduce la producción de semillas de especies le-

guminosas sensibles, lo que puede tener consecuencias a largo plazo sobre la abundancia de estas especies.

Referencias

- Alonso, R., Elvira, S., González-Fernández, I., Calvete, H., García-Gómez, H. and Bermejo, V. (2014). *Drought stress does not protect Quercus ilex L. from ozone effects: Results from a comparative study of two subspecies differing in ozone sensitivity*. Plant Biol. 16: 375–384.
- Bermejo, V., Gimeno, B.S., Sanz, J., De la Torre, D. and Gil, J.M. (2003). *Assessment of the ozone sensitivity of 22 native plant species from Mediterranean annual pastures based on visible injury*. Atmos. Environ. 37: 4667–4677.
- Bobbink, R., Hicks, K., Galloway, J., Spranger, T., Alkemade, R., Ashmore, M., Bustamante, M., Cinderby, S., Davidson, E., Dentener, F., Emmett, B., Erisman, J.W., Fenn, M., Gilliam, F., Nordin, A., Pardo, L. and De Vries, W. (2010). *Global assessment of nitrogen deposition effects on terrestrial plant diversity: a synthesis*. Ecol. Appl. 20(1): 30–59.
- Büker, P., Feng, Z., Uddling, J., Briolat, A., Alonso, R., Braun, S., Elvira, S., Gerosa, G., Karlsson, P.E., Thiec, D. Le, Marzuoli, R., Mills, G., Oksanen, E., Wieser, G., Wilkinson, M. and Emberson, L.D. (2015). *New flux based dose response relationships for ozone*

- for European forest tree species. *Environ. Pollut.* 206: 163–174.
- Calvete-Sogo, H., Elvira, S., Sanz, J., Gonzalez-Fernandez, I., Garcia-Gomez, H., Sanchez-Martin, L., Alonso, R., Bermejo-Bermejo, V. (2014). *Current ozone levels threaten gross primary production and yield of Mediterranean annual pastures and nitrogen modulates the response*. *Atmos. Environ.* 95: 197-206.
- Calvete-Sogo, H. (2016). *Productivity and quality of dehesa pastures in relation to global change: increasing tropospheric ozone and nitrogen deposition*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Madrid, España.
- Calvete-Sogo, H., González-Fernández, I., Sanz, J., Elvira, S., Alonso, R., García-Gómez, H., Ibáñez-Ruiz, M.A., Bermejo-Bermejo, V. (2016). *Heterogeneous responses of component species to ozone and nitrogen alter the species composition of Mediterranean annual pastures*. *Oecologia*, DOI 10.1007/s00442-016-3628-z.
- Davison, A.W. and Barnes, J.D. (1998). *Effects of ozone on wild plants*. *New Phytol.* 139: 135-151.
- EEA. (2015). *Air quality in Europe – 2015 report*. European Environment Agency. Publications Office of the European Union, Luxembourg. ISBN 978-92-9213-701-4 702-1.
- Farré-Armengol, G., Peñuelas, J., Li, T., Yli-Pirilä, P., Filella, I., Llusià, J. and Blande, J.D. (2016). *Ozone degrades flower scent and reduces pollinator attraction to flowers*. *New Phytol.* 209: 152–160.
- Feng, Z. and Kobayashi, K. (2009). *Assessing the impacts of current and future concentrations of surface ozone on crop yield with meta-analysis*. *Atmos. Environ.* 43: 1510–1519.
- Garcia-Gomez, H., Garrido, J.L., Vivanco, M.G., Lassaletta, L., Rabago, I., Avila, A., Tsyro, S., Sanchez, G., Gonzalez-Ortiz, A., Gonzalez-Fernandez, I. and Alonso, R. (2014). *Nitrogen deposition in Spain: Modeled patterns and threatened habitats within the Natura 2000 network*. *Sci. Total Environ.* 485: 450-460.
- Gimeno, B.S., Bermejo, V., Sanz, J., de la Torre, D. and Elvira, S. (2004a). *Growth response to ozone of annual species from Mediterranean pastures*. *Environ. Pollut.* 132(2): 297-306.
- Gimeno, B.S., Bermejo, V., Sanz, J., De la Torre, D., Gil, J.M. (2004b). *Assessment of the effects of ozone exposure and plant competition on the reproductive ability of three therophytic clover species from Iberian pastures*. *Atmos. Environ.* 38(15): 2295-2303.
- Gonzalez-Fernandez, I., Bass, D., Muntiferring, R., Mills, G. and Barnes, J. (2008). *Impacts of ozone pollution*

- on productivity and forage quality of grass/clover swards. *Atmos. Environ.* 42: 8755-8769.
- Grulke, N.E., Minnich, R.A., Paine, T.D., Seybold, S.J., Chavez D.J., Fenn, M.E., Riggan, P.J. and Dunn, A. (2009). *Air pollution increases forest susceptibility to wildfires: a case study in the San Bernardino Mountains in Southern California*. En *Wildland fires and air pollution*. Pp. 365-403. Bytnerowicz, A., Arb- augh, M., Riebau, A., Andersen, C. Eds. Elsevier, Amsterdam, Países Bajos y Oxford, RU. ISBN 978-0-08-055609-3.
- Hayes, F., Mills, G., Jones, L., Abbott, J., Ashmore, M., Barnes, J., Cape, J.N., Coyle, M., Peacock, S., Rintoul, N., Toet, S., Wedlich, K. and Wyn- ness, K. (2016). *Consistent ozone-in- duced decreases in pasture forage quality across several grassland types and consequence for the UK lamp production*. *Sci. Total Environ.* 543: 336-346.
- IPCC. (2013). Stocker, T.F., Qin, D., Pla- ttner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. and Midgley, P.M., Eds. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, RU y Nueva York, EEUU. ISBN 978-1-107-05799-1.
- Mills, G., Wagg, S. and Harmens, H., Eds. (2013). *Ozone pollution: impacts on ecosystem services and biodiversity*. Centre for Ecology and Hydrology. ISBN 978-1-906698-39-3
- Mills, G. and Harmens, H., Eds. (2011). *Ozone pollution: a hidden threat to food security*. Report prepared by the ICP Vegetation. Centre for Ecology and Hy- drology. ISBN 978-1-906698-27-0.
- Olea L. and San Miguel-Ayanz, A. (2006). *The spanish dehesa. A tra- ditional Mediterranean silvopastoral system linking production and nature conservation*. En *Sustainable grass- land productivity: Proceedings of the 21st General Meeting of the Eu- ropean Grassland Federation, Bada- joz, Spain, 3-6 April, 2006*. Pp.3-13. Lloveras, J., González-Rodríguez, A., Vázquez-Yáñez, O., Piñeiro, J., San- tamaría, O., Olea, L., Poblaciones, M.J., Eds. *Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*. Madrid, Espa- ña. ISBN 8468967114.
- Payne, R.J., Stevens, C.J., Dise, N.B., Gowing, D.J., Pilkington, M.G., Phoe- nix, G.K., Emmett, B.A. and Ashmore, M.R. (2011). *Impacts of atmospheric pollution on the plant communities of British acid grasslands*. *Environ. Pol- lut.* 159 : 2602-2608.
- Reay, D.S., Dentener, F., Smith, P., Gra- ce, J. and Feely, R.A. (2008). *Global nitrogen deposition and carbon sinks*. *Nature Geosci.* 1: 430-437.

- Sanz, J., Bermejo, V., Gimeno, B.S., Elvira, S. and Alonso, R. (2007). *Ozone sensitivity of the Mediterranean terophyte Trifolium striatum is modulated by soil nitrogen content*. Atmos. Environ. 41: 8952-8962.
- Sanz, J., González-Fernández, I., Calvete-Sogo, H., Lin, J.S., Alonso, R., Muntifering, R. and Bermejo, V. (2014). *Ozone and nitrogen effects on yield and nutritive quality of the annual legume Trifolium cherleri*. Atmos. Environ. 94, 765-772.
- Sanz, J., González-Fernández, I., Elvira, S., Muntifering, R., Alonso, R. and Bermejo-Bermejo, V. (2016). *Setting ozone critical levels for annual Mediterranean pasture species: combined analysis of open-top chamber experiments*. Sci Total Env. (aceptada).
- Sanz, J., Muntifering, R.B., Bermejo, V., Gimeno, B.S. and Elvira, S. (2005). *Ozone and increased nitrogen supply effects on the yield and nutritive quality of Trifolium subterraneum*. Atmos. Environ. 39: 5899-5907.
- Sitch, S., Cox, P.M., Collins, W.J. and Huntingford, C. (2007). *Indirect radiative forcing of climate change through ozone effects on the land-carbon sink*. Nature 448: 791-794.
- Stevens, C.J., Dise, N.B., Mountford, J.O. and Gowing, D.J. (2004). *Impact of nitrogen deposition on the species richness of grasslands*. Science 303: 1876-1879.
- Sun, G., McLaughlin, S.B., Porter, J.H., Uddling, J., Mulholland, P.J., Adams, M.B. and Pederson, N. (2012). *Interactive influences of ozone and climate on streamflow of forested watersheds*. Glob. Chang. Biol. 18: 3395-3409.
- Sutton, M.A., Howard, C.M., Erismann, J.W., Billen, G., Bleeker, A., Grennfelt, P., Grinsven, H.V. and Grizzetti, B., Eds. (2011). *The European Nitrogen Assessment. Sources, Effects and Policy Perspectives*. Cambridge University Press. ISBN 978-1-107-00612-6.
- Tai, A.P.K., Martin, M.V. and Heald, C.L. (2014). *Threat to future global food security from climate change and ozone air pollution*. Nat. Clim. Chang. July: 2-5.

Agradecimientos

Las investigaciones presentadas en este capítulo han sido financiadas por los proyectos de investigación ÉCLAIRE “Effects of Climate Change on Air Pollution Impacts and Response Strategies for European Ecosystems” (PF7-ENV-2011) del Framework Programme 7 de la Unión Europea, el proyecto de la Comunidad de Madrid AGRISOST (P2013/ABI-2717) “Sistemas agrarios sostenibles. Manejo de C, N y Agua para Optimizar Producción y Calidad” y el proyecto NEREA4 (AGL2012-37815-C05-03) “Uso potencial de la fertilización nitrogenada para mitigar los efectos del ozono en cultivos agrícolas, financiado por el Ministerio de

Economía y Competitividad. Los autores también agradecen la financiación de la Encomienda de Gestión del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medioambiente al CIEMAT para la colaboración en el ámbito del Convenio de Contaminación Atmosférica Transfronteriza a Gran Distancia (Convenio de Ginebra).

Las legumbres desde la época de Cervantes hasta hoy: un elemento clave en la dieta mediterránea

Jesús Román Martínez Álvarez

Profesor del Grado de Nutrición Humana y Dietética. Dpto. de Enfermería,
Universidad Complutense de Madrid.

Facultad de Medicina, 3ª planta, 28040 Madrid
Presidente de la Fundación Alimentación Saludable

jrmartin@ucm.es

Antecedentes

Las leguminosas han sido tradicionalmente parte de la alimentación de los españoles y de todos los habitantes de la cuenca mediterránea, proporcionando un valor nutritivo y gastronómico muy destacado. A este respecto, hay que señalar que cada día hay más evidencias científicas sobre el papel protector que la Dieta Mediterránea ejerce en la prevención de las enfermedades crónicas.

Así, la Dieta Mediterránea mejora el metabolismo de la glucosa, reduce la presión arterial, mejora el perfil lipídico y disminuye los marcadores de inflamación relacionados con la arteriosclerosis, además de reducir la concentración plasmática de LDL-colesterol oxidada y otros marcadores sistémicos de oxidación. Estos efectos, además, son independientes, y eficaces, frente a la genética y los factores hereditarios.

En el mundo actual, una de cada tres muertes se atribuye a una causa cardiovascular. En este contexto, la dieta y el estilo de vida son piezas esenciales en

la disminución del riesgo de padecer enfermedades crónicas (patologías cardiovasculares, cáncer, etc.) y, en definitiva, para vivir más años con más salud.

De acuerdo con las previsiones de la Organización Mundial de la salud (OMS), la patología cardiovascular (enfermedad coronaria y accidentes vasculares cerebrales) continuará siendo la principal causa de muerte en un futuro inmediato (Mathers and Loncar, 2006). Al respecto, los agoreros dicen que esta auténtica epidemia puede acabar minando los sistemas de salud de los países, especialmente los que están en vías de desarrollo, e incluso frenando el crecimiento económico de los mismos.

Afortunadamente, todo esto podría limitarse en sus aspectos y prevalencia aplicando cambios en los estilos de vida predominantes en los que, lógicamente, cabe incluir una alimentación más saludable como, por ejemplo, la Dieta Mediterránea (Martínez-González y Sánchez-Villegas, 2004). Aunque no existe un patrón normalizado y global, se considera que las principales características

de esta manera de alimentarse son (Serra-Majem *et al.*, 2006):

- El importante consumo de grasas de origen vegetal (superior al 35% de la energía total ingerida), descollando en este apartado el aceite de oliva.
- una destacada ingesta de cereales integrales, fruta, verdura, legumbres secas y frutos secos.
- un consumo relativamente alto de pescado.
- un consumo moderado-bajo de carnes blancas (aves y conejo),

y productos lácteos, sobre todo en forma de yogurt o queso fresco.

- un bajo consumo de carnes rojas y productos cárnicos preparados derivados de la carne .

En la “rueda de los alimentos” (figura 1) puede verse a las legumbres incorporadas en el sector rojo de los alimentos proteicos ya que, como es bien sabido, destacan por su papel en la alimentación humana como una buena fuente de proteínas (tabla 1).



Figura 1. Rueda de los alimentos.

Fuente: Sociedad española de dietética (SEDCA) URL: www.nutricion.org

Tabla 1. Composición nutritiva media por 100 g de diferentes legumbres. H. de C., hidratos de carbono.

Legumbre	kcal	Proteína (g)	H. de C. (g)	Lípidos (g)	Fibra (g)
Alubias	305	21.4	58.5	1.5	21.3
Garbanzos	340.5	20.4	55.8	5.5	13.6
Lentejas	313	23.0	54.8	1.7	11.2

La alimentación y la prevención de las enfermedades crónicas

Actualmente, se estima que las enfermedades crónicas son responsables de más del 40% de las muertes en los países desarrollados (López *et al.*, 2006). Numerosas evidencias sugieren que todas estas enfermedades son prevenibles de alguna manera con la simple implantación de cambios en los estilos de vida con el consiguiente asentamiento de medidas higiénicas y dietéticas (Oh *et al.*, 2005).

En efecto, ya no se trata de una mera opinión sino que antes bien, hay datos científicos y conclusiones claras derivadas de estudios prospectivos de grandes cohortes y grupos de población como son el estudio EPIC (Trichopoulou *et al.*, 2005), el estudio SUN (Seguí-Gómez *et al.*, 2006) y el estudio PREDIMED (Estruch *et al.*, 2006). De todos ellos, la consecuencia principal que se puede extraer es que la dieta mediterránea previene realmente las enfermedades más importantes en nuestro entorno reduciendo los factores de riesgo correspondientes.

Un patrón alimentario de tipo Mediterráneo, rico en grasas de origen vegetal, mono y poliinsaturadas, puede de hecho constituir un modelo excelente de alimentación saludable que, además, es fácil de mantener en el tiempo dada su elevada palatabilidad.

Así, es importante señalar que el incremento en la adherencia a la Dieta Mediterránea en dos puntos (según los índices validados) se asocia con una reducción significativa en la mortalidad global.

La alimentación actual en España

De acuerdo al estudio ENIDE (Evaluación nutricional de la dieta española, 2014), elaborado por el Ministerio de Sanidad, la dieta española tiende a alejarse de los parámetros propios de la dieta mediterránea. Los resultados de este estudio señalan, en resumen, que en la alimentación actual de los españoles la grasa aporta diariamente alrededor del 42% de las calorías consumidas, cerca del 40% los hidratos de carbono y entre el 16% y el 19 % las proteínas (figura 2).

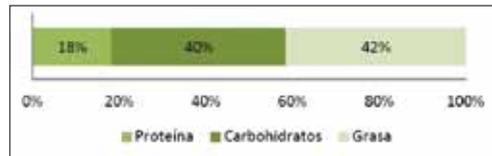


Figura 2. Contribución (%) de los macronutrientes a la ingesta total de energía según estudio ENIDE.

De este modo, en general, la población española supera la ingesta recomendada y los objetivos nutricionales respecto al origen de la energía en lo que respecta a las proteínas y a las grasas totales, siendo menor de lo recomendado para los carbohidratos.

Actualmente, la mayoría de las recomendaciones nutricionales basadas en alimentos (RNBA), recomiendan consumos

moderados, limitados o reducidos de productos de origen animal (Uauy Dagach and Hertrampf, 2003) por lo que los alimentos de origen vegetal, en especial las legumbres, los cereales y los tubérculos, deberían ser el principal componente, desde el punto de vista cuantitativo, de la dieta.

Como es bien sabido, las proteínas de alta calidad biológica están presentes en las carnes rojas, las aves, la carne de cerdo, el pescado, los productos lácteos y los huevos (FESNAD, 2010). Las proteínas del reino vegetal son consideradas a menudo incompletas porque, en ocasiones, no contienen todos los aminoácidos esenciales en cantidad suficiente. Sin embargo, las posibles combinaciones entre los aminoácidos procedentes de diversos alimentos vegetales

pueden producir proteínas completas de alto valor biológico que, a la vez, suelen aportar a la dieta menor cantidad de grasa total, de grasa saturada y de colesterol y, en cualquier caso, lo hacen con un menor aporte de purinas (Mann and Truswell, 2007).

El origen de las proteínas en nuestra dieta

En cuanto a su origen, la mayor parte de la proteína de la dieta española, casi el 80%, procede de alimentos de origen animal (donde la carne aporta el 31%, los pescados el 27%, los huevos el 11% y los lácteos el 10%). Es destacable el consumo elevado de carnes y sus derivados así como de productos elaborados con un alto contenido en sodio, grasa y azúcares añadidos (figura 3).



Figura 3. Contribución (%) a la ingesta diaria de proteínas de los diferentes grupos de alimentos según estudio ENIDE.

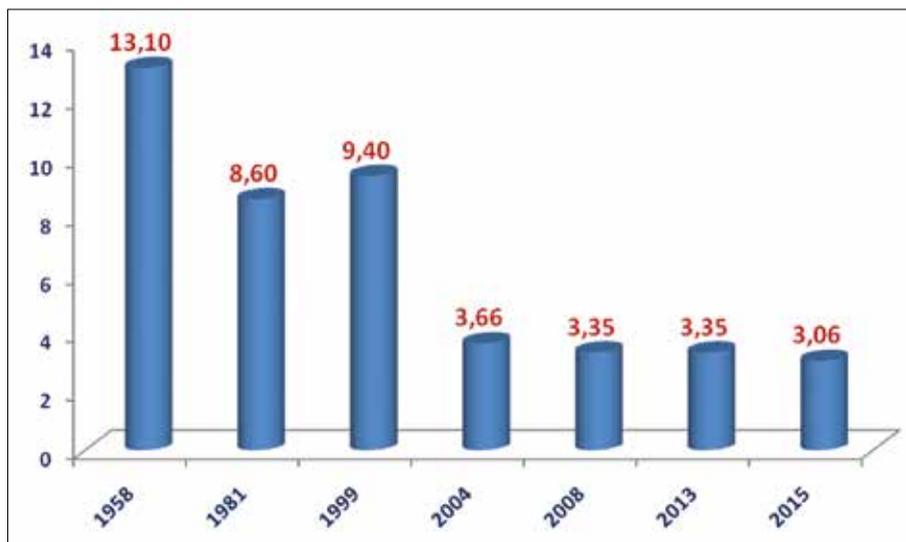


Figura 4. Evolución del consumo de alimentos en España en Kg/año y persona Adaptado de Castillo Sánchez et al., 2002. Medicina de Familia (And)(4):269-73.

La consecuencia inmediata de este tipo de ingesta, como muestran claramente los datos recogidos, es el consumo insuficiente de verduras, hortalizas, frutas y sus derivados, así como también de cereales (que cuando se consumen es en su mayor parte refinados) y legumbres por parte de la población (figura 4). En el caso de las legumbres, la disminución de su consumo ha sido especialmente significativa en las últimas décadas.

Por otro lado, la Agencia europea de seguridad alimentaria (EFSA) también señaló (EFSA, 2011) las principales fuentes alimentarias de proteína para los distintos países europeos. En España, se observa cómo, según este organismo, la carne proporcionó el 32% de las proteínas de la dieta, la leche y los lácteos el 19%, el pescado un 13%, los huevos el 3%, los cereales el 17% y las legumbres y los frutos secos el 4%. Cifras que son muy simi-

lares (salvo en lo referente al pescado) a, por ejemplo, las referidas a Inglaterra, lo cual es un síntoma de globalización alimentaria (en efecto, en Inglaterra la carne proporciona el 33% de la proteína, la leche y los lácteos el 18%, el pescado el 7%, los huevos el 3%, los cereales el 22% y las leguminosas secas y los frutos secos nada más que el 3%).

Todo ello pone de manifiesto que la dieta actual española es una dieta de tipo occidental que se aparta cada vez más del patrón alimentario mediterráneo tradicional, desviación que no es tan grave debido al moderado consumo de pescado de la población española y a la presencia destacada del aceite de oliva. Frutas y hortalizas, sin alcanzar los niveles que debieran, también tienen un nivel destacado de consumo en la dieta española. No deja de ser destacable que en el documento que el gobierno español llevó a

la Conferencia Internacional de Nutrición (CIN) celebrada en Roma bajo los auspicios de FAO-OMS en 1992 ya se afirmará que *“la alimentación de la población española es en general correcta, aunque tiende a alejarse de los parámetros de la dieta mediterránea”* (FAO-OMS, 1992). Hoy podemos decir que las actuaciones llevadas a cabo para frenar esta tendencia está claro que o fueron insuficientes o, simplemente, inadecuadas.

Adicionalmente hay que señalar un hecho especialmente preocupante: la adherencia a la dieta mediterránea es menor precisamente entre los más jóvenes, por lo que se puede decir que estamos inmersos en un proceso claro de occidentalización de la dieta española como consecuencia de haber experimentado la transición nutricional.

Las legumbres en la historia dietética española

De la antigüedad que el uso de las leguminosas tiene en las diferentes cocinas, puede darnos idea que en Turquía se han encontrado restos arqueológicos de trigo, guisantes y lentejas datados con una antigüedad de 5.500 años antes de Cristo. Asimismo, en el Kurdistán se han encontrado restos arqueológicos de guisantes, lentejas y otras leguminosas de 7.000 años antes de Cristo.

Por supuesto, Egipto (como de hecho ha ocurrido en otros aspectos culturales y sociales), fue el centro de la expansión de las legumbres por el mediterráneo.

Entre las legumbres, destacaba la lenteja que era un alimento de uso muy común, habiéndose encontrado semillas de ellas en tumbas de la XII dinastía (es decir, alrededor de 2.200 años antes de Cristo). Como muestra de lo difundidas y cultivadas que fueron las lentejas en la época, podemos citar que el barco que llevó a Roma el obelisco de Calígula tenía como lastre 800 toneladas de lentejas (MAPA, 1984). No resulta por lo tanto extraño que, de este modo, los romanos consideraran a las legumbres un producto típicamente egipcio.

En cualquier caso, la lenteja siempre fue un alimento de clases populares. En aquella época y luego en épocas muy posteriores. Incluso en la Grecia clásica, Aristófanes en la obra *Pluto* escribe de un personaje al que *“ahora ya no le gustan las lentejas”*, refiriéndose a uno que habiendo ascendido de posición económica, despreciaba ese alimento.

Como no puede ser menos, los romanos consumían cantidades importantes de legumbres, adaptándolas a sus gustos y defendiendo su consumo. Así, el romano Apicio en su obra *“De re coquinaria”* nos ha legado varias recetas, con un tono francamente moderno y de *nouvelle cuisine* en su nombre, como las *“lentejas en fondos de cardos”* y las *“lentejas a las castañas”*.

Los garbanzos, eran también muy valorados por las clases humildes. Se vendían tostados por las calles de Roma y Horacio dejó escrito que era frecuente comerlos

fritos. Galeno escribió que el garbanzo generaba menos flatulencia que el haba y que era más nutritivo, afirmando que poseía otras virtudes no poco importantes... como ser un buen afrodisíaco y un alimento energético, atribuyéndole además la capacidad de deshacer los cálculos de vesícula. Esta vinculación con la salud no es nueva, ya que en el Dioscórides se consideraba al garbanzo como “bueno para el cuerpo, con poderes diuréticos, capaz de generar mucha leche y valioso para combatir las inflamaciones”.

El consumo de legumbres se mantuvo en la edad media y en todas las ocasiones en que peor y más difícil fue el sustento de la población en España. Así, los visigodos, que eran pueblos muy amantes de la carne, consumían con ella una especie de gacha llamada *pulte* que se hacía con harina y legumbres cocidas. En la época, la comida de los monjes españoles en las primitivas órdenes monásticas, la de San fructuoso y la de San Isidoro, se componía preferentemente de berzas y legumbres. Y el pan, como alimento básico, en los años en que escaseaban los cereales, se hacía mezclando otros como la cebada, el mijo, el alforfón y, en muchas ocasiones, con harina de legumbres como lentejas, habichuelas, guisantes, etc. A menudo, está mezcla se consumía en forma de potaje.

En la dieta española, incluso en el siglo de oro, difícilmente se podía prescindir de un plato cotidiano que no fuera de olla... una olla que era la base de la dieta y que ha dado lugar posteriormente a

numerosos platos populares en cada región. En aquellos duros tiempos, la vida se sustentaba en los famosos tres vuelcos de la olla: la sopa, la legumbre y la carne. Aunque cuanto más pobres eran la casa y la olla, menos carne había en su interior.

Esto lo podemos leer, a modo de ejemplo, en numerosas obras literarias del Siglo de Oro, donde se reseñan las legumbres y los platos elaborados con las mismas, como por ejemplo el couscous con garbanzos (en “La lozana andaluza”, publicada en 1.528 por Francisco Delicado, donde se nos muestran escenas de la cocina andaluza de la época a través de su protagonista femenina, Aldonza, quien recuerda en el texto su herencia culinaria como conversa: «*Ella* (su abuela) *me mostró guisar, que en su poder aprendí hacer fideos, empanadillas, alcuzcuzu con garbanzos, arroz...*), por supuesto en el Quijote, en el “Guzmán de Alfarache”, de Mateo Alemán, en “El buscón” de Quevedo, en Lope de Vega (véase la receta de la olla que da en la obra “El hijo de los leones”), en Quiñones de Benavente (en su “Entremés del mayordomo”), etc.

En cualquier caso, en la coincidencia de este año 2016 es imprescindible citar juntos a Cervantes, en el 400 aniversario de su fallecimiento, y a las legumbres. Que más que ser una comida o un plato, encerraban en sí mismas un modo de vida. Tanto que, enseguida, Cervantes en el Quijote define a su héroe precisamente a través de lo que come: “*Una olla de algo más vaca que carnero, salpicón las más noches, duelos y quebrantos los*

sábados, lentejas los viernes, algún pa-lomino de añadidura los domingos, consumían las tres partes de su hacienda". Por supuesto, las lentejas se comen los viernes para respetar la cuaresma y la prohibición de comer carne, motivo por el cual estas lentejas serían sobre todo vegetarianas.

Esta famosa olla u olla podrida, sale a colación a lo largo del relato en varios pasajes. De hecho, estaba presente tanto en las mesas de los nobles ricos, en los conventos y abadías y, más menguada, en casa de los hidalgos empobrecidos (Fernández Morales, 2015). Eso sí: siempre con sus vuelcos: la sopa, las legumbres y verduras y las carnes. Sancho es un gran aficionado al producto de la olla y nos muestra en cuanto puede su admiración y deleite: "... *que mientras más podridas son, mejor huelen y en ellas puede embaular y encerrar todo lo que en el quisiere, como sea de comer, que yo se lo agradeceré y se lo pagaré algún día*". El mismo Sancho se relame de gusto cuando exclama: "*O dos manos de ternera que parecen uñas de vaca, están cocidas con sus garbanzos, cebollas y tocinos, y a la hora de ahora están diciendo cómeme, cómeme*".

En fin, siendo Sancho el gran amante de los refranes y sentencias que era, no es posible olvidar a las leguminosas ni a Cervantes sin antes citar algunos donde el escudero señala a algunas legumbres: "*En otras casas cuecen habas y en la mía a calderadas*" o bien "*Oficio que no da de comer a su dueño, no vale dos habas*".

Poco después de escrito el Quijote, Domingo Hernández de Macera, cocinero del Collegio mayor de Oviedo de Salamanca, publicó en 1.607 su *Libro del arte de cozina*, el cual contiene una nutritiva versión de olla podrida: "*Para hacer una olla podrida, se le ha de echar carnero, vaca, tocino, pies de puerco, testuz, longanizas, lenguas, palomas, lavancos, liebre, lenguas de vaca, garbanzos, ajos y nabos si es su tiempo, y la carne que cada uno quisiere; hase de mezclar todo en una olla; y ha de cozer mucho: llevará sus especias; y después de bien cozida, se harán platos de ella, con mostaza de mosto, o dessotra, y por encima los platos échale perejil, porque parece bien y es muy bueno*".

También la época tenía sus preferencias y sus gustos... Así, la legumbre más deseada por los contemporáneos de Cervantes resultaron ser los garbanzos, preferiblemente de Martos que parece ser eran los más afamados (Fonder, 2015), aunque también gustaban mucho otros platos en los que se mezclaban los garbanzos con membrillo o con vinagre y azúcar.

En el Coloquio de los perros, Cervantes (Plasencia, 2005) tiene el humor de referirse a las ventajas salutíferas del ayuno (que ahora también, por cierto, algunos tienden a poner de relevancia)... especialmente si el importe económico derivado de esos ahorros fuera utilizado para otros menesteres más trascendentes... como incrementar los impuestos para el Rey.

- Berganza:

Yo, señores, soy arbitrista, y he dado a Su Majestad en diferentes tiempos muchos y diferentes arbitrios, todos en provecho suyo y sin daño del reino; y ahora tengo hecho un memorial donde le suplico me señale persona con quien comunique un nuevo arbitrio que tengo: tal, que ha de ser la total restauración de sus empeños; pero, por lo que me ha sucedido con otros memoriales, entiendo que éste también ha de parar en el carnero.

Mas, porque vuestras mercedes no me tengan por mentecapto, aunque mi arbitrio quede desde este punto público, le quiero decir, que es éste: Hase de pedir en Cortes que todos los vasallos de Su Majestad, desde edad de catorce a sesenta años, sean obligados a ayunar una vez en el mes a pan y agua, y esto ha de ser el día que se escogiere y señalare, y que todo el gasto que en otros condumios de fruta, carne y pescado, vino, huevos y legumbres que han de gastar aquel día, se reduzga a dinero, y se dé a Su Majestad, sin defraudalle un ardite, so cargo de juramento; y con esto, en veinte años queda libre de sonalinas y desempeñado.

Porque si se hace la cuenta, como yo la tengo hecha, bien hay en España más de tres millones de personas de la dicha edad, fuera de los enfermos, más viejos o más muchachos, y ninguno éstos dejará de gastar, y esto contado al menorete, cada día real y medio; y yo quiero que sea no más de un real, que no puede ser menos, aunque coma alholvas. Pues ¿pareceles a vuestras mercedes que sería barro tener cada mes tres millones de reales como ahechados? Y esto antes sería provecho que daño a los ayunantes, porque con el ayuno agradecerían al cielo y servirían a su Rey; y tal podría ayunar que le fuese conveniente para su salud...

El coloquio de los perros / Miguel de Cervantes Saavedra; edición de Florencio Sevilla Arroyo. Cervantes Saavedra, Miguel de, 1547-1616.

Alicante: Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes, 2001. URL (consultada el 29/06/2016): http://www.cervantesvirtual.com/portales/miguel_de_cervantes/obra/el-coloquio-de-los-perros-0

Comedia famosa intitulada El rufián dichoso.

(Salen dos músicos con guitarras, y CHRISTOUAL con su broquel y daga de ganchos.)

por poco que se le die,
la que su palabra y fe
que niesses, jamas guardó;
la que en darse a si excedió
a las godernas* mas francas;
la que echa por cinco blancas**
las habas y el cedazillo...

***Godeña, en lengua rufianesca, equivale a «rica o principal», y aquí se refiere a las *germanas* o mujeres públicas.**

****Blanca: moneda de vellón, de escaso valor... de bronce desde Felipe V**



En cualquier caso, Cervantes reflejó claramente cómo la legumbre era un elemento no solo básico de la dieta cotidiana sino, además, un producto bien económico y al alcance de todas las economías, incluso de las menos dotadas. Se lee así esto en boca de personajes como los de “El rufián dichoso” que declaran como por cinco monedas pequeñas, de bronce, las de menos valor, bien se podían dar ‘las habas y el cedazillo’.

Por cierto, se han estudiado (Nadeau, 2012) los platos de los judíos españoles exiliados que emigraron a Italia, Turquía y al nuevo mundo y todos revelan las semejanzas con lo que se comía en la España medieval: lentejas, fideos, hojaldre, arroz, sopas a base de carne, carne de vaca, aceitunas y aceite de oliva y una gran selección de pastelería.

En fin, esta olla ha debido mantenerse como plato principal de la dieta española durante siglos. De hecho el francés Teófilo Gautier en el siglo XIX (autor de la obra “Un viaje por España”), cuenta como “después de la sopa sirvieron el cocido, único plato español del que se come todos los días desde San Sebastián hasta Cádiz. Está compuesto de un gran trozo de vaca, otras carnes y jamón, pimienta, salsa de tomate y azafrán. La verdura varía según la época del año pero los garbanzos son siempre la base de esa comida. El garbanzo apenas se conoce en París...”.

Controversias actuales sobre la proporción y el origen de las proteínas

Es bien sabido que el exceso continuado de ingesta proteica puede aumentar el nitrógeno ureico en sangre y el calcio en la orina. En cualquier caso, la tolerancia es alta como el IoM refiere (Institute of Medicine, 2005) indicando cómo ingestas de proteína superiores al 35% de la energía no produjeron efectos adversos, aunque efectos negativos sí pueden producirse con ingestas por encima del 45% y que pueden llegar a ser letales si se mantienen durante varias semanas (EFSA, 2011).

En estudios recientes se ha puesto de relieve un creciente interés por el equilibrio y la variedad de los distintos componentes de la dieta. Algunos de ellos, referidos especialmente a las proteínas, se detallan a continuación:

Salud cardiovascular

En el estudio de Jenkins (Jenkins *et al.*, 2014), una dieta vegana auto seleccionada y pobre en carbohidratos, conteniendo cantidades elevadas de proteína y grasa a partir del gluten y de la soja, frutos secos y aceites vegetales, presentó ventajas al disminuir los lípidos sanguíneos en comparación con otra dieta rica en carbohidratos y pobre en grasa, efecto positivo que supondría una reducción del riesgo cardiovascular. Este resultado es importante porque durante mucho



tiempo se recomendaron, sobre todo en USA, dietas pobres en grasa como sistema de reducción de la hipercolesterolemia y prevención de las patologías cardiovasculares.

Ciertamente, con mucha frecuencia las dietas de pérdida de peso que se han hecho populares ponen especial énfasis en la restricción de los carbohidratos (dietas de Atkins, Eddies, South Beach, de la Zona). Su éxito a medio plazo viene marcado evidentemente por el nivel de cumplimiento de la dieta por parte de los pacientes. Sin embargo, parece razonable pensar que un elevado contenido en productos de origen animal, ricos en grasas saturadas y en colesterol, pueden hacer poco adecuadas estas dietas bajas en carbohidratos para aquellos pacientes con hipercolesterolemia (Foster *et al.*, 2010). Incluso aunque durante la fase de pérdida de peso activa, estas dietas ricas en grasa saturada no incrementasen el colesterol LDL, la cuestión es si al continuar estas dietas en el tiempo, incluso cuando la pérdida de peso ha cesado, el perfil lipídico sanguíneo podría ser claramente aterogénico.

Por el contrario, las dietas veganas disminuyen significativamente el colesterol LDL. Así, ensayos clínicos con dietas veganas y vegetarianas reducen la progresión de la enfermedad coronaria y mejoran el control de la diabetes (Ornish *et al.*, 1990). Ciertos ingredientes de estas dietas, por ejemplo la proteína

vegetal, el aceite vegetal, los frutos secos o las fibras viscosas (Sirtori *et al.*, 1977; Anderson *et al.*, 1995) reducen los lípidos del suero según diferentes estudios y pueden incrementar la vasodilatación. Frutos secos, fibra y dietas vegetarianas en general reducen patologías cardiovasculares y diabetes en estudios de cohorte (Appleby *et al.*, 1999).

Finalmente las dietas pobres en carbohidratos, ricas en aceites vegetales y proteínas en oposición a los productos de origen animal, reducen los eventos cardiovasculares y la incidencia de diabetes en mujeres mientras que las ingestas reducidas de carnes rojas reducen la mortalidad total así como por cáncer y patología cardiovascular (Pan *et al.*, 2012).

En comparación con las dietas ricas en carbohidratos, el consumo de dietas pobres en carbohidratos que contienen proteínas vegetales y aceites está también asociado con una reducción significativa de la concentración de LDL. Esta reducción del colesterol LDL no ha podido establecerse a partir de dietas pobres en carbohidratos pero sí ricas en proteínas y grasa de origen animal.

Sin embargo, dietas pobres en carbohidratos pero ricas en proteínas vegetales y aceite se han asociado con una reducción del 30% del riesgo cardiovascular y con una incidencia del 18% menos de diabetes en estudios de cohortes.

Una dieta de pérdida de peso con un aporte reducido de carbohidratos y un incremento de proteína vegetal (como gluten, soja o frutos secos) junto con aceites vegetales ofrece una oportunidad para mejorar tanto el peso corporal como el colesterol LDL.

Asimismo, dentro del estudio SUN (Seguí-Gómez *et al.*, 2006) se encontró como la proteína vegetal de la dieta, junto con la fibra presente en los cereales, era capaz de reducir el riesgo de padecer hipertensión, riesgo que se incrementaba entre aquellos participantes del estudio que ingerían cantidades menores de proteína de origen vegetal. Este efecto, era más destacado entre los obesos y las personas más mayores.

Diabetes

Según algunos autores, las dietas ricas en proteína animal se han asociado con un aumento del riesgo de padecer diabetes. Asimismo, ingerir calorías a partir de proteína y a expensas de los carbohidratos o de la grasa puede de forma similar incrementar el riesgo de diabetes (Sluijs *et al.*, 2010). Sin embargo, no está claro que tal asociación sea válida solamente para la proteína de origen animal y no para la proteína total. En cualquier caso, estos hallazgos indican que tener en cuenta el contenido proteico de la dieta para las recomendaciones de prevención frente a la diabetes, puede ser algo oportuno.

La ingesta media de proteína en el estudio de Sluijs *et al.*, (2010) está cuantificada alrededor de 75.7 g diarios, siendo proteína animal la mayor parte. Los mayores contribuyentes a la ingesta proteica fueron carne (39%), productos lácteos (29%), y queso (18%) en lo que respecta a fuentes de origen animal; pan (43%), frutas y verduras (14%) y patatas (9%) para las fuentes vegetales. En este estudio, la ingesta total elevada y la proteína animal, pero no la proteína vegetal, se asociaron con un incremento en el riesgo de diabetes.

Varios mecanismos podrían explicar la relación entre la ingesta proteica y la diabetes. La insulín-resistencia puede verse favorecida dado que los aminoácidos pueden inhibir el transporte de glucosa y la fosforilación, conduciendo a una síntesis de glucosa alterada. Además, los aminoácidos intervienen en el metabolismo de la glucosa vía estimulación de la secreción de insulina y de glucagón, sirviendo como sustratos para la gluconeogénesis.

Sin embargo, la estimulación de la secreción de insulina se espera que prevenga la hiperglucemia debida al incremento de la gluconeogénesis, mecanismo que podría no estar lo suficientemente compensado en sujetos cuya secreción de insulina está disminuida. Es decir: las dietas con un contenido elevado de proteínas de origen animal están asociadas con un aumento en el riesgo de diabetes.

Obesidad

No se conoce demasiado sobre la relación existente a largo plazo entre la ingesta de proteína y la obesidad. Una cohorte de 1.730 empleados de la Compañía eléctrica de Chicago, varones de entre 40 y 55 años de edad, fueron estudiados desde 1958 hasta 1966 (Bujnowski *et al.*, 2011).

Las proteínas de origen animal de la dieta fueron positivamente relacionadas con el sobrepeso y la obesidad después de siete años de seguimiento. Tras realizar los correspondientes ajustes (por edad, educación, consumo de tabaco, ingesta de alcohol, de energía, carbohidratos y grasa saturada así como por la historia de diabetes u otras patologías crónicas), se encontró esta asociación positiva y estadísticamente significativa entre la proteína de origen animal y la obesidad. Asimismo, aquellos participantes del estudio que estaban en los cuartiles superiores de ingesta de proteína vegetal, tenían menos obesidad.

Estos resultados indican que las proteínas animal y vegetal a largo plazo pueden estar vinculadas de forma diferente con la aparición de obesidad. Sin embargo, otros estudios recientes desarrollados en adultos con sobrepeso no han encontrado este tipo de asociación estadísticamente significativa entre la composición de la dieta y la pérdida de peso (Sacks *et al.*, 2009).

Conviene señalar que la mayor parte de los estudios que investigan la ingesta de proteína y el peso corporal tienen un seguimiento bastante limitado que se extiende desde algunas semanas hasta un año. Además, ninguno de esos estudios examina la proteína de origen vegetal y la de origen animal separadamente. Dada su diferente composición en aminoácidos, (Elliot *et al.*, 2006) la proteína vegetal y animal podría tener distintos efectos fisiológicos, entre ellos uno sobre el peso corporal.

De todos modos, recientemente se publicó un análisis del estudio PREDIMED (Estruch *et al.*, 2006) en el que se encontraba que a mayor ingesta energética procedente de las proteínas (cuando reemplazaban en la dieta a los carbohidratos) se asociaba con mayor ganancia de peso. Esto no se producía cuando la proteína reemplazaba en la dieta a la grasa. Asimismo, a mayores ingestas proteicas, mayores tasas de mortalidad por todas las causas, señalándose que cuando predomina la proteína de origen animal, más probabilidad hay de que se produzcan desenlaces mortales súbitos. En fin, estos resultados señalan que la proteína animal y la vegetal juegan un papel diferente en el desarrollo de la obesidad y sugieren que el reemplazo de proteína animal por proteína vegetal en la dieta puede ofrecer ventajas en futuras intervenciones dirigidas a la prevención o control del sobrepeso y la obesidad.

Osteoporosis

Según Pedersen y Cederholm (2014), la relación entre ingesta de proteína y salud ósea no está clara del todo. Así, en el Framingham Osteoporosis Study, Hannan *et al.* (2000) estudiaron la pérdida de hueso (cambios en la densidad mineral ósea) a los cuatro años entre hombres y mujeres, encontrando una relación inversa entre la pérdida de hueso total y la proteína de origen animal.

Sin embargo, los autores recuerdan el trabajo de Sellmeyer *et al.*, (2001) en el que se señalaba como entre las mujeres mayores con una elevada proporción de proteína animal frente a proteína vegetal en su dieta, se producen pérdidas mayores de hueso a nivel del fémur con el consiguiente aumento de riesgo de fractura de cadera en comparación con aquellas mujeres con menores proporciones de proteína animal. Este hecho sugiere que un incremento en la proteína de origen vegetal y un descenso en la proteína de origen animal podría disminuir la pérdida de hueso y el riesgo de fractura de cadera. Esta posibilidad evidentemente debería ser confirmada.

La relación entre ingesta de proteína dietética y la osteoporosis es controvertida aunque la ingesta proteica se ha visto implicada en un balance negativo de calcio y en la pérdida de hueso en diferentes estudios, lo que no se ha visto confirmado en otros. Ingestas

bajas de proteína pueden comprometer la calidad de hueso (Munger *et al.*, 1999), especialmente en los mayores. La suplementación con proteína puede mejorar la evolución de pacientes con fractura de cadera. No conocemos con exactitud hasta qué punto la ingesta de proteína podría sin embargo reducir la incidencia de este tipo de fracturas.

Conclusiones para una adecuada alimentación

1. La dieta más adecuada para cada persona es la que se adapta a sus características vitales (edad, sexo, tamaño, etc.) y condicionantes (tipo de trabajo, gustos y aptencias, clima, etc.).
2. Los alimentos que elegimos a diario son los que hemos preferido a través de una selección voluntaria. En consecuencia, podemos aprender a elegir bien y también podemos enseñar a elegir correctamente a nuestros hijos sus alimentos.
3. Está demostrado que una alimentación variada y equilibrada favorecen nuestra salud y nuestro bienestar. En consecuencia, debe preocuparse si mantiene dietas restrictivas, si ha reducido por costumbre el número de ingestiones diarias que realiza o si come siempre fuera de casa.
4. En su dieta, utilice las legumbres al menos dos ó tres veces por semana. En invierno guisadas, en verano formando parte de ensaladas.

5. Consuma un plato diario de verdura y todas las ensaladas que quiera... y no olvide al menos sus dos piezas de fruta y su zumo de naranja.
6. La dieta española frecuentemente es deficitaria en carbohidratos. En consecuencia, no suele ser necesario restringir el consumo de legumbres, pan, cereales, pasta (preferiblemente integrales), patatas, etc.
7. Para hacer comidas sanas y sabrosas, habitualmente es suficiente con adoptar métodos culinarios adecuados que no estropeen el valor nutritivo de los ingredientes que incorporamos a nuestros platos.
8. Aprenda a leer y a ‘desnudar’ el contenido de las etiquetas de sus alimentos.
9. Si su hijo come en el colegio, vigile los menús. Pida su valoración nutritiva e intente completar la dieta con desayunos o cenas adecuados.
10. Si usted es obeso o le preocupa el sobrepeso, jamás haga dietas de manera incontrolada y repetitiva. Piense que la verdadera solución pasa por una reeducación alimentaria.

Recuerde: una buena dieta nunca es restrictiva.

No se trata tanto de prohibir alimentos como de ser razonables, ingiriendo alimentos diferentes, variados, en cantidades adecuadas a nuestro modo de vida y a nuestras características personales.

Las legumbres son alimentos con un destacado valor nutritivo que conviene mantener en la dieta o incorporar si no estuvieran presentes.

Referencias

- Anderson, J.W., Johnstone, B.M. and Cook-Newell, M.E. (1995). *Meta-analysis of the effects of soy protein intake on serum lipids*. N. Engl. J. Med.: 333:276–82.
- Appleby, P.N., Thorogood, M., Mann, J.I., et al. (1999). *The Oxford Vegetarian Study: an overview*. Am. J. Clin. Nutr. 70 (3 Suppl): 525S–31S.
- Bujnowski, D., Xun, P., Daviglius, M.L., Van Horn, L., He, K. and Stamler, J. (2011). *Longitudinal association between animal and vegetable protein intake and obesity among adult males in the United States: the Chicago Western Electric Study*. J. Am. Diet. Assoc. 2011 August; 111(8): 1150–1155. e1. doi:10.1016/j.jada.2011.05.002.
- EFSA (2011). *Panel on Dietetic Products Nutrition, and Allergies (NDA). Public consultation on the draft scientific opinion on dietary reference values for protein*. Accedido en URL: <http://www.efsa.europa.eu/en/consultationsclosed/call/110712.pdf> [acceso: 30 - 1 - 2012]
- Elliott P, Stamler J, Dyer AR. et al. *Association between protein intake and blood pressure: the INTERMAP Study*. (2006). Arch. Intern. Med.: 166 (1): 79–8

- Estruch R, Martínez-González MA, Corella D, *et al.* for the PREDIMED Study Investigators. Effects of a Mediterranean-style diet on cardiovascular risk factors: a randomized trial. *Ann Intern Med.* 2006;145:1-11
- Evaluación nutricional de la dieta española. Sobre datos de la Encuesta Nacional de Ingesta Dietética (ENIDE). Agencia española de consumo, seguridad alimentaria y nutrición. Consultado en URL (31/03/2016): <http://www.cibr.es/ka/apps/cibr/docs/estudio-enide-1.pdf>
- FAO-Organización mundial de la salud OMS. (1992). Conferencia Internacional de Nutrición. Roma, 1992. Consultado URL (22/Abril/2014): <http://www.fao.org/docrep/v7700t/v7700t04.htm>
- Fernández Morales, I. (2015) *La gastronomía en el Quijote y la cocina manchega actual*. ACTAS IX - ASOCIACIÓN CERVANTISTAS. Consultado en URL: http://cvc.cervantes.es/literatura/cervantistas/coloquios/cl_XI/cl_XI_24.pdf [acceso: 7/Jul/2016]
- FESNAD. (2010). *Ingestas dietéticas de referencia (IDR) para la población española*. Pg. 26. Ediciones Universidad de Navarra. Barañáin.
- Fonder, J.C. (2015). *Legumbres. Don Quijote en la cocina. 31 Sábado Oct 2015*.
- Foster, G.D., Wyatt, H.R., Hill, J.O., *et al.* (2010). *Weight and metabolic outcomes after 2 years on a low-carbohydrate versus low-fat diet: a randomized trial*. *Ann. Intern. Med.* 153: 147-57.
- Hannan, M.T., Tucker, K.L., Dawson-Hughes, B., Cupples, L.A., Felson, D.T., Kiel, D.P. (2000). *Effect of dietary protein on bone loss in elderly men and women: the Framingham Osteoporosis Study*. *J. Bone Miner. Res.* 15: 2504-12
- Institute of Medicine (IoM). (2005). *Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids (2002/2005)*. Washington DC: National Academy Press. Consultado en URL: http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=10490 [acceso: 15 - 2 - 2012]
- Jenkins, D.J.A., Wong, J.M.W., Kendall, C.W.C., *et al.* (2014). *Effect of a 6-month vegan low-carbohydrate ('Eco-Atkins') diet on cardiovascular risk factors and body weight in hyperlipidaemic adults: a randomised controlled trial*. *BMJ Open* 2014; 4:e003505. doi:10.1136/bmjopen-2013-003505.
- Lopez, A.D., Mathers, C.D., Ezzati, M., Jamison, D.T. and Murray, C.J. (2006). *Global and regional burden of disease and risk factors, 2001: systematic analysis of population health data*. *Lancet* 367:1747-1757.

- Mann, J. and Truswell, S. (2007). *Essentials of human nutrition*. 3ed. Edition. Oxford Univ. Press, UK.
- MAPA Ministerio de agricultura pesca y alimentación. *Una fuente de proteínas. Alubias, garbanzos y lentejas*. Madrid, 1984.
- Martinez-Gonzalez, M.A. y Sánchez-Villegas, A. (2004). *The emerging role of Mediterranean diets in cardiovascular epidemiology: monounsaturated fats, olive oil, red wine or the whole pattern?*. Eur. J. Epidemiol. 19: 9-13.
- Mathers, C.D. and Loncar, D. (2006). *Projections of global mortality and burden of disease from 2002 to 2030*. PLoS Medicine 3(11): e442. PMID: 1664601.
- Munger, R.G., Cerhan, J.R. and Chiu, B. C-H. (1999). *Prospective study of dietary protein intake and risk of hip fracture in postmenopausal women*. Am. J. Clin. Nutr. January 69: 1147-152.
- Nadeau, A. C. (2012) *Duelos y quebrantos los sábados: la influencia judía y musulmana en la dieta del siglo XVII*. Actas selectas del VIII Congreso Internacional de la Asociación de Cervantistas. Accedido en URL <https://dialnet.unirioja.es/download/libro/575050.pdf> (Acceso 30/10/2016)
- Oh, K., Hu, F.B., Manson, J.E., Stampfer, M.J, and Willett, W.C. (2005). *Dietary fat intake and risk of coronary heart disease in women: 20 years of follow-up of the nurses' health study*. Am J Epidemiol. 161: 672-679.
- Ornish, D., Brown, S.E., Scherwitz, L.W., et al. *Can lifestyle changes reverse coronary heart disease? The Lifestyle Heart Trial*. Lancet 336: 129-33.
- Pan, A., Sun, Q., Bernstein, A.M, et al. (2012). *Red meat consumption and mortality: results from 2 prospective cohort studies*. Arch. Intern. Med. 172:555-63.
- Pedersen, A.N. and Cederholm, T. (2014). *Health effects of protein intake in healthy elderly populations: a systematic literature review*. Food Nutr. Res. 58: 23364. <http://dx.doi.org/10.3402/fnr.v58.23364>.
- Plasencia, P. (2005). *A la mesa con don Quijote y Sancho*. Pp.121-122. Suma de Letras, S.L.
- Sacks, F.M., et al. (2009). *Comparison of weight-loss diets with different compositions of fat, protein, and carbohydrates*. N. Engl. J. Med. 360(9): 859-73.
- Segui-Gomez, M., De la Fuente, C., Vazquez, Z., De Irala, J. and Martinez-Gonzalez, M.A. (2006). *Cohort profile: the "Seguimiento Universidad de Navarra" (SUN) study*. Int. J. Epidemiol. 35: 1417-1422.
- Sellmeyer, D.E., Stone, K.L., Sebastian, A. and Cummings, S.R. (2001). *A high*

ratio of dietary animal to vegetable protein increases the rate of bone loss and the risk of fracture in postmenopausal women. Study of Osteoporotic Fractures Research Group. Am J Clin Nutr. 2001;73:118-22

Serra-Majem, L., Roman, B. and Estruch, R. (2006). *Scientific evidence of interventions using the Mediterranean diet: a systematic review. Nutr. Rev. 64: S27-47.*

Sirtori, C.R., Agradi, E., Conti, F., *et al.* (1977). *Soybean-protein diet in the treatment of type-II hyperlipoproteinaemia. Lancet 1:275-7.*

Sluijs, I., Beulens, Van Der A., D.L., Spijkerman, A. M.W., Grobbee, D.E. and Van Der Schouw, Y.T. (2010).

Dietary Intake of Total, Animal, and Vegetable Protein and Risk of Type 2 Diabetes in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC)-NL Study. Diabetes Care 33: 43-48.

Trichopoulou, A., Orfanos, P., Norat, T., *et al.* (2005) *Modified Mediterranean diet and survival : the EPIC-Elderly study. BMJ 330: 991-998.*

Uauy Dagach, R. and Hertrampf, E. (2003). *Recomendaciones nutricionales basadas en los alimentos: posibilidades y limitaciones. En: Conocimientos actuales sobre nutrición. Pg. 692-707. Bowman, B. and Russell, R., Eds. Organización Panamericana de la Salud, Washington, USA.*

¿Qué tienen las legumbres para ser tan saludables? Nutrientes y compuestos activos

Isabel Goñi Cambrodón* y Ángeles Carbajal Azcona

Departamento de Nutrición y Bromatología I (Nutrición). Facultad de Farmacia
Universidad Complutense de Madrid

igoni@ucm.es

Antecedentes

“Tres veces a la semana las legumbres son muy sanas”

“Si tienes pan y lentejas, ¿de qué te quejas?”

El 20 de diciembre de 2013, en su 71ª Sesión plenaria, la Asamblea General de las Naciones Unidas proclamó el 2016 como el Año Internacional de las Legumbres designando a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) como coordinadora de dicha celebración. El objetivo princi-

pal fue fomentar el consumo de legumbres en todos los grupos de población y circunstancias y sensibilizar a la opinión pública sobre las ventajas nutricionales de estos alimentos y su papel en la salud y en la sostenibilidad del planeta estableciendo vínculos en toda la cadena alimentaria. En otras palabras, este acontecimiento ofrece una gran oportunidad para crear una conciencia pública acerca de los beneficios nutricionales de las legumbres y su papel en la salud en el contexto de una alimentación equilibrada y sostenible. Para ello la FAO ha querido hacer especial hincapié en 5 aspectos clave (Tabla 1).

Tabla 1. Año Internacional de las Legumbres. Mensajes de FAO (FAO, 2016).

1.		Las legumbres son ricas en nutrientes.
2.		Las legumbres son accesibles económicamente y contribuyen a la seguridad alimentaria en todos los niveles.
3.		Las legumbres aportan importantes beneficios para la salud.
4.		Las legumbres fomentan la agricultura sostenible y contribuyen a la mitigación y a la adaptación al cambio climático.
5.		Las legumbres promueven la biodiversidad.

Las legumbres han sido parte esencial de la dieta del hombre durante siglos y son también un componente tradicional y destacado del patrón alimentario “Dieta Mediterránea” una de cuyas características es la abundancia de alimentos de origen vegetal. Son alimentos con alta densidad de nutrientes, destacando la calidad de los hidratos de carbono de bajo índice glucémico, la cantidad y calidad de las proteínas que contienen, sin gluten. Aportan fibra de excelente calidad y una plétora de minerales, vitaminas y componentes antioxidantes y otros bioactivos con un papel destacado en la salud. A esto también contribuye el bajo contenido de sodio y de grasa que además es de muy buena calidad, la ausencia de colesterol y la baja densidad calórica si se cuidan las recetas de las que forman parte.

Estas características nutricionales hacen de ellas un alimento idóneo en la dieta a lo largo de todo el ciclo de la vida: en los niños pequeños por su alta densidad de nutrientes, en los adolescentes por el hierro (no hemo) que además es más aprovechable si se toman con cítricos, en la edad fértil por los folatos, en las personas mayores por su aporte de fibra y bioactivos, entre otros. Y también en otras muchas circunstancias y dietas especiales: libres de gluten, vegetarianas, para control del peso, etc.

Numerosos estudios han puesto de manifiesto sus múltiples beneficios para la salud (bajo índice glucémico, poder saciante, capacidad antioxidante, re-

gulación intestinal, efecto hipocolesterolémico, etc.) y su papel no solo en el mantenimiento del estado nutricional sino también en la prevención de las enfermedades crónicas no transmisibles (enfermedad cardiovascular (ECV), obesidad, diabetes o alteraciones gastrointestinales, entre otras).

Desde el punto de vista gastronómico son alimentos muy versátiles como pone de manifiesto el recetario típico de cada región de nuestro país. Han pasado de ser una “comida para pobres” a un ingrediente *gourmet, delicatessen* en la alta cocina. Se almacenan muy bien y durante mucho tiempo sin perder su valor nutritivo y, además, teniendo en cuenta su precio, presentan una buena relación coste/rendimiento nutritivo.

A pesar de estas excepcionales propiedades, la ingesta de legumbres ha disminuido de forma preocupante en los últimos años, contribuyendo al deterioro constatado de la dieta que comemos. Por ello, es necesario y urgente promover el consumo de este grupo de alimentos cuya inclusión en la alimentación en las cantidades recomendadas mejoraría la calidad nutricional de la dieta contribuyendo a recuperar la tradicional y saludable Dieta Mediterránea.

En este capítulo se analiza el consumo de legumbres y su evolución en España en los últimos años. Nos ocuparemos de los aspectos nutricionales, del aporte de compuestos bioactivos y de sus propiedades saludables que, en definitiva,

son las que fundamentan la promoción del consumo de legumbres como alimentos tradicionales con valor funcional, susceptibles de acogerse a diversas alegaciones nutricionales y de salud que también se revisan en este capítulo. Finalmente se incluyen las recomendaciones para preparar y consumir una dieta equilibrada y algunos ejemplos de recetas con legumbres que pueden contribuir a ello.

¿Qué son las legumbres?

Las legumbres son un tipo de leguminosa que se cosecha para obtener la semilla seca. Se conocen numerosas variedades que se cultivan y consumen en diferentes regiones del mundo. En nuestro entorno, las más conocidas y consumidas son las alubias (*Phaseolus vulgaris*), blancas o pintas, grandes o pequeñas, los garbanzos (*Cicer arietinum*), lentejas (*Lens culinaris*, *Lens esculenta*), guisantes (*Pisum sativum*), habas (*Vicia faba*), soja (*Glycine max*), altramuces secos (*Lupinus luteus*) y el cacahuete (*Arachis hypogaea*). La soja y el cacahuete se diferencian del resto porque tienen mucha mayor cantidad de grasa –19 y 49%, respectivamente– y por ello se usan también para obtener aceite (leguminosas oleaginosas). Las leguminosas que se cosechan y consumen verdes (por ejemplo, guisantes, habas, judías verdes, etc.), se clasifican como hortalizas. En este capítulo nos referiremos a las legumbres secas no oleaginosas y especialmente a las más consumidas en España: garbanzos, alubias y lentejas.

¿Cuántas legumbres comemos? ¿Nos gustan a todos?

La transición nutricional en España, paralela al desarrollo económico y social, se ha caracterizado por cambios importantes en los hábitos alimentarios y abandono del patrón de Dieta Mediterránea tradicional que ha repercutido negativamente en la calidad de la dieta. Cabe destacar, la importante disminución en el consumo de alimentos básicos (pan, patatas y legumbres) que han sido sustituidos por otros más elaborados y principalmente de origen animal. Con respecto a las legumbres, en España, hasta los años sesenta se consumían casi a diario. De hecho, Mataix y Salido escribían en 1985: *“las legumbres secas constituyen un ingrediente importantísimo de nuestra cocina. Cada español consume legumbres dos o tres veces a la semana, dependiendo de las costumbres particulares de cada uno”*. Eran y siguen siendo una de las fuentes más baratas de proteínas y calorías. A pesar de ello, el consumo ha seguido descendiendo (Figura 1).

En 1964, se consumía una media de 41 gramos (en crudo) por persona y día (287 g/semana) (Varela et al., 1995), unas 4 veces/semana si se considera una ración de aproximadamente 70 g. Desde entonces, se ha producido una importante disminución y en la actualidad el consumo es de tan sólo 8,4 g/día, principalmente garbanzos y lentejas, lo que equivale a una ración escasa (59 g) a la semana (MAGRAMA, 2015) y, según algunas encuestas, un 5% de la población no las come nunca (AECOSAN, 2011).

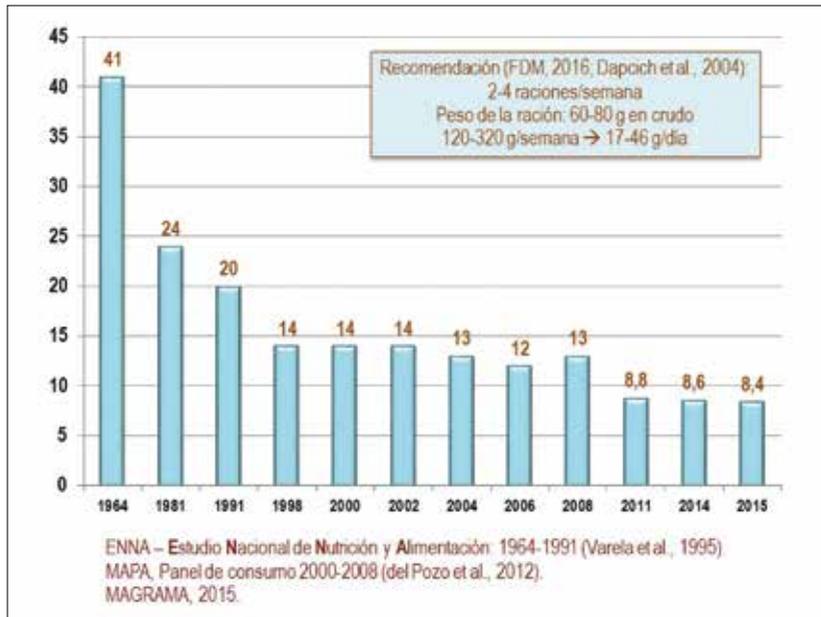


Figura 1. Evolución del consumo de legumbres (g/día) en España.

Estos consumos están muy lejos de las actuales recomendaciones dietéticas para la población española establecidas en dos-tres raciones por semana (Dapcich *et al.*, 2004) y son preocupantes pues son uno de los alimentos más nutritivos, saludables y económicos de nuestra dieta. Las legumbres son las grandes olvidadas de la Dieta Mediterránea.

Este cambio en los hábitos alimentarios –menor consumo de legumbres, pero también de pan y patatas– ha dado lugar a un deterioro del perfil calórico de la dieta: ha aumentado la energía procedente de proteína y, especialmente, de grasa a expensas de la aportada por los hidratos de carbono, alejándose de los objetivos nutricionales (SENC, 2011).

Esta disminución, también observada en otros países desarrollados, parece deber-

se a múltiples razones entre las que destacan las siguientes:

- Las legumbres se asocian a una falsa interpretación del nivel de vida y se consideran alimentos de poco prestigio social.
- Abandono de los alimentos básicos de origen vegetal que son sustituidos por otros de origen animal, frecuentemente más elaborados.
- Menor consumo de platos tradicionales.
- Su preparación culinaria requiere más tiempo y trabajo.
- La idea, generalmente errónea, de que son alimentos de alto valor calórico, cuando en realidad el valor calórico final de la receta depende de los componentes añadidos.
- La mala y pesada digestión y la producción de flatulencia que pueden experimentar algunas personas.

Curiosamente, en la encuesta “La Alimentación en España, 2007” (MAGRAMA, 2007), la razón más importante para comprar un alimento era que éste fuese “saludable y sano”. Posiblemente el mensaje de la calidad nutricional tan excepcional de las legumbres no ha calado en la población, no hemos sabido transmitirlo o en realidad en la elección del alimento, el placer, el gusto, la conveniencia o facilidad para prepararlo son cada vez más importantes. De hecho, la segunda razón, casi igualada con la salud era que el alimento fuese “rápido de preparar”.

Respecto a las preferencias y aversiones estudiadas en diversos grupos de población, se ha observado que en la población más joven siempre aparecen entre los platos que menos gustan. Sin embargo, en las personas mayores, las legumbres y especialmente las lentejas, figuran entre los alimentos preferidos, tanto en hombres como en mujeres, confirmando

lo que dice el refranero, “*Lentejas, comida de viejas*” (Aranceta y Pérez, 2015; Varela *et al.*, 2015, Carbajal, 1987).

Tal y como veremos en el apartado siguiente, el consumo de legumbres podría considerarse como un marcador de estilo de vida saludable. Por tanto, un objetivo prioritario es promocionar el consumo de estos alimentos especialmente entre los jóvenes y ofrecer alternativas de recetas fáciles de preparar, menos calóricas y versátiles para ser consumidas tanto en frío como en caliente.

¿Por qué debemos comer legumbres?

Numerosos estudios han puesto de manifiesto los potenciales beneficios para la salud de las legumbres por la cantidad y calidad de sus numerosos nutrientes y compuestos bioactivos (Figura 2) con un papel destacado en el mantenimiento de la salud y en la prevención de diversas enferme-

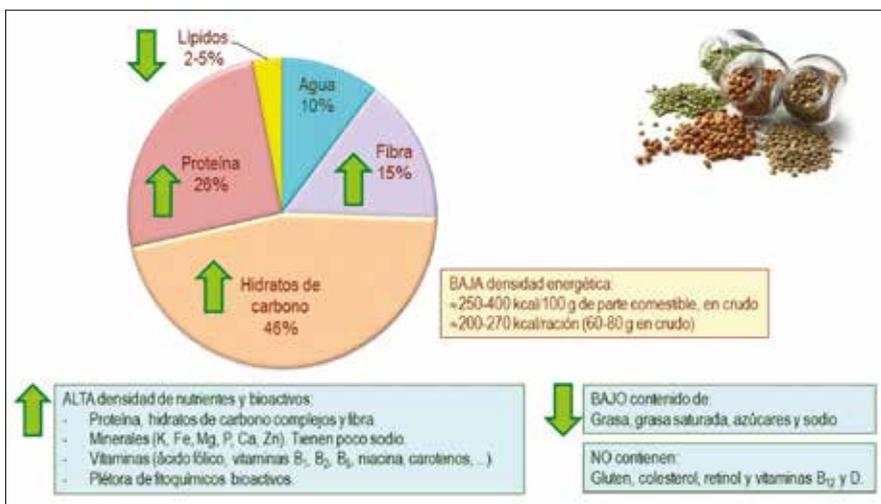


Figura 2. Composición en macronutrientes de legumbres por 100 gramos de parte comestible en crudo (Moreiras *et al.*, 2016).

dades crónicas no transmisibles (diabetes, obesidad, ECV, entre otras). Igualmente, la inclusión de las legumbres en la alimentación en sustitución de algunos alimentos de origen animal, tendría repercusiones muy positivas para la calidad de la dieta y el estado nutricional (Hosseinpour-Niazi et al., 2015, Mudryj et al., 2014).

Primero: por su composición nutricional y componentes bioactivos. Las legumbres son alimentos con alta densidad de nutrientes y compuestos bioactivos que les confieren una gran variedad de propiedades saludables (bajo índice glucémico, poder saciante, capacidad antioxidante, regulación intestinal, efecto hipocolesterolémico, etc.). Por ello, las legumbres tradicionales en la Dieta Española (Patrón alimentario de Dieta Mediterránea) pueden considerarse también como alimentos con valor funcional y si se analiza su contenido nutricional y papel en la salud, las legumbres cumplen con las alegaciones nutricionales de la Agencia Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) que se describen a continuación.

Segundo: por las alegaciones nutricionales y de salud susceptibles de aplicarse a las legumbres. Una *alegación nutricional* es cualquier declaración que afirme, sugiera o dé a entender que un alimento posee propiedades nutricionales beneficiosas específicas por su aporte energético y/o de nutrientes u otros componentes cuya concentración se encuentre reducida o aumentada. Por otro lado, las *alegaciones de salud* o propiedades saludables son aquellas decla-

raciones que afirman, sugieren o dan a entender que existe una relación entre una categoría de alimentos, un alimento o uno de sus componentes y la salud.

Dado el interés que este aspecto puede tener para fomentar el consumo de legumbres, en los apartados siguientes se presenta un estudio detallado sobre la composición y propiedades nutricionales de legumbres de las que se deducen posibles alegaciones nutricionales (Tabla 2) y de salud (se comentan más adelante) de acuerdo con el Reglamento Europeo (1924/2006).

Tabla 2. Alegaciones nutricionales aplicables a las legumbres. Reglamento Europeo (1924/2006).

Alegación nutricional	nutriente / 100 g legumbre cocida
Alto contenido de proteínas	9 g
Alto contenido de fibra	6,3 – 9 g
Bajo contenido de azúcar	0,3 – 4,8 g
Bajo contenido de grasa	0,4 – 2,6 g
Bajo contenido de grasa saturada	0,05 – 0,27 g
Alto contenido de folato	81 – 172 µg
Fuente de hierro	2,1 – 3,7 mg
Fuente de magnesio	50 – 63 mg
Fuente de fósforo	113 – 168 mg
Muy bajo contenido de sodio/sal	1 – 7 mg de Na
Contiene antioxidantes naturales	870 -2.720 mg
Contiene fitoesteroles	108 – 121 mg

Las legumbres admiten **12 alegaciones nutricionales** (derivadas de su alto contenido en proteína, fibra, hierro, folatos y fósforo y de su bajo contenido en grasa, azúcares sencillos y sodio) y **4 alegaciones de salud** (referidas a la prevención de enfermedades cardiovasculares, al tratamiento dietético de obesidad y diabetes y al mantenimiento

de la salud gastrointestinal). Las cifras, siempre que no se indique lo contrario, se refieren a datos experimentales realizados sobre el alimento cocido y están, por tanto, referidas a 100 g de legumbre cocida.

Las legumbres son fuente de proteína de buena calidad. Las legumbres son una excelente fuente de proteína (20-40% de legumbre seca en crudo), de hecho, son las fuentes vegetales más ricas en proteínas. Incluso la que tiene menor cantidad, triplica el contenido de proteína de cereales como, por ejemplo, el arroz. Los datos analíticos de Saura et al. (2007a) muestran que 100 g de legumbres cocidas contienen alrededor de 9 g de proteínas (más del 20% del valor energético total del alimento) por lo que las legumbres pueden ser consideradas como alimentos con **“alto contenido en proteínas”** (Tabla 2).

La proteína de las legumbres, como la del resto de los alimentos vegetales, es una proteína incompleta, es decir uno o varios de los aminoácidos esenciales no están en cantidades óptimas. Los aminoácidos esenciales azufrados (metionina y cisteína) y el triptófano son los aminoácidos limitantes en el caso de las legumbres. Sin embargo, estas son ricas en leucina, arginina y lisina, aminoácido, este último, limitante en el caso de los cereales. Por ello, cuando se consumen juntas, se complementan los aminoácidos y dan lugar a una proteína completa similar a la de origen animal. Por ello, son unos excelentes alimentos para sustituir a las carnes (Rebello *et al.*, 2014). Esta complementación proteica es importante en las dietas de las personas vegetarianas pues garantiza una adecuada cantidad y calidad de la proteína consumida.

Este efecto sinérgico (Figura 3) entre leguminosas y cereales, es la base de

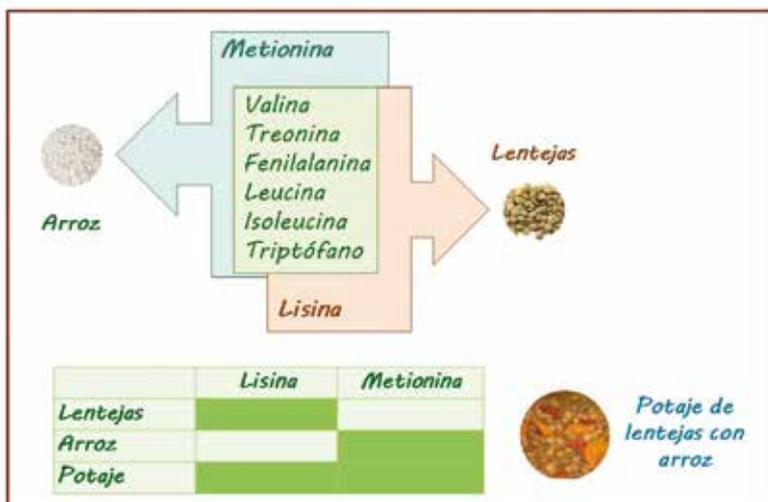


Figura 3. Complementación proteica.

numerosos platos en muchas partes del mundo. El trigo y las alubias en Europa, la soja y el arroz en China o las alubias y el maíz en América. La *zuppa di legumi* de los italianos, los frijoles con arroz de los mexicanos, las legumbres con trigo de los hindúes o los potajes de consumo tradicional en nuestro país, son un claro ejemplo de la aplicación empírica de un hecho que posteriormente ha sido comprobado experimentalmente. Las legumbres podrían ser la alternativa económica de las carnes en muchas circunstancias.

Sin embargo, las legumbres no tienen el mismo efecto complementario respecto de las proteínas de las raíces amiláceas y tubérculos ya que ambas tienen los mismos aminoácidos limitantes. Con la adición de tubérculos a las legumbres simplemente se aumenta el contenido de proteína, pero no su calidad (Mataix y Salido, 1985).

Otra característica de este grupo de alimentos es que no contienen gluten por lo que son alimentos idóneos para personas con enfermedad celíaca o con intolerancia al gluten.

Las legumbres son una buena fuente de proteína, y combinadas con los cereales resulta una proteína de excelente calidad.

Las legumbres son fuente de hidratos de carbono de buena calidad. La mayor parte de los componentes de las legumbres (30-60%) son hidratos de carbono principalmente complejos de absorción

lenta y bajo índice glucémico, que ayudan a controlar los niveles de glucosa en sangre y pueden ser muy útiles para los diabéticos. En una dieta saludable, los hidratos de carbono deben aportar la mayor parte de las calorías, por ello, se recomienda que este macronutriente aporte un 45-60% de la energía total de la dieta y que la mayor parte sean hidratos de carbono complejos (SENC, 2011; FAO, 1999).

Todos los hidratos de carbono que contienen los alimentos no son iguales. Desde un punto de vista nutricional, se pueden diferenciar hidratos de carbono digeribles y no digeribles. Los digeribles son aquellos que en el proceso de digestión se convierten en glucosa. Algunos de ellos tardan menos de 15 minutos en digerirse y llegar a la sangre. Estos se denominan hidratos de carbono de digestión rápida. Otros tardan más tiempo, hasta 120 min, por lo que son denominados hidratos de carbono complejos de digestión lenta, mucho más saludables porque producen una respuesta glucémica lenta y controlada en la persona que los consume. El índice glucémico (IG), concepto que surgió en los años 80, valora en qué medida los alimentos que contienen carbohidratos elevan la glucosa en la sangre después de ser consumidos. Cuanto más bajo es el IG, más saludable es el alimento ya que existe evidencia de que una dieta con alto IG daría lugar a incrementos poco saludables de glucemia e insulinemia relacionados con más riesgo de enfermedades como obesidad, diabetes o ECV, entre otras.

Tabla 3. Principales componentes hidrocarbonados y fibra dietética de legumbres cocidas (Valores expresados como % de sustancia seca de la legumbre cocida).

Legumbre cocida	Azúcares sencillos	Almidón total	Almidón digestible	Oligosacáridos resistentes	Almidón resistente	Fibra dietética
Lentejas	3,9	46,7	39,1	2,1	7,6	21,6
Garbanzos	7,0	41,4	37	1,6	4,4	15,3
Alubias blancas	5,3	38,3	33,3	1,6	5,0	23,0
Alubias pintas	6,0	31,7	26,2	2,1	5,5	22,5

Las legumbres son los alimentos de la dieta española que tienen un menor índice glucémico (< 55) (Atkinson *et al.*, 2008; Goñi y Valentín-Gamazo, 2003), por lo que son alimentos de elección cuando el consumidor necesita controlar la respuesta glucémica, por ejemplo, en los casos de diabetes.

En la tabla 3 figuran los principales componentes hidrocarbonados de las legumbres cocidas. Como puede observarse, el almidón es el componente mayoritario.

No todos los hidratos de carbono son digeridos en el intestino delgado, algunos resisten la digestión y no modifican los niveles de glucosa en sangre puesto que nunca llegan a convertirse en glucosa. Estos hidratos de carbono no digeribles cuando alcanzan el colon son sustrato de fermentación para las bacterias intestinales. Son degradados y convertidos en productos de fermentación (ácidos grasos de cadena corta, gases y otros). Esta es la razón por la que son considerados componentes de la fracción de fibra dietética de los alimentos. Las legumbres son los alimentos de la dieta habitual española que

contienen una mayor cantidad de almidón no digestible o almidón resistente (Goñi *et al.*, 1997), (Tabla 3).

Los productos originados en el proceso de fermentación colónica tienen efectos muy beneficiosos para la salud del ecosistema intestinal y para la salud general del individuo. Uno de estos efectos es el aumento de la proliferación de bacterias probióticas específicas, *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*. Este efecto se conoce como *efecto prebiótico* y es debido tanto a la fermentación del almidón resistente como a la de los oligosacáridos presentes en las legumbres. Las bacterias intestinales degradan estos hidratos de carbono y los convierten en metabolitos, principalmente ácidos y gases. Los ácidos ejercen, entre otros, un efecto hipocolesterolémico y antineoplásico en el colon, muy beneficiosos para la salud.

Los gases producidos también ocasionan flatulencia que resulta muy incómoda para algunas personas. Evidentemente la flatulencia es molesta, pero no todo es negativo, porque los gases hacen aumentar el volumen en el interior del intestino y esto diluye el contenido intestinal, haciendo que la probabilidad de interacción

entre los posibles metabolitos carcinógenos que se generan diariamente en el colon y las células de la mucosa intestinal sea menor, y esto a su vez hace disminuir la probabilidad de que se establezca un foco tumoral en el colon. Por lo tanto, los gases molestan, pero también tienen un notable beneficio. Además, estos efectos molestos pueden minimizarse con el tratamiento culinario, como se comenta en otros capítulos.

Como se ve en la tabla 3, las legumbres tienen cantidades muy pequeñas de azúcares. Por ejemplo, 100 g de legumbres cocidas aportan entre 0,3 y 4,8 g de azúcares, cantidad inferior al 5% reglamentado para ser consideradas alimentos con bajo contenido de azúcares. El contenido de azúcares en las alubias es inferior a 0,36 g/100 g y, por tanto, podrían ser etiquetadas como alimentos libres de azúcares.

En resumen, las legumbres tienen una gran cantidad de hidratos de carbono de digestión lenta y de hidratos de carbono resistentes. Ambos son los mejores hidratos de carbono que podríamos desear en una dieta saludable.

Las legumbres tienen bajo índice glucémico y contienen compuestos con efecto prebiótico que juegan un importante papel en la salud.

Las legumbres son fuente de fibra dietética de buena calidad. Una característica de este grupo de alimentos es su alto contenido en fibra dietética de ele-

vada calidad nutricional porque agrupa una gran variedad de componentes no digeribles. Además de los compuestos hidrocarbonados mencionados anteriormente (almidón resistente y oligosacáridos resistentes), contienen otros polisacáridos no digeribles, lignina y diferentes compuestos bioactivos. Según el Reglamento Europeo, pueden ser consideradas **alimentos con alto contenido en fibra** pues 100 g de legumbres cocidas aportan entre 6,3 a 9 g de fibra (Tabla 2), cantidad superior a la establecida en dicho reglamento (6%).

En la tabla 3 figura el contenido de fibra de las legumbres secas más consumidas en España. Hay que tener en cuenta que las cifras indicadas son valores parciales porque corresponden tan solo a los componentes mayoritarios (polisacáridos diferentes del almidón y la lignina) y, tal y como se ha indicado anteriormente, hay otros compuestos de fibra no incluidos en estos valores analíticos. Por ello, debemos pensar que las cifras reales deberían ser superiores a las indicadas en la tabla, ya que al menos, se les deberían sumar los valores de almidón, oligosacáridos resistentes y compuestos bioactivos (ver apartado siguiente).

Desde un punto de vista fisiológico, la fibra dietética es la parte comestible de los alimentos que no puede ser digerida y/o absorbida en el intestino delgado. Es decir, se refiere a todos los restos alimentarios que llegan al intestino grueso y que son sustratos potencialmente fermentables por la microbiota colónica. La fibra

se encuentra solo en alimentos naturales de origen vegetal y/o en alimentos elaborados a los que se les añade en el proceso de fabricación.

Las legumbres contienen una gran cantidad de fibra dietética natural (Tabla 3) que por su composición es de elevada calidad nutricional, ya que es rica en compuestos solubles en el medio intestinal (fibra soluble) y en compuestos insolubles en dicho medio (fibra insoluble). Ambas fracciones ejercen importantes efectos en la salud. La fibra soluble (las legumbres son una de las mejores fuentes) se relaciona principalmente con un efecto hipocolesterolémico, hipoglucémico, prebiótico (estimulación del crecimiento de la flora bacteriana beneficiosa en el colon), optimización de la absorción de minerales y un efecto saciante. El alto contenido de fibra y también el de proteína de las legumbres contribuye a aumentar la sensación de saciedad reduciendo el apetito y disminuyendo la ingesta calórica por lo que puede ser un alimento a tener en cuenta en las dietas para controlar el peso y en los regímenes de adelgazamiento (Li *et al.*, 2014).

La fibra insoluble ejerce sus principales efectos en la regulación de la velocidad del tránsito intestinal, aumentando el peristaltismo y facilitando la defecación, lo que la hace más indicada para la prevención y tratamiento del estreñimiento y otras enfermedades como diverticulosis, hemorroides, etc. (Curran, 2012). También en este caso el refranero lleva razón: “Lentejas, garbanzos y judías po-

nen el intestino al día”. Como en la dieta de los españoles la cantidad de fibra es deficitaria (en 2011 era de 19 g/día (AE-COSAN, 2011) y las recomendaciones actuales son >25 g/día (SENC, 2011), la inclusión de legumbres en la dieta habitual, mejoraría sensiblemente la ingesta de este nutriente.

Para comprender mejor cuales son los efectos fisiológicos esperados de la fibra dietética, es importante tener siempre presente que en esta fracción se incluyen todos los componentes de los alimentos que no se pueden digerir en el intestino delgado. Pero que no se digieran no significa que no cumplan funciones muy importantes para nuestra salud. Podríamos decir que con los alimentos de la dieta estamos ingiriendo muchos tipos de fibra dietética, tantos como compuestos no digeribles lleguen al colon. Esta característica ya nos hace prever que son múltiples los efectos beneficiosos esperados, porque estos dependen evidentemente de la cantidad, pero muy específicamente de la calidad, es decir de la estructura química de cada compuesto no digerible. En líneas generales podemos decir que cuanto mayor sea la variedad de compuestos no digeribles, mayor calidad va a tener la fibra dietética resultante y las legumbres son un magnífico ejemplo de fibra de excelente calidad.

Las legumbres son alimentos de alto contenido en fibra de excelente calidad (soluble e insoluble). Es rica en almidón resistente, oligosacáridos y compuestos bioactivos.

Las legumbres apenas contienen grasa. Las legumbres habitualmente consumidas por la población española (alubias, garbanzos y lentejas) apenas contienen grasa (Figura 2); sólo los garbanzos presentan un 5%. Además, esta grasa es de muy buena calidad ya que está compuesta principalmente (75%) por ácidos grasos mono- y poliinsaturados (ácido oleico, linoleico y α -linolénico) y, como el resto de los alimentos de origen vegetal, no contienen colesterol. Por ello, se puede alegar que las legumbres son (Tabla 2):

- ✓ **Bajas en grasa**, pues 100 g de legumbres cocidas contienen entre 0,4 y 2,6 g de lípidos, cantidad inferior al 3% reglamentado para ser consideradas alimentos bajos en grasa. Las lentejas y las alubias pueden ser considerados alimentos libres de grasa, debido a que su contenido de grasa es inferior a 0,5 g/100 g.

- ✓ **Bajas en grasa saturada:** 100 g de legumbres cocidas contienen entre 0,05 a 0,27 g de grasas saturadas, cantidad inferior al 1,5% reglamentado. El contenido de grasa saturada de las lentejas es de 0,05 g/100 g, por lo que podría ser considerado como un alimento libre de grasa saturada.

Este aspecto va a tener un papel importante en los efectos beneficiosos para la salud de este grupo de alimentos como se comenta más adelante.

Alegación nutricional nº 5: Las legumbres son una buena fuente de minerales. Las legumbres aportan numerosos minerales especialmente hierro (no hemo), potasio (Figura 4), magnesio, fósforo, calcio, cinc, selenio y manganeso, entre otros. La baja biodisponibilidad del hierro no hemo de origen vegetal puede

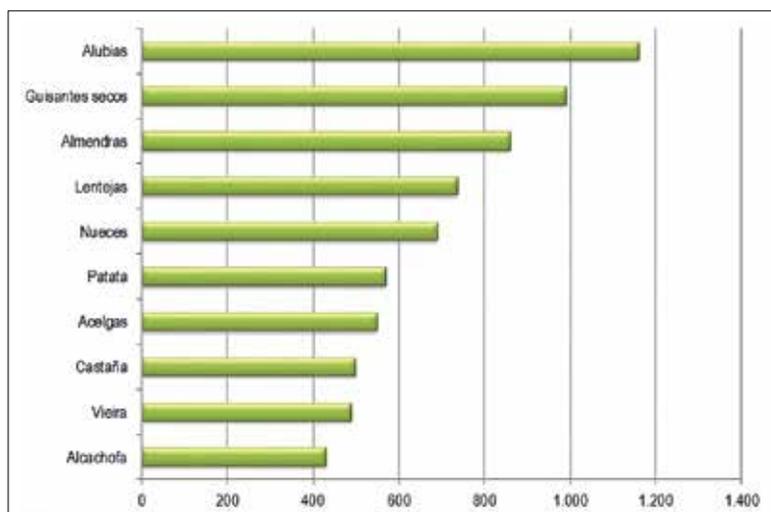


Figura 4. Contenido en potasio de algunos alimentos en mg/100 g de parte comestible
Fuente: Moreiras *et al.*, 2016.

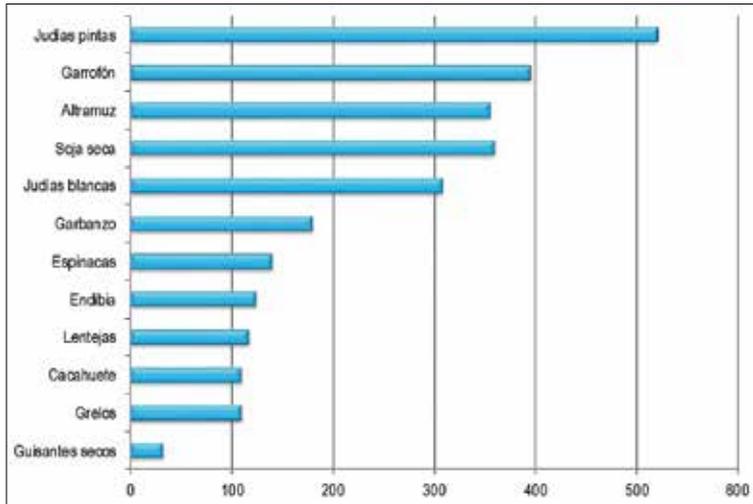


Figura 5. Contenido en ácido fólico de algunos alimentos en µg / 100 g de parte comestible (Fuente: Moreiras *et al.*, 2016).

mejorarse consumiendo estos alimentos junto con otros ricos en vitamina C como ensaladas o frutas. Un aspecto también muy beneficioso de las legumbres es que, de forma natural, tienen muy poco sodio por lo que están especialmente indicadas en las dietas para controlar la hipertensión arterial (Mudryj *et al.*, 2014).

Según esta composición, podrían cumplir con las siguientes alegaciones nutricionales (Tabla 2):

- ✓ **Fuente de hierro.** 100 g de legumbres cocidas aportan entre 2,1 y 3,7 mg, equivalente a más del 15% de las ingestas recomendadas diarias de hierro (unos 14 mg/día).
- ✓ **Fuente de magnesio** (únicamente para alubias). 100 g de alubias cocidas aportan entre 50 y 63 mg, es decir, más del 15% de las ingestas recomendadas diarias de este mineral (300 mg/día).
- ✓ **Fuente de fósforo.** 100 g de legum-

bres cocidas aportan una cantidad de fósforo entre 113 y 168 mg, equivalente al 15% de las ingestas recomendadas diarias de fósforo (800 mg/día).

- ✓ **Contienen muy poco sodio.** 100 g de legumbres cocidas aportan entre 1 y 7 mg, cantidad muy inferior a los 40 mg que el reglamento señala para que sean consideradas como alimentos con contenidos muy bajos en sal. Las lentejas por tener 1 mg de sodio podrían ser consideradas alimentos libres de sal.

Las legumbres son fuente de vitaminas. Las legumbres aportan diversas vitaminas con actividad antioxidante (C, E, carotenos), mejorando notablemente la capacidad antioxidante de la dieta (Saura-Calixto y Goñi, 2009; Saura-Calixto y Goñi, 2006) y otras vitaminas con importantes funciones en el metabolismo como tiamina, niacina, algo de vitamina B₂, B₆, K y especialmente ácido fólico (Figura 5). Esta última vitamina está en

mayores cantidades que en los cereales. Por ello, según el reglamento de alegaciones nutricionales podrían etiquetarse como altas en folatos, pues 100 g de legumbres cocidas aportan entre 81 y 172 μg , es decir, más del 30% de las ingestas recomendadas diarias de este nutriente (200 $\mu\text{g}/\text{día}$).

Sin embargo, las legumbres, como el resto de los alimentos de origen vegetal, carecen de retinol y vitaminas B₁₂ y D por lo que las personas que sigan dietas vegetarianas estrictas deben cuidar especialmente estos nutrientes.

Las legumbres son buena fuente de compuestos bioactivos antioxidantes.

Las legumbres son una excelente fuente de compuestos bioactivos, también denominados fitoquímicos. Son un grupo de compuestos químicamente muy heterogéneo. Algunos de ellos se han denominado también anti-nutrientes porque en determinadas circunstancias pueden tener propiedades no deseables (tratados en otro capítulo de esta obra). Sin embargo, algunos de los fitoquímicos son responsables de los efectos saludables de las legumbres. Entre estos cabe destacar los fitoesteroles y los compuestos polifenólicos.

¿Qué son los compuestos bioactivos?

Los alimentos, tanto de origen animal como vegetal, pero especialmente estos últimos, además de los nutrientes (proteínas, hidratos de carbono, grasas, vitaminas y minerales) contienen otros muchos compuestos bioactivos que tie-

nen un impacto muy significativo en la salud. Es un tema de plena actualidad, aún no bien conocido y rodeado de algunas polémicas: No hay una definición de consenso, aunque se han propuesto algunas; hay miles de estructuras diferentes de compuestos bioactivos, la mayor parte de ellas todavía desconocidas; hay evidencia de muchas de sus actividades fisiológicas, pero es difícil relacionar cada compuesto con efectos concretos; no se consideran nutrientes, incluso hasta hace poco tiempo todos se incluían en el grupo de antinutrientes. Sin embargo, cumplen con la definición de nutriente (componente de los alimentos, de estructura química conocida, necesario para la salud y que el hombre no es capaz de sintetizar, por lo que tiene que ser aportado por la dieta), por lo que es un tema a debate; no se han establecido valores de referencia, es decir no se han fijado las cantidades que deberíamos ingerir para que la dieta sea correcta, tan solo se habla de la necesidad de consumir una dieta variada y rica en alimentos vegetales para asegurar que la alimentación habitual contenga todos los nutrientes y los compuestos bioactivos para mantener la salud.

En un estricto sentido científico, un compuesto bioactivo es una sustancia que tiene actividad biológica, causa una reacción o desencadena una respuesta en un tejido vivo (UNESCO, 2015; Dai *et al.*, 2008) y produce efectos positivos o negativos dependiendo del compuesto y de la dosis (FBC, 2012). Estos compuestos tenemos que tomarlos con la dieta porque nuestro cuerpo no puede sinte-

tizarlos, aunque sí puede metabolizarlos y dar lugar a metabolitos activos beneficiosos para la salud. En definitiva, un compuesto bioactivo es aquél que tiene la capacidad y la habilidad para interaccionar con uno o más componentes de los tejidos vivos y presenta un amplio rango de efectos probables (Guaadaoui *et al.*, 2014).

En conclusión, además de los nutrientes, la dieta saludable debe incluir estos componentes bioactivos pues hay suficiente evidencia científica de su papel protector en un gran número de enfermedades y cuando faltan, el estado de salud no es el óptimo.

En este apartado hablaremos de aquellos que presentan efectos beneficiosos para la salud y que se encuentran en una cantidad apreciable en las legumbres habituales de nuestra dieta, fitoesteroles y compuestos polifenólicos.

Los fitoesteroles son compuestos naturales que se encuentran en pequeñas cantidades en un buen número de alimentos de origen vegetal. Todos los alimentos de origen vegetal contienen fitoesteroles naturales, pero sobre todo es apreciable el contenido en aquellos ricos en grasas como los aceites vegetales, frutos secos, germen de trigo y semillas oleaginosas. En la tabla 4 se indican los contenidos de bioactivos en legumbres secas no oleaginosas habituales de la dieta. Según el Reglamento Europeo, las legumbres se pueden considerar como fuente de fitoesteroles (Tabla 2).

Tabla 4. Contenido en fitoesteroles y compuestos polifenólicos de legumbres.

	Fitoesteroles (mg/100 g legumbre cocida)	Polifenoles totales (g/100 g legumbre cocida)	
		Bajo peso molecular	Alto peso molecular
Lentejas	117	0.41	2.31
Garbanzos	121	0.19	0.82
Alubias blancas	108	0.15	0.72
Alubias pintas	-	0.38	1.68

Químicamente se parecen al colesterol y fisiológicamente interfieren en la absorción del mismo y favorecen su eliminación. No en vano, numerosos estudios científicos indican que, en el marco de una dieta baja en grasas saturadas, el consumo diario de unos 2 gramos de esteroides vegetales ayuda a reducir las tasas de colesterol LDL (“colesterol malo”), aunque tomar más de 3 gramos de fitoesteroides no supondría un mayor descenso del colesterol y podría tener efectos indeseables afectando a la disponibilidad de algunas vitaminas liposolubles.

Actualmente, los fitoesteroides ingeridos proceden no solo de los alimentos naturales, sino también de un gran número de alimentos funcionales que utilizan estos compuestos como ingredientes para combatir el exceso de colesterol en sangre.

Los compuestos bioactivos mayoritarios de la dieta son los compuestos polifenólicos. Ejercen un gran número de efectos beneficiosos para la salud, muchos de ellos relacionados con la intensa actividad antioxidante que presentan. Esta

propiedad permite al consumidor luchar eficazmente contra el estrés oxidativo y por lo tanto disminuir el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares, cáncer, diabetes, obesidad, etc.

Como el resto de los fitoquímicos, los alimentos de origen vegetal son la fuente de polifenoles en la dieta habitual. Las legumbres son ricas en una gran variedad de estos compuestos que se encuentran localizados en la cáscara de la semilla y en la mayoría de los casos son responsables del color de la legumbre. El contenido es elevado, por ello y a pesar del bajo consumo de legumbres, su contribución a la ingesta de estos compuestos en la dieta española, es significativa. La población española consume diariamente cerca de 3 g de polifenoles y las legumbres contribuyen con el 10 % (Saura-Calixto et al., 2007b). Es importante esta cantidad, pero más significativo para la salud es la calidad nutricional de estos compuestos. Predominan los compuestos polifenólicos de elevado peso molecular, sobre todo en las legumbres coloreadas como la lenteja y la alubia pinta (Tabla 4). Este aspecto es interesante resaltarlo porque la mayor parte de estos compuestos están unidos a la fibra dietética, formando un conjunto que apenas es digerido en el intestino delgado, por lo que llega al colon donde son sustrato (alimento) para las bacterias intestinales. Por ello, cuando comemos legumbres, la mayor parte de estos compuestos interaccionan con la microbiota y con las células del colon, resultando beneficiosos para ambos.

Los efectos saludables de los compuestos polifenólicos se deben principalmente a su actividad antioxidante, que se pone de manifiesto en distintas partes del cuerpo, dependiendo de la estructura química de cada compuesto y de su capacidad para ser absorbido. En la tabla 4 están indicados los contenidos de polifenoles en las legumbres según su tamaño molecular. Los de tamaño más pequeño se pueden absorber en el intestino delgado y los de mayor tamaño pueden ser degradados por las bacterias colónicas (Saura-Calixto et al., 2007b).

Algunos polifenoles de las legumbres (14% del total) pueden ser absorbidos en el intestino delgado porque como consecuencia de la digestión del alimento, se separan del mismo y si su tamaño es pequeño pueden pasar la barrera intestinal y distribuirse a través de la sangre (Figura 6, Saura-Calixto et al., 2007b).

La mayor parte de los polifenoles llegan al colon unidos a la fibra dietética y gracias a la actividad de las bacterias del intestino son separados de la estructura de fibra dietética y algunos de ellos son metabolizados (72% del total) y convertidos en metabolitos polifenólicos activos con actividad antioxidante, que también pueden ser absorbidos y pasar a sangre para distribuirse por el organismo. Los polifenoles que no son absorbidos, permanecen en el colon y gracias a su actividad antioxidante crean un estatus antioxidante en el ecosistema intestinal muy beneficioso tanto para la salud de la microbiota como para la salud de las células del colon.

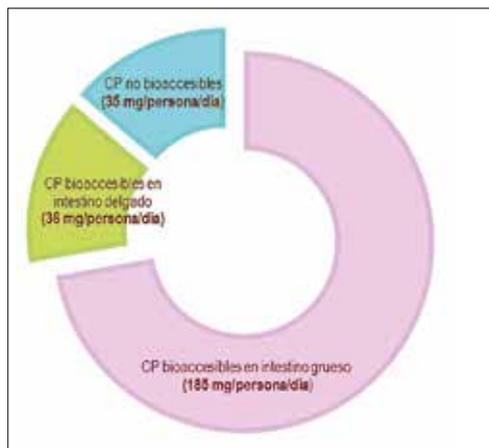


Figura 6. Bioaccesibilidad intestinal de los compuestos polifenólicos (CP) contenidos en legumbres.
 Fuente: Saura-Calixto et al., 2007b.

Tercero: por su papel en la salud. Las alegaciones de salud. Todos y cada uno de los nutrientes y compuestos bioactivos antes descritos confieren a este grupo de alimentos sus excepcionales propiedades saludables, además de tener un papel preventivo de algunas enfermedades. Por ello, las dietas que contienen las cantidades recomendadas de legumbres pueden contribuir a reducir el riesgo cardiovascular, de diabetes, de algunos tipos de cáncer y también juegan un importante papel en la salud gastrointestinal, en el control del peso corporal y en la prevención de la obesidad.

En las revisiones científicas más actuales se ha puesto de manifiesto que las personas que incluyen legumbres en su dieta tienen una mayor probabilidad de supervivencia, menor riesgo de ECV (reduciendo los niveles de colesterol total y LDL-colesterol, triglicéridos, presión arterial, inflamación, oxidación o glucemia, entre otros), de síndrome metabólico, o de diabetes (controlando la glucemia y mejorando la sensibilidad a la insulina) (Kouris-Blazos y Itsiopoulos, 2014). En un estudio reciente se observó que, entre los componentes individuales de la Dieta Mediterránea, el aceite de oliva, las hortalizas, las frutas y las legumbres tenían el mayor efecto cardioprotector (Grosso et al., 2015).

El consumo regular de legumbres también contribuye a un mejor control del peso corporal, de la salud gastrointestinal y además puede ser un factor de protección ante algunos tipos de cáncer (Kouris-Blazos y Belski, 2016). De cualquier manera, en muchos casos la evidencia científica es limitada y son necesarios más estudios.

En la tabla 5 se resumen las alegaciones de salud que pueden atribuirse a las le-

Tabla 5. Alegaciones de salud o propiedades saludables de las legumbres. Relación con sus componentes.

Propiedades saludables	Relacionadas con
Alimentos protectores de enfermedades cardiovasculares	Contenido y calidad de la fibra; contenido en compuestos bioactivos; muy bajo contenido en grasa y en grasa saturada; bajo contenido en sodio.
Alimentos adecuados en diabetes	Alto contenido en fibra soluble; bajo contenido en azúcares sencillos; Alto contenido en hidratos de carbono complejos de bajo índice glucémico.
Alimentos adecuados en obesidad	Bajo contenido calórico por ración de alimento cocido; bajo contenido en grasa; alto poder saciante.
Alimentos adecuados para conseguir y mantener la salud gastrointestinal	Alto contenido en fibra fermentable relacionada con un ecosistema intestinal más saludable; alto contenido en fibra insoluble relacionada con hábitos intestinales más saludables; elevado contenido en oligosacáridos con efecto probiótico.

gumbres en relación a algunas de las enfermedades de mayor prevalencia en la actualidad y los componentes que son responsables de las propiedades alegadas.

¿Cuántas debemos comer?

Una dieta prudente y saludable debe incluir el consumo de 2-4 raciones de legumbres a la semana (FDM, 2016; Dapcich *et al.*, 2004). La ración se ha establecido en 60-80 g en crudo [unos 120-200 gramos si están cocidas, (al cocinar las legumbres, por absorción de agua, pueden duplicar o triplicar su peso)] y

esta cantidad equivale a unos 17-46 g/día. Sin embargo, como ya se ha comentado anteriormente, el consumo actual en España es muy bajo, una ración escasa de legumbres a la semana. Habría, por tanto, que triplicar esta cantidad para que el conjunto de la dieta fuera saludable.

Estas cantidades contribuirían también a reducir el consumo de carnes que es muy superior al recomendado en los países desarrollados y están en la línea de las actuales directrices encaminadas a disminuir el consumo de alimentos de origen animal sustituyéndolos por otros de origen vegetal (Tabla 6).

Tabla 6. Recomendaciones para preparar y consumir una dieta equilibrada y llevar un estilo de vida saludable. Fuente: SENC, 2011.

- Disfrute con la comida.
- Consuma una dieta variada en cantidades moderadas.
- Consuma preferentemente alimentos frescos, de temporada y mínimamente procesados.
- Reparta los alimentos en tres-cinco comidas diarias, sin olvidar el desayuno.
- Aumente el consumo de alimentos de origen vegetal:
 - Cereales, especialmente integrales.
 - Frutas, verduras y hortalizas, al menos 400 g/día (ideal: 600 g/día).
 - Legumbres.
- Modere el consumo de carnes y derivados muy grasos.
- Incluya en la dieta los pescados.
- Use preferentemente aceite de oliva como grasa culinaria.
- Modere el consumo de azúcar y alimentos azucarados.
- Limite el uso de sal y de alimentos que la contienen.
- Beba unos dos litros de agua al día.
- Mantenga el peso estable y dentro de los límites aconsejados (IMC = 18,5-25 kg/m²).
- Manténgase activo. Realice diariamente al menos 30 minutos de ejercicio físico de intensidad moderada y controle el tiempo dedicado a las actividades sedentarias.
- Evite el uso y la exposición al tabaco.

En este sentido, creemos necesario hacer la siguiente apreciación. Por su alto contenido en proteínas, en numerosas guías alimentarias, las legumbres se incluyen en el grupo de alimentos proteicos. Creemos, sin embargo, que, de acuerdo con los hábitos alimentarios de los españoles y la calidad nutricional de la dieta consumida, sería más razonable incluirlas en el grupo de farináceos o alimentos ricos en hidratos de carbono. Como ya se ha comentado, en España la ingesta de legumbres se ha reducido considerablemente en los últimos años y el consumo actual (unos 8 g/día) está muy alejado de las recomendaciones. Por otro lado, la ingesta actual de hidratos de carbono (40% de las kcal totales de la dieta) y fibra (unos 19 g/día) es inferior a la recomendada. Sin embargo, la de proteína (99 g/día) es muy alta y mayoritariamente de origen animal (del Pozo et al., 2012). De manera que si se desea mejorar la calidad de la dieta habrá que reducir la proteína animal y aumentar el consumo de alimentos de origen vegetal ricos en los componentes deficitarios. Si las legumbres se incluyen en el grupo de alimentos proteicos (con la recomendación de alternar el consumo), el consumidor posiblemente elija carne, pescado o huevos en lugar de legumbres, según se ha observado en los estudios de preferencias de alimentos anteriormente comentados.

En la tabla 7 se indica la contribución de una ración de garbanzos a las ingestas recomendadas de una mujer adulta. Como puede observarse, una ración de 60 g (en crudo) aporta más de una cuarta parte de

las cantidades necesarias diariamente de proteína, fibra, fósforo, magnesio, ácido fólico, tiamina o hierro (no hemo). Debido al elevado valor nutricional de estos alimentos podemos asegurar que, si comemos suficientes legumbres, podríamos disminuir el consumo de alimentos de origen animal, lo que significa disminuir también la ingesta de grasa, grasa saturada y colesterol. Por ello es necesario y urgente fomentar el consumo de este grupo de alimentos que contribuirán a mejorar notablemente la calidad nutricional de la dieta y a recuperar la tradicional y saludable Dieta Mediterránea de la que las legumbres son uno de sus principales componentes.

¿Cómo comer legumbres?

Existen multitud de formas de comer legumbres según la tradición y las costumbres culturales de cada región, que hay que tratar de conservar cuidando además la proximidad. La versatilidad se pone de manifiesto en las múltiples recetas culinarias típicas de toda la geografía española, desde los cocidos y potajes con variados ingredientes –pues las legumbres combinan con todo... a las ensaladas frías para el verano, ya que gracias a su fácil conservación pueden consumirse todo el año; de la olla podrida como plato único a los garbanzos tostados como aperitivo; de las recetas más tradicionales a las de vanguardia. Al mismo tiempo, la globalización nos da la oportunidad de acceder a un gran repertorio de estas extraordinarias semillas y a múltiples y variadas recetas de otras partes del mundo.

Tabla 7. Aporte de una ración de garbanzos (60 g (R1) / 80 g (R2) en crudo) a las ingestas recomendadas (IR) y objetivos nutricionales (ON) de una mujer adulta. Fuente: Moreiras *et al.*, (2016).

	60 g (R1)	80 g (R2)	IR/ON	%R1/IR	%R2/IR
Energía (kcal)	199	266	2.300	8,7	11,5
Proteína (g)	13	17	41	31	42
Lípidos (g)	3,2	4,3	-	-	-
Hidratos de carbono (g)	30	40	-	-	-
Fibra (g)	8,1	11	25	32	43
Calcio (mg)	87	116	1.000	8,7	11,6
Hierro (mg)	4,0	5,4	18	22	30
Magnesio (mg)	96	129	330	29	39
Cinc (mg)	0,48	0,64	15	3,2	4,3
Sodio (mg)	15,6	20,8	2.000	0,8	1
Potasio (mg)	478	638	3.500	13,7	18,2
Fósforo	225	300	700	32	43
Selenio (µg)	1,2	1,6	55	2,2	2,9
Tiamina (mg)	0,24	0,32	0,9	26,7	35,6
Riboflavina (mg)	0,09	0,12	1,4	6,4	8,6
Eq. Niacina (mg)	2,6	3,4	15	17,2	22,9
Vitamina B6 (mg)	0,32	0,42	1,6	20	27
Ácido fólico (µg)	108	144	400	27	36
Vitamina C (mg)	2,4	3,2	60	4	5,3
Vit A: eq. Retinol (µg)	19,2	25,6	800	2,4	3,2
Vitamina E (mg)	1,7	2,3	12	14,4	19,2

El tratamiento culinario (remojo y la posterior eliminación del agua de remojo, escaldado, cocinado en medio alcalino, uso de hierbas y especias, entre otros) no sólo mejora la palatabilidad sino también la biodisponibilidad de algunos de sus componentes ya que reduce notablemente los denominados componentes antinutritivos, muy termolábiles y también la flatulencia que se produce en algunas personas.

La posibilidad de utilizar legumbres cocidas, listas para su uso, facilita el consumo en el hogar y la adaptación a los cambios sociales, económicos y culturales. Con la disponibilidad, prácticamente en todos

los hogares, de las ollas rápidas ya no hay excusa para cocinar estos excepcionales alimentos. Hay muchos trucos y posibilidades que se comentan en otro capítulo y que nos ayudan para que cocinar legumbres sea fácil y divertido y así asegurar el placer de la degustación gastronómica y la repercusión positiva en la salud.

Las legumbres deleitan nuestros sentidos, son sabrosas, fáciles de preparar, gastronómicamente versátiles, económicas, se almacenan y conservan muy bien y además contribuyen a la sostenibilidad y salud de nuestro planeta.

Valoración nutricional de recetas con legumbres. En la tabla 8 se han incluido algunas recetas cuyo principal ingrediente es la legumbre. Se presenta el análisis nutricional y se indican las cantidades de energía, macronutrientes, azúcares, fibra,

colesterol y ácidos grasos que supondría el consumo de una ración (Goñi y Pérez, 2015). Además, se hacen algunas observaciones sobre la valoración nutricional de las recetas y la conveniencia o no de su consumo en situaciones especiales.

Tabla 8. Valoración nutricional de recetas que contienen legumbres como ingrediente principal. Fuente: Goñi y Pérez, 2015.

Receta	Valoración nutricional	
Falafel Ingredientes para 4 personas: Garbanzos: 200 g Cebollas: 450 g Ajos: 3 dientes Cominos molidos; perejil fresco; cilantro; bicarbonato; sal; pimienta negra; cayena molida	Aporte nutricional por ración: Energía (kcal): 336 Proteína (g): 13 Hidratos de Carbono (g): 31 Azúcares (g): 3.7 Fibra dietética (g): 10 Grasa (g): 16 AGS (g): 2 AGM (g): 10 AGP (g): 3 Colesterol (mg): 0	Observaciones: Un primer plato en el que todo es de excelente calidad nutricional. Indicado para personas que deban controlar sus niveles de glucosa y colesterol en sangre. Además, contiene compuestos bioactivos antioxidantes.
Arroz empedrado Ingredientes: Judías blancas: 150 g Aceite de oliva virgen: 80 ml Pimientos verdes: 300 g Ajos tiernos: 4 unidades Tomates: 750 g Bacalao: 400 g Arroz: 325 g Perejil fresco; sal; azafrán; agua	Aporte nutricional por ración: Energía (kcal): 799 Proteínas (g): 43 Hidratos de Carbono (g): 101 Azúcares (g): 9 Fibra dietética (g): 13 Grasa (g): 22 AGS (g): 3 AGM (g): 14 AGP (g): 2 Colesterol (mg): 50	Observaciones: Plato típico de la cuaresma, de excelente calidad. Es adecuado para las personas que deban controlar los niveles de glucosa. La fibra mantiene la salud del intestino y regula el tránsito intestinal. El valor nutricional se completa con los compuestos bioactivos, antioxidantes naturales.
Hamburguesas de lentejas, arroz y verduras Ingredientes: Lentejas: 200 g Arroz: 200 g Cebolla: 150 g Puerro: 75 g Ajos: 1 diente Aceite de oliva virgen: 20 ml	Aporte nutricional por ración: Energía (kcal): 521 Proteína (g): 19 Hidratos de Carbono (g): 74 Azúcares (g): 4 Fibra dietética (g): 9 Grasa (g): 14 AGS (g): 2 AGM (g): 9 AGP (g): 2 Colesterol (mg): 0	Observaciones: Plato principal, bajo en kilocalorías, muy rico en proteína de alto valor biológico. Grasa de excelente calidad. Alto contenido de fibra y compuestos bioactivos, adecuados para mantener un óptimo estado de salud del intestino.
Potaje de Jaramago Ingredientes: Judías blancas: 300 g Costillas de cerdo: 250 g Jaramagos: 1.000 g Papas: 500 g Ñame: 100 g Batata: 200 g Pimiento verde: 85 g Ajos: 3 dientes Aceite de oliva virgen: 50 ml Pimentón dulce; cominos; Sal; agua	Aporte nutricional por ración: Energía (kcal): 739 Proteína (g): 30 Hidratos de Carbono (g): 77 Azúcares (g): 7 Fibra dietética (g): 28 Grasa (g): 29 AGS (g): 6 AGM (g): 15 AGP (g): 4 Colesterol (mg): 32	Observaciones: Es un plato principal muy completo. Discreto contenido calórico. Proteína de buena calidad. Apropiado para personas que deban controlar la glucosa en sangre. Muy rico en fibra idónea para regular el tránsito intestinal y la salud de las bacterias. Muchos de los ingredientes contienen compuestos bioactivos, aunque una gran parte se quedan en el caldo que se desecha por el sabor amargo. El caldo no es adecuado para personas con problemas de riñón.



<p>Olleta de La Plana</p> <p>Ingredientes:</p> <p>Alubias blancas: 250 g Aceite de oliva virgen: 40 ml Cebolla: 140 g Cardo: 140 g Acelgas (hojas): 300 g Zanahorias: 75 g Nabo: 170 g Judías verdes: 100 g Col: 250 g Patatas: 200 g Azafrán; pimentón dulce; sal; agua</p>	<p>Aporte nutricional por ración:</p> <p>Energía (kcal): 430 Proteínas (g): 17 Hidratos de Carbono (g): 52 Azúcares (g): 9 Fibra dietética (g): 25 Grasa (g): 11 AGS (g): 2 AGM (g): 7 AGP (g): 1 Colesterol (mg): 0</p>	<p>Observaciones:</p> <p>Bajo contenido en kilocalorías y grasa. No contiene colesterol. Aporta una gran cantidad de fibra que es indicada para regular el tránsito intestinal y conseguir un estado saludable de las bacterias del intestino. Es una receta indicada para las personas que deban controlar los niveles de glucosa en sangre.</p>
--	--	--

Conclusiones

Tabla 9. Razones que justifican promover el consumo de legumbres.

Son una buena fuente de proteína y combinadas con los cereales resulta una proteína de excelente calidad
Tienen bajo índice glucémico y contienen compuestos con efecto prebiótico que juegan un importante papel en la salud
Son alimentos de alto contenido en fibra de excelente calidad (soluble e insoluble). Es rica en almidón resistente, oligosacáridos y compuestos bioactivos
Tienen muy bajo contenido en grasa
Son una buena fuente de minerales
Son fuente de vitaminas
Son buena fuente de compuestos bioactivos antioxidantes
Las legumbres deleitan nuestros sentidos, son sabrosas, fáciles de preparar, gastronómicamente versátiles, económicas, se almacenan y conservan muy bien y además contribuyen a la sostenibilidad y salud de nuestro planeta

Referencias

- AECOSAN. (2011). *Encuesta Nacional de Ingesta Dietética Española, ENIDE*, 2011.
- Aranceta, J., Pérez, C. (2015). *Encuesta Nutricional de la Población Española (ENPE). Hábitos alimentarios y estado nutricional*. Fundación Eroski.
- <http://observatorio.es/estudios/encuesta-nutricional-de-la-poblacion-espanola-en-pe-habitos-alimentarios-y-estado>
- Atkinson, F.S., Foster-Powell, K., and Brand-Miller, J.C. (2008). *International tables of glycemic index and glyce-mic load values: 2008*. *Diabetes Care*. 31(12):2281-2283.
- Carbajal, A. (1987). *Hábitos alimentarios de la población española. Influencia de algunos factores socioeconómicos*. Tesis Doctoral. Departamento de Nutrición. Facultad de Farmacia. Universidad Complutense de Madrid. Madrid. <http://eprints.ucm.es/21787/>
- Curran, J. (2012). *The nutritional value and health benefits of pulses in relation to obesity, diabetes, heart disease and cancer*. *Br J Nutr*. 108/S1-S2.
- Dai, J., Jones, D.P., Goldberg, J., Ziegler, T.R., Bostick, R.M., Wilson, P.W., et al. (2008). *Association between adherence to the Mediterranean diet and oxidative stress*. *Am J Clin Nutr*. 88:1364-1370.
- Dapcich, V., Salvador, G., Ribas, L., Pérez, C., Aranceta, J., and Serra-Majem, Ll. (2004). *Guía de la alimentación saludable*. Sociedad Española de Nutrición Comunitaria (SENC). Madrid. <http://www.nutricioncomunitaria.org/es/noticia-documento/19>
- del Pozo, S., García, V., Cuadrado, C., Ruiz, E., Valero, T., Ávila, J.M., y Varela, G. (2012). *Valoración Nutricional de la Dieta Española de acuerdo al Panel de Consumo Alimentario*. Fundación Española de la Nutrición. Madrid. ISBN: 978-84-938865-1-6.
- FAO. (2016). *Año Internacional de las Legumbres 2016*. <http://www.fao.org/pulses-2016/es/>
- FAO. (1999). *Los carbohidratos en la nutrición humana*. N° 66. Roma.
- FBC (Food Bioactives Centre). (2012). *Bioactive compounds*. University of Gothenburg. <http://www.chalmers.se/chem/fbac-en>
- FDM (Fundación Dieta Mediterránea). http://dietamediterranea.com/piramidedm/piramide_CASTELLANO.pdf
- Goñi, I., García-Alonso, A., and Saura-Calixto, F. (1997). *A starch hydrolysis procedure to estimate glyce-mic index*. *Nutr. Res*. 17(3): 427-437.
- Goñi, I. y Pérez, J. (2015). *Gastronomía versus nutrición: Recetas, Ciencia y Salud. Cocina tradicional española*.

- Ediciones Díaz de Santos. Madrid. ISBN: 9788499699707.
- Goñi, I. y Valentín-Gamazo, C. (2003). *Chickpea flour ingredient slows glyce-mic response to pasta in healthy vo-lunteers*. Food Chem. 81:511–515.
- Grosso, G., Marventano, S., Yang, J., Micek, A., Pajak, A., Scalfi, L., Gal-vano, F. and Kales, S.N. (2015). *A Comprehensive Meta-analysis on Evidence of Mediterranean Diet and Cardiovascular Disease: Are In-dividual Components Equal?* Crit. Rev. Food Sci. Nutr. Nov 3:0. DOI: 10.1080/10408398.2015.1107021.
- Guaadaoui, A., Benaicha, S., Elmajdoub, N., Bellaoui, M. and Hamal, A. (2014). *What is a Bioactive Compound? A Combined Definition for a Prelimi-nary Consensus*. Int. J. Nutr. Food Sci. 3/3:174-179.
- Hosseinpour-Niazi, S., Mirmiran, P., He-dayati, M. and Azizi, F. (2015). *Subs-titution of red meat with legumes in the therapeutic lifestyle change diet based on dietary advice improves car-diometabolic risk factors in overweight type 2 diabetes patients: a cross-over randomized clinical trial*. Eur J Clin Nutr. 69:592-597.
- Kouris-Blazos, A. and Belski, R. (2016). *Health benefits of legumes and pulses with a focus on Australian sweet lupins*. Asia Pac. J Clin Nutr. 25(1):1-17.
- Kouris-Blazos, A. and Itsiopoulos, C. (2014). *Low all-cause mortality des-pite high cardiovascular risk in elderly Greek-born Australians: attenuating potential of diet*. Asia Pac. J Clin Nutr. 23:532-544.
- Li, S.S., Kendall, C.W.C., de Souza, R.J., Jayalath, V.H., Cozma, A.I., Ha, V. et al. (2014). *Dietary pulses, satiety and food intake: a systematic review and meta-analysis of acute feeding trials*. Obesity 22:1773-1780.
- MAGRAMA. (2015). *Panel de consumo alimentario de 2015*. <http://www.magrama.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-y-comercializacion-y-distribucion-alimentaria/panel-de-consumo-alimentario/ultimos-datos/>
- MAGRAMA. (2007). *La Alimentación en España, 2007*. http://www.magrama.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-y-comercializacion-y-distribucion-alimentaria/panel_hogares_tcm7-7829.pdf
- Mataix, F.J. y Salido, G.M. (1985). *Im-portancia de las legumbres en la nu-trición humana*. Fundación Española de la Nutrición. Publicaciones: Serie Informes. Nº 1.
- Moreiras, O., Carbajal, A., Cabrera, L. y Cuadrado, C. (2016). *Tablas de com-posición de alimentos. Guía de prác-ticas*. Ediciones Pirámide (Grupo Anaya, SA). Madrid. ISBN: 978-84-368-3363-8.

- Mudryj, A.N., Yu, N. y Aukema, H.M. (2014). *Nutritional and health benefits of pulses*. *Appl Physiol Nutr Metab*. 39(11):1197-1204.
- Rebello, C.J., Greenway, F.L. y Finley, J.W. (2014). *Whole grains and pulses: a comparison of the nutritional and health benefits*. *J. Agric. Food Chem*. 62(29):7029-7049.
- Reglamento (CE) No 1924/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de diciembre de 2006, relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos.
- Saura-Calixto, F. y Goñi, I. (2009). *Definition of the mediterranean diet based on bioactive compounds*. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr*. 49(2):145-152.
- Saura-Calixto, F. y Goñi, I. (2006). *Antioxidant capacity of the Spanish Mediterranean diet*. *Food Chem*. 94, 442-447.
- Saura-Calixto, F., Goñi, I. y Serrano, J. (2007a). *Caracterización de los alimentos tradicionales de la dieta española: alegaciones nutricionales y alegaciones en salud*. MAGRAMA-CSIC. Madrid.
- Saura-Calixto, F., Serrano, J. and Goñi, I. (2007b). *Intake and bioaccessibility of total polyphenols in a whole diet*. *Food Chem*. 101:492-501.
- SENC (Sociedad Española de Nutrición Comunitaria). (2011). *Objetivos nutricionales para la población española. Consenso de la Sociedad Española de Nutrición Comunitaria 2011*. *Rev. Esp. Nutr. Com*. 17(4): 178-199.
- UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization). (2015). <http://www.unesco.org>.
- Varela, G., Moreiras, O., Carbajal, A. y Campo, M. (1995). *Estudio Nacional de Nutrición y Alimentación 1991. Encuesta de Presupuestos Familiares 1990/91. Tomo I*. INE. Madrid. ISBN: 84-260-2973-6.
- Varela, G., Serrano, M., Alonso, E., García, A. y Achón, M. (2015). *Alimentación y sociedad en la España del siglo XXI*. Fundación MAPFRE. ISBN: 978-84-9844-567-1

Factores antinutritivos: cómo potenciar el valor nutritivo y funcional de las legumbres

A. Redondo Cuenca*, M^a.D. Tenorio Sanz y M^a J. Villanueva Suárez

Departamento de Nutrición y Bromatología II. Bromatología. Facultad de Farmacia.
Universidad Complutense de Madrid

arared@ucm.es

Antecedentes

Las legumbres son unos de los alimentos de origen vegetal más interesantes por su potencial nutritivo y funcional. Forman parte esencial de la Dieta Mediterránea y sus preparaciones culinarias son una pieza clave en la tradición española. Además de su contenido en nutrientes, tan destacables en cantidad y calidad, presentan algunos componentes con un efecto potencialmente adverso, los denominados *antinutrientes* o *factores antinutritivos*, que pueden incidir negativamente en la salud del consumidor (Morales y Troncoso, 2006; Bartholomai *et al.*, 2000). Corresponden a sustancias naturales, generadas por el metabolismo secundario de las plantas como mecanismo de defensa a situaciones estresantes o contra el ataque de mohos, bacterias, insectos y aves. Así pues, la denominación de “antinutrientes” se refiere a los vegetales como alimento y no a las funciones que cumplen en la planta.

Los antinutrientes pueden definirse como sustancias que, bien ellas mismas o sus metabolitos generados en el organismo, interfieren en la utilización de los alimentos, disminuyendo el aprovechamiento potencial de los nutrientes y

pudiendo afectar a la salud de los consumidores (Morales y Troncoso, 2006; Makkar, 1993).

En la actualidad y en una sociedad desarrollada como la española, la posible presencia de antinutrientes en las legumbres no debe ser causa de preocupación. De un lado porque, ante una alimentación completa, equilibrada y variada, los efectos nocivos pueden pasar desapercibidos, dado que aunque no haya un aprovechamiento total de los nutrientes de los alimentos sí se aportarán en cantidades suficientes para cubrir los requerimientos diarios; y por otro lado, porque los procesos tecnológicos y culinarios a los que son sometidos estos alimentos hacen que la cantidad en la que existían en el alimento crudo disminuya enormemente. Pero frente a esto no hay que olvidar que la situación en países en vías de desarrollo es bien distinta. La oferta alimentaria puede ser insuficiente y la variedad de alimentos mínima, y es justamente allí donde el problema sí podría aparecer, pudiendo conducir a estados carenciales. Así, estas sustancias pueden tener mayor significación bajo estados de desnutrición o nutrición subóptima, por lo que se debe fomentar el empleo de tratamientos para disminuir la presencia de estos compuestos.

El procesado de las legumbres generalmente mejora su valor nutritivo incrementando la digestibilidad *in vitro* de las proteínas y carbohidratos, y al mismo tiempo reduciendo algunos compuestos antinutritivos. La mayoría de estos factores son termolábiles, como los inhibidores de proteasas y las lectinas, por lo que el tratamiento térmico podría eliminar el efecto negativo potencial derivado de su consumo. Por otra parte, compuestos como los taninos, saponinas y ácido fítico son termoestables pero se pueden reducir por medio del descascarillado, remojo, germinación y/o fermentación (Muzquiz *et al.*, 2012).

Al mismo tiempo, estudios recientes han revelado que la mayoría de los antinutrientes presentes en las semillas de leguminosas pueden ser muy beneficiosos para el ser humano en la prevención de algunas patologías. Por ello ahora se les

denomina “*compuestos no nutritivos*” o “*factores nutricionalmente bioactivos*”, ya que, si bien carecen de valor nutritivo, no resultan perjudiciales en pequeñas cantidades sino todo lo contrario (de Dios *et al.*, 2009). En determinadas circunstancias se pueden comportar como prebióticos, protectores del sistema circulatorio, reductores de la presión sanguínea, reguladores de la glucemia y de la colesterolemia, anticancerígenos, mejoradores de la respuesta inmune, etc. (Muzquiz *et al.*, 2012; Champ, 2002).

El balance entre efectos negativos y positivos depende de la cantidad que se ingiera y de la frecuencia de consumo, así como del tipo de dieta en la que estén implicados (Muzquiz y Wood, 2007). Es decir, pueden tener efectos negativos o positivos en la salud según las circunstancias (Campos-Vega *et al.*, 2010; Champ, 2002). En la tabla 1 puede obser-

Tabla 1. Efectos de los factores no nutritivos o antinutrientes de las legumbres.

Factor no nutritivo	Efectos negativos	Efectos positivos
Inhibidores de proteasas	Descenso en la digestión de las proteínas Hipertrofia pancreática	Anticancerígenos
Inhibidores de α amilasas	Descenso en la digestión de los carbohidratos	
Lectinas o fitohemaglutininas	Descenso en la absorción de nutrientes Inflamación de la mucosa intestinal	Descenso de la glucosa en sangre Descenso del crecimiento de tumores Prebióticos
α -Galactósidos	Flatulencia Dolor abdominal y diarrea	Prebióticos
Ácido fítico	Descenso en la biodisponibilidad mineral Inhibición de enzimas digestivas	Antioxidante Descenso del colesterol plasmático Reducción del riesgo de cáncer de colon y otros cánceres
Taninos	Descenso en la digestión de las proteínas Descenso en la biodisponibilidad mineral	Prevención de úlceras y diarreas Antioxidantes Anticancerígenos
Saponinas	Descenso en la absorción de nutrientes Irritación del epitelio intestinal	Descenso del riesgo de enfermedades cardiovasculares y algunos cánceres Descenso colesterol plasmático

vase un resumen de estos efectos que se desarrollarán con más detalle en los siguientes apartados.

Desde el punto de vista estructural, los antinutrientes pueden ser proteínas (inhibidores de proteasas, inhibidores de α -amilasas y lectinas), glucósidos (α -galactósidos, vicina y convicina), taninos, saponinas y alcaloides (Muzquiz, 2000). No están igualmente distribuidos en todas las legumbres y sus efectos fisiológicos son diversos. A continuación se exponen los más importantes, considerando tanto los efectos negativos como los positivos.

Factores antinutritivos o antinutrientes más importantes

Los inhibidores de proteasas. Los inhibidores de proteasas son los factores antinutritivos más conocidos de las legumbres y se encuentran principalmente en las semillas crudas (Tabla 2). Estos inhibidores pueden tener un impacto importante en el valor nutritivo ya que inhiben enzimas digestivas como la tripsina o quimotripsina, que son secretadas por el páncreas y resultan necesarias para la digestión de las proteínas ingeridas con los alimentos. La mayoría son solubles en agua, de bajo peso molecular y pueden ser de dos tipos en función de la secuencia de aminoácidos que las conforman, del peso molecular, de la especificidad y de la estabilidad térmica: Kunitz y Bowman-Birk. El inhibidor de Kunitz es termolábil, su especificidad está directamente relacionada con la tripsina, de

manera que inhibe fuertemente tripsina y débilmente quimotripsina. Una molécula de inhibidor inactiva una molécula de tripsina y el complejo que forma es análogo al complejo enzima-sustrato. El inhibidor de Bowman-Birk puede inhibir tanto a la tripsina como a la quimotripsina, ya que posee lugares de unión independientes para ambas enzimas, y es estable frente al calor, ácidos y bases. Se han identificado inhibidores en distintas legumbres como judía, garbanzo, haba, guisante, lenteja o cacahuete (Goyoaga, 2005; Domoney, 1999).

Tabla 2. Actividad de los inhibidores de tripsina (TIU) y de los inhibidores de quimotripsina (CIU) en algunas legumbres españolas.

N.A: no analizado. TIU: Unidades de inhibidores de Tripsina. CIU: Unidades de Inhibidores de quimotripsina. Fuente: Muzquiz et al., (2012).

Legumbre	TIU mg-1	CIU mg-1
Soja (<i>Glycine max</i>)	83,7	N.A.
Guisante (<i>Pisum sativum</i>)	5,7 - 12,6	8,6 - 15,8
Almorta (<i>Lathyrus cicero</i>)	16,3 - 15,1	16,6 - 20,8
Garbanzo (<i>Cicer arietinum</i>)	12,6 - 14,5	9,7 - 11,4
Judía (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	13,6	17,3

Los inhibidores de proteasas ingeridos con las legumbres provocan efectos nocivos en animales. En primer lugar, cuando llegan al duodeno forman complejos inactivos con tripsina y/o quimotripsina, por lo que los niveles de estas enzimas digestivos libres se reducen, dificultándose así la digestión y la absorción de la proteína adquirida con la dieta (Pusztai *et al.*, 2004). Provocan una hipertrofia crónica del páncreas debido

a que cuando la tripsina disminuye su concentración por debajo de un umbral se produce una sobre estimulación del páncreas para sintetizar más cantidad de tripsina y restablecer los niveles normales en el lumen intestinal. Esto a su vez repercute en una pérdida endógena de aminoácidos porque los aminoácidos, que deberían incorporarse a las proteínas del tejido corporal, se tienen que desviar hacia la síntesis de estas enzimas que son particularmente ricas en aminoácidos azufrados. Todo esto, lleva a una reducción en el crecimiento del animal, agravándose así una situación ya crítica con respecto a la proteína de leguminosas que en sí misma es deficiente en aminoácidos azufrados (Goyoaga, 2005; Friedman y Brandon, 2001; Carbonaro *et al.*, 2000).

El retraso en el crecimiento se ha observado en animales pero este efecto en humanos es dudoso, no está comprobado. La estabilidad del inhibidor durante el tránsito por el estómago debe tenerse en cuenta a la hora de evaluar un efecto potencial ya que se pueden inactivar por acción del jugo gástrico humano. Por otra parte, estos inhibidores enzimáticos, debido a su naturaleza proteica, pueden desnaturalizarse térmicamente en la mayoría de los casos perdiendo su efecto antinutritivo. Una vez que se inactivan, y como al fin y al cabo son proteínas, tienen interés nutricional al proporcionar los aminoácidos azufrados de los que son deficitarias las proteínas de las legumbres (Morales y Troncoso, 2006).

Es poco probable que los inhibidores de proteasas supongan un problema para el crecimiento y la salud humana ya que como se ha comentado son termolábiles y las legumbres normalmente se consumen después de someterlas a algún proceso térmico (de Dios *et al.*, 2009).

Estos compuestos se han relacionado también con efectos saludables y hoy día se consideran sustancias bioactivas naturales. Pueden actuar como agentes anticancerígenos ya que se ha observado la inhibición del crecimiento de tumores de próstata en humanos (Clemente *et al.* 2004; Kennedy and Wan 2002). También reducen la incidencia y frecuencia de tumores de colon en ratas, aunque este efecto no se produce cuando los inhibidores se someten a la acción de calor húmedo a alta presión lo que hace pensar que la actividad del inhibidor de proteasa es necesaria para la acción anticancerígena, actividad que se pierde cuando la proteína se desnaturaliza por efecto del procesado (Kennedy *et al.*, 2002). Un mecanismo a través del cual estos compuestos pueden evitar la carcinogénesis es mediante la reducción de la digestibilidad de la proteína y menor disponibilidad de aminoácidos como leucina, fenilalanina o tirosina, necesarios para el desarrollo de células cancerígenas (Clemente *et al.*, 2004).

Los inhibidores de α -amilasas. Estos inhibidores se han encontrado en judías, lentejas y en garbanzos, pudiendo afectar a las amilasas salivares y pancreáticas. Las α -amilasas (α -1,4-glucan-4-gluca-

nohidrolasas) son enzimas que catalizan la hidrólisis de enlaces α -D-(1,4) glucosídicos en el almidón y compuestos relacionados. Juegan un papel importante en el metabolismo de carbohidratos por liberar glucosa, que será fuente de energía y base para la síntesis de otros carbohidratos.

El efecto de estos inhibidores desde el punto de vista nutritivo no está claro. Generalmente estas sustancias de naturaleza proteica son lábiles al calor y el efecto negativo también puede desaparecer al ser destruidos por las enzimas proteolíticas del tracto digestivo, por ello parece dudoso que tengan un significado en la salud humana (Morales y Troncoso, 2006).

Las lectinas o fitohemaglutininas. Las lectinas se presentan en forma de glucoproteínas; su efecto *in vitro* consiste en combinarse con las proteínas de las membranas de los glóbulos rojos a los que aglutinan o coagulan (de ahí la denominación de fitohemaglutinas). El nombre “lectina” procede del latín “legere”, que quiere decir “seleccionar”, y esto se debe a que la aglutinación *in vitro* depende del tipo de glóbulo rojo.

La mayoría de las especies pertenecientes a la familia de las leguminosas presentan lectinas (Tabla 3) y muchas de ellas se han purificado y caracterizado (Goldstein and Porezt, 1986). El efecto tóxico se debe a su alta resistencia a la degradación proteolítica *in vivo* y a su capacidad para reconocer y unirse a receptores

específicos (restos azucarados) de células de la mucosa intestinal causando una interferencia no específica con la absorción de nutrientes. Pero además, esta reducción de la biodisponibilidad de nutrientes también se debe a la acción directa sobre enzimas digestivas (peptidasas, disacaridasas, fosfatasa, amilasas, etc.), disminuyendo así la actividad enzimática (Thompson, 1993; Grant and van Driessche, 1993). Esta reacción se manifiesta *in vitro* por la aglutinación de glóbulos rojos de varias especies de animales.

Tabla 3. Contenido en lectinas por Unidades de Hemaglutinación UH y por ELISA competitivo indirecto (g/kg) en algunas legumbres españolas. N.A. no analizado El rango de datos abarca diferentes variedades Fuente: Muzquiz et al. (2012).

Legumbre	UH	ELISA
Soja (<i>Glycine max</i>)	40	4,8
Lentejas (<i>Lens culinaris</i>)	500	8
Judías (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	0,3 - 40	0,7 - 25,3
Guisantes (<i>Pisum sativum</i>)	0,3 - 0,6	N.A.
Almorta (<i>Lathyrus ciceria</i>)	0,5 - 1,3	N.A.

Las lectinas de la dieta varían considerablemente respecto a su naturaleza y extensión de los efectos antinutritivos. Pueden ser tóxicas, pero el efecto antinutritivo no es específico, pudiendo afectar a la absorción de diferentes nutrientes. En ensayos con animales de experimentación se ha visto que lectinas procedentes de judías y de soja producen retraso en el crecimiento (Pusztai et al., 2004). Provocan una intensa inflamación de la mucosa intestinal, seguida

de la destrucción del epitelio y aparición de edema al reaccionar con las criptas y vellosidades intestinales. Afortunadamente, las lectinas son de carácter proteico y se desnaturalizan al aplicar calor húmedo, perdiendo su efecto tóxico en los alimentos así cocinados (Morales y Troncoso, 2006).

A bajas dosis, se pueden considerar como factores bioactivos ya que poseen efectos beneficiosos para la salud. Esto es debido a que mimetizan la acción de la insulina, disminuyendo los niveles de glucosa en sangre. Además pueden inhibir el crecimiento tumoral e incluso actuar como prebióticos (Pusztai *et al.*, 2004). Algunos autores sugieren que estos compuestos inhiben el crecimiento tumoral debido a que disminuyen la absorción de nutrientes y por lo tanto se produce un menor crecimiento celular. Además tienen un efecto similar a los prebióticos ya que producen un aumento de la materia fermentable en el colon; igualmente, han sido considerados como coadyuvantes de la vacunación

oral pues incrementan la producción de anticuerpos (de Dios *et al.*, 2009).

Oligosacáridos. Los oligosacáridos son carbohidratos compuestos por un número pequeño de azúcares, de tres a diez unidades. En los alimentos vegetales los más frecuentes son los α -galactósidos y dentro de este grupo destacan los de la familia de la rafinosa. Se incluyen rafinosa (trisacárido), estaquiosa (tetrasacárido), verbascosa (pentasacárido) y ajugosa (hexasacárido). Están presentes en legumbres como garbanzos, lentejas, judías, guisantes y habas en distintas cantidades (Tabla 4).

Los α -galactósidos se conocen bien como factores antinutritivos debido a que causan flatulencia. La flatulencia se produce porque los mamíferos, incluido el hombre, no tienen en su mucosa intestinal la enzima (α -galactosidasa) necesaria para hidrolizar estos compuestos. Al no poder ser digeridos y no atravesar la pared intestinal, pasan intactos al colon,

Tabla 4. Oligosacáridos (mg/g) en algunas legumbres españolas.

N.D.= no detectado. El rango de datos abarca diferentes variedades. Fuente: Muzquiz *et al.* (2012).

Legumbre	Rafinosa	Ciceritol	Estaquiosa	Verbascosa	Ajugosa
Soja (<i>Glycine max</i>)	8,8 - 9,3	N.D.	22,6 - 40,7	0,0 - 2,1	N.D.
Altramuz (<i>Lupinus albus</i>)	6,3 - 7,3	4,0	55,0 - 59,1	11,7 - 11,9	N.D.
Lentejas (<i>Lens culinaris</i>)	0,4 - 2,9	1,0 - 12,8	1,0 - 22,6	0,8 - 21,9	N.D.
Guisante (<i>Pisum sativum</i>)	5,0 - 6,58	0,0 - 1,8	14,6 - 26,3	27,8 - 50,2	N.D.
Almorta (<i>Lathyrus cicera</i>)	6,1 - 7,1	2,2 - 0,9	30,7 - 36,1	N.D.	N.D.
Garbanzo (<i>Cicer arietinum</i>)	4,5 - 6,5	22,8 - 38,3	16,7 - 22,9	N.D.	N.D.
Haba (<i>Vicia faba</i>)	4,0 - 5,0	N.D.	9,2 - 9,4	28,7 - 29,6	0,2 - 1,6
Judía (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	1,0 - 2,90	N.D.	29,3	1,1	N.D.

donde son metabolizados por bacterias anaerobias de la microbiota colónica. La fermentación da lugar a la producción de gases como hidrógeno, anhídrido carbónico y pequeñas cantidades de metano (Rochfort and Panozzo, 2007). La flatulencia a veces va acompañada de diarrea y dolor abdominal si se consumen grandes cantidades. Se conoce bien que la ingestión de rafinosa y estaquiosa causa flatulencia mientras que la de cicero (oligosacárido característico del garbanzo) no la produce tanto, posiblemente porque este último se hidroliza más fácilmente debido a su diferente estructura (Muzquiz and Wood, 2007).

Por otra parte, los α -galactósidos pueden proporcionar muchos beneficios al ser humano ya que se comportan como prebióticos (Schley and Field, 2002). Diferentes organismos internacionales tales como la FAO (Food and Agriculture Organization) de Naciones Unidas y la Asociación Internacional de Probióticos y Prebióticos (ISAPP) también definen a los prebióticos como: *“ingredientes alimentarios que al ser fermentados selectivamente producen cambios específicos en la composición y/o actividad de la microbiota gastrointestinal confiriendo beneficios en la salud del individuo”*. Se han estudiado especialmente las semillas de soja como fuente importante de oligosacáridos como rafinosa y estaquiosa. Los trabajos realizados con humanos indican que estos oligosacáridos presentan actividad prebiótica y, en un estudio *in vivo* llevado a cabo con animales, Chen *et al.* (2010) sugirieron que pueden reducir

significativamente los niveles de glucosa y lípidos en sangre y el estrés oxidativo (Corzo *et al.*, 2015).

La fermentación de los compuestos prebióticos en el colon por la microbiota colónica produce un aumento de las bacterias beneficiosas, una inhibición de las perjudiciales y la producción de ácidos grasos de cadena corta (acético, propiónico y butírico) que son positivos para la salud humana tanto a nivel local del tracto digestivo como a nivel sistémico. Los ácidos grasos de cadena corta son los responsables de la gran mayoría de los efectos atribuidos a los compuestos prebióticos como es la normalización del tránsito intestinal, la disminución del colesterol sanguíneo y de la glucemia, la prevención del cáncer de colon, etc. Todo ello lleva a la conclusión de que, si bien los gases producidos son molestos para el individuo, los efectos positivos son numerosos. Como se ha comentado en diversas ocasiones la cantidad ingerida es la clave.

Vicina y convicina. Los glucósidos vicina y convicina son los factores antinutritivos más característicos de una legumbre de gran consumo como es el haba. Son hidrolizados por β -glucosidasas de la microbiota colónica y se liberan los compuestos divicina e isouramilo, que son los principios tóxicos causantes de una enfermedad hereditaria conocida como fabismo, que cursa con anemia hemolítica aguda. El fabismo se manifiesta tras la ingestión continuada de habas como principal fuente proteica, pero únicamente en

individuos que no tienen la enzima glucosa-6-P-deshidrogenasa (G-6-PDH) en sus glóbulos rojos. Se presenta principalmente entre los habitantes de los países de la cuenca mediterránea, teniendo una mayor predisposición los varones jóvenes. En estas poblaciones susceptibles, la incidencia anual de la enfermedad es de entre 1 y 9 casos por 10.000 personas aproximadamente. El fabismo produce en las primeras horas fatiga, cefalea, mareos, náuseas, vómitos, escalofríos, palidez, dolor abdominal y lumbar, y fiebre. Le sigue una hemólisis de intensidad y gravedad variable, después, se observa ictericia y en algunas ocasiones se desarrolla una afección renal aguda que puede incluso provocar la muerte (Goyoaga, 2005; Marquardt, 1989). Actualmente en España esta patología no es frecuente, solamente ha habido casos en regiones del mundo con hambruna donde la única fuente proteica está constituida por habas.

Vicina y convicina pueden presentar también efectos positivos para el hombre como es la prevención de la arritmia cardíaca (Marquardt, 1989). La divicina también posee propiedades antitumorales, ya que en presencia de O_2 genera H_2O_2 y este último junto al ion ferroso, provoca la liberación de OH causante de daños a membranas celulares, produciéndose por tanto la lisis de células tumorales (Cowden et al., 1987).

El ácido fítico. Es un compuesto ampliamente distribuido en las semillas de leguminosas (Tabla 5). Puede ser degradado por las enzimas fitasas (*mio-inositol hexaquis-*

fosfato fosfohidrolasas) tanto endógenas como exógenas. El ácido fítico constituye la principal forma de reserva de fosfato inorgánico de la semilla. Los animales monogástricos, entre ellos el hombre, tienen escasas fitasas a nivel de estómago e intestino delgado, de manera que no pueden hidrolizar la molécula de ácido fítico y utilizar el fósforo que se encuentra formando parte de su estructura, ni los minerales con los que forma sales. Al llegar al intestino grueso, la actividad fitásica de la mucosa tampoco es suficiente para hidrolizarlo, por lo que es metabolizado por bacterias de la microbiota intestinal, aunque el fósforo y los demás minerales liberados ya no pueden ser absorbidos a ese nivel (Steer and Gibson, 2002).

Tabla 5. Ácido fítico (mioinositol fosfato) en algunas legumbres españolas. El rango de datos abarca diferentes variedades. Fuente: Muzquiz et al. (2012).

Legumbre	Ácido Fítico
Soja (<i>Glycine max</i>)	4,8 - 20,1
Altramuz (<i>Lupinus albus</i>)	8,9
Lenteja (<i>Lens culinaris</i>)	12,2
Guisante (<i>Pisum sativum</i>)	4,5 - 6,4
Almorta (<i>Lathyrus cicera</i>)	5,8 - 8,8
Garbanzo (<i>Cicer arietinum</i>)	5,7 - 6,9
Haba (<i>Vicia faba</i>)	6,5 - 8,6
Judía (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	4,0 - 5,0

Su efecto antinutritivo está relacionado con la capacidad de unirse a determinados iones metálicos di- y trivalentes, siendo especialmente susceptibles cationes como el calcio, magnesio, zinc, hierro y cobre. A pH fisiológico forma sales insolubles que no se pueden absorber ni utilizar. Por esta razón el calcio de los

alimentos de origen vegetal es menos biodisponible que el calcio de la leche y derivados lácteos.

El ácido fítico además interactúa de forma inespecífica con proteínas e hidratos de carbono como el almidón. Esta unión altera la solubilidad, funcionalidad, digestión y absorción de estos componentes de los alimentos. También puede interactuar con las enzimas digestivas, inhibiendo su función (Morales y Troncoso, 2006).

Como ocurre con otros compuestos llamados antinutrientes, el ácido fítico presenta también algunos efectos beneficiosos para el organismo humano. Tiene propiedades antioxidantes *in vitro*, efecto que se lleva cabo a través de su capacidad de unirse al hierro y al cobre, aunque el mecanismo exacto no se conoce y además no siempre se ha podido demostrar este efecto *in vivo* (Lajolo *et al.*, 2004).

El ácido fítico presente en la soja tiene efectos beneficiosos frente a patologías cardiovasculares, por el control de la hipercolesterolemia y la prevención de la aterosclerosis, puede prevenir la formación de cálculos renales y reducir el riesgo de cáncer de colon (Champ 2002; Greiner *et al.*, 2002). Puede ser responsable de la relación epidemiológica entre dietas ricas en fibra (ricas también en este compuesto) y la baja incidencia de algunos cánceres (Campos-Vega *et al.*, 2010). Inhibe el crecimiento neoplásico de multitud de tipos de cáncer (mama, colon, hígado) y

se ha comprobado que induce apoptosis en las células cancerígenas, incrementa la actividad de las células asesinas naturales del sistema inmunitario, además del efecto antioxidante (Morales y Troncoso, 2006). También parece estar implicado en la prevención de caries dentales por su capacidad de unión al calcio del esmalte, quedando los dientes más protegidos frente al ataque de ácidos y bacterias (Konietzny and Greiner, 2003).

El efecto positivo o negativo del ácido fítico depende de varios factores: de la concentración relativa de este compuesto y de otros nutrientes, de las condiciones bajo las cuales es consumido (efecto del procesado, presencia de enzimas hidrolíticas, interacción con otros compuestos de la dieta) y del estado nutricional y de salud del individuo. Por tanto, aquellas personas que consumen alimentos ricos en ácido fítico, pero pobres en otros nutrientes como minerales y proteínas, tendrán una mayor predisposición a desarrollar enfermedades relacionadas con deficiencias en minerales o a padecer malnutrición proteica. Concretamente los niños, al requerir un mayor aporte de nutrientes, serán más susceptibles al efecto del ácido fítico. Por el contrario, individuos que consumen exceso de calorías y nutrientes, al igual que aquellos con un mayor riesgo de padecer enfermedades crónicas como el cáncer, afecciones cardiovasculares o diabetes, pueden tolerar mayores dosis, actuando incluso como anticancerígeno, hipolipidemiante o hipoglucemiante, pero han de confirmarse las dosis apropiadas de ácido fítico nece-

sarias para disminuir los efectos adversos y potenciar los efectos favorables para la salud (Steer and Gibson, 2002).

Se podría concluir diciendo que los niveles a los que el ácido fítico ejerce un beneficio para la salud con mínimos efectos adversos sobre el estado nutricional del individuo no han sido establecidos todavía, y al mismo tiempo que el término antinutriente aplicado al mismo habría que revisarlo.

Los taninos. Los taninos son compuestos fenólicos solubles en agua que contienen un gran número de grupos hidroxilo y otros grupos funcionales con los que se unen a proteínas y otras macromoléculas de manera inespecífica. Se clasifican en hidrolizables y en condensados o proantocianidinas. Los taninos hidrolizables se encuentran en escasa proporción en los alimentos, aunque suelen estar en bayas como fresas, frambuesas o moras. Los taninos condensados en presencia de calor y medio ácido liberan antocianidinas, de ahí que también se les denomine proantocianidinas. Estos compuestos se encuentran ampliamente distribuidos en los vegetales. Entre las fuentes más importantes destacan las legumbres (Scalbert *et al.*, 2000; Chung *et al.*, 1998) (Tabla 6).

Los efectos fisiológicos de las proantocianidinas están relacionados con su estructura, especialmente con su grado de polimerización y el número de grupos fenólicos presentes en la molécula que son la base de su unión a proteínas,

Tabla 6. Taninos y saponinas (g /100 g ms) en algunas legumbres españolas. ms: materia seca. El rango de datos abarca diferentes variedades. Fuente: Champ (2002).

Legumbre	Taninos	Saponinas
Soja (<i>Glycine max</i>)	—	0,6
Altramuz (<i>Lupinus albus</i>)	—	—
Lentejas (<i>Lens culinaris</i>)	0,1	0,4 - 0,5
Guisantes (<i>Pisum sativum</i>)	0,0 - 1,3	0,1 - 0,3
Garbanzo (<i>Cicer arietinum</i>)	0,0 - 0,1	0,4
Haba (<i>Vicia faba</i>)	0,0 - 2,1	0,4
Judía (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	0,0 - 0,7	—

carbohidratos, cationes metálicos y radicales libres. Interaccionan con proteínas muy diversas como enzimas, toxinas y hormonas, y producen efectos tanto beneficiosos como perjudiciales para la salud. Así por ejemplo, se ha comprobado que el valor nutritivo de los alimentos se reduce debido a la inhibición de la digestión de la proteína por interacción entre las proantocianidinas y las enzimas digestivas, o bien por la formación de complejos insolubles con dicha proteína (Santos-Buelga and Scalbert, 2000). Además tienen la capacidad de formar complejos con iones divalentes y trivalentes, disminuyendo la disponibilidad de calcio y hierro. Las proantocianidinas se unen al Fe^{3+} y provocan una deficiencia de este mineral en el organismo, desencadenándose en algunas ocasiones anemia. También reducen la biodisponibilidad de otros minerales como Mg^{2+} y Zn^{2+} , pero con el Cu^{3+} ejercen una acción contraria, ya que al tener poca afinidad

por él, su biodisponibilidad se incrementa (Santos-Buelga and Scalbert, 2000; Chung *et al.*, 1998).

Los taninos poseen propiedades preventivas frente a enfermedades gastrointestinales como la diarrea o la úlcera. Su efecto antidiarreico lo desarrollan por unión a proteínas de la mucosa intestinal para formar una película protectora y su actividad antiulcerosa es debida también a su capacidad de unión a proteínas, pero en este caso para cubrir la superficie dañada del estómago (Saito *et al.*, 1998). Tienen actividad antioxidante (captadores de radicales libres), previenen y mejoran enfermedades cardiovasculares, y también parecen ejercer actividad anticancerígena. La actividad anticancerígena la desarrollan protegiendo a las células de daños oxidativos, siendo menor el daño del ADN. Además, evitan el desarrollo de la arteriosclerosis inhibiendo la peroxidación lipídica de lipoproteínas de baja densidad en plasma. Pero ésta, no es la única forma de prevenir enfermedades cardiovasculares, también reducen el riesgo de padecer trombosis inhibiendo la agregación plaquetaria (Santos-Buelga and Scalbert, 2000). Los taninos interfieren en la digestión y absorción de carbohidratos, reducen los niveles de glucosa en sangre e incrementan los de insulina, por lo que pueden ser utilizados frente a la diabetes y para el control de la obesidad (Thompson, 1993). También actúan como agentes antimicrobianos frente a un gran número de bacterias, virus y hongos. Pueden inactivar bacterias causantes de diarrea y de caries denta-

les, incluso el herpes virus, el virus de la gripe o el virus de la inmunodeficiencia humana, entre otros (Chung *et al.*, 1998).

Las saponinas. El nombre de saponinas deriva de su capacidad para formar espuma en soluciones acuosas. Son un grupo de compuestos complejo y químicamente diverso. Su estructura se caracteriza por la presencia de un grupo esteroídico o triterpénico, ligado a una o más moléculas de mono- y oligosacáridos, formando así los glucósidos (Kadam *et al.*, 1989). La diversidad de actividades biológicas de las saponinas depende de la variabilidad de la estructura. Se han encontrado saponinas en muchas legumbres como lentejas, garbanzos, soja, judías y guisantes (Tabla 6). La ingesta de alimentos vegetales que contengan saponinas se ha asociado tanto a efectos negativos como beneficiosos, de la misma manera que se ha visto en el resto de los antinutrientes de los que se ha hablado en este capítulo.

Los efectos fisiológicos se deben a dos causas: sus fuertes interacciones físicas con otros componentes de los alimentos y su capacidad de interactuar con las membranas de las células de la mucosa. La ingesta de grandes cantidades puede causar irritación en el epitelio intestinal, pero si acceden al torrente circulatorio a través de lesiones, pueden producir daño hepático, hemólisis, fallo respiratorio y coma. Las saponinas también son capaces de hidrolizar otras células, como las de la mucosa intestinal, interfiriendo con la absorción de nutrientes. Además, inhiben enzimas

metabólicos y digestivos como proteasas, amilasas o lipasas. El consumo de leguminosas con elevadas concentraciones de saponinas es bajo, porque son sustancias amargas y astringentes (Thompson, 1993).

Los beneficios potenciales del consumo de pequeñas concentraciones de saponinas son la reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares y algunos cánceres. Se ha visto que las saponinas pueden disminuir el colesterol plasmático en animales. Sin embargo, el efecto hipocolesterolemiante en humanos es más dudoso. Algunos estudios sugieren que pueden reducir el colesterol a través de la formación de complejos insolubles con el mismo, por lo tanto evitando su absorción en el intestino. Además pueden aumentar la excreción de ácidos biliares, una forma indirecta de hacer disminuir el colesterol (Rochfort and Panozzo, 2007). Pueden tener también propiedades anticancerígenas, como se ha sugerido en un estudio con ratones donde las saponinas ingeridas inhibían el desarrollo de lesiones preneoplásicas en el colon (Korathkar and Rao, 1997). Las saponinas disminuyen los lípidos sanguíneos, reducen el riesgo de distintos tipos de cánceres y disminuyen la glucemia. Una dieta rica en saponinas se puede usar para inhibir la caries dental y la agregación plaquetaria, así como antídoto frente a la intoxicación aguda por plomo. En estudios epidemiológicos, se ha visto que tienen una relación inversa con la incidencia de cálculos renales (Shi *et al.*, 2004).

Se puede decir como conclusión que las saponinas presentan poca actividad antinutritiva y no perjudican al hombre en las cantidades en las que normalmente se encuentran en las legumbres que se consumen. Numerosos estudios indican que tienen un amplio rango de actividades biológicas y efectos positivos (de Dios *et al.*, 2009).

La atención al procesado: cómo potenciar el valor nutritivo y funcional de las legumbres

La presencia de antinutrientes en las legumbres, y por lo tanto la limitación de su uso en alimentación humana, lleva a la aplicación de toda una serie de técnicas encaminadas a reducir estos compuestos y a incrementar su calidad y valor nutritivo. Como se ha visto anteriormente, los antinutrientes pueden tener también efectos positivos en la salud y en este sentido la cantidad que se ingiere es la clave. No en vano el mismo Paracelso, alquimista y médico del siglo XVI, indicaba que *“Todo es tóxico, nada es tóxico. Todo depende de la dosis”*.

Es muy interesante conocer las técnicas más empleadas y más eficaces para reducir la presencia de los factores no nutritivos o antinutrientes en las legumbres, cuáles favorecen más la calidad desde el punto de vista nutritivo, funcional y organoléptico. En este sentido, la biotecnología puede jugar también un papel importante.

Según Habiba (2002) la mayoría de los antinutrientes se podrían reducir em-

pleando el procesado adecuado. Los métodos más utilizados para preparar legumbres en general son: cocinado al vapor, asado, hervido, fritura, salteado, cocinado a vacío y baja temperatura, microondas y cocinado en agua a presión y alta temperatura. En los hogares españoles algunas de estas técnicas todavía no se emplean habitualmente y otras en cambio son tradicionales. Además también hay que tener en cuenta operaciones previas como el lavado, pelado, troceado, cortado, picado y remojo (Tiwari and Cummins, 2013).

modificar la cantidad y disponibilidad de los nutrientes, pero esto no es objeto de este capítulo.

- **Descascarillado.** Es un tratamiento físico basado en la separación de la cascarrilla del resto de la semilla, con el que se consigue eliminar al menos una parte de los compuestos no deseables. Favorece además el efecto positivo del remojo y mejora la textura. Es un proceso que constituye en muchos casos un paso previo a la cocción y puede realizarse en seco o después del remojo.



Figura 1. Procesado de las legumbres. Efecto sobre el contenido de factores no nutritivos.

A continuación se exponen los métodos de procesado más empleados y la forma en la que pueden incidir en la concentración inicial de los antinutrientes. Los procesos aplicados a las legumbres, culinarios principalmente, también pueden

- **Remojo.** El remojo de las semillas de leguminosas constituye generalmente un paso previo al uso de otros procesados como la cocción o la germinación. Sin embargo, en sí mismo es un método de reducción de ciertos componen-

tes solubles en agua como inhibidores de proteasas, lectinas, oligosacáridos, glucósidos como vicina y convicina, ácido fítico, taninos y saponinas, que pasan al agua de remojo. Aunque en ocasiones, la cascarilla gruesa y fuerte de algunas leguminosas evita la difusión de estos compuestos al agua. El grado de eliminación de los antinutrientes depende de la temperatura de remojo, del pH del medio, del tipo de legumbre y de las propiedades de solubilidad de los componentes (Farran *et al.*, 2002). La reducción de factores no-nutritivos mediante remojo suele ir acompañada de una pérdida de nutrientes como proteínas y vitaminas solubles en este medio, pero este es el precio que hay que pagar por los beneficios obtenidos.

En el caso de judías y guisantes muchos autores han señalado un descenso en el tiempo de cocinado usando remojo previo (Taiwo and Akanbi, 1997). Durante el remojo el agua es dispersada en los gránulos de almidón y fracciones de proteínas de las judías, lo que facilita procesos como la gelatinización del almidón y la desnaturalización de las proteínas, que influyen positivamente en la textura (Siddiq and Uebersax, 2012). Esto se puede mejorar añadiendo sal (cloruro sódico) al agua de remojo. Schoeninger *et al.* (2014), indican que un tiempo de remojo de unas 12 horas en agua a la que se le ha añadido bicarbonato sódico (2,3 g /100 ml) produce una reducción de más del 50% del tiempo de cocinado en judías.

También se ha visto que el remojo de judías en agua con bicarbonato sódico elimina taninos y reduce la actividad de los inhibidores de tripsina (Taiwo and Akanbi, 1997). Sin embargo si se emplea agua destilada se produce un incremento de estos inhibidores (2,3 – 19,3%) en algunas legumbres (Wang *et al.*, 2008). Según Taiwo and Akanbi (1997), si se emplea para el remojo simplemente agua, sin añadir ninguna sal, no se reduce el contenido en taninos.

Según León *et al.*, (1992), si las legumbres se remojan en agua con sal (cloruro sódico), se elimina posteriormente este agua y se cocina con agua nueva se lograría la mejor manera de mejorar la calidad nutritiva. En concreto se ha visto que la presencia de oligosacáridos flatulentos en las legumbres se puede disminuir mediante el remojo y cocinado posterior eliminando el agua de cocción y utilizando agua fresca. Además este método de cocinado con sal puede dar lugar a un ablandamiento de la piel debido a que los iones de sodio reemplazan a los de calcio y magnesio en las pectinas de la pared celular (Crosby, 2012).

Fabbi and Crosby (2016) han llevado a cabo un amplio estudio de revisión sobre el efecto del procesado de las legumbres y concluyen señalando que el remojo y el cocinado son efectivos para reducir antinutrientes como taninos, inhibidores de la tripsina y ácido fítico, entre otros.

• **Tratamientos térmicos.** Los procesos tecnológicos en los que se utiliza calor para reducir antinutrientes de semillas de leguminosas están muy extendidos y además son prácticas culinarias habituales aplicadas a las legumbres antes de su consumo porque mejoran la digestibilidad y las características organolépticas. Se pueden destacar la cocción a presión atmosférica y la cocción a alta presión y temperatura. Otros procesados son el asado, la fritura o los tratamientos con microondas. A pesar de que las altas temperaturas inactivan algunos antinutrientes, un calentamiento excesivo puede destruir algunos nutrientes y hacer que la calidad nutritiva de la semilla sea menor (Sathe and Salunkhe, 1989).

Los inhibidores de tripsina presentes en las semillas de leguminosas son proteínas que generalmente se inactivan con las altas temperaturas (Haddad and Al-laf, 2004). Sin embargo, un tratamiento por calor excesivo puede dañar las proteínas, produciendo un descenso en la digestibilidad de las mismas y en la disponibilidad de los aminoácidos, lo que representa pérdida de calidad. La efectividad de los tratamientos por calor depende de la temperatura, del tiempo de calentamiento, de las condiciones de humedad, del tamaño de partícula y del tipo de semillas; por tanto, es recomendable aplicar métodos combinados para minimizar el daño en la calidad nutricional del alimento y promover una mayor inactivación; por ejemplo, podría ser conveniente después de ger-

minar las semillas escaldarlas con agua hirviendo durante tres minutos para inactivar el 90% de los inhibidores de proteasas (Belmar, 2001).

Los niveles de lectinas también suelen reducirse o incluso eliminarse con tratamientos térmicos (Alonso *et al.*, 2000). En algunos de los ensayos realizados con temperaturas elevadas, los oligosacáridos acumulados en las legumbres se reducen por hidrólisis. Sin embargo, en otros trabajos se han incrementado debido a la modificación de la microestructura celular, que lleva a la liberación de los oligosacáridos que se encontraban unidos a proteínas y otras macromoléculas, o que formaban parte de polisacáridos de gran peso molecular (Kadlec *et al.*, 2004; Porzucek *et al.*, 2002).

Estos tratamientos no son los más apropiados para eliminar vicina y convicina, ya que para que sean efectivos hay que aplicar temperaturas muy elevadas, con las que se modifican las características organolépticas y se reduce el valor nutritivo de la semilla (Arbid and Marquardt, 1985). En este punto no hay que olvidar que estos compuestos son un caso particular y que solamente producen efecto adverso (fabismo) en personas que carecen de una enzima concreta como ya se indicó en un apartado anterior, y que consumen habas como fuente proteica fundamental durante un largo periodo de tiempo (varios meses). En España sólo se han detectado casos en época de postguerra.

En el caso del ácido fítico, al inicio del proceso térmico, las fitasas endógenas se incrementan y lo hidrolizan, pero a medida que las temperaturas van ascendiendo, estas enzimas se desnaturalizan y la hidrólisis se produce únicamente por las altas temperaturas (Greiner and Konietzny, 1998). En algunos trabajos se han observado reducciones de taninos condensados tras un tratamiento por calor y en otros por el contrario, se ha detectado un incremento de los mismos (Alonso *et al.*, 2000). El aumento podría estar causado por la modificación de la estructura celular, ya que los taninos se hacen más accesibles al análisis. Además, gracias a la liberación de los taninos que formaban complejos con proteínas y otros compuestos, disminuye su grado de polimerización (Vidal-Valverde *et al.*, 1994). Debido a la naturaleza termolábil de las saponinas, su contenido se reduce con procesados en los que se utiliza calor (Khokhar and Chauhan, 1986).

- **Fermentación.** La fermentación es una de las técnicas más antiguas y económicas con la que se puede incrementar la calidad nutritiva de las leguminosas, siendo especialmente útil en semillas duras o con alto contenido en antinutrientes. Este procesado lo llevan a cabo microorganismos, y se producen cambios como la hidrólisis de proteínas o carbohidratos. Se utiliza para la eliminación parcial o total de factores no-nutritivos como oligosacáridos de la familia de la rafinosa, que se hidro-

lizan en presencia de α -galactosidasas tanto endógenas como de los microorganismos responsables de la fermentación (Frías *et al.*, 2003).

Los inhibidores de tripsina (Tabera *et al.*, 1995) y las lectinas (Reddy and Sallunkhe, 1989) son compuestos que se reducen con este proceso, así como el ácido fítico que disminuye por activación de fitasas de la propia leguminosa y de los microorganismos causantes de la fermentación. Los taninos descienden por causa de la actividad de enzimas oxidativas presentes en la legumbre y en los microorganismos. También se incrementa el contenido en catequinas, debido a la reducción del grado de polimerización de los taninos condensados (Goyoaga, 2005; Tabera *et al.*, 1995).

- **Germinación.** La germinación es una técnica de procesado de bajo coste, muy útil para incrementar el valor nutritivo de las semillas de leguminosas, ya que se consigue aumentar la digestibilidad de la proteína y de los hidratos de carbono, y el contenido en algunas vitaminas, además de reducirse o incluso eliminarse algunos antinutrientes. Estos factores suelen formar parte de las sustancias de reserva de la semilla y durante el proceso de germinación van siendo degradados y utilizados en el desarrollo de la plántula. De esta manera, se ha observado como la actividad de los inhibidores de proteasas se reduce durante la germinación, mientras que las proteasas endógenas van

incrementando su actividad. Por ello, se ha pensado que las propias proteasas de la semilla, podrían actuar igualmente (Lam *et al.*, 1999). Además, la digestibilidad de las proteínas se incrementa, y el contenido en aminoácidos libres también, lo que se debe a la mayor actividad de las proteasas (Alonso *et al.*, 2000).

La germinación incrementa también las α -galactosidasas, enzimas encargadas de hidrolizar los oligosacáridos de la familia de la rafinosa a azúcares de menor tamaño, necesarios para el desarrollo de la planta y así se disminuye la flatulencia que produce la fermentación en el tracto digestivo de estos compuestos. Se ha observado la reducción de ácido fítico, taninos condensados, lectinas y saponinas (Alonso *et al.*, 2000). Según algunos autores, el contenido en taninos condensados disminuye durante la germinación debido a su degradación enzimática (Alonso *et al.*, 2000), aunque otros han observado un incremento de los mismos, posiblemente por la modificación de la estructura celular o incluso por la liberación de su unión a proteínas y otras moléculas, facilitando su extracción y determinación (Vidal-Valverde *et al.*, 1994). En el caso de los glucósidos vicina y convicina, generalmente las reducciones son pequeñas (Jamalian, 1999).

La germinación no parece influir directamente sobre la composición mineral de la semilla, pero con el incremento de las fitasas endógenas que hidrolizan

el ácido fítico, el fósforo que formaba parte de la molécula se libera y también aumenta la biodisponibilidad de otros minerales (Egli *et al.*, 2002).

Conclusiones

- Las legumbres son alimentos vegetales que forman parte importante de la tradición agraria y culinaria de España. Constituyen una de las bases de la Dieta Mediterránea por su calidad nutricional, especialmente por la cantidad y tipo de las proteínas que aportan, sin olvidar otros componentes como la fibra alimentaria.
- Presentan una serie de compuestos denominados factores antinutritivos o antinutrientes, sustancias que pueden afectar al valor nutritivo de las legumbres, ya sea disminuyendo la asimilación de nutrientes, o causando efectos fisiológicos no deseables, hasta llegar a ser tóxicos.
- Los factores antinutritivos que son termolábiles, son inactivados o destruidos mediante tratamientos térmicos, tratamientos que se aplican de forma cotidiana en la preparación de alimentos. Los factores termoestables pueden eliminarse mediante la combinación de otros métodos sencillos como la germinación, el remojo, la fermentación, la cocción y/o el escaldado, produciendo adicionalmente un aumento en la digestibilidad y mejora de las propiedades organolépticas de las semillas tratadas.

- Si bien los factores antinutritivos en su estado natural tienen efectos adversos sobre el aprovechamiento de nutrientes, o sobre la salud, estudios recientes han demostrado que no resultan perjudiciales en pequeñas cantidades. Numerosas investigaciones revelan que estos compuestos tienen efectos positivos frente a ciertas enfermedades. De acuerdo con su naturaleza pueden actuar como prebióticos, hipocolesterolemiantes, antitrombóticos, anticancerígenos, antioxidantes, hipoglucemiantes o diuréticos.
- El estudio de los llamados factores antinutritivos o antinutrientes constituye un amplio campo para la investigación bajo diferentes enfoques (agronómico, nutricional y funcional). El reto que se presenta es conocer mejor los posibles efectos positivos y saber de qué manera se pueden modificar las concentraciones de estos componentes en las legumbres de manera que se obtengan efectos beneficiosos para la salud humana.

Referencias

- Alonso, R., Aguirre, A. and Marzo, F. (2000). *Effects of extrusion and traditional processing methods on antinutrients and in vitro digestibility of protein and starch in faba and kidney beans*. Food Chem., 68: 159-165.
- Arbid, M. and Marquardt, R. (1985). *Hydrolysis of the toxic constituents (vicine and convicine) in fababean (Vicia faba L.) food preparations following treatment with β -glucosidase* Journal of the Science of Food and Agriculture 36 (9): 839-846.
- Bartholomai, GB., Tosi, E. y González R. (2000). *Caracterización de compuestos nutritivos, no nutritivos y calidad proteica*. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Editorial Eudeba, Buenos Aires, Argentina.
- Belmar, R. (2001). Importancia de los factores antinutricionales en la alimentación de animales no rumiantes. En: Memorias del X congreso de veterinaria. Pp. 34-54. Yucatán. Universidad Autónoma de Yucatán.
- Campos-Vega R, LoarcaPinã, GF., Oomah, BD. (2010). Minor components of pulses and their potential impact on human health. Food Res Int 43:461-482.
- Carbonaro, M., Grant, G., Cappelloni, M. and Pusztai A. (2000). *Perspectives into factors limiting in vivo digestion of legume proteins: Antinutritional compounds or storage proteins?*. J. Agric. Food Chem 48(3): 742-749.
- Champ, MJ. (2002). *Non-nutrient bioactive substances of pulses*. British Journal of Nutrition, 88, Suppl. 3:S307-S319.
- Chen, H., Liu, LJ., Zhu, JJ., Xu, B., Li, R. (2010). *Effects of soybean oligosac-*

- charides on blood lipid, glucose levels and antioxidant enzymes activity in high fat rats.* Food Chem. 119: 1633-1636.
- Chung K-T., Wong T. Y., Wei C-I., Huang Y-W. and Lin Y. (1998). *Tannins and human health: a review.* Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 38(6): 421-464.
- Clemente, A., MacKenzie, DA., Johnson, I.T. and Domoney, C. (2004). *Investigation of legume seed protease inhibitors as potential anti-carcinogenic proteins.* In: Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds and Oilseeds: Proceeding of the 4th International Workshop on Antinutritional Factors in Legume Seeds and Oilseeds. Pp 137-141. Muzquiz, M., Hill, GD., Cuadrado, C., Pedrosa MM. and Burbano C. Eds., Wageningen Academic Publishers, The Netherlands.
- Corzo, N., Alonso, JL., Azpiroz, F., Calvo, MA, Cirici, M., Leis, R., Lombó, F., Mateos-Aparicio, I., Plou, FJ., Ruas-Madiedo, P., Rúperez, P., Redondo-Cuenca, A., Sanz, ML. y Clemente, A. (2015). *Prebióticos; concepto, propiedades y efectos beneficiosos.* Nutr Hosp, 31(Supl. 1): 99-118.
- Cowden W.B., Ramshaw I.A., Badenoch-Jones P. (1987). *Divicine-induced free radical killing of tumour cells.* Med. Sci. Res., 15: 997-998.
- Crosby, G. (2012). *America's Test Kitchen.* En: The Science of Good Cooking. Massachusetts: America's Test Kitchen, Brookline.
- de Dios Elizalde, A., Porrilla, YP. y Chaparro, DC. (2009). *Factores anti-nutricionales en semillas.* Facultad de Ciencias Agropecuarias, 7 (1): 45-54.
- Domoney, C. (1999). *Inhibitors of legume seeds.* In: Seed Proteins. Pp. 697-719. Shewry, PR. and Casey Eds. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Egli, I., Davidsson, L., Juillerat, MA., Barclay D. and Hurrell RF. (2002). *The influence of soaking and germination on the phytase activity and phytic acid content of grains and seeds potentially useful for complementary feeding.* J. Food Sci., 67 (9): 3484-3488
- Fabbri, ADT and Crosby, GA. (2016). *A review of the impact of preparation and cooking on the nutritional quality of vegetables and legumes.* International Journal of Gastronomy and Food Science. 3: 2-11.
- FAO Technical Meeting on prebiotics. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Food Quality and Standards Service (AGNS). September 15-16, 2007.
- Farran MT., Darwish AH., Uwayjan MG., Sleiman FT. and Ashkarian V.M. (2002). *Vicine and Convicine in common vetch (Vicia sativa) seeds en-*

- hance β -cyanoalanine toxicity in male broiler chicks. *International Journal of Toxicology*, 21: 201-209.
- Frías, J., Doblado, R. and Vidal-Valverde, C. (2003). *Kinetics of soluble carbohydrates by action of endo/exo α -galactosidasas enzyme in lentils and peas*. *Eur. Food Res. Technol.*, 216: 199-203.
- Friedman, M. and Brandon, DL. (2001). *Nutritional and health benefits of soy proteins*. *J. Agric. Food Chem.* 49, 1069-1086.
- Goldstein, IJ. and Porezt, RD. (1986). *Isolation and chemical properties of lectins*. In: *The lectins: Properties, Functions and Applications in Biology and Medicine*. Liener, IE., Sharon N. and Goldstein IJ., Eds. Academic Press, N Y, EEUU.
- Goyoaga, C. (2005). *Estudio de factores no nutritivos en "Vicia faba L.": influencia de la germinación sobre su valor nutritivo*. Tesis Doctoral. Madrid. ISBN: 84-669-2747-6.
- Grant, G. and Van Driessche, E. (1993). *Legume lectins: physicochemical and nutritional properties*. En: *Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds: Proceeding of the 2nd International Workshop on Antinutritional Factors in Legume Seeds*. van der Poel, AFB., Huisman, J. and Saini HS. Eds. EAAP publication, Wageningen, The Netherlands.
- Greiner, R. and Konietzny, U. (1998). *Endogenous phytate-degrading enzymes are responsible for phytate reduction while preparing beans (Phaseolus vulgaris)*. *J. Food Processing Preservation*, 29: 321-331.
- Greiner, R., Larsson-Alminger, M., Carlsson, N-G., Muzquiz, M., Burbano, C., Cuadrado, C., Pedrosa, M.M. and Goyoaga, C. (2002). *Pathway of dephosphorylation of myo-inositol hexakisphosphate by phytases of legume seeds*. *J. Agric. Food Chem.* 50(23): 6865-6870.
- Habiba, R. (2002). *Changes in anti-nutrients, protein solubility, digestibility, and HCl-extractability of ash and phosphorus in vegetable peas as affected by cooking methods*. *Food Chem.* 77(2), 187-192.
- Haddad, J. and Allaf, K. (2004). *Reduction of antinutritional factors of soybean and rapeseed by processing: description of the process and effectiveness evaluation*. In: *5th European Conference on Grain Legumes, Abstracts of posters n° 71*.
- ISAPP (2008) 6th Meeting of the International Scientific Association of Probiotics and Prebiotics, London, Ontario.
- Jamalian, J. (1999). *Removal of favism-inducing factors vicine and convicine and the associated effects on the protein content and digestibility of*

- fababeans (Vicia faba L.)*. J. Sci. Food Agric., 79: 1909-1914.
- Kadam, SS., Jadhav, SJ. and Salunkhe DK. (1989). *Other antinutritional factors*. In: Handbook of World Food Legumes: Nutritional Chemistry, Processing Technology, and Utilitation. Vol. I. Pp.189-193 Salunkhe, DK. and Kadam, SS. Eds. CRC Press, Boca Raton, Florida, EEUU.
- Kadlec P., Dostalova J., Zatopkova M., Houska M., Strohal J. 2004. The shelf life of germinated grain legume seeds treated by high pressure. En: 5th European Conference on Grain Legumes, Abstracts of posters n° 73.
- Kennedy, AR. and Wan, XS. (2002). *Effects of the Bowman-Birk inhibitor on growth, invasion, and clonogenic survival of human prostate epithelial cells and prostate cancer cells*. Prostate 50:125-133.
- Khokhar, S. and Chauhan, BM. (1986). *Antinutritional factors in moth bean (Vigna aconitifolia): varietal differences and effects of methods of domestic processing and cooking*. J. Food Sci. 51: 591-594.
- Konietzny, U. and Greiner, R. (2003). *Nutritional impact. Phytic Acid*. Elsevier Science Ltd., 4555-4563.
- Koratkar, R. and Rao, AV. (1997). *Effect of soya bean saponins on azoxymethane-induced preneoplastic lesions in the colon of mice*. Nutr Cancer 27:206-209.
- Lajolo, FM., Genovese, MI., Pryme, IF. and Dale, M. (2004). *Beneficial (anti-proliferative) effects of different substances*. In: Proceedings of the fourth international workshop on antinutritional factors in legume seeds and oil-seeds Pp 123-135. Muzquiz, M., Hill, GD., Pedrosa, MM and Burbano, C. Eds EAAP publication No. 110, Wageningen.
- Lam ,JM., Pwee, KH., Sun, WQ., Chua, YL. and Wang, X.J. (1999). *Enzyme stabilizing activity of seed trypsin inhibitors during desiccation*. Plant Sci. 142: 209-218.
- Léon, LF., de Elias, LG. and Bressani,R. (1992). *Effect of salt solutions on the cooking time, nutritional and sensory characteristics of common beans (Phaseolus vulgaris)*. Food Res. Int. 25(2):131-136.
- Makkar, HPS. (1993). *Antinutritional factors in foods for livestock*. In: Animal productions in developing countries. Pp.69-85. Gill, M., Owen, E., Pollot, GE. and Lawrence, TLJ. Eds. Occasional Publication n° 16. British Society of Animal Production.
- Marquardt, RR. (1989). *Vicine, convicina, and their aglycones - divicine and isouramil*. In: Toxicants of Plant Origin: Glycosides. Volume II. Pp.161-200. Cheeke, PR. Ed. CRC Press, Boca Raton, Florida, EEUU.

- Morales, L. y Troncoso, A. (2006). Sus-tancias antinutritivas presentes en alimentos. En: Toxicología alimentaria. 238-249. Cameán, A.M. y Repetto, M. Eds. Díaz de Santos. Madrid.
- Muzquiz, M. (2000.) *Factores antinutricionales en fuentes proteicas*. En: Vioque, J., Clemente, A., Bautista, J. and Millán, F. Eds. Jornada internacional sobre proteínas alimentarias. Sevilla, Spain.
- Muzquiz, M., Varela, A., Burbano, C., Cuadrado, C., Guillamón, E., Pedrosa, M. (2012). *Bioactive compounds in legumes: pronutritive and antinutritive actions. Implications for nutrition and health*. Phytochem Rev. 11: 227-244.
- Muzquiz, M. and Wood, JA. (2007). *Antinutritional Factors*. In: Chickpea breeding & management. Pp 143-166. Yadav, SS., Redden, R., Chen, W. and Sharma, B. Eds. CABI, Wallingford.
- Porzucek H., Duzkiewicz-Reinhard W., Piecyk M., Klepacka M., Gniewosz M. 2002. Changes of flatulence-causing-sugars in legume protein samples by high hydrostatic pressure. Food Sci. Technol., 5(2).
- Pusztai A., Grant G., Bardocz S., Martín-Cabrejas M.A. (2004). The mode of action of ANFs on the gastrointestinal tract and its microflora. En: Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds and Oilseeds: Proceeding of the 4th International Workshop on Antinutritional Factors in Legume Seeds and Oilseeds. Muzquiz M., Hill G.D., Cuadrado C., Pedrosa M.M., Burbano C. (Ed.), EAAP publication, Wageningen, The Netherlands, 87-100.
- Reddy, NR. And Salunkhe, DK. (1989). *Fermentation*. In: Handbook of World Food Legumes: Nutritional Chemistry, Processing Technology, and Utilization. Vol. I. Pp.177-218. Salunkhe, DK. and Kadam S.S. Eds. CRC Press, Boca Raton, Florida, EEUU.
- Rochfort, S. and Panozzo, J. (2007). *Phytochemicals for health, the role of pulses*. J Agric Food Chem 55:7981-7994.
- Saito, M., Hosoyama, H., Ariga, T., Kataoka, S. and Yamaji, N. (1998). *Antiulcer activity of grape seed extract and procyanidins*. J. Agric. Food Chem., 46: 1460-1464.
- Santos-Buelga, C. and Scalbert, A. (2000). *Proanthocyanidins and tannin-like compounds-nature, occurrence, dietary intake and effects on nutrition and health*. J. Sci. Food Agric, 80: 1094-1117.
- Sathe, SK. and Salunkhe, DK. (1989). *Technology of removal of unwanted components of dry legumes*. In: Handbook of World Food Legumes: Nutritional Chemistry, Processing Technology, and Utilization. Vol. III. Pp 249-279. Salunkhe, DK. and Kadam, SS. Eds. CRC Press, Boca Raton, Florida, EEUU.

- Scalbert, A., Déprez, S., Mila, I., Albrecht, A-M., Huneau, J-F. and Rabot S. (2000). *Proanthocyanidins and human health: systemic effect and local effects in the gut*. BioFactors. IOS Press, 13: 115-120.
- Schley, PD and Field, CJ. (2002). *The immune-enhancing effects of dietary fibres and prebiotics*. Br J Nutr 87(Suppl 2): 221-230.
- Schoeninger, V., Coelho, SRM., Christ, D. and Sampaio, SC. (2014). *Processing parameter optimization for obtaining dry beans with reduced cooking time*. LWT – Food Sci. Technol. 56(1):49-57.
- Shi, J., Arunasalam, K., Yeung, D., Kakuda, Y., Mittal, G. and Jiang, Y. (2004). *Saponins from edible legumes: chemistry, processing, and health benefits*. J Med Food 7:67-78.
- Siddiq, M. and Uebersax, MA. (2012). *Dry beans and pulses: Production, processing and nutrition*, 1st ed. Wiley-Blackwell.
- Steer, TE. and Gibson, GR. (2002). *The microbiology of phytic acid metabolism by gut bacteria and relevance for bowel cancer*. Inter. J. Food Sci. and Technol. 37: 783-790.
- Tabera, J., Frías, J., Estrella, I., Villa, R. and Vidal-Valverde, C. (1995). *Natural fermentation of lentils. Influence of time, concentration and temperature on protein content, trypsin inhibitor activity and phenolic compound content*. Z. Lebensm Unters Forsch. 201: 587-591.
- Taiwo, KA. and Akanbi, OC. (1997). *The effects of soaking and cooking time on the cooking properties of Cowpea varieties*. J. Food Eng. 33:337-346.
- Tiwari, U. and Cummins, E. (2013). *Factors influencing levels of phytochemicals in selected fruit and vegetables during pre- and post-harvest food processing operations*. Food Res. Int. 50(2):497-506.
- Thompson, LU. (1993). *Potential health benefits and problems associated with antinutrients in foods*. Food Res. Int. 26: 131-149.
- Vidal-Valverde, C., Frias, J., Estrella, I., Gorospe, MJ., Ruiz, R. and Bacon J. (1994). *Effect of processing on some antinutritional factors of lentils*. J. Agric. Food Chem. 42: 2291-2295.
- Wang, N., Hatcher, DW. and Gawalko, EJ. (2008). *Effect of variety and processing on nutrients and certain anti-nutrients in field peas (Pisum sativum)*. Food Chem. 111(1): 132-138.

Las legumbres en nuestra mesa. Recursos dietéticos y culinarios para fomentar su consumo

Beatriz Beltrán de Miguel*, Carlota Martínez Portela,
Lydia Serrano Gregorio, Luisa Solano Pérez y Carmen Cuadrado Vives

Equipo de investigación y divulgación Con Mucho Gusto-Dietética y Gastronomía.

Departamento de Nutrición y Bromatología I (Nutrición).

Facultad de Farmacia. Ciudad Universitaria. 28040 Madrid

beabel@ucm.es

“Cocinar con legumbre es buena costumbre”.

Antecedentes: Una visión integral de las legumbres en nuestra alimentación. De la teoría a la práctica

Como queda reflejado en los distintos capítulos de esta obra, las legumbres destacan en tres dimensiones básicas: como fuente de salud, de placer y de cultura. La amplia variedad de especies que nos ofrecen, los numerosos beneficios nutricionales que aportan, su accesibilidad económica y su gran versatilidad gastronómica, dotan a las legumbres de gran potencial para mejorar la calidad de la dieta de quienes las consumen habitualmente.

Constituyen una excelente fuente de proteínas vegetales (esencial en dietas vegetarianas), hidratos de carbono complejos, fibra, vitaminas y minerales y otros importantes componentes bioactivos. Sin gluten (apto para celíacos) y apenas grasa, su consumo frecuente se asocia con un menor riesgo de enfermedades crónicas no transmisibles como

la hipertensión, diabetes o la obesidad (Messina, 2014).

Su presencia en la cocina mundial constituye un sustento alimentario básico, tanto proteico como energético, y por tanto, vital en épocas de escasez y carestía, jugando un papel fundamental a lo largo de la historia de las civilizaciones y pasando a formar parte de la cultura gastronómica de gran número de regiones, desde Oriente a Occidente.

Además, podemos afirmar que las legumbres no sólo pueden mejorar el valor nutricional de nuestra dieta, sino que su cultivo tiene un impacto positivo en la calidad del suelo, y su consumo –frente a otras fuentes proteicas alimentarias–, en la sostenibilidad del medioambiente (FAO, 2016). Como vemos, su inclusión habitual en la dieta está más que justificada.

A pesar de que la ciencia respalda los beneficios que se obtienen del consumo frecuente de legumbres (2-3 raciones a la

semana), todavía son muchas las personas que se sorprenden al descubrir su potencial nutricional e insuficiente la proporción de las mismas que las consumen más de una vez por semana, en nuestro país (MAGRAMA, 2016; AESAN-ENIDE, 2011). Esta situación es reflejo de la existencia de un desajuste o desequilibrio entre los conocimientos nutricionales y la práctica alimentaria de muchos individuos. La solución a este desequilibrio pasa, sin duda, por la implantación de una adecuada educación alimentaria y nutricional, a la que llamamos *alfabetización alimentaria básica* o *cultura alimentaria básica* (Beltrán *et al.*, 2013) en la que el aprendizaje de unos conocimientos teóricos básicos, se acompaña de la adquisición de unas habilidades prácticas que capaciten a cada individuo para gestionar su propia alimentación, desde la selección y compra de los alimentos, a su preparación culinaria, respetando los criterios nutricionales vigentes y de acuerdo a los gustos y preferencias particulares (Vidgen y Gallegos, 2014).

Se explicará con un ejemplo. Las guías alimentarias basadas en los alimentos (GABA), como por ejemplo la Pirámide

de la Dieta Mediterránea o el Plato del Buen Comer (Tapsell *et al.*, 2016) informan sobre la importancia de unos buenos hábitos alimentarios y las opciones con mejor perfil nutricional asociadas con un mejor estado de salud. Pero estas informaciones no suelen ser suficientes para provocar y consolidar un cambio de comportamiento individual hacia ese modelo. Estas guías, de gran utilidad en Salud Pública, tienen una limitación a la hora de aplicarlas en los procesos de cuidado nutricional individuales; en general, las personas necesitan una visión más práctica, aún más concreta, de cómo diseñar y preparar su alimentación día a día. El conocimiento teórico de lo ideal es un punto de partida pero no es suficiente para alcanzar la meta (Hartman *et al.*, 2013).

Refiriéndonos en este punto al fomento del consumo de las legumbres, se hace aún más necesario incidir en la importancia de la adquisición de habilidades prácticas; la disminución de su consumo en la población (especialmente la más joven) puede atribuirse, en parte, a la falta de familiaridad y recursos para prepararlas e incorporarlas de manera

Cultura alimentaria básica:

Formación básica que toda persona debe alcanzar y actualizar sobre el alimento en sus múltiples dimensiones (salud, placer, cultura, gastronomía, culinaria, comodidad, precio, otras), que la capacitan en la práctica para seguir unos hábitos y una dieta correcta dentro del entorno y condiciones en las que vive, y le permiten alcanzar un óptimo estado de salud y calidad de vida (Beltrán, 2014) .

sencilla y práctica, a la vez que sabrosa, a un plan de comidas habitual, teniendo en cuenta las exigencias actuales de las sociedades urbanizadas (MAGRAMA, 2016; Aranceta, 2015; AESAN-ENIDE, 2011).

Con el presente capítulo se pretende colaborar en la promoción del consumo de legumbres desde el ámbito de la Dietética Culinaria y Gastronómica, aportando ideas y pautas que faciliten a cada individuo la gestión y el consumo de legumbres. Se utilizarán como herramientas la educación nutricional (dirigida especialmente a la adquisición de habilidades prácticas) y la innovación y creatividad culinarias, de acuerdo a las orientaciones y los grandes retos de salud, sostenibilidad y seguridad alimentaria remarcados en las últimas fechas por los organismos internacionales.

¿Por qué ya no comemos legumbres como antes? Los consumidores responden...

Las legumbres, presentes en nuestra tradición gastronómica y cultural, protagonistas de grandes platos “de siempre”, han visto disminuida su presencia en nuestra alimentación diaria. Aun así, gracias al papel esencial que éstas juegan en el patrón de Dieta Mediterránea, sobre la que se basa nuestra alimentación, España todavía se encuentra a la cabeza de los países europeos con mayor consumo de legumbres, detrás de Reino Unido e Italia (Schneider, 2002).

Antes de plantear posibles estrategias dietético-culinarias que frenen o inviertan esta tendencia al descenso, es necesario evaluar, en el escenario actual en el que nos movemos, cuáles han sido los principales motivos que han dado lugar a la caída del consumo de legumbres, de acuerdo a lo recogido en la bibliografía científica. Según ésta, en la disminución de este consumo influyen factores de muy diversa índole (geográficos, sociales, psicológicos...) que, reflejados en encuestas dietéticas y sociológicas (Phillips *et al.*, 2015; Contreras y Gracia, 2008; Naska *et al.*, 2006) deben ser previamente analizados para valorar la posibilidad de influir en ellos y plantear nuevas estrategias. Entre todos ellos, se destacan a continuación los factores modificables que, a nuestro juicio, pueden estar influyendo más en el comportamiento individual.

Entre los hechos que tienen mayor importancia, se destaca que, a pesar de su valor nutritivo, las legumbres se encuentran entre los productos menos valorados por el consumidor (Aranceta, 2015). La justificación de esto incluye, a su vez, razones de diversa índole:

- a) La **pérdida del prestigio social** de este grupo de alimentos a favor de los productos de origen animal, con mayor aceptación social. Este hecho afecta no sólo a la disminución del consumo de legumbres en el hogar, sino también a la insuficiente oferta de platos de legumbres en restauración colectiva comercial (Pozo *et al.*, 2012).

- b) La **ampliación de la oferta alimentaria en las sociedades urbanizadas** es una realidad que ha cambiado la manera de comer, quitando protagonismo cuantitativo a estas semillas. Concretamente, esto se refleja en el abandono de los alimentos básicos, principalmente de origen vegetal (pan, patatas, legumbres...) que son sustituidos por una creciente gama de productos elaborados. Afortunadamente, esta situación está cambiando. En los últimos años están saliendo al mercado alimentos listos para el consumo que tienen como ingredientes principales alimentos de origen vegetal, entre ellos legumbres. Sin duda, este nuevo fenómeno comercial aumentará la disponibilidad de las leguminosas de muy diversas formas, consiguiendo que se adapten mejor al consumidor de hoy en día (Rachwa-Rosiak *et al.*, 2015; Asif *et al.*, 2013).
- c) Enlazado con la razón anterior y, aunque las legumbres se encuentran disponibles en el mercado durante todo el año, **su consumo está asociado preferentemente a la época invernal** debido a las técnicas culinarias con las que tradicionalmente se preparan (que requieren tiempo y planificación). Este hecho contrasta con la actual demanda del consumidor: menor consumo de platos tradicionales y búsqueda de platos sanos, fríos, rápidos y novedosos. La mezcla entre lo tradicional y lo nuevo está siendo todo un éxito, y el auge de la gastronomía típicamente española pero reformulada es una clara demostración de ello. Tener esto en cuenta a la hora de promocionar el consumo de legumbres puede ser una de las claves del éxito.
- d) La **modificación de los hábitos de vida** y en consecuencia, la reducción del tiempo en la cocina, repercute directamente en la forma de alimentarnos y con ello, en un menor consumo de legumbres. Como resultado, aquellos platos tradicionales que requerían tiempo y dedicación para su elaboración han sido sustituidos por otros que no requieren tanta labor de preparación culinaria.
- e) La **idea de que son alimentos de alto valor calórico**, cuando en realidad el valor calórico final depende del conjunto de ingredientes que contenga la receta elaborada, es otra de las razones que puede explicar el descenso experimentado en el consumo de legumbres, según recogen algunos estudios científicos. Quizás, como propone la bibliografía (Contreras y García, 2008) un nuevo enfoque desde el punto de vista culinario podría ayudar a las legumbres a recuperar su papel palatable como uno de los alimentos básicos de nuestra dieta.
- f) Otro de los inconvenientes mencionados, cuando de comer legumbres se trata, son las **molestias gastrointestinales** que pueden originar, producto de su digestión (principalmente distensión abdominal, meteorismo y flatulencia) y que se deben a la abun-

dante presencia de ciertos oligosacáridos, en concreto la estaquiosa y la rafinosa, no digeribles en el intestino delgado y fermentados posteriormente por la flora bacteriana produciendo gases.

g) Las **preferencias y aversiones alimentarias de la población española**, basadas en el estudio de Contreras y Gracia (2008), sitúan a las legumbres entre los alimentos que menos gustan (Figura 1). Como sabemos, la aceptación o rechazo de un alimento está influenciado por distintos factores. Acercar las legumbres hacia una mayor consideración pasa por trabajar en conseguir la desaparición de aquellos factores que la limitan. Así, por ejemplo, la presentación o emplatado, los ingredientes que lo acompañan o la técnica de cocinado de un plato con legumbres pueden influir en el gusto o rechazo de éste tanto como lo hace el sabor del mismo.



Figura 1. Preferencias de la población española de los distintos grupos de alimentos (%).

Observatorio de la Alimentación.

(Modificado de Contreras y García, 2008).

En línea con las directrices marcadas para el Año Internacional de las Legumbres y con el fin de tener una visión “más cercana” de las razones o motivos que mueven al consumo o no consumo de las mismas y de las barreras y oportunidades que existen, nuestro grupo de investigación puso en marcha una experiencia piloto. Se elaboró una encuesta *on line* con un total de 15 *items*, que abordaban cuestiones como la frecuencia de consumo de legumbres, su aceptabilidad, las técnicas culinarias más habituales o la opinión/ideas que se tienen sobre las mismas. El formulario se difundió a través de medios electrónicos. Asimismo, se realizó una búsqueda bibliográfica que permitiese comparar los resultados obtenidos con datos oficiales y aportase información adicional sobre hábitos de consumo.

Se recogieron 225 encuestas (abril 2016), contestadas por personas adultas, en su mayor parte de entre 18 y 30 años. Este sesgo de edad –involuntario– en la participación nos permitió obtener más información sobre un público que, según los datos publicados, es el que tiene un menor consumo de legumbres. Los resultados se resumen en la Figura 2.

La encuesta muestra que más de un 90% de los encuestados consume legumbres de 1 a 3 veces a la semana. Este dato coincide con la situación detectada por los estudios nacionales recientes y refleja positivamente que las legumbres no son alimentos olvidados sino, más bien algo difuminados, del panorama del consumo

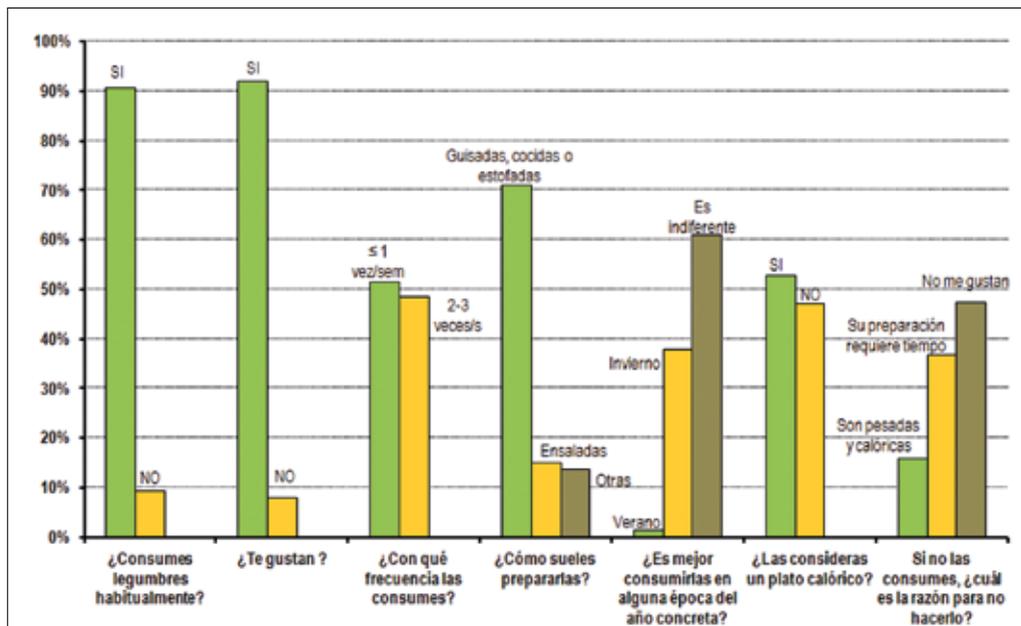


Figura 2. Respuestas recogidas en la encuesta on line sobre hábitos en el consumo de legumbres.

nacional, si lo comparamos con las cifras reflejadas en estudios de décadas anteriores (MAGRAMA, 2016). En general, no es un alimento que disguste por su sabor y es reconocido como saludable e importante en una dieta variada.

Las razones, recogidas en esta encuesta, por las que este consumo no es más alto, coinciden también con las propuestas en la bibliografía: aversiones, su sabor monótono y aburrido, la dificultad en su elaboración por falta de habilidades culinarias suficientes para cocinarlas, así como la eventual dificultad en la digestión o su supuesto aporte energético elevado (más de un 50% de los encuestados así lo declararon). Estos datos muestran la necesidad de reforzar la educación nutricional de la población, en lo que se

refiere a la realidad teórica y práctica de las legumbres, aportando ideas sobre la versatilidad de las legumbres, en tipos, formas (diversas técnicas culinarias, distintos sabores, texturas) y momentos de consumo. Siempre, no olvidemos, persiguiendo el fin de obtener platos de legumbres apetecibles y asequibles con capacidad de adaptarse a los nuevos requisitos de tiempo, compatibles con el ritmo de vida actual.

Objetivo en educación nutricional:

Evitar que los mitos determinen decisiones de consumo equivocadas.

En el caso de las preferencias, aunque el porcentaje de población a la que le gustan las legumbres es bastante elevado, las formas en las que se cocinan, guisos o hervidos, sí son las que más disgustan, posiblemente porque también sean las preparaciones que más tiempo de cocina requieren. Como ya se ha dicho anteriormente, un nuevo enfoque desde el punto de vista culinario podría ayudar a recuperar el gusto por las legumbres.

En conclusión, el análisis de los resultados de la encuesta afianza la convicción de los autores, de la necesidad de diseñar estrategias que fomenten una alimentación saludable, que nos permitan recuperar las bondades de nuestras distinguidas legumbres, pero que, en el camino, no supongan la renuncia al placer de comer o que incluirlas represente un esfuerzo imposible de mantener en el tiempo.

Aportando soluciones I: 2016, Año Internacional de las legumbres

La Asamblea General de las Naciones Unidas en su 68º período de sesiones, proclamó 2016 Año Internacional de las Legumbres (A/RES/68/231). Se designó a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) para que facilitara la celebración del Año en colaboración con los gobiernos, las organizaciones pertinentes, y las demás instancias implicadas.

Entre los objetivos principales del Año Internacional de las Legumbres 2016 está el sensibilizar a la opinión pública sobre las ventajas nutricionales de estas semi-

llas como parte de una producción de alimentos sostenible, encaminada a lograr la seguridad alimentaria y la nutrición. Sabemos que existe seguridad alimentaria cuando todas las personas tienen –en todo momento– acceso físico, social y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimentarias y sus preferencias y para llevar una vida activa y saludable.

Por tanto, 2016 se convierte en una oportunidad única de fomentar conexiones a lo largo de toda la cadena alimentaria para aprovechar mejor esta fuente nutricional, incrementar su producción mundial, utilizar de manera más apropiada la rotación de cultivos, hacer frente a los retos que existen en el comercio de legumbres y como no, fomentar su consumo. En este sentido, **se propone a las legumbres como una alternativa económica a las proteínas de origen animal.** La necesidad de alimentar a una población mundial en crecimiento y cada vez más envejecida sitúa a las proteínas de las legumbres en una posición destacable como objetivo en la búsqueda de nuevas opciones para su aplicación en la producción de alimentos, aptas para distintas situaciones alimentarias, desde la desnutrición proteico-calórica, situaciones de intolerancias alimentarias al gluten, como alternativas vegetarianas etc...

Además, las legumbres son un ingrediente clave en las dietas saludables, cooperando a su equilibrio, para hacer frente a la obesidad y otras enfermedades crónicas no transmisibles como la diabetes, las cardiopatías coronarias y el cáncer.



Semillas nutritivas para un futuro sostenible

Aviso a todo los chefs: ¡Comparte tus recetas de legumbres con el mundo!

Este es el título de una estrategia promovida por la FAO en este Año Internacional de las Legumbres 2016 dirigida a aumentar el consumo de estas nutritivas semillas. ¿Qué mejor manera de hacerlo que proporcionando ideas e inspiración para nuevos platos elaborados con legumbres? Se recogen recetas basadas en legumbres en la web y redes sociales de la FAO, con la oportunidad de que cualquiera comparta allí sus platos favoritos y creaciones con legumbres con cientos de miles de lectores y seguidores de esta Institución.

<http://www.fao.org/pulses-2016/news/news-detail/es/c/379902/>

Figura 3. Ejemplo de actividad FAO (2016) para fomentar el consumo de legumbres.

Desde el punto de vista del uso culinario y gastronómico, la FAO se ha propuesto proporcionar ideas e inspiración para la creación de nuevos platos elaborados con legumbres. Este objetivo se materializa en varias iniciativas como la desarrollada en los últimos años por la Red de Información sobre operaciones post cosecha (INPhO). Esta entidad de la FAO mantiene una base de datos de más de 850 recetas originarias de más de 50 países. Esta iniciativa no sólo sirve para preservar las recetas tradicionales para la posteridad, sino también para promover muchos ingredientes y platos que son menos conocidos fuera de sus lugares de origen. La Figura 3 recoge otro ejemplo de la actividad actual de la FAO que anima a la creativi-

dad culinaria de la población; y es que en ensaladas, sopas, guarniciones, entradas e incluso postres, las legumbres pueden incorporarse en cada momento de consumo.

Aportando soluciones II: desde la Dietética Culinaria y Gastronómica

Reformulación de recetas, formas y momentos de consumo. No cabe duda de que las legumbres forman parte de nuestra alimentación tradicional. Demostración de ello es, que entre los platos nacionales más típicos, está una larga relación de preparaciones nombradas como “cocido” o “puchero”, que llevan, casi por obligación, alguna legumbre

entre sus componentes (Simone Ortega, 2011).

El camino para fomentar y facilitar el consumo de legumbres pasa, por supuesto, por mantener esas recetas tradicionales, aplicando la innovación culinaria y los conocimientos actuales de nutrición para adaptarlas a los nuevos requerimientos nutricionales (menos actividad física, menor contenido energético...) y sociales (menor tiempo para cocinar, diversificación en las formas de alimentación...) sin que esta adaptación suponga la renuncia al placer de comer o al abandono de nuestras tradiciones, factores claves en el mantenimiento de su consumo habitual. En este caso hablaremos de la *reformulación (nutricional y dietética) de recetas*.

Además, si queremos aumentar el consumo de legumbres y acercarnos un poco más a las cifras de hace tan sólo unas décadas, tenemos que fomentar la inclusión de las leguminosas en la dieta, en formas y versiones distintas a las que estamos habituados. *En este caso, hablaremos de reformulación de formas y momentos de consumo.*

La reformulación de recetas, formas y momentos de consumo nos permite adaptar recetas ya existentes o idear otras nuevas, atendiendo a criterios no sólo gastronómicos sino también nutricionales y de promoción de la salud.

Tanto para un camino como para el otro, la **reformulación** se presenta como una herramienta fundamental dentro de la Dietética Culinaria, que permite hacer frente y solucionar algunas de las razones o justificaciones que en el apartado anterior se planteaban como causa de la disminución del consumo de legumbres.

Reformulación (nutricional y dietética) de recetas. Es el proceso de modificación de una receta gastronómica ya existente hacia un patrón más saludable o adecuado para el individuo o grupo que la va a consumir, manteniendo las características sensoriales que la hacen apetecible (modificado de Marcus, 2013). En este proceso se incluyen los siguientes pasos:

1. Elección de la receta de partida.
2. Evaluación sensorial y nutricional de la receta original. En la práctica, cuando queremos transformar una receta, el punto de partida está en estudiarla, fijándonos especialmente en los ingredientes (tipo y cantidad) y las técnicas culinarias que se utilizan. A partir de ahí, tras la elaboración *in situ* de la receta, se llevará a cabo un análisis sensorial.
3. Establecimiento de los objetivos de la reformulación. Para esto se tendrán en cuenta las directrices nutricionales generales para la población diana y/o bien las necesidades concretas de un individuo.

Estas son algunas de las numerosas preguntas que se pueden plantear en el desafío de adaptar un determinado plato a una situación concreta:

**¿Se quieren reducir las grasas, o más bien la sal?
¿Necesita la receta adaptarse a alguna intolerancia?**

¿Es necesario modificarla para adaptarla a algún tipo de dieta específica? (por ejemplo vegana).

¿Se requiere aumentar la densidad de nutrientes o modificar la energética?

4. Identificación de los cambios oportunos para la consecución de los objetivos propuestos. La mayoría de recetas pueden ser modificadas de forma que su contenido y perfil nutricional mejore; bien sea porque utilizan otras técnicas culinarias, se reducen, se eliminan o se sustituyen -total o parcialmente- algunos de los ingredientes considerados “perjudiciales” (véase las grasas saturadas, los azúcares o la sal), o porque se añaden otros que mejoran el aporte nutricional del plato en cuestión (por ejemplo, se enriquece con vitaminas y minerales o aumenta su contenido en fibra). El cambio en el tamaño de porción habitual de consumo también se considera una opción en la reformulación de recetas.
 5. Determinación de las características (físico-químicas, sensoriales, ...) de las preparaciones originales que pueden verse modificadas por el cambio que se propone, valorando la viabilidad del mismo.
 6. Selección de los cambios que se realizarán en la práctica (en función de los puntos 4 y 5). Se aconsejan que sean pocos y graduales, sopesando cuáles son las referencias nutricionales y cuáles las exigencias de la preparación culinaria, para buscar un equilibrio que permita que su calidad sensorial y gastronómica no se vea perjudicada.
 7. Elaboración de la receta modificada. Evaluación sensorial y nutricional. Valoración de la utilidad de la receta resultante (limitaciones, inconvenientes, nuevas propuestas de mejora, otros).
- Para entender mejor este proceso de reformulación se propone a continuación un caso práctico: la reformulación de una receta de bizcocho casero -bizcocho genovés- (Simone Ortega, 2011), esquemmatizada en las Figuras 4, 5 y 6.



I.RECETA ORIGINAL: Bizcocho Genovés

El bizcocho genovés es todo un clásico dentro de la repostería. Sencillo de preparar, los huevos, azúcar y harina, son sus ingredientes principales. No lleva nada de levadura, por lo que su aireado y volumen se consigue gracias al montado de las claras y las yemas con el azúcar.

Si no se añade ninguna grasa, el bizcocho es más bien seco y esponjoso, ideal para empapar en almibar o rellenarlo con cualquier tipo de crema que aporte humedad. Sin embargo, y como en el caso de esta receta, añadiendo cierta cantidad de mantequilla, se consigue una consistencia mucho más jugosa, que no necesita de ninguna confitura para que, consumido sólo, el bizcocho genovés sea un dulce exquisito.

Como casi toda la repostería, su contenido calórico es elevado (principalmente debido a la cantidad de azúcar utilizada, y en este caso también a la mantequilla) y el aporte de fibra muy bajo (pues se suele utilizar harina refinada). Además, suele ser común que estos clásicos no sean aptos para ciertas intolerancias (como la celiaquía o la intolerancia a la lactosa) ya que entre sus ingredientes básicos es muy frecuente la presencia de harina de trigo o los derivados lácteos.

Nº de porciones: 8

Ingredientes:

- 3 huevos
- El peso de 3 huevos de azúcar (aprox. 200g)
- El peso de 2 huevos de harina (aprox. 135g)
- 100g de mantequilla
- La ralladura de un limón
- Mantequilla para untar el molde

Preparación:

1. Se separan las yemas de las claras.
2. Las claras se ponen en una ensaladera con un pellizco de sal y se batan a punto de nieve muy firme.
3. Se le añaden, una vez montadas, las yemas, y después el azúcar.
4. Se mueve sin parar, y siempre en el mismo sentido, con una cuchara de madera, durante 10 minutos.
5. Después se agrega la harina cucharada por cucharada y la ralladura del limón.
6. Finalmente se añade la mantequilla derretida (teniendo cuidado de que ésta no se cueza).
7. Se pone en un molde alargado previamente untado de mantequilla y espolvoreado con un poco de harina.
8. Se mete al horno muy suave, a unos 175°C (estará encendido 5 minutos antes) y se tendrá de 45 min a una hora.
9. Se pincha con un alambre en el centro para ver

Figura 4. Receta Original (Ejemplo).



II. PROCESO DE REFORMULACIÓN DE LA RECETA ORIGINAL

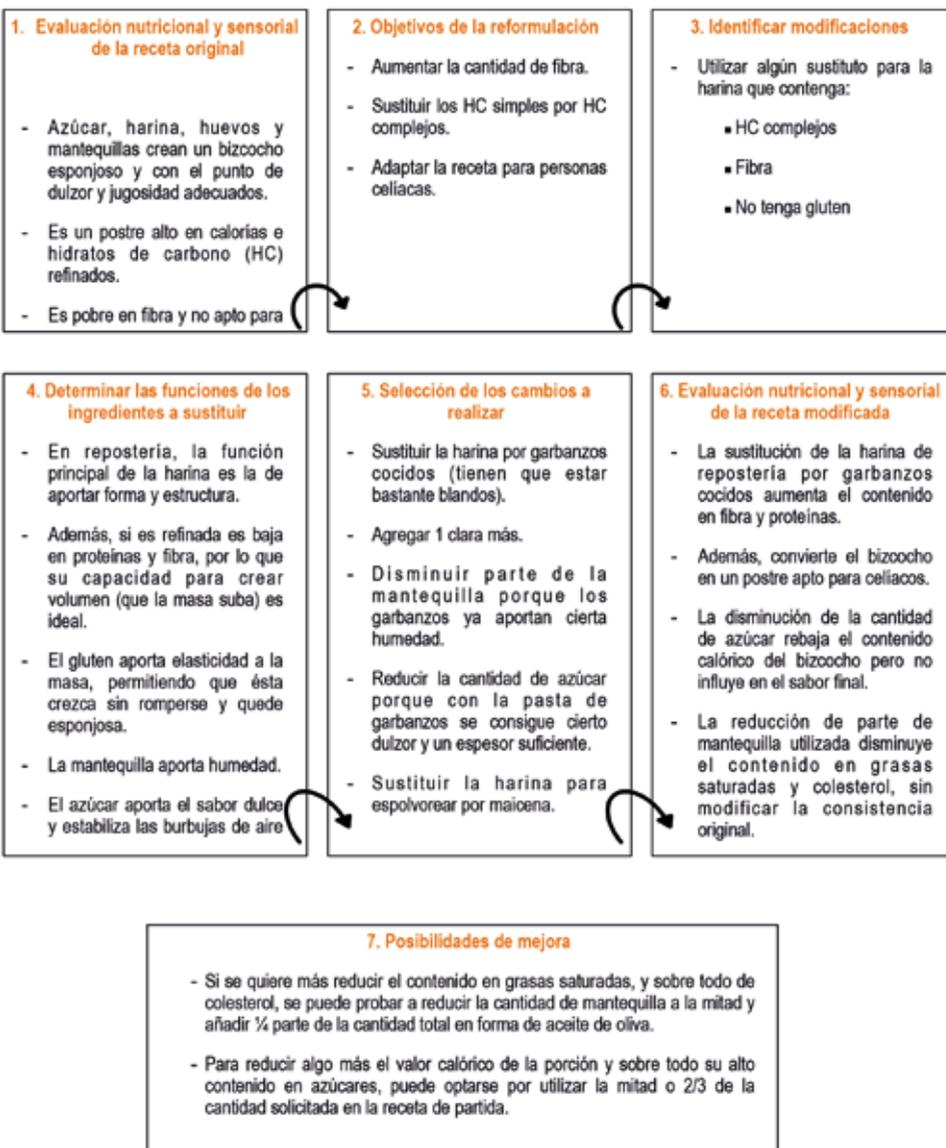


Figura 5. Proceso de reformulación (Ejemplo).



II. RECETA MODIFICADA: Bizcocho Genovés Reformulado

Esta nueva versión del bizcocho genovés es una opción algo más saludable de este clásico de la repostería.

Alta en HC complejos y con un mayor contenido en fibra, esta adaptación del tradicional bizcocho también es apta para celíacos, gracias a la sustitución de toda la harina de repostería por garbanzos cocidos.

Además, debido a las modificaciones realizadas, se reduce el contenido en azúcar y se mejora el perfil lipídico, disminuyendo el contenido total, principalmente a expensas de las grasas saturadas.

En cuanto al aspecto sensorial, y tras efectuar los cambios propuestos, el sabor del bizcocho sigue siendo igual que el del original (dulce y con un toque de limón), su volumen es similar y la textura es más jugosa. La esponjosidad también es buena.

Nº de porciones: 7

Ingredientes:

- 3 huevos + 1 clara
- 165g de azúcar
- 200 g de garbanzos cocidos
- 75g de mantequilla
- La ralladura de un limón
- Mantequilla para untar el molde
- 2 cucharadas soperas de maicena para espolvorear el molde
- 1 pellizco de sal

Preparación:

1. Se separan las yemas de las claras.
2. Las claras se ponen en una ensaladera con un pellizco de sal y se batan a punto de nieve muy firme.
3. En otro recipiente se mezclan las yemas con el azúcar hasta que ambos ingredientes queden bien ligados.
4. Inmediatamente, la mezcla anterior se añade al bol con las claras montadas y se integra con éstas mediante movimientos suaves y circulares.
5. Después se trituran los garbanzos (previamente lavados y secados) hasta obtener una pasta. Se añade la mantequilla derretida y se vuelve a batir hasta que los dos ingredientes se fusionen.
6. Poco a poco, cucharada por cucharada se va agregando la pasta de garbanzos al recipiente con las claras y el azúcar, y se sigue removiendo.
7. Finalmente se añade la ralladura del limón.
8. Después de traspasa la masa a un molde que previamente se ha untado de mantequilla y espolvoreado con un poco de maicena.
9. Se mete al horno (a unos 170°C) y se tendrá de 45 min a 50 min.
10. Se pincha con un alambre en el centro para ver si está cocido (el alambre debe salir limpio).
11. Fuera del horno, cuando aún este caliente (unos 15 min después) se vuelca sobre una rejilla y se deja un hueco sobre un plato sopero hasta que esté bien frío.

	Porción original	Porción reformulada	Diferencia	
Energía	283,6	254,8	-28,8	kcal
Proteínas	5,0	7,0	2,0	g
Grasas Totales	12,7	12,2	-0,5	g
H. Carbono	38,1	30,3	-7,8	g
Azúcares	25,1	23,0	-2,1	g
Fibra	0,5	2,4	1,9	g
AGS	7,1	6,4	-0,7	g
AGM	3,9	3,7	-0,1	g
AGP	0,9	4,5	3,6	g
Colesterol	119,9	129,3	9,4	mg



Figura 6. Receta modificada (Ejemplo).

Nuevas recetas, formas y momentos de consumo

Ha llegado la hora de que la etapa de “la cocina de la libertad” de la que se habla en la Alta Gastronomía (Ansón, 2014) se instaure también en nuestros hogares. Pero la libertad de cocinar implica la obligatoriedad de aprender, de adquirir unos conocimientos básicos –a nivel de usuario– que al igual que los procesadores de texto en los trabajos de oficina, permitan al responsable de gestionar la alimentación diaria de una familia, comunicar salud, placer y cultura con lo que prepara.

La modificación de una receta puede abarcar no sólo diferentes aspectos de sus componentes y preparación culinaria, sino también la forma y el momento en la que se consume. Teniendo en cuenta las nuevas exigencias y tendencias de los consumidores, que no todas las personas toleran bien o disfrutan con los tí-

picos platos de legumbres, vemos como algo necesario aplicar la creatividad culinaria y la innovación gastronómica, a fin de conseguir que las leguminosas se introduzcan de otras formas (sea como ingrediente principal o secundario, todo suma...) en el día a día de nuestra alimentación. Hay que avanzar más allá de los potajes, cocidos o guisos tradicionales, facilitando el consumo frecuente (Figura 4), por ejemplo como pequeños acompañamientos, como snacks o incluso como ingredientes principales de ensaladas y de algunos dulces.

Centrándonos en las legumbres, en la Tabla 1 se recogen algunas de las preguntas que se plantean al proponer la reformulación de recetas como instrumento práctico para incrementar su consumo. Cada cuestión se acompaña de algunas sugerencias (no las únicas) de respuestas, que pueden ser de ayuda para la formación en habilidades prácticas del consumidor.

Tabla 1. Cuestiones en el planteamiento previo de una reformulación dietética.

El consumidor pregunta....	Algunas sugerencias
¿Cómo podemos aligerar los platos de legumbres tradicionales?	Sustituir las grasas o la carne por verduras y/o cereales.
¿En qué preparaciones se pueden añadir las legumbres sustituyendo otro ingrediente?	Hamburguesas de legumbres, salsas tipo boloñesa con lentejas, hummus como acompañamiento...
¿Cómo disminuimos sus efectos secundarios intestinales (producción de gases)?	Nuevas variedades agrícolas que se están desarrollando, oferta de legumbres peladas y técnicas culinarias que mejoran su digestibilidad (el hot soak o remojo en caliente y el uso de determinadas especias o el alga Kombu).
¿Qué productos ofrece el mercado para incluir estas semillas de forma sencilla en la alimentación diaria?	Legumbres congeladas y en conserva para ensaladas y platos rápidos (existen opciones bajas en sodio). Nuevos productos como chips, barritas tipo snack, cremas para untar o pasta italiana. También se puede trabajar con harinas de legumbres.
¿Qué tipo de preparaciones nos permitirían incluir las legumbres en otros momentos distintos a la comida del mediodía o la cena?	Legumbres como muesli, snacks, o dulces (postres).
¿Cómo mejorar el buen aspecto de las legumbres, vista, olor, sabor....?	Cuidar el emplatado, la utilización correcta de especias, la selección del tipo de aceite de condimentación, incluir variedad de colores.



Si quieres legumbres en tu dieta..... ¡Apúntate esta receta!

1. Adapta tus preparaciones de legumbres a cada estación del año

En otoño, invierno, como plato principal, los potajes y guisos son una gran opción. Aligera su digestión modificando la técnica de remojo y sustituye alguno de sus ingredientes cárnicos (tocino, embutidos, etc.) por vegetales si quieres reducir su contenido en grasas y energía.

En primavera y verano, las legumbres son estupendas para enriquecer tus ensaladas con proteínas vegetales, fibra y otros nutrientes a la vez que aportan variedad en colores, sabores y texturas. Puedes combinar distintos tipos de legumbres cocidas (las tienes disponibles así en el mercado si no tienes tiempo).

2. Las legumbres acompañan bien.

Estas semillas pueden también incluirse en los menús como **como guarnición (como si de arroz o pasta se tratase)**. Mezcladas con algún cereal (trigo, arroz, avena) o simplemente añadiéndoles unas verduras, tendrás un **complemento saciante**.

3. Úsalas para enriquecer algunas recetas.

Así, añadiendo un puñado de legumbres cocidas y trituradas a tus purés o cremas de verduras (sin patata ni nata) conseguirás dar mayor cuerpo a la mezcla al mismo tiempo que aumentas la densidad de proteínas, hidratos de carbono complejos, fibra y otros nutrientes.

También se pueden añadir enteras a modo de "cROUTONES" en ensaladas o sopas. Los garbanzos o judiones (cocidos o al horno) son una buena opción en este caso.

4. Aprovecha su textura y sustituye proteínas de origen animal con ellas:

Inclúyelas en algunas salsas para pastas o arroz. Por ejemplo, una salsa boloñesa en la que la carne se sustituya por lentejas o soja texturizada puede reducir la cantidad de grasa y aumentar el contenido fibra de la receta a la que acompaña.

Las **hamburguesas vegetales** son un recurso más para introducir las legumbres en nuestra dieta.

5. Prueba nuevos alimentos y productos en los que las legumbres sean protagonistas:

Como ejemplo tienes los **germinados** a base de lentejas, garbanzos y soja. (caseros o comprados así) Sus brotes son una **idea estupenda para adornar cualquier plato**.

Incluir la **harina de legumbres (sin gluten)** como sustituto de la **harina de trigo**, te permite realizar panes, bizcochos y galletas, pero también **rebozados** que pueden ser consumidos por los intolerantes al gluten.

6. Innova en la cocina. Se creativo e investiga nuevas formas propias y momentos de consumo:

Aunque no lo creas, las **legumbres pueden ser parte de tus postres**. Por el sabor suave de muchas de sus variedades, pero sobre todo por el juego que da su textura, su uso como ingrediente principal en la preparación de galletas, tartas o brownies no te defraudará.

Además siempre que hablamos de dulces, pensamos en azúcares y grasas. Utilizar estas semillas en la repostería casera puede ser una buena opción para disminuir ambos ingredientes y elaborar una receta igual de golosa.

En el mundo de los snacks, las legumbres también pueden encontrar su hueco.

Garbanzos rostizados y crujientes, chips elaboradas con harina de legumbres, o mueslis y granolas a base de lentejas, son algunos ejemplos de esas nuevas opciones de consumo.

Y si te gusta "dippear". A través de las legumbres se pueden elaborar distintos tipos de hummus y patés untables, tanto dulces como salados, que pueden ser la base de cualquier aperitivo o el acompañamiento ideal de otros alimentos.

**** Consulta las distintas recetas y amplía tu información en: <https://www.es/innovadieta/legumbres>**

Figura 7. Guía de ayuda para el fomento del consumo de legumbres.

Seamos prácticos. Si quieres legumbres en tu dieta... ¡Apúntate esta Receta!

Una de las máximas que se siguen para el cambio en el comportamiento alimentario es que las pautas que se den en el consejo nutricional deben ser pequeñas y, en la medida de lo posible, adaptadas a las circunstancias del individuo al que vamos a asesorar, siempre teniendo en cuenta la convicción personal de éste de querer cambiar y su responsabilidad última para adquirir el hábito que busca.

En esta línea, y como broche final del capítulo, se presenta una guía, que pretende ser únicamente una ayuda a la creatividad culinaria de cada uno, para el fomento del consumo de legumbres (Figura 7). Ha sido elaborada por nuestro grupo de investigación y divulgación "Con Mucho Gusto", nacido recientemente (2015) en el ámbito de la Universidad Complutense, con la finalidad de:

- Servir de incentivo o estímulo para la continua y renovada aplicación de los actuales conocimientos de Nutrición en la Dietética Culinaria y la Gastronomía, moderna y tradicional, aplicando las innovaciones de estas áreas al plano de la salud, parte esencial de este bienestar universalmente anhelado.
- Cooperar a enriquecer la cultura alimentaria básica del consumidor, habilitándole con una mayor capacidad para gestionar su propia alimentación.

¡Buen provecho!

Referencias

- AESAN. ENIDE (2011). Encuesta Nacional de Ingesta Dietética Española. [http://www.msps.es/novedades/docs/Presentacion ENIDE010311.pdf](http://www.msps.es/novedades/docs/Presentacion_ENIDE010311.pdf)
- Ansón, R. (2014). Visión Global de la Gastronomía en el siglo XXI. Discurso académico de D. RAFAEL ANSÓN OLIART, Presidente de la Real Academia de Gastronomía. <http://www.realacademiadegastronomia.com/archivos/pdfs/baa37-Discurso-academico-Rafael-Ans--n-ok.pdf>
- Aranceta, J. (2015). Programación y resultados preliminares del Estudio Nutricional y de Hábitos Alimentarios de la Población Española (ENPE). Promovido por la Fundación Eroski. http://www.nutricionpractica.org/wp-content/uploads/Aranceta-J_Estudio-Nutricional-y-de-H%C3%A1bitos-Alimentarios.pdf (acceso 27 junio 2016).
- Asif, M., Rooney, L.W., Ali, R. and Riaz, M.N. (2013). *Application and Opportunities of Pulses in Food System: A Review*. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 53(11): 1168-1179.
- Beltrán, B., Carbajal, A., Cuadrado, C., García-Díaz, L., Goñi, I. and Sierra, J.L. (2013). Innovadieta, Recursos en Internet para formación y prácticas de Dietética y Nutrición. Universidad Complutense de Madrid. <https://www.ucm.es/innovadieta/> (acceso: 01/09/2016).

- Beltrán, B (2014). Innovadieta: página web con recursos de internet para formación y prácticas de dietética y nutrición y divulgación nutricional. En: Contenidos y formas en la Vanguardia Universitaria.. Colección Nuevo Impulso Educativo. ISBN 978-84-15705-21-5
- Contreras, J. y Gracia, M. (2008). *Preferencias y consumos alimentarios: entre el placer, la conveniencia y la salud*. En: Alimentación, Consumo y Salud. Colección Estudios Sociales, nº 24. Fundación "La Caixa". ISBN 978-84-691-00566-1
- FAO (2016). Legumbres: Semillas nutritivas para un futuro sostenible. Ed. FAO. ISBN 978-92-5-309172-0
- Hartmann, C., Dohle, S. and Siegrist, M. (2013). *Importance of cooking skills for balanced food choices*. *Appetite* 65: 121-131.
- MAGRAMA -Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente- (2016). Informe del consumo de alimentación en España 2015. http://www.magrama.gob.es/imagenes/es/informeconsumoalimentacion2015_tcm7-422016.pdf
- Marcus, J, B, (2013). *Culinary Nutrition: The Science and Practice of healthy cooking*. Eds. Academic Press (Elsevier), USA. ISBN 978-0-12-391882-6
- Messina, V, (2014). *Nutritional and health benefits of dried beans*. *Am J Clin Nutr* 100 (suppl): 437S-42S.
- Naska, A., Fouskakis, D., Oikonomou, E., Almeida, M.D.V., Berg, M.A., Gedrich, K., Moreiras, O., Nelson, M., Trygg, K., Turrini, A., Remaut, A.M., Volatier, J.L., Trichopoulou, A., Cuetto, A.P., Pajunen, A., Hirvonen, T., Cuadrado, C., Boned, M.L., Seoane, P., Maffre, J., Karg, G., Wagner, K., Chloptsios, Y., Foukas, V., Tsiotas, K., Kristsellis, E., Barcherini, S., Martines, S., Mork, E., Lund-Iversen, K., Rodrigues, S., Rimmer, D. and Burr, S. (2006). *Dietary patterns and their socio-demographic determinants in 10 European countries: data from the DAFNE databank*. *Eur J Clin Nutr* 0954-3007: 60: 181-190.
- Ortega, S. (2011). 1080 Recetas de Cocina. Ed Alianza Editorial. ISBN: 978-84-206-4998-6
- Phillips, T., Zello, G.A., Chilibeck, P.D. and Vandenberg, A. (2015). *Perceived Benefits and Barriers Surrounding Lentil Consumption in Families with Young Children*. *Can J Diet Pract Res*. 76(1):3-8.
- Rachwa-Rosiak, D., Nebesny, E. and Budryn, G. (2015). *Chickpeas-Composition, Nutritional Value, Health Benefits, Application to Bread and Snacks: A Review*. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(8): 1137-1145.
- Schneider, A.V. (2002). *Overview of the market and consumption of pulses in Europe*. *Br J Nutr. Suppl.* 3, S243-S250.

- Tapsell, L.C.,* Neale, E.P., Satija, A. and Hu, F.B. (2016). *Foods, Nutrients, and Dietary Patterns: Interconnections and Implications for Dietary Guidelines*. *Adv Nutr* 7: 445-454.
- Trakselis, L.J. and Stein, E.M. (2014). *Culinary Nutrition. Principles and Applications*. American Technical Publishers. Illinois, USA. ISBN 978-0-8269-4221-0
- Pozo de la Calle, S., García Iglesias, V., Cuadrado Vives, C., Ruiz Moreno, E., Valero Gaspar, T., Ávila Torres, J.M. and Varela Moreiras, G. (2012). Valoración Nutricional de la Dieta Española de acuerdo al Panel de Consumo Alimentario. MAGRAMA-FEN. ISBN: 978-84-938865-1-6
- Vidgen, H.A. and Gallegos, D. (2014). *Defining food literacy and its components*. *Appetite* 76(1): 50-59.

Mejora de la comercialización de leguminosas en la Comunidad de Madrid: en busca de una figura de calidad

Félix Cabello Sáenz de Santa María¹ y Cristina Rubio de Miguel²

¹ Departamento de Investigación Agroalimentaria. Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario IMIDRA. Comunidad de Madrid. Finca El Encín, 28800 Alcalá de Henares

felix.cabello@madrid.org

² Departamento Agroforestal. Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario IMIDRA. Comunidad de Madrid. Finca La Isla, 28500 Arganda del Rey

cristina.rubio.miguel@madrid.org

Antecedentes

En este capítulo se analizarán las características del comercio de las leguminosas en la Comunidad de Madrid, en España y en el mundo. Para ello se hará una revisión sobre el origen de las leguminosas de consumo humano, se examinarán las transacciones a nivel mundial de legumbres, qué historia tienen las leguminosas en Madrid –tanto a nivel de cultivo como culinario–, la producción y consumo de legumbres en la Comunidad de Madrid, las figuras de calidad que existen en España para la distribución y venta de leguminosas y, por último, una propuesta para abordar en Madrid en el siglo XXI la comercialización y promoción del complejo y variado mundo de las legumbres de consumo humano.

El origen del cultivo del **garbanzo** es incierto. Se sitúa entre Turquía y Siria, desde donde se extendió por todo el Mediterráneo y se llevó a América por los españoles, cultivándose con mucho éxito en México y California. El gar-

banzo ha sido el símbolo de comida de la gente sencilla, siendo durante mucho tiempo su consumo limitado a las zonas de producción, sin comercio, y solo consumiéndose en el entorno social de las clases populares, agricultores y ganaderos. Los principales países productores de garbanzos según la FAO (2015), en promedio desde 1993 a 2013, son: India, Turquía, Pakistán, Australia e Irán. Los principales exportadores a nivel mundial son Australia, México, Turquía, Canadá e Irán, y los países de más consumo India y Pakistán, que a pesar de su producción no cubren su consumo. En Europa destacan las importaciones de garbanzo de España, seguida por Francia, Italia y Grecia; en América, los principales países importadores son EEUU y Colombia.

El origen de cultivo de la **lenteja** se encuentra en Israel. De forma tradicional se ha cultivado en las culturas mediterráneas a lo largo de la historia por egipcios, griegos y romanos. En la Edad Media fue de obligado consumo en Europa, por la escasez de alimentos y la pobreza de la

época. Durante un tiempo se pensó que era mejor usarla para alimentación animal, pero en la actualidad se considera un plato de alto contenido proteico muy saludable para consumo humano. Las lentejas tienen diversas tradiciones, como en Italia donde se comen en Noche Vieja: cuantas más cucharadas de lentejas se coman durante las campanadas de fin de año, más dinero se tendrá en el año que comienza. Los principales países productores de lentejas según la FAO (2015), en promedio de 1993 a 2013 son India, Canadá, Turquía, Estados Unidos y Nepal. Los mayores consumidores son países de la zona asiática y norte de África, destacando especialmente: Sri Lanka, Egipto, Bangladesh y Pakistán. En el continente americano destaca como consumidor de lentejas Colombia. Al igual que ocurre en la producción de los garbanzos, Turquía e India son los mayores productores de lentejas, pero aun así no cubren sus necesidades. A pesar de ello, determinadas partidas de mucha calidad se exportan a otros países como Egipto y España, donde consiguen precios de venta más elevados que en sus países de origen. Los principales exportadores de lenteja a nivel mundial son Canadá, Australia, India, Turquía y EEUU.

La **judía** es de origen americano, siendo uno de los alimentos más antiguos conocido por el hombre. Su origen está en el sur de México y Guatemala y en la zona andina de Perú. Cuando los españoles la trajeron a la península ibérica se las llamó *fabas*, por su parecido a las habas europeas. Los primeros exploradores y

comerciantes extendieron su cultivo por todo el mundo, y a principios del siglo XVII las judías eran cultivos populares en Europa, África y Asia. La judía tiene dos tipos de consumo: en fresco, denominada *judía verde*, y en seco como judía o alubia. Los principales países productores de judías según la FAO (2015) en promedio de 1993 a 2013, son:

- a) *judía verde en vaina*: Estados Unidos, Francia, Marruecos y Filipinas, siendo séptima España.
- b) *judía verde*: China, Indonesia, Turquía, India.
- c) *alubia en grano o en seco*: India, Myanmar, Brasil, China, Estados Unidos, Francia, Irak y México.

Según la FAO, los mayores exportadores de alubia grano del mundo son China, Myanmar, Estados Unidos, Canadá, Argentina, Colombia, Países Bajos, Nicaragua, Etiopía y Kirguistán. Los principales países importadores de alubia para grano son India –es el principal país importador–, Estados Unidos, Japón, Italia, Reino Unido, Venezuela, México, Cuba, Sudáfrica y España.

Las habas tienen su origen de cultivo en Europa y Asia desde muy antiguo. Es un cultivo que tiene dos vertientes de uso: la alimentación animal y la alimentación humana. Se comió abundantemente en la edad media y en España después de la Guerra Civil. Los principales países productores de habas según la FAO (2015) con un promedio de 1993 a 2013 son: China, Etiopía, Egipto, Australia y Francia.

La producción mundial de **leguminosas grano** en el periodo 2009-2014, según la FAO (2015), alcanzó alrededor de los 77 Mt (millones de toneladas) de las cuales más de la mitad son de judías secas. En relación al cultivo del garbanzo, la producción mundial se sitúa en los 13 Mt, e India es el principal productor con cerca del 70% del total. La cantidad de lentejas producidas a nivel mundial se sitúa próxima a los 5Mt. Canadá es el primer productor con el 38%, seguido de India con el 22%. La producción mundial de judías secas está muy distribuida geográficamente, superando los 23 Mt. El principal productor es India, con el 17%, seguido de Brasil y Myanmar.

La producción de leguminosas grano en la UE, siempre según la FAO (2015), tendrá para la campaña 2013/14 una superficie estimada cercana a las 300.000 hectáreas, suponiendo un incremento del 7 % frente a la campaña anterior y un 5% respecto a la media. En relación con las producciones, para la campaña 2013/14 se estiman en torno a 470 mil toneladas, representando un aumento del 16% con respecto a la campaña anterior y del 26% con respecto a la media de las últimas campañas. La producción media de judías secas en la UE se acerca a las 162.000 t, de las cuales el 20% las produce Polonia, seguida de Grecia y Rumania. En España la producción de judías secas no llega a las 12.000 t y ocupa el séptimo puesto comunitario. La producción media comunitaria de garbanzos se sitúa en torno a las 44.000 t, siendo España el principal país productor con más del 61% del total,

seguido de Italia con el 24%. En la UE la producción media de lentejas supera las 58.000 t y casi un 48% se produce en España, primer productor comunitario, seguido por Francia.

Según estimaciones, en el año 2014, la superficie de legumbres en la UE alcanzó las 203.517 hectáreas, aumentando un 9,3% respecto al año 2013 y un 8,5% sobre la media de los últimos años. La producción para este mismo año se estima en 350.346 toneladas, lo que supone un aumento del 20,9% sobre los datos de 2013 y del 33% sobre la media de los últimos años. Cabe destacar que se observa un incremento significativo en la superficie y producción de judías secas, debido principalmente al aumento de éstas en Lituania y Letonia. De hecho, en el año 2014 Lituania reemplazó a Polonia el puesto de primer país productor de judías secas de la UE.

En España la superficie de leguminosas grano en la campaña de comercialización 2015/16, según datos de la Secretaría General Técnica (MAGRAMA 2016), se estima en 77.700 hectáreas, disminuyendo un 8% sobre la campaña anterior, pero con un significativo aumento del 5% sobre la media de las últimas campañas. La producción española se estima en 74.000 toneladas, lo que supone un aumento del 1% sobre la campaña anterior. La principal Comunidad Autónoma productora de leguminosas grano es Castilla La Mancha, seguida de Castilla y León. El valor calculado de la producción de leguminosas de grano en 2013,

según datos del Anuario de Estadísticas 2016 del MAGRAMA, fue de unos 115 millones de euros, representando el 0,26% sobre la producción final de la rama agraria y el 0,43% sobre la producción final vegetal.

Por especies, el garbanzo se cultiva fundamentalmente en Andalucía, sobre todo Sevilla, seguida de Castilla y León. La producción de lenteja se centra en Castilla La Mancha, principalmente Cuenca, con más de la mitad de la producción na-

cional. En relación con las judías secas son Castilla y León y Galicia las principales productoras, centrándose una gran parte de la producción en la provincia de León, entre ambas CCAA superan el 75% de la superficie cultivada.

En la tabla 1 y figura 1 se muestra la evolución de la superficie en miles de hectáreas y producción desde la campaña 2010/2011, así como la distribución autonómica en la campaña 2015/16 (MAGRAMA, 2016).

Tabla 1. Evolución de la superficie en miles de hectáreas en España de leguminosas grano de consumo humano.

LEGUMINOSAS	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Medias
Garbanzos	30,7	36,1	33,8	27,3	38,3	38,1	33,24
Lentejas	29,5	38,5	36,3	31,5	31,1	30,7	33,38
Judías Grano	7,1	7	6,6	6,8	7,7	8,9	7,35

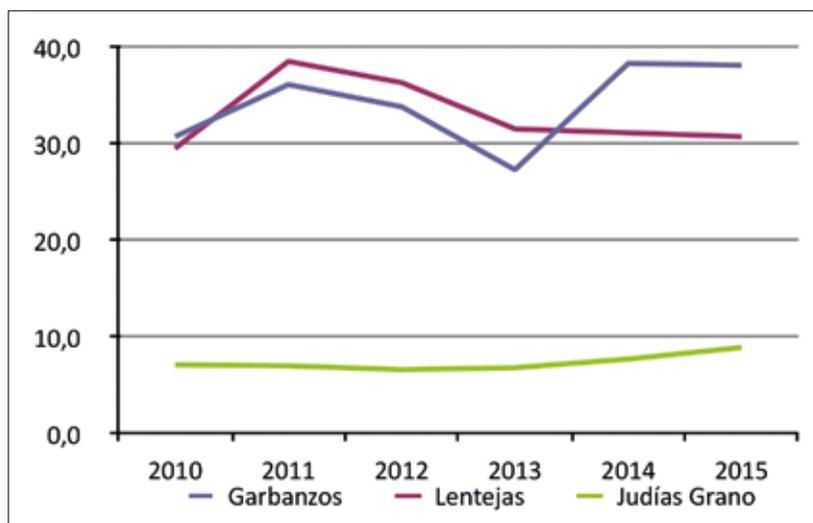


Figura 1. Evolución de la superficie en miles de hectáreas en España de leguminosas de grano de consumo humano.

Se observa la estabilidad en la producción de leguminosas, teniendo niveles casi invariables la judía, y cómo en los últimos años el garbanzo ha superado en superficie a la lenteja. Ello se relaciona con el auge que están cogiendo las elaboraciones de los distintos cocidos en toda España, volviendo a ponerse de moda este plato tradicional en sus diversas versiones: cocido madrileño, montañés (Santander), maragato (León) o gallego.

Según los datos del MAGRAMA (2016), la producción de luminosas en España se concentra en las Comunidades Autónomas de Castilla La Mancha y Castilla y León, seguidas por Andalucía, entre todas agrupan más del 80% de la producción y casi el 90% de la superficie nacional (figura 2).

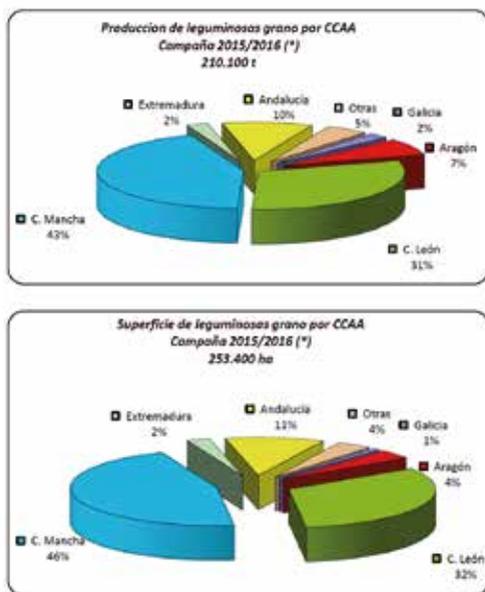


Figura 2. Producción y superficie de leguminosas grano en España, distribución por CCAA.
 Fuente: MAGRAMA, 2016.

En relación con el comercio exterior, tanto España como la UE son importadores netos de leguminosas grano. La cantidad importada de leguminosas para 2015 se mantiene estable, en 145.000 toneladas, con volúmenes muy similares en todas las leguminosas. Esta cifra supone la disminución de un 4% de las importaciones con respecto al año anterior y del 5% con respecto a la media. Las importaciones de lentejas proceden fundamentalmente de Canadá (con casi el 60%) y EEUU; las de garbanzos provienen de México, EEUU y Argentina. Finalmente, las de judías secas llegan desde Argentina, China, Canadá y EEUU (MAGRAMA, 2016).

En la Figura 3 se presenta la evolución del comercio exterior de leguminosas grano en España. En ella se observa cómo hay evidentes fluctuaciones en función de la producción nacional: en años muy cálidos y secos como el 2013, en el que la producción se resintió en España por la sequía, no se llegó a producir para cubrir la demanda interior y se precisó aumentar la importación.

La historia de las leguminosas en Madrid

La Comunidad de Madrid es un cruce de caminos, donde se juntan tendencias, modas, variedades vegetales y recetas de cocina. Por ello la gastronomía madrileña contiene la adaptación de platos provenientes de otras zonas de España y del resto del mundo. Algunos de los platos y costumbres culinarias más tradicionales tienen su origen en la inmigración de

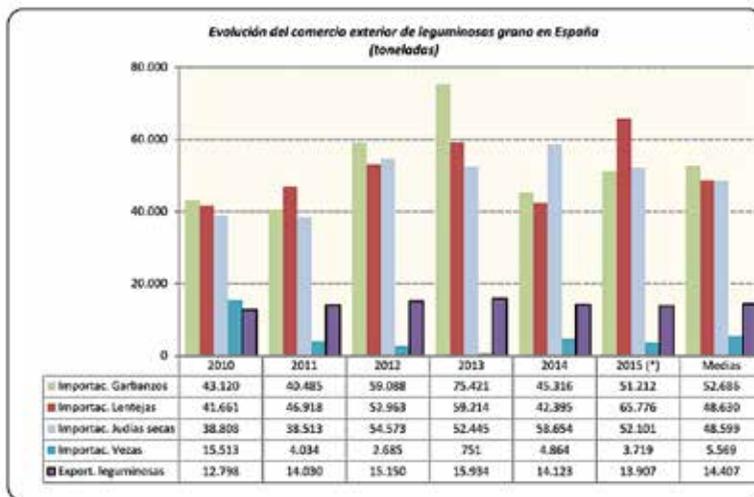


Figura 3. Evolución del comercio exterior de leguminosas grano de consumo humano.

personas procedentes del medio rural de diversas partes de España a finales del siglo XIX. Hoy en día la influencia viene de una inmigración multicultural proveniente de África, Países del Este e Hispanoamérica, por lo que no es extraño observar cómo las comidas de otras culturas se instalan en bares y restaurantes, haciendo más rica la oferta culinaria y dando paso a una cocina de fusión, donde las legumbres juegan un papel fundamental.

Estos platos llegados con los inmigrantes, influenciados por las modas o por los acontecimientos históricos aglutinan, sobre los orígenes mozárabes de Madrid, la mezcla de las oleadas de andaluces, manchegos y castellanos llegados a lo largo de siglos. Son platos que hablan de épocas de escasez y de momentos de esplendor burgués, de ventas y fondas y, al mismo tiempo, de cafés ilustrados. Son platos, en definitiva, que recogen el espíritu de lo que históricamente ha sido Madrid,

cuyo carácter nace en buena medida de todas esas influencias contradictorias.

Según el libro “La recuperación de productos agrarios en peligro de extinción” (Díaz Yubero *et al.* 1995) las leguminosas que se han cultivado de forma tradicional en la Comunidad de Madrid han sido los Garbanzos Madrileños, la Lenteja de Colmenar, las Judías de la Virgen, la Blanca de Villavieja, las Judías de las Once y las Habas del Tajuña.

Es popular entre los madrileños el consumo de diversas legumbres, destacando como primera y tradicional el garbanzo (ingrediente que participa en el potaje, en el popular cocido madrileño, en los garbanzos guisados a la madrileña, etcétera). A veces por influencia de las regiones cercanas aparecen legumbres que también se hacen famosas como los judiones, procedentes de Segovia –concretamente de la localidad de la Granja de San Ildefonso– desde hace más de 60 años.

Hay que decir que muchos de los platos que poseen la denominación «a la madrileña» son originarios de las tascas y tabernas que se hicieron famosas en Madrid en el siglo XIX, pero su origen se remonta al siglo XVI cuando se regulaba el comercio de vino en la capital, impidiendo que vinieran vinos de fuera de Madrid.

En el caso de garbanzo, junto con el cocido, fueron los judíos sefardíes los que posiblemente introdujeron su uso en la cultura culinaria española de la Edad Media. La actual globalización y el aporte de los nuevos madrileños nacidos fuera de España permite nuevos horizontes gastronómicos. Las culturas árabes nos han traído platos basados en el garbanzo, con cada vez mayor aceptación popular, sobre todo por parte de la población más joven. Por supuesto, el cuscús con garbanzos, en esa sabia combinación antigua de legumbres y cereal, pero también el “hummus” y “falafel”: son nuevas oportunidades gastronómicas, que pueden incrementar la demanda de esta leguminosa para los agricultores de Madrid (Díaz Yubero, 2014).

El cocido madrileño es uno de los platos más representativos de la cocina de Madrid. Su origen es controvertido. Unos autores lo consideran una evolución del cuscús árabe, otros de la Olla Podrida de origen castellano rural y otros de la adafina hebrea y culetraba. Sea como sea, esta receta se ha extendido desde Madrid al resto de España, apareciendo diversos cocidos o potajes

de garbanzos por toda la geografía española como el “cocido montañés” o el “cocido maragato”, entre otros. El garbanzo se ha consumido y consume combinándolo con diversas verduras, carnes de ternera, gallina y cordero, y tocino de cerdo junto con algún embutido. El consumo de las legumbres era altamente frecuente en la clase humilde, pero poco a poco fue llegando a la alta sociedad debido a su inclusión en los menús de los restaurantes madrileños como L´Hardy o La Bola. El cocido madrileño se trata de un plato único, habitual en los meses fríos de invierno. La forma más clásica de servirlo a los comensales es separando sus ingredientes, ya cocidos, en tres servicios claramente separados. Estos servicios se denominan tradicionalmente *vuelcos* y se comen en este orden: primero, el caldo resultante de la cocción de todos los ingredientes, en segundo lugar los garbanzos junto con las verduras y patatas y, finalmente, en el tercer vuelco, las carnes. En la actualidad es un plato frecuente en los restaurantes madrileños y se reduce a dos vuelcos (primer plato: sopa y segundo plato: garbanzos y carne) (Díaz Yubero, 2014).



Figura 4. El cocido madrileño con dos vuelcos.



La segunda legumbre tradicional madrileña son los judiones de Montejo, que adquieren su fama hace 40 años cuando el Hayedo de Montejo fue declarado Sitio Natural de Interés Nacional (1974), siendo uno de los hayedos más meridionales de Europa. Los judiones llegaron al valle de Lozoya en los años 40 del siglo XX, a El Paular de Rascafría, procedentes de la Granja de San Ildefonso. El judión tiene diversos modos de cocinarlo ya que se ha introducido en la cocina moderna con mucha fuerza, pero la forma tradicional de cocinarlo es acompañarlo de chacinas del cerdo, bien cocidos a fuego lento.

La tercera leguminosa con más tradición en Madrid es el Haba de Morata de Tajuña. Recogido su cultivo en el Catastro del Marqués de la Ensenada en 1751, se menciona éste junto al cáñamo en la ribera del Tajuña -en Morata o Perales-. Se empleaba como cultivo enriquecedor del suelo junto con ajos, melones, repollo y algún cáñamo. En la zona de Morata de Tajuña, las habas se consumen en fresco con su vaina confitadas en aceite de oliva, acompañadas después de confitar con huevo revuelto y jamón.

Producción y consumo de leguminosas en la Comunidad de Madrid

En la Asamblea de la Comunidad de Madrid se han presentado dos Proposiciones No de Ley para potenciar el cultivo y consumo de las legumbres de Madrid. La primera fue presentada en 2005 y la segunda en 2013, motivadas ambas por

el descenso en los últimos años de la superficie de leguminosas en detrimento de los cereales cebada y trigo. La superficie cultivada del garbanzo había pasado de 1.900 hectáreas en 2002-2003, a apenas 570 hectáreas en 2011, según los datos facilitados por la Dirección General de Medio Ambiente. El garbanzo se cultiva en Madrid en las zonas de La Campiña, de Las Vegas o de la zona sureste de Madrid y en 2011 esa producción total de garbanzos disminuyó un 55% hasta las 687 toneladas, frente a las 1.556 del año 2003. El cultivo de las leguminosas es fundamental porque se emplea en las rotaciones de cultivos debido a su capacidad de fijar nitrógeno en el suelo, por ello lo más interesante es el cultivo alternativo de leguminosas y cereales en el mismo terreno, mejorando la fertilidad del suelo. La evolución de la superficie de leguminosas en la Comunidad de Madrid desciende desde 1984 de forma continuada. Se presentan tres hitos para comprobar la evolución del cultivo de las leguminosas en Madrid:

- a) 1987, año de la primera estadística agraria publicada por la Comunidad de Madrid.
- b) 2003, año en que se presentó el Libro Blanco de la Agricultura.
- c) 2014 último año de estadísticas definitivas del MAGRAMA.

En los 27 años estudiados, se observa que la superficie de leguminosas depende directamente de las ayudas al cultivo por parte de la UE, ya que su evolución presenta incrementos cuando se aplican



estas ayudas. Esto se puede observar en la Tabla 2, donde se ve que de 1987 a 2003 se produce un incremento de la superficie de lentejas y garbanzos por las ayudas a la PAC en esos años al cultivo de leguminosas. Las habas y las judías no se ven afectadas por estas ayudas porque se cultivan en zonas de montañas y en huertos de hortícolas donde la superficie de cultivo es mucho menor en cada parcela.

Tabla 2. Evolución de la superficie de cultivos en la Comunidad de Madrid 1987-2014.

CULTIVO	1987	2003	2014	
	ha	ha	ha	tm
Trigo	41.112	25.090	28.552	56.353
Cebada	44.720	38.198	38.820	62.241
Maíz	8.292	9.596	7.269	94.086
Judías Secas	190	4	0	0
Habas Secas	176	2	1	1
Lentejas	931	1.058	203	108
Garbanzos	1.125	1.921	501	414
Girasol	3.745	732	722	835
Frutales	903	309	876	1.146
Vid	29.394	18.549	10.864	17.744
Olivo	22.253	25.414	26.334	5.517
Patatas	3.564	1.762	89	2.230
Hortícolas	8.254	6.016	1.363	35.995

En la Tabla 3 aparecen los datos del Panel de Consumo Alimentario del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, elaborado desde 1987, a través de la actual Dirección General de la Industria Alimentaria. Presenta la evolución del consumo alimentario en hogares y en establecimientos de restauración comercial y social en España, basado en

encuestas efectuadas entre los consumidores y los responsables de compras de dichos establecimientos.

Tabla 3. Estudio del consumo alimentario en la Comunidad de Madrid.

ALIMENTO	1999	2004	2014
	Kg o L per cápita/año	Kg o L per cápita/año	Kg o L per cápita/año
Aceite	14,72	13,84	11,9
Pan	42,32	36,78	29,5
Leguminosas Grano	4,89	3,24	1,73
Frutas frescas	84,73	104,4	111,3
Hortalizas frescas	48,75	56,3	62,8
F y H transformadas	14,22	14,82	14,1
Leche líquida	103,3	96,75	79,3
Derivados lácteos	23,34	28,5	32,4
Pescado	25	29,17	27,3
Carne	52,51	55,08	52,5
Huevos	153,6	147,4	132
Platos preparados	6,49	11,65	14,5

Los datos de la Comunidad de Madrid que se presentan incluyen desde 1999 a 2014, observándose que el consumo de leguminosas va en descenso desde 1999, primer año de las encuestas, a 2014 - en más del 64 % -. Las razones de este descenso son la dificultad de cocinado y la injusta mala fama de las legumbres por el exceso de calorías que aportan a la dieta. A pesar de ello, las legumbres son un exponente importante de la dieta mediterránea en nuestro país y la Comunidad Autónoma de Madrid. En un momento en que desde diversas instancias institucionales se alerta sobre los malos hábitos alimenticios, es importante recuperar el

consumo “per cápita” de legumbres en nuestra región, ya que el consumo en la Comunidad de Madrid está cinco puntos por debajo de la media nacional, por lo que sería muy interesante elevar su consumo.

Figuras de calidad en leguminosas en el resto de España

En España existen diferentes figuras de calidad en las leguminosas como queda reflejado en el mapa del MAGRAMA publicado en 2014.

Por cultivos las figuras de protección son:

Garbanzo. En noviembre de 2002, la Consejería de Agricultura y Ganadería de Castilla y León aprueba la primera figura de protección de garbanzos al establecer la **Indicación Geográfica Protegida «Garbanzo de Fuentesauco»**. En ella se protegen los garbanzos de las líneas evolucionadas de la variedad «macrocarpum», tradicionalmente cultivadas en la zona y que han dado lugar al ecotipo Fuentesauco y las variedades comerciales que se obtengan en el futuro a partir de dicho ecotipo. Los garbanzos secos protegidos por la Indicación Geográfica deberán pertenecer a las categorías comerciales «Extra» o «I», definidas en la norma de calidad para determinadas legumbres secas y legumbres mondadas y



Figura 5. Mapa de las figuras de protección de las leguminosas en España.

envasadas y destinadas al consumo, publicada en noviembre de 1983. Además, se regula la protección de los garbanzos presentados en forma de plato elaborado. Se describen los garbanzos para ser protegidos por la Indicación Geográfica, con las siguientes características:

a) Morfológicas:

- Rugosidad de la piel intermedia, sin manchas superficiales, pico curvo y pronunciado.

b) Físico-químicas:

- El peso de 100 garbanzos secos tras su acondicionamiento será entre 40 y 50 gramos.
- La absorción de agua destilada, a 25° C durante 10 horas será superior al 100%.

c) Organolépticas:

- Tras una adecuada cocción, y hasta el punto óptimo de consumo, los garbanzos presentarán albumen mantecoso y poco granuloso, la piel será blanda y al menos el 85% de ellos deberá mantener integridad de grano y piel adherida.
- El sabor será siempre agradable.
- El color será el resultante de una mezcla entre amarillo, blanco y marrón que se traduce en tonos crema o apagados.

En el Consejo Regulador están inscritos 74 productores y la superficie de cultivo registrada es de 660 hectáreas. La producción media anual es de 500.000 kilos. Existen 7 empresas envasadoras que comercializan garbanzos con IGP.

En agosto de 2011 se publicó en el Boletín Oficial del Estado el Anuncio de la Dirección General de Industrias y Calidad Agroalimentaria, de la Junta de Andalucía por el que se da publicidad a la solicitud de inscripción de la **Indicación Geográfica Protegida «Garbanzo de Escacena»**. Esta protección abarca municipios de las provincias de Huelva y Sevilla, se encuentra en la antigua comarca histórica conocida como «El Campo de Tejada». El Garbanzo de Escacena sólo se cultivará en parcelas que tengan suelo de tipo Vertisol topoforno, también conocido como «tierras negras» o «barros» en la provincia de Huelva, y como «tierras de bujeo» en la provincia de Sevilla. Son suelos con un alto contenido en arcilla, gran capacidad de retención de agua, bajo contenido en nitrógeno y fósforo y un elevado nivel de potasio. Estas características edafológicas, junto con la influencia marina por su proximidad al litoral y al Coto de Doñana, son las que permiten que el garbanzo del ecotipo local y de las variedades registradas del tipo comercial Lechoso exprese todo su potencial nutritivo, con unas características organolépticas de blandura, cremosidad y finura que lo hacen único. El Garbanzo de Escacena se describe como un garbanzo caracterizado por su gran tamaño, con un color amarillento muy claro con profundos surcos. La producción total de la campaña de 2016 puede rondar los 700.000 kilos, al situarse el rendimiento medio de las aproximadas 600 hectáreas que se encuentran distribuidas por la comarca del Condado en unos 1.200-1.300 kilos/ha. La Sociedad Cooperativa Anda-

luza 'Campo de Tejada', de Escacena del Campo, concentra el mayor volumen de producción, al contabilizar esta campaña unas 360 hectáreas.



Figura 6. Tipos de garbanzos cultivados en España.

Lenteja. En julio de 1993 se aprueba el Reglamento de la **Denominación Específica Lenteja de La Armuña**, y en noviembre de 2004, se ratifica el Reglamento de la **Indicación Geográfica Protegida «Lenteja de La Armuña»**. En el reglamento las lentejas protegidas por la IGP serán de la variedad tradicional cultivada en la zona, denominada «Rubia de La Armuña». Al igual que en los garbanzos de Fuentesauco, se regula también la elaboración de platos preparados, en las industrias inscritas que elaboran platos precocinados o cocinados a partir de lentejas amparadas una vez seleccionadas, limpias y clasificadas por tamaño en las plantas envasadoras. La superficie de cultivo de Lenteja de La

Armuña inscrita en el Consejo Regulador supera las 1.580 hectáreas. La producción media anual es de 1.200.000 kilos. El número de productores inscritos asciende a 190 y el de industrias envasadoras o de platos preparados asciende a ocho.

Es septiembre 2004 cuando se establece la segunda figura de protección de lentejas, ratificando el Reglamento de la **Indicación Geográfica Protegida «Lenteja Pardina de Tierra de Campos»**. En dicho reglamento se establecen las normas de producción, las zonas de producción agrícola que abarcan municipios de las provincias de León, Palencia, Valladolid y Zamora. Como en el Garbanzo de Escacena se establecen los suelos aptos para producir lentejas amparadas en la IGP, con las siguientes características: materia orgánica superior a 0,7%, fósforo (P_2O_5) superior a 100 mg/Kg, potasio superior a 100 mg/Kg, y altitud media inferior a los 850 metros sobre el nivel del mar. Se establece también una protección sobre el material vegetal: las lentejas protegidas por la IGP procederán de los ecotipos locales tradicionalmente cultivados en la zona, de la variedad registrada Paula y de cuantas otras variedades se obtengan en el futuro a partir de los ecotipos locales. Además, se establecen las características que deberán reunir las lentejas protegidas:

a) Morfológicas:

- El color de la cubierta será marrón o pardo. Presentará ornamentación ba-

sada en punteadura en color negro, pudiendo tener en ocasiones un jaspeado también negro que puede ocupar toda la cubierta.

- El color de los cotiledones será amarillo.
- Se podrá admitir hasta un 2% de lentejas que no se correspondan con las características a) y b) anteriores, siempre que no perjudiquen el aspecto general.
- El calibre mínimo en el eje de menor dimensión será de 3,5 mm., admitiéndose hasta un 4% de lentejas con calibre inferior.

b) Físico-químicas:

- Contenido mínimo de grasa del 0,9%.
- Contenido máximo en rafinosa de 0,3 g/100 g.

c) Organolépticas:

- Piel lisa.
- Textura de la piel y albumen algo blandos.
- Estructura del albumen moderadamente mantecoso, poco granuloso y harinoso y poco astringente.

El Consejo Regulador lleva la trazabilidad de 3.000 hectáreas y son 9 empresas las que comercializan esta legumbre.

Judía. En enero de 1989 se aprueba el Reglamento de la **Denominación Específica «Judías de El Barco de Ávila»** y de su Consejo Regulador, siendo esta la primera figura de protección de calidad de la legumbres españolas. En junio de

1996 se da de alta en el registro de las Indicaciones Geográficas y de las Denominaciones de Origen con arreglo al procedimiento establecido en el artículo 17 del Reglamento (CEE) n° 2081/92 del Consejo de Europa. En dicho reglamento se menciona que la zona de producción de las judías secas amparadas por la Denominación Específica incluye municipios de las provincias de Ávila y Salamanca. Se regula el proceso de elaboración: las prácticas de trilla, limpia, clasificación y selección de las judías, de forma tradicional. En las características de las judías se establecen dos categorías: Categoría Extra y Categoría I. Las judías secas protegidas por la IGP “El Barco de Ávila” serán de las variedades tradicionalmente cultivadas en la zona: Blanca Redonda, de Riñón, Morada Larga, Morada Redonda, Arrocinca, Planchada y Judiñón de Barco. La IGP tiene 70 productores inscritos con una superficie de 70 hectáreas y una producción media anual de 100.000 kilos. Están registradas 4 industrias envasadoras (MERCASA, 2015).

En julio de 1990 se presenta el Reglamento de la **Denominación Específica «Faba Asturiana»**. La Denominación Específica Faba Asturiana fue inscrita como IGP Faba Asturiana en la lista de denominaciones registradas DOP-IGP de conformidad con el Reglamento (CE) 1107/96 de la Comisión, el 21 de junio de 1996. En dicho reglamento se establecen las normas de la producción, de la elaboración donde se incluyen las prácticas de trilla, limpia, clasificación

y selección de judías de forma manual, que es lo que tradicionalmente se realiza en el área de la IGP «Faba Asturiana». Las características de la variedad Faba Granja, que es la que se autoriza en la IGP, son: tallo de porte indeterminado, con entrenudos largos, vaina de color verde, lisa y de perfil alargado, grano con el ombligo largo y aplanado de fondo blanco, con una longitud mínima de 18 milímetros y una anchura máxima de 11,5 milímetros y grosor máximo de 8,5 milímetros. Las judías secas elaboradas para su circulación comercial tendrán la siguiente consideración: Categoría extra y Categoría primera, y deberán conservar las cualidades organolépticas características de la zona. La producción se centra en fincas de labor de unos 3.000 metros cuadrados de superficie media y de hasta 80.000 metros cuadrados de superficie máxima, estas últimas localizadas en las riberas de los ríos o zonas llanas donde es posible la utilización de maquinaria de cultivo. En el Consejo Regulador están registrados 175 productores y la superficie de cultivo supera las 100 hectáreas. La producción media anual es de unos 160.000 kilos, de los que 145.000 son de categorías Extra y Primera. Existen 23 empresas inscritas para el envasado y comercialización, 21 de ellas con actividad y comercializan que 70.000 kilos al año con IGP (MERCASA, 2015).

En enero 2006 se ratificó el Reglamento de la **Indicación Geográfica Protegida «Alubia de La Bañeza-León»**.

En dicho reglamento se establecen las zonas de producción agrícola de las alubias protegidas por la Indicación Geográfica Protegida «Alubia de La Bañeza-León»: comarcas agrarias en la provincia de León: Astorga, El Páramo, Esla-Campos, La Bañeza, La Cabrera, Castrocontrigo y Luyego, y en la provincia de Zamora, Benavente y los Valles. Las alubias protegidas por la Indicación Geográfica Protegida serán de las variedades locales Canela, Plancheta, Pinta y Riñón Menudo. Se comercializarán envasadas en origen como legumbre seca o como plato precocinado.

En el mes de marzo de 2006 la Dirección General de Industria Agroalimentaria y Alimentación de la Generalitat de Cataluña registra de la **Denominación de Origen Protegida «Mongeta del Ganxet Vallés-Maresme»** o «Fesol del Ganxet Vallés-Maresme» o «Judia del Ganxet Vallés-Maresme». En su reglamento se establecen las características de las judías de la variedad "Ganxet":

a) Morfológicas:

- fuerte arriñonado
- grado de gancho entre 2 y 3 en una escala de curvatura de 0 a 3
- semilla aplanada, de color blanco ligeramente brillante, con un peso de 50 g por 100 semillas

b) organolépticas:

- piel debe ser ligeramente rugosa y muy poco perceptible

- elevada cremosidad
- sabor suave y característico

Estos aspectos se han relacionado con la elevada concentración de ácidos urónicos en la piel, elevada proporción de proteína y baja concentración de amilosa en los cotiledones. La humedad será inferior al 15%. La superficie cultivada de judía grano acogida a la DOP es de 119 hectáreas; la superficie real es superior debido a la existencia de pequeñas explotaciones familiares de autoconsumo. En el registro del Consejo Regulador están inscritos 4 almacenes, plantas de acondicionamiento y envasado que comercializan 4.000 kilos de judía protegida por la denominación de origen (MERCASA, 2015).

En agosto de 2008 se aprobó el Reglamento de la **Indicación Geográfica Protegida «Faba De Lourenzã»**. El producto amparado por la indicación geográfica protegida “Faba de Lourenzã” son judías secas separadas de la vaina, procedentes de la variedad local conocida como Faba Galaica. Las características botánicas de la variedad Faba Galaica son las que a continuación se describen: planta de porte trepador, indeterminado, con entrenudos largos. La alubia es de color verde en su estado in-maduro, y color crema amarillento con manchas rojas o violáceas en su madurez, con superficie lisa, perfil arqueado, ápice afilado, tamaño muy grande –unos 100-110 granos por 100 gramos de semilla–, longitud 19-26

mm, ancho 9-11 mm y grosor 7-8 mm, con humedad entre el 14 y el 17%. Proporción de piel entre el 6 y 7%, aproximadamente. Absorción de agua superior al 100%.

En los primeros años de este siglo el mercado al por mayor de Faba de Lourenzã fue consolidándose como un referente consiguiendo un volumen anual de transacción de 600 toneladas (MERCASA, 2015).

En julio de 2015 la Comisión Europea aprobó otorgar el certificado de **Denominación Geográfica Protegida «Fesols de Santa Pau»**. La zona geográfica de producción y elaboración de las judías amparadas por la Denominación de Origen Protegida corresponde a los municipios de comarca de la Garrotxa y ampara las variedades tradicionales Tavella Brisa, Setsetmanera y Gra Petit, secas, cocidas y en conserva, producidas exclusivamente en tierras de naturaleza volcánica. Las judías son blancas, redondeadas y con unas dimensiones que oscilan entre 18 y 30 g por 100 semillas. Se caracterizan por un elevado contenido en proteína, una baja percepción de la piel, una baja harinosidad y un sabor suave. Actualmente en el consejo regulador figuran inscritos 13 productores y 5 envasadores-elaboradores. La superficie de cultivo es de unas 20 hectáreas (MERCASA, 2015).

Leguminosas con marcas de garantía



La variedad **Marca de Garantía "Garbanzo Pedrosillano"**. Este garbanzo se caracteriza por su pequeño tamaño, sabor intenso, mantecosisidad de su albumen y piel fina. El nombre de Garbanzos pedrosillanos se debe a su origen de producción, la localidad de Pedrosillo el Ralo en la provincia de Salamanca.



La **Marca de Garantía "Judión de La Granja"**, con la aprobación del Reglamento de uso por parte del Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León, consiguió una figura de calidad que ampara el producto, lo protege de imitaciones y fraudes y lo promociona comercialmente.



La **Marca Colectiva "Alubia de Anguiano"** ampara el grano de calidad obtenido y acondicionado en Anguiano, con sus características de aspectos, desarrollo y coloración características. La Alubia de Anguiano es una legumbre roja seca, entera, con un calibre mínimo de 5 milímetros. La humedad de los granos tras su acondicionamiento no supera el 17 por ciento. El secado de la planta se realiza en el campo y el trillado, de forma cuidadosa, cuando el grano alcanza el nivel de

humedad óptimo. Los procesos de limpieza y de selección se realizan de forma exhaustiva. Además, la Alubia de Anguiano está sometida a un tratamiento antigorgojo obligatorio, manteniendo la alubia durante tres días a -20 grados, con el fin de destruir la larva. La Alubia de Anguiano se comercializa en grandes envases de entre 5 y 40 kilos, y en pequeños envases de medio kilo, un kilo y tres kilos.



Asociación de productores de "Alubia Roja de Ibeas", es la más famosa alubia de Burgos con la que se elabora uno de los platos insignes de la cocina provincial, la olla podrida. Se siembra en torno a la vega del río Arlanzón, en los municipios de Arlanzón, Castrillo del Val, Ibeas de Juarros, San Millán de Juarros, San Medel y Villasur de Herreros. La Asociación la integran 6 agricultores de esta zona, que cuenta con una producción limitadísima, dada su artesanía. En crudo la semilla luce una tonalidad morada intensa, fina y brillante, con forma redonda y pequeña. Tras su cocción destacan sobre todo el gusto, sabroso y a la vez delicado, así como el caldo achocolatado que las envuelve. Textura mantecosa con piel de medio-bajo grosor.



Eusko Lavel "Alubia de Tolosa". es una judía en la que se sigue un proceso totalmente artesanal, en el que se utilizan los mismos sistemas que se han ve-

nido empleando a lo largo de los años, sembrando, desgranando y separando la alubia con paciencia y trabajo manual. La sociedad de productores Tolosako Babarruna Tolosako Babarrun Elkartea es una sociedad fundada en 1994 que al día de hoy cuenta con 40 miembros, siembran 12 ha. de alubia y producen 23.000 kg. En un principio su creación obedecía a defender, identificar y destacar la alubia autóctona frente a la masiva entrada de la alubia de fuera, evitar el fraude y ofrecer al consumidor un producto de calidad absoluta.



ALUBIA PINTA ALAVESA
ARABAKO BABA PINTTOA

Eusko Level “Alubia Pinta Alavesa”.

Los servicios de Investigación del Gobierno Vasco (NEIKER) en el año 1990 desarrollaron un proyecto de caracterización y evaluación de las variedades locales y el inicio de un programa de selección. Para proteger los intereses de los productores y del producto se creó la Cooperativa de Agricultores Garlan, que agrupa a los productores de Alubia Pinta Alavesa que en la actualidad agrupa una superficie de unas 90 ha. y una producción de 70.000 Kg. Los objetivos de Garlan para la producción de Alubia Pinta Alavesa son los siguientes: a) Regular y controlar la producción de Alubia Pinta Alavesa garantizando el origen y la calidad del producto. b) Promover el cultivo de este tipo de alubia tradicional en Álava. c) Creación de un centro de para la selección por tamaño y color, envasado y comercialización del producto, concentrando la oferta de este tipo de

alubia, para hacer frente a las exigencias de la distribución moderna. d) Defender el producto frente al fraude existente en el mercado. e) Promover la mejora de la calidad de las variedades de la Alubia Pinta de Álava. f) Realizar de acciones de promoción y divulgación con el objeto de dar a conocer las características de calidad de este producto.

La comercialización de leguminosas de calidad en la Comunidad de Madrid

Desde la Comunidad de Madrid está en marcha un programa de apoyo a los alimentos de Madrid: **M Producto Certificado** es la nueva marca de garantía de los Alimentos de Madrid, el distintivo con el que la Comunidad Autónoma quiere garantizar el origen y la calidad de los productos agroalimentarios producidos o elaborados en ella. A partir de esta marca de garantía se espera que se difunda y promocióne el cultivo y consumo de las legumbres madrileñas, apoyándose en la Denominación de Calidad *Legumbres Secas: Garbanzos y Lentejas de Madrid*, creada en 2013 a partir de la Proposición No de Ley presentada en la Asamblea de Madrid (MERCASA, 2015). Con esta marca de calidad incluida dentro de la Marca de Garantía M Producto Certificado, se pretende que se desarrolle la denominación de calidad **Legumbres de Madrid** que favorezca la comercialización de garbanzos, lentejas y judías, dentro del marco del apoyo al cultivo ecológico en la Comunidad de Madrid.

Para la promoción del cultivo de las leguminosas, como ya se ha hecho con marcas de calidad de otras CCAA, es fundamental ir de la mano de proyectos de investigación que mejoren las técnicas de cultivo, tipifiquen el producto y desarrollen canales de comercialización alternativos. Desde el Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario (IMIDRA) se ha trabajado en la mejora biotecnológica de semillas de garbanzo, encaminadas fundamentalmente a aumentar la resistencia al hongo de la rabia del garbanzo “*Didymella rabiei*”. Así en 1993 se registraron las variedades *Pilar*, *Amelia*, *Eulalia* y *Elvira*, variedades comerciales protegidas de garbanzo tipo pedrosillano resistentes a la rabia.

El IMIDRA potencia el cultivo de leguminosas dentro de la rotación de cultivos como bases de la agricultura de calidad, de la agricultura ecológica. Respecto a los estudios de mejora de la comercialización de los productos agrarios y alimentarios, entre los que se encuentran las legumbres, el IMIDRA ha apoyado a la Cámara Agraria de Madrid en el desarrollo del “Día de Mercado” que se celebra cada primer sábado de mes, de 10 a 15 horas, en la propia sede de la Cámara en el Recinto Ferial de la Casa de Campo, donde se pueden adquirir productos agroalimentarios propios de temporada cien por cien madrileños. También desde el IMIDRA se están llevando a cabo ensayos sobre la calidad de los garbanzos y judías autóctonas estudiando la textura, las condiciones estandarizadas de cochura

y análisis sensorial. Se han realizado estudios de estructura microscópica de las tres variedades botánicas del garbanzo: lechoso, castellano y pedrosillano, y de las judías tradicionales de Madrid, todo ello para evaluar y asociar las propiedades organolépticas de sabor, textura, olor y color.

Por último, las legumbres estudiadas se aportan a los cocineros para que puedan elaborar platos combinando modernidad y tradición que hagan atractivas a las legumbres y faciliten la recuperación del consumo y la producción de leguminosas en Madrid. El IMIDRA tiene almacenadas en el Banco de Germoplasma de Semillas Hortícolas Tradicionales de Madrid, y está estudiando y poniendo en valor cuatro especies de leguminosas de consumo humano representadas en 63 accesiones de cultivo tradicional:

- 1 de garbanzo de Brunete.
- 1 de garbanzo de Navalcarnero.
- 1 lenteja de Colmenar de Oreja.
- 4 de haba de Morata de Tajuña y de Perales de Tajuña.
- 56 accesiones de judías que provienen de 16 municipios de la Sierra de Madrid y 3 ayuntamientos de la comarca de Las Vegas. Después de estudiadas se observó que pertenecían a 22 variedades diferentes, de las cuales solo se pudieron recuperar para su cultivo 19.

En el comercio de Garbanzos de Madrid hay ejemplos de empresas que ya comercializan legumbre tradicional de Madrid, como es el caso de los garbanzos “La Ba-

llena”, en Quijorna, o el de Conservas Cachopo que vende garbanzos ecológicos elaborados en conserva, desde Colmenar de Oreja.

Para potenciar su cultivo el IMIDRA trabaja desde el pasado mes de enero de 2016 en la recuperación del garbanzo madrileño (o de Brunete), considerado el mejor para el tradicional Cocido Madrileño. Este proyecto nace a iniciativa del Ayuntamiento de Brunete, que impulsa, junto a otros municipios de la zona, la reintroducción de esta leguminosa en el mercado.

En el comercio de las judías el IMIDRA, está ayudando a la creación de una Marca Colectiva: “Judía de la Sierra Norte de Madrid”. Desde mayo de 2014, junto con el ayuntamiento de Buitrago y en colaboración con la Asociación La Troje, se estudia como potenciar el cultivo de judías en la Sierra Norte como motor de empleo y aglutinador del turismo gastronómico de esta comarca. En julio de 2014 el IMIDRA ofreció un Curso de Técnicas de Cultivo y Variedades de Judías de la Sierra de Madrid en colaboración con el ayuntamiento de Buitrago de Lozoya, al que asistieron 24 alumnos. Se vieron como las mejores alternativas de cultivo, las de: cebada heno-judía; ajo-judía; melón o calabaza y al año siguiente judía. A veces se usan cultivos mixtos con maíz de palomitas, espárragos y coles en el fondo del surco. En marzo de 2015 se organizó otra reunión conjunta, con el objetivo de promocionar el cultivo y mejorar la comercialización, para ayudar a

la fijación de población en la Sierra, dotar de oportunidades de empleo a los habitantes de la zona, y recuperar su identidad generando riqueza, promoción y turismo gastronómico con producto local. Para alcanzar este objetivo se establecieron cuatro fases:

- 1ª Fase, obtención de semilla, apoyo a la producción y a la cesión de tierras y creación de una escuela de formación y empleo.
- 2ª Fase, constitución de una Asociación y creación de una Marca de Calidad –ya avanzada en mayo de 2015.
- 3ª Fase, selección y envasado del producto.
- 4ª Fase, promoción del producto.

Después de diversos estudios y conversaciones con productores, envasadores y cocineros, se propusieron como variedades a promocionar las siguientes:

Judías en seco de mata alta:

Garbancera, la más productiva; **Plan-cheta** la más valorada, pero necesita más riego, es poco productiva y vulnerable a heladas, y precisa más tiempo de cocción; **Judía de la Virgen**, actualmente variedad perdida en la zona; **Judión** especie que necesita mucha humedad ambiental, hace mucho follaje, necesita mayor marco de plantación 1x0,5 m., en esta especie tenemos detectados dos orígenes: una importa-

ción desde La Granja de San Ildefonso en torno a los años 90 del siglo pasado y otra que se detecta en los años 50 en el Monasterio de El Paular. Su productividad es variable y tarda más en cocer; **Judía de las Once** variedad que cuece muy rápido, asociada en su cultivo con maíz; **Judía Pinta** variedad de uso mixto que se emplea para verde y para grano, muy productiva y requiere menos riego; **Careta** al igual que la anterior es de uso mixto para verde y grano, de maduración tardía; **Suiza u Ombligo de la Reina** es una variedad muy temprana, productiva, pero basta para comer; **Vinagrosa**, variedad recuperada desde Puebla de la Sierra, menos productiva que otras, su calidad es excepcional, espesa muy bien el caldo y es una variedad que no detectamos en otras zonas de cultivo.

Judías en seco de mata baja:

Judío Rojo, muy productiva, de piel gruesa; **Judío Patonero** variedad precoz, productiva, poco exigente en riego y nutrientes, de piel gorda; **Judío Pinto** es muy precoz, se suele cultivar asociado a patatas; **Boletes** variedad de cocción rápida, menos productiva y piel fina; **Judiillos** variedad muy precoz.

Judías en fresco de mata alta:

Judía de Vaina Roja, variedad de vainas muy tiernas; **Grano de Oro** variedad que sirve también para grano, da buena cosecha y cuyo problema es su corto periodo de recolección.

Para confirmar qué variedades son las mejores en la Sierra se establecen ensayos de producción de semilla y adaptación de cultivo en Braojos, Redueña, Gargantilla y Buitrago. Además, se controló el cultivo en parcelas de agricultores de Villavieja, Talamanca, Montejo y Bustarviejo. Se hace un inventario de la semilla de que disponemos para lanzar el cultivo de judías en la Sierra Norte. Las variedades de mejor comportamiento fueron: Judión, Garbancera, Plancheta (Ochabada), Pintas (Judío Pinto) y Judío Rojo. La Reserva del Rincón que tiene un banco de semillas propone incluir la Vinagrosa y Ombligo de Reina.

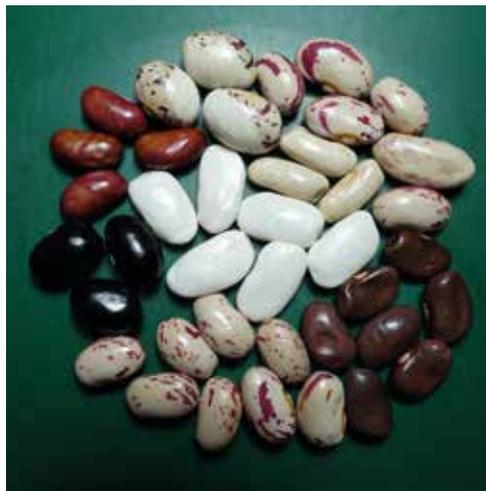


Figura 7. Variedades de judías recuperadas por la Reserva del Rincón.

Visto ya el producto y como cultivarlo valoramos qué figura de protección nos es la más adecuada. Solicitar una Denominación de Origen (DO) es lento, costoso y se necesita el aval a nivel europeo. La **Indicación Geográfica Protegida (IGP)**

es algo menos estricto que una DO y se sigue necesitando la acreditación a nivel europeo. Crear una Marca de Garantía tiene como inconveniente que se necesita la presencia de empresas de comercio y transformación del producto. Por todo ello se optó por la Marca Colectiva que agrupa a productores y además no tiene implicaciones económicas y laborales, da libertad de comercialización, es una estructura suficiente para un distintivo de calidad y se pueden hacer tareas de promoción y defensa del uso del nombre y no precisa tramitación europea.

Desde noviembre de 2015, existe la Marca Colectiva "Asociación de Cultivadores de Judía de la Sierra Norte de Madrid". Lo primero que se hace es un inventario de la cosecha obtenida y de la semilla de que disponemos para el cultivo de judías en la Sierra Norte. Después se fijaron las normas de representación, gestión y defensa de los intereses de sus miembros ante las personas e instituciones públicas o privadas, singularmente ante la Administración. Otro objetivo es fomentar la solidaridad de sus afiliados, promocionando y creando servicios comunes, tales como servicios técnicos, jurídico... etc., promover el reconocimiento de la figura de la judía de la Sierra Norte de Madrid producida en esta zona, fomentar la producción integrada y ecológica de la judía de la Sierra Norte y conseguir la creación de puestos de trabajo.

La Marca Colectiva cuenta con 8 productores que pueden producir de 8.000

a 10.000 kg de las legumbres seleccionadas, estos productores proceden de Bustarviejo; Montejo de la Sierra: Buitrago Villavieja; Navalafuente; Talamanca del Jarama; Garganta de los Montes, Cabanillas de la Sierra, El Berruero Lozoya y Rascafría.

La última iniciativa que ha realizado el IMIDRA para ayudar a dar a conocer y fomentar el comercio de las legumbres de Madrid ha sido el pasado mes de octubre de 2016 con la presentación del Catálogo de Judías Tradicionales de la Comunidad de Madrid.

Referencias

Comunidad de Madrid (1989) La Agricultura en Madrid. Datos Estadísticos' 87 Ed. Consejería de Agricultura y Cooperación ISBN 84-451-0135-8

Díaz Yubero, I.; Elorrieta, J.I.; Vilas, F.; García, J.; Vergara, G. y Cabello, F. (1995) Recuperación de productos agrarios en peligro de extinción. Ed. Comunidad de Madrid ISBN: 84-451-1023-3. 36-39.

Díaz Yubero, I. (2014) Gastronomía de Madrid: cocina, historia y tradición. Ed. Yeguada Marques. ISBN: 9788494124334

FAO (2015) Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Dirección de Estadística. <http://faostat3.fao.org/>

MAGRAMA (2014) Mapa de las Legumbres con Denominación de Origen Protegida e Indicación Geográfica Protegida http://www.mapama.gob.es/es/cartografia-y-sig/publicaciones/alimentacion/mapa_igp_legumbres.aspx

MAGRAMA (2016) Datos estadísticos de la Subdirección General de Cultivos Herbáceos e Industriales. http://www.mapama.gob.es/estadistica/pags/anuario/2015-Avance/AE_2015_Avance.pdf

MERCASA (2015) Alimentación en España 2015 Producción, Industria, Distribución y Consumo. Ed. MERCASA, Madrid. ISBN: 84-695-6171-5

Agradecimientos

Al grupo Leche de Pantera por la revisión bibliográfica y la búsqueda de datos estadísticos.

El año 2016 fue declarado por la FAO como Año Internacional de las Legumbres, en un esfuerzo por centrar la atención en estas humildes y valiosas fuentes de proteína, que han formado parte fundamental de la alimentación humana desde hace siglos y que ocupan un lugar prioritario y esencial dentro de las modernas recomendaciones dietéticas.

Además de mostrar los resultados de la investigación y experimentación que el IMIDRA realiza para asegurar la conservación de las mejores variedades madrileñas de legumbres, su presencia en nuestra dieta, su puesta en cultivo y su comercialización rentable por los agricultores de Madrid, este volumen refleja la colaboración entre distintos organismos de investigación para su revalorización. Tanto desde el punto de vista nutricional y culinario como en términos ambientales –por su independencia de la fertilización nitrogenada, su papel en la defensa del suelo frente a la erosión o su respuesta frente a contaminantes atmosféricos–, estas pequeñas semillas encierran salud, excelencia sensorial y un futuro más sostenible.