



Título: Reducción de la fertirrigación en cultivo ecológico de leguminosas protegidas y su efecto sobre la cosecha

Autor: María del Carmen García García

Titulación cursada: Máster en Horticultura Mediterránea Bajo Invernadero

Fecha: 21 de Septiembre de 2017

Convocatoria de defensa: Septiembre de 2017

Directores del trabajo: Dr. Juan Luis Valenzuela Manjón-Cabeza
Dra. Mercedes del Río Celestino

Reducción de la fertirrigación en cultivo ecológico de leguminosas protegidas y su efecto sobre la cosecha



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

Fertigation reduction in organic cultivation of protected legumes and its effect on harvest

M.C. García-García

IFAPA, Institute of Agricultural Research and Training, Fisheries and Ecological Agriculture. CAPDER, Junta de Andalucía
maria.garcia.g@juntadeandalucia.es

Abstract

The legumes are one of the most important botanical families from the socio-economic point of view and in the province of Almería, green beans and fresh peas, are a reality in the diversification of their horticultural crops, moreover under ecological production standards.

Since the fundamental principles of organic agriculture are the preservation of natural resources and the increase of biodiversity, the objective of this work was to evaluate the effect of the reduction of the dose of fertigation on the production and quality of different species of legumes under ecological greenhouse and evaluate their productive and physical-chemical and nutritional quality fruit response.

For this, a test was carried out in greenhouses of Almería with a usual endowment (100%) of fertigation with nutrients contemplated in ecological agriculture and restricted endowment (50%). The quantification of the harvest and the analysis of its quality parameters were carried out in the post-harvest laboratory of the IFAPA La Mojonera Center.

The results offer significant differences between the treatment of 100% and 50% of fertigation in the bean crop, with the production and fruit weight being greater in the treatment of 100%. However, in the pea and *mangetout* cultures no significant differences in production were found between both treatments. Certain quality parameters were also affected by the drastic reduction of applied fertigation.

Although it is necessary to repeat these tests over time, the results suggest that in our growing conditions the pea and *mangetout* cultivation can be developed without loss of production in ecological production with reduction of fertigation and the consequent saving in water and fertilizer, making the system much more sustainable..

Key words

Diversification, Pea, Bean, Mangetout, Irrigation, Nutrients

Acknowledgments

To my tutors, Dra. Del Río y Dr. Valenzuela.

Work co-financed by FEDER funds. Projects PP.TRA.TRA201600.9 and PP.AVA.AVA201601.7. Andalusia invests in rural areas.

Reducción de la fertirrigación en cultivo ecológico de leguminosas protegidas y su efecto sobre la cosecha

M.C. García-García

IFAPA, Instituto de Investigación y Formación Agraria, Pesquera y de la Agricultura Ecológica. CAPDER, Junta de Andalucía
maria.garcia.g@juntadeandalucia.es

Resumen

Las leguminosas constituyen una de las familias botánicas más importantes desde el punto de vista socioeconómico y, en la provincia de Almería, judía verde y guisante fresco, son una realidad en la diversificación de sus cultivos hortícolas, más aún bajo estándares de producción ecológica.

Puesto que los principios fundamentales de la agricultura ecológica son la preservación de los recursos naturales y el aumento de la biodiversidad, **el objetivo** de este trabajo fue evaluar el efecto de la reducción de la dosis de fertirrigación sobre la producción y calidad de diferentes especies de leguminosas bajo invernadero ecológico y evaluar su respuesta productiva y de calidad físico-químico y nutricional de fruto.

Para ello se realizó un ensayo en invernaderos de Almería con dotación usual (100%) de fertirrigación con nutrientes contemplados en agricultura ecológica y dotación restringida (50%). La cuantificación de la cosecha y el análisis de sus parámetros de calidad fueron realizados en el laboratorio de poscosecha del Centro IFAPA La Mojonera.

Los resultados ofrecen diferencias significativas entre el tratamiento del 100% y el 50% de fertirrigación en el cultivo de judía, siendo mayores la producción y el peso del fruto en el tratamiento del 100%. Sin embargo, en los cultivos de guisante y de tirabeque no se encontraron diferencias significativas de producción entre ambos tratamientos. Determinados parámetros de calidad también fueron afectados por la drástica reducción de fertirriego aplicada.

Aunque es necesario repetir en el tiempo estos ensayos, los resultados hacen pensar que en nuestras condiciones de cultivo se pueden desarrollar, sin pérdidas de producción, el cultivo de guisante y tirabeque en producción ecológica con reducción de fertirriego y el consiguiente ahorro en agua y abono, haciendo el sistema mucho más sostenible.

Palabras clave

Diversificación, Guisante, Judía, Tirabeque, Riego, Nutrientes

Agradecimientos

A mis tutores, Dra. Del Río y Dr. Valenzuela.

Trabajo cofinanciado por fondos FEDER. Proyectos PP.TRA.TRA201600.9 y

PP.AVA.AVA201601.7. Andalucía invierte en zonas rurales.

INTRODUCCIÓN

Las leguminosas y su importancia

Las leguminosas constituyen una de las familias botánicas (*Papilionaceae* o *Fabaceae*) más importantes desde el punto de vista socioeconómico, con notables implicaciones en nuestra agricultura, medio ambiente y alimentación. Está constituida por 730 géneros y unas 19.400 especies.

En la judía (*Phaseolus vulgaris* L.), aunque también es frecuente encontrar bajo esta denominación las especies *P. coccineus* L. (frijol ayocote) y *P. lunatus* L. (judía garrofón), subfamilia *Papilionoidae* o *Faboideae*, se diferencian dos zonas de origen o acervos genéticos en función de los datos morfológicos y bioquímicos disponibles: el mesoamericano (México y América Central) y el andino (Perú, Chile y Ecuador) (De La Rosa, 2016), aunque estudios recientes (Mamidi *et al.*, 2011) sugieren un único evento de

domesticación, seguido de una migración bidireccional de las formas cultivadas y silvestres.

El guisante (*Pisum sp. L.*), subfamilia *Papilionoidae* o *Faboideae*, es uno de los primeros cultivos que han sido domesticados, alrededor de unos 10000 años a.C. en el Cercano Oriente y en Asia Central. En Europa, el guisante se ha cultivado desde la Edad de Piedra y la Edad del Bronce. El cultivo del guisante se propagó desde el Cercano Oriente hasta la actual Rusia, y hacia el oeste, a través del valle del Danubio, a las antigua Grecia y Roma, lo cual facilitó su expansión por Europa del Norte y Occidental (De Ron y Santalla, 2016). El guisante puede ser cultivado con el objetivo de obtener guisante seco (*P. arvense*) o como cultivo hortícola (*P. sativum*). En este último caso, a su vez puede obtenerse, grano inmaduro (para consumo en fresco), grano inmaduro y precoz (guisante de lágrima) o vaina inmadura de guisante (consumo similar a la judía verde), correspondiéndose este último guisante con la subespecie *macrocarpon*, coloquialmente conocida como tirabeque: guisante con alto contenido en azúcares, ausencia de pergamino y apto para consumo completo de vaina y grano.

En agricultura y medio ambiente, las leguminosas juegan un papel importante para el desarrollo rural sostenible: son capaces de fijar el nitrógeno atmosférico en simbiosis con bacterias (rizobios), favoreciendo la productividad de los cultivos y estando recomendado su uso en agricultura ecológica. Por otro lado, se ha demostrado que las plantas que fijan nitrógeno simbióticamente son capaces de asimilar mayores cantidades de CO₂, ejerciendo este hecho un efecto positivo frente al cambio climático. Otros efectos beneficiosos de las leguminosas son la mejora en la estructura del suelo, su capacidad de romper ciclos de enfermedades y plagas, así como el papel que juegan favoreciendo la biodiversidad de nuestros ecosistemas (Clemente, 2016).

En la alimentación humana, las legumbres tienen un papel muy importante como elementos de la dieta mediterránea. El término legumbres se refiere a las semillas de leguminosas para consumo humano, normalmente como grano seco, entre las que se encuentran las judías, los garbanzos, los guisantes, las lentejas o las habas. Algunas de estas especies se pueden consumir también como vaina verde o grano tierno. Por su importancia en la seguridad alimentaria mundial, Naciones Unidas ha dedicado a estas especies el Año Internacional 2016 (De La Rosa *et al.*, 2016).

Los frutos de leguminosas son fuente reconocida de proteínas, almidón, fibra, vitaminas y minerales (Delgado-Andrade *et al.*, 2016); se caracterizan por su elevado contenido proteico, muy superior al de cereales, si bien muestran una elevada variabilidad (20-50%), dependiente de la especie, genotipo y condiciones medioambientales. Respecto a su composición en aminoácidos, las proteínas de legumbres muestran un elevado contenido en lisina y bajo contenido en aminoácidos azufrados (metionina y cisteína). Esto las hace complementarias a las de cereales; así, la combinación legumbre-cereal, presente en todas las gastronomías del mundo, alcanza una calidad proteica algo inferior a las de origen animal, tales como las de la leche y el huevo (Clemente, 2016). Por otro lado, la fracción proteica de legumbres contiene péptidos bioactivos con propiedades beneficiosas para la salud humana, pudiendo formar parte de formulaciones infantiles y de aquellas destinadas a la nutrición clínica (Clemente, 2000). Desde el punto de vista composicional, los carbohidratos constituyen la fracción más importante de las legumbres, siendo sus componentes principales el almidón, la fibra (soluble e insoluble) y los oligosacáridos, con implicaciones relevantes en salud digestiva. Una las principales características de estos carbohidratos es su resistencia al proceso digestivo, lo que contribuye al bajo índice glicémico de las legumbres (Messina, 2014). Por ello, distintas agencias internacionales recomiendan como hábito saludable el consumo regular de leguminosas como alternativa a la carne con objeto de disminuir la ingesta de grasa saturada. Finalmente, las legumbres constituyen una buena fuente de vitaminas del complejo B, así como de minerales, tales como hierro, zinc y calcio (Clemente, 2016).

En la salud humana numerosos estudios evidencian el papel beneficioso que presenta el consumo de legumbres: reduce los niveles de presión arterial y de colesterol

en sangre (Bazzano *et al.*, 2011), su elevado contenido en fibra soluble, superior al de cereales y oligosacáridos ha sido relacionada con una mejora en salud gastrointestinal (Fernández *et al.*, 2015; Simpson y Campbell, 2015) y, recientemente, las investigaciones apuntan a que las legumbres pueden jugar un papel importante en la prevención y tratamiento de la diabetes (Jenkins *et al.*, 2012).

Las leguminosas y la horticultura protegida de Almería

La horticultura de Almería goza en la actualidad, y como viene siendo habitual, de un buen “estado de salud”. Sus cultivos protegidos de primor ya han sobrepasado las 30.000 ha. En esta superficie de invernaderos se cultivan las solanáceas tomate, pimiento y berenjena, las cucurbitáceas calabacín, pepino, melón y sandía, estos dos últimos cultivos en campaña de primavera y, en menor medida, judía y guisante para consumo en verde. La producción global de la horticultura de Almería se sitúa en 3.3 millones de toneladas, con un valor de 1.782,4 millones de euros; dedicándose alrededor del 70% a la exportación, fundamentalmente con destino al resto de Europa (Cabrera-Sánchez *et al.*, 2016). A pesar de estas grandes cifras y en pro de mejorar para un futuro a medio-largo plazo, es aconsejable aplicar las directrices europeas que promueven la diversificación de los cultivos puesto que más de un tercio de la superficie invernada se dedica al cultivo de tomate, y algo menos de otro tercio, al cultivo de pimiento, siendo la tendencia progresivamente al alza en favor de estas dos solanáceas, si bien es cierto que existe abundancia de tipologías por especie hortícola.

IFAPA, el Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera, perteneciente a la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural de la Junta de Andalucía, trabaja desde 2010 en una línea de diversificación de los cultivos hortícolas protegidos convencionales en la provincia de Almería, que en la actualidad se centra en el cultivo ecológico de leguminosas protegidas.

En España se cultivan un total de 177 ha de judía verde en secano, 6.315 ha en regadío al aire libre y 2.958 ha en invernadero, cuya producción global asciende a 181.725t. En relación al guisante verde, en España se cultivan un total de 92 ha de en secano, 15.489 ha en regadío al aire libre y 82 ha en invernadero, cuya producción global asciende a 117.126t. Del total de las superficies invernadas, los máximos se sitúan en la provincia de Almería, correspondiendo 1.301 y 45 ha, a judía y guisante verde respectivamente (MAPAMA, 2017).

La sociedad demanda cada vez más una agricultura sostenible y una producción de alimentos sanos y de mayor calidad. Esto hace necesario la utilización de sistemas agrícolas y modelos productivos respetuosos con el medio ambiente y sostenibles en el tiempo, siendo la agricultura ecológica una alternativa real al sistema convencional de producción agrícola. En la actualidad, las hectáreas dedicadas al cultivo ecológico certificado de hortalizas en invernadero, supera en Almería las 2000 ha (CAPDER, 2017).

Una alternativa importante de diversificación puede ser el cultivo ecológico de leguminosas bajo invernadero, ya que las leguminosas para consumo de vainas y de grano fresco no son cultivos mayoritarios en los invernaderos de España, y aún menos en cultivo ecológico. Las leguminosas son un componente imprescindible en las rotaciones de cultivo dentro de una agricultura sostenible gracias a su papel mejorador de la fertilidad de los suelos por la asociación simbiótica con bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico (Ramírez-Bahena *et al.*, 2016). Además, son una valiosa fuente de proteína tanto para alimentación animal como humana (Rubio y Molina, 2016), con conocidos beneficios para la salud (Arnoldi *et al.*, 2015; Delgado-Andrade *et al.*, 2016), siendo uno de los pilares de la dieta mediterránea.

En cuanto a las condiciones de cultivo, las leguminosas son sensibles al estrés hídrico y al calor presente con frecuencia de forma simultánea en las etapas fenológicas más sensibles de la planta. El estrés por sequía es causado, entre otros factores, por la baja disponibilidad de agua en el suelo, modificando negativamente la productividad. Ésta es

afectada dependiendo de la intensidad, duración de la escasez de agua y de la rapidez con la cual se alcance dicha intensidad, además de la etapa fenológica en que el efecto ocurra.

La nutrición de los cultivos en agricultura ecológica ha sido objeto de numerosas investigaciones: Mirjana *et al.* (2006) realizaron inoculaciones en leguminosas con diferentes cepas de *Rizobium leguminosarum* y en diversos estadios fenológicos; Datt *et al.* (2013) realizaron los estudios de impacto de una gama de nutrientes orgánicos e inorgánicos en producción integrada y ecológica, al igual que con anterioridad realizaron Segura *et al.* (2006); el efecto de compost y vermicompost fue estudiado por Bautista-Zamora *et al.* (2017); la fijación del nitrógeno por parte de las leguminosas continúa siendo objeto de estudio (Beshir *et al.*, 2015), así como la importante contribución de las leguminosas como abono verde (Saldaño y Clauere, 2016).

Puesto que los principios fundamentales de la agricultura ecológica son la preservación de los recursos naturales y el aumento de la biodiversidad, **el objetivo** de este trabajo fue evaluar el efecto de la reducción de la dosis de fertirrigación sobre la producción y calidad de diferentes especies de leguminosas bajo invernadero ecológico, concretamente un cultivar comercial de judía verde, tirabeque y guisante, y un cultivar tradicional de guisante. Se estudiará la calidad en sus parámetros físico-químico y nutricional.

MATERIAL Y MÉTODOS

Materiales y metodología de producción

El ensayo se realizó en el Centro IFAPA La Mojonera (Almería), en dos invernaderos tipo “raspa y amagado” simétricos, con estructura metálica y cubierta de polietileno, con una superficie de 800 m² cada uno y suelo enarenado. Se experimentó con diferentes leguminosas, concretamente con judía, guisante y tirabeque, cultivando según la reglamentación europea de agricultura ecológica. Se realizó la plantación el 7 de octubre de 2016, realizando un ciclo de otoño-invierno, iniciándose la recolección el 18 de noviembre de 2016 y finalizando el cultivo el 25 de enero de 2017. La densidad de plantación fue de 2 plantas·m⁻².

El diseño experimental utilizado fue al azar, con 2 tratamientos de fertirrigación y 3 repeticiones para cada tratamiento y cultivar ensayado. El número de plantas por repetición fue de 35 plantas.

Los cultivos ensayados fueron: cultivo de judía verde de enrame (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Helda, cultivo de tirabeque (*Pisum sativum* L. spp. *macrocarpon*) cv. Tirabi y cultivo de guisante (*Pisum sativum* L.) cv. BGE_033620 (cv. tradicional aportado por Universidad Politécnica de Cartagena) y cv. Lincoln (cv. comercial).

Las técnicas culturales, fitosanitarias (con preferencia de control biológico) y de fertirrigación, cumplían las directivas europeas de producción ecológica y así se ratificó con la certificación especializada en Producción Ecológica (CAA-Ecovalia).

Los dos tratamientos de fertirrigación fueron: dotación usual (100% de fertirrigación) y dotación restringida (50% de fertirrigación).

La programación del riego se llevó a cabo mediante el manejo de tensiómetros instalados a 15 centímetros de profundidad (3 tensiómetros/invernadero). Siendo la consigna utilizada regar cada vez que la media de los tensiómetros situados en la parcela del tratamiento de dotación usual (100% de fertirrigación) era de 22 cb. Se procedió a variar los tiempos de fertirriego de los dos tratamientos. Durante el periodo de máximo desarrollo del cultivo se fertirrigaba durante 30 minutos en el tratamiento de dotación usual (100% de fertirrigación) y la mitad de tiempo (15 minutos) en el tratamiento de dotación restringida (50% de fertirrigación). Al final del ensayo el volumen de agua total aplicado en el tratamiento de 100% de fertirrigación fue de 60 L·m⁻², aportándose la mitad de agua y, por tanto, la mitad de abono diluido en el tratamiento del 50% de fertirrigación.

La fertilización aplicada en cada tratamiento fue la misma en todas las especies y se hizo mediante abonado de fondo con estiércol de oveja (composición sobre materia seca: Materia Orgánica 45,6%; Nitrógeno Total 17,7 g·kg⁻¹; Amonio 889 mg·kg⁻¹; Nitrato

520 mg·kg⁻¹; Fósforo 2,2 g·kg⁻¹; Potasio 16,5 g·kg⁻¹; Calcio 100,9 g·kg⁻¹) a razón de 0,7 kg·m⁻² y fertirrigación a lo largo del ciclo de cultivo.

Para realizar la fertirrigación se utilizó agua de pozo con pH 7,3 y C.E. 1,45 mS·cm⁻¹ y C.E. de la solución nutritiva aplicada a los cultivos de 2,4 mS·cm⁻¹ de media. El pH se programó en el cabezal de riego a 6,5 y se logró la acidificación mediante ácido acético.

El cabezal de riego estaba compuesto por un programador con inyectores venturris y tres tanques de abonado con las siguientes soluciones: tanque A: Calcio quelatado (MgO 0,5%+CaO 15%) y microelementos; tanque B: Ácidos húmicos y fúlvicos (Extracto húmico total 26% p/p; Ácidos húmicos 10% p/p + Ácidos fúlvicos 16% p/p); tanque C: Sulfato potásico (K₂O 52% + SO₃ 45%); Inyectores: Aminoácidos (Aminoácidos libres 24% p/p + Nitrógeno total 3,3% p/p; Nitrógeno orgánico 3% p/p y Nitrógeno amoniacal 0,3% p/p).

Análisis físico

La **morfometría** de las leguminosas se determinó mediante la medición de longitud, anchura y altura de los frutos con calibre digital Laser 4263. Los resultados se expresaron en mm. Para cada tratamiento, variedad y repetición se seleccionaron 5 plantas al azar y se midieron 3 frutos/planta y en el caso de los dos cultivares de guisante, sus correspondientes semillas; la muestra corresponde siempre a la parte comible de cada especie: vaina para judía y tirabeque, y semilla para guisante. Se realizó el muestreo en la época de máxima producción (09/01/2017).

Para la determinación de **peso fresco**, la muestra utilizada coincide con la utilizada en la morfometría. Los frutos fueron tipificados en producción comercial y destrío, y pesados en balanza digital de precisión Mettler Toledo XPE1203S. Los resultados se expresaron en Kg/fruto.

Para la determinación de **peso seco**, la muestra secada fue coincidente con la utilizada para la determinación de peso seco. Para realizar el secado se utilizó una estufa Memmert UF110, procediendo al secado de los frutos a 45°C durante 72h. El resultado se expresa en % de peso seco respecto a peso fresco o % de materia seca.

Para la medida de la **firmeza** de fruto se utilizó un texturómetro (Texture Analyser TA.XT Plus, Stable Micro Systems Texture Analyzer, Surrey, UK) equipado sonda de corte fino. Las muestras se colocaron en la base del analizador de textura y se procedió a una prueba simple, el brazo del analizador de textura, que contiene una célula de carga, se mueve hacia abajo para cortar el producto a una velocidad de 1mm·s⁻¹, durante 5s. y luego vuelve a su posición inicial. La firmeza fue medida como la máxima fuerza ejercida por el producto durante el corte y se midió en Newton (N). La toma de muestras analizadas coincide con la detallada en la morfometría, aunque se trata de diferentes frutos.

El **color** del fruto fue determinado mediante un espectocolorímetro portátil CM-700d (Konica Minolta Sensing Americas. Inc. NJ. USA), instrumento de alta precisión diseñado para evaluar el color y la apariencia de muestras. Los datos obtenidos de la espectocolorimetría son el ángulo hue o tono (°Hue) y croma o intensidad (C*). Se procedió a la medida del color en dos puntos diferentes y externos del plano ecuatorial de 10 frutos de judía y tirabeque por cada tratamiento, repetición y cv. y de sus correspondientes semillas en el caso de guisantes.

Análisis químico

Para la obtención del contenido en **sólidos solubles** el fruto troceado, procedente de la misma muestra utilizada en la morfometría y se homogeneizó con una batidora de cuchillas hasta licuar la pulpa. El zumo se centrifugó a 6000 rpm durante 5 minutos. Se extrajo una gota del sobrenadante homogeneizado (Homogeneizador Ultra-Turrax IKA-T18), aproximadamente 1 ml, que se colocó en el visor del refractómetro digital (Smart-1, Atago, Japón). Previo al análisis fue necesario calibrar el refractómetro con agua destilada a la temperatura de trabajo del laboratorio. El resultado se expresó como °Brix.

El **pH** se determinó mediante un titulador automático (Metrohm, Titrosampler) a partir de 5 gramos de sobrenadante homogeneizado previo centrifugado, del zumo de

fruto descrito en el apartado anterior, y se le añadieron 50 ml de agua destilada; todo ello se mezcló en vasos de titulación. Se colocó el electrodo de vidrio del pH-metro en la muestra y la pantalla digital del aparato nos ofreció el valor. Previamente a las medidas, el instrumento se calibró con las disoluciones patrón suministradas por el fabricante.

La **acidez titulable** del fruto se expresó como el porcentaje del ácido predominante en la muestra, esto es, % de ácido cítrico. Se midió sobre el contenido de los vasos de titulación preparados para medir el pH, con la estación de valoración automatizada Metrohm, 862 Compact Titrosampler (fusión de un valorador y un cambiador de muestras), mediante una valoración (volumetría) con un reactivo básico (0.1N NaOH).

Análisis nutricional

La determinación del contenido en **compuestos fenólicos** totales del fruto se realizó aplicando el método analítico propuesto por Ali *et al.* (2011) utilizando un espectrofotómetro Nicolet Evolution 300, de Thermico, para el análisis de las muestras, midiendo la absorbancia a una longitud de onda de 765nm. La muestra utilizada consistió en 10 frutos, o sus correspondientes semillas en caso de guisante, recolectados de 5 plantas por tratamiento, repetición y cultivar, y se homogeneizaron mediante un homogeneizador Ultra TurraxIKA-T18. Por motivos de logística de trabajo se procedió a su congelado a -80°C. Para realizar las analíticas, se tomaron 5g de homogeneizado, previamente descongelado, se añadieron 20 ml. etanol y se guardó a -20°C dos semanas. El extracto fue centrifugado a 12000 rpm durante 10 min. Se usaron 60 microlitros de sobrenadante para la determinación. Previamente a la medida de las muestras, se elaboró una recta patrón de calibrado con concentraciones conocidas de ácido gálico que oscilaron entre 0 y 1000 mg·l⁻¹. Los resultados se expresaron en mg GAE (equivalentes de ácido gálico)/100g de peso fresco.

Para determinar el contenido en **ácido ascórbico** se utilizó sobre la misma muestra, la técnica de titulación volumétrica de óxido reducción en medio ácido, utilizando el titulador automático (Blanco-Díaz *et al.*, 2014). Dado que la reacción entre el yodo y el ácido ascórbico presenta una estequiometría 1:1, en el punto final de la titulación el número de moles de yodo reducido es equivalente a los moles de ácido ascórbico oxidado. Cada mililitro de solución 0.01 M de yodo consumido durante la valoración equivale a 1.741 mg de ascórbico (C₆H₈O₆). Entre los reactivos y soluciones utilizados se encuentran agua destilada, solución de yodo 0.01 M, solución de glioxal y solución de ácido sulfúrico. Se comprobó la linealidad de la técnica volumétrica, mediante la verificación del cumplimiento de la Ley de Beer con el estándar de ácido ascórbico en un rango de concentraciones de 0.08-1.0 mg/ ml. Se realizaron tres réplicas de cada una y se determinó la recta de regresión lineal, así como los coeficientes r y r². Simultáneamente, se mezclaron 5 ml de zumo filtrado con 45 ml de agua destilada, 2 ml de glioxal y 5 ml de ácido sulfúrico, tras lo cual se procedió a su titulación con yodo. Los resultados se expresaron en mg de ácido ascórbico por 100g de peso fresco de fruto.

La determinación del contenido **flabulinas y sus fracciones proteicas** se realizó de la misma muestra aunque únicamente en grano fresco de guisante, por ser la especie leguminosa de mayor contenido proteico de este estudio. En primer lugar se procedió a la obtención de harina de guisante, para lo cual se pesaron 100 g procedentes de cada tratamiento, repetición y cultivar de guisante (Lincoln y BGE). Se procedió al lavado y triturado en un molino Wiley con criba de 0.75 mm. Para la obtención de proteína soluble se pesaron 10mg de harina de guisante y se le agregó NaOH 1M, posteriormente se leyó en un Microplate reader mod. FTQ1. Las fracciones de proteína (glutelina, globulina, albúmina y protaminas), se obtuvieron en base a los métodos postulados por Hu y Esen (1981) y Knabe *et al.* (1989). Se realizó el fraccionamiento de proteínas de las leguminosas objeto de estudio, con 4 diferentes solventes: H₂O, NaCl 0.5 M, 2-propanol (IPA) 70% y ácido acético glacial 50%. Los resultados se expresaron en mg de fracción de proteína por 100g de peso seco de fruto.

Análisis Estadístico

A los datos obtenidos de análisis físico, químico y nutricional se le realizó un análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias para los tres cultivares ensayados mediante el test LSD ($P < 0.05$). Los análisis estadísticos se efectuaron con el programa SAS 9.1_2014, del SAS Institute.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción

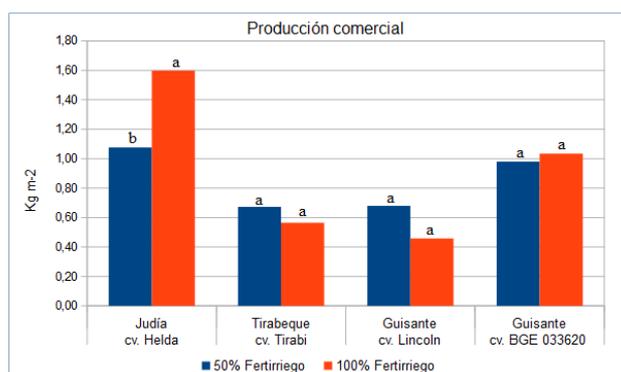


Figura 1. Rendimiento ($\text{Kg}\cdot\text{m}^{-2}$) de los distintos tratamientos de especies y cultivares de leguminosas ensayadas bajo cultivo ecológico en invernadero. Tratamiento estadístico realizado entre T-50% y T-100%. Valores medios con la misma letra indican diferencia no significativa. Prueba de Tukey ($P < 0.05$).

En el cultivo de judía cv. Helda la producción comercial obtenida en el tratamiento con dotación usual de riego (100% de fertirrigación) fue de $1,60 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$, mientras que en el tratamiento con dotación de riego restringida (50% de fertirrigación), la producción comercial fue de $1,08 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$, encontrándose diferencias significativas entre ambos tratamientos (Figura 1). La mayor producción en el tratamiento 100% de fertirrigación se debe fundamentalmente al peso del fruto de judía, donde también existen diferencias significativas entre el tratamiento 100% de fertirrigación y el tratamiento 50% de fertirrigación, siendo el peso medio del fruto mayor en el tratamiento 100% (Tabla 1). Estos resultados son similares a los obtenidos por Segura *et al.* en 2006 ($1,44 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$) y superiores a los de Tisselli *et al.* en 2002 ($0,7 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$), ambos ensayos bajo estándares de producción ecológica.

En los cultivos de guisante y tirabeque no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos 100% y 50% de fertirrigación, ni en producción comercial ni en peso medio de fruto (Figuras 1 y Tabla 1). Si bien, hay que destacar que el guisante tradicional (cv. BGE 033620) obtuvo una mayor producción comercial ($1 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$) que el guisante cv. Lincoln ($0,6 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$) (Figura 1), no debiéndose al peso medio de fruto de guisante (Tabla 1).

En general, los frutos de leguminosa obtenidos presentaron buena calidad en relación a la forma, desarrollo y coloración propios de cada especie, siendo lo suficientemente tiernos, turgentes y carentes de pergamino. Solamente se obtuvieron frutos de destrío en judía, sin diferencias significativas entre tratamientos, con $0,16$ y $0,22 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ para los tratamientos de 50 y 100% de dotación de fertirriego respectivamente.

Los efectos negativos del estrés hídrico dependen de la frecuencia, duración, intensidad y de la fase de crecimiento en que se produzca. La judía es muy sensible a la sequía durante la fase de prefloración (10-12 días antes de la antesis) y floración. El estrés hídrico en esta fase produce un exceso de floración, generación de vainas prematuras y aborto de semilla (Muñoz-Perea *et al.*, 2006; Singh, 2007). Las variedades sensibles responden al estrés con una fotoinhibición de forma más temprana, lo que afectará de

forma directa a su producción final (Cruz de Carvalho *et al.*, 1998; Lizana *et al.*, 2006). En términos generales, el estrés hídrico supone una reducción de la biomasa, una reducción en la producción de grano, un menor número de semillas y vainas, así como la reducción de la masa de las mismas. También se reduce la absorción de fósforo, así como la concentración, distribución y fijación de nitrógeno (Serraj y Sinclair, 1998; Lodeiro *et al.*, 2000; Jiménez *et al.*, 2004; Muñoz-Perea *et al.*, 2006; Naya *et al.*, 2007).

Martelo *et al.* (1996), en sus trabajos, demuestran que el riego es especialmente importante en el cultivo de judía ya que es más sensible a la sequía que otras leguminosas. Sin embargo, para el cultivo de judía en condiciones restringidas de agua, si existe un déficit del 25-50% es tolerable a lo largo de toda la campaña, o durante los periodos vegetativo y de maduración, pero no es tolerable en la época de prefloración y floración (Ucar *et al.*, 2009).

Parámetros físicos

	Tirabeque cv. Tirabí		Judía cv. Helda		Guisante cv. Lincoln		Guisante cv. BGE_033620	
	T - 50%	T - 100%	T - 50%	T - 100%	T - 50%	T - 100%	T - 50%	T - 100%
Longitud Media Fruto (mm)	102,3 a	104,7 a	210,5 a	229,7 a				
Anchura Media Fruto (mm) semilla en guisantes-	21,9 a	21,0 a	18,6 b	16,0 a	10,9 a	12,0 a	9,9 a	9,9 a
Altura Media Fruto (mm) semilla en guisantes-	5,8 a	5,7 a	6,7 a	5,9 a	17,0 b	15,0 a	12,0 a	12,0 a
Peso Fresco Medio Fruto (g) semillas en guisantes-	5,8 a	6,3 a	15,0 a	20,1 b	4,7 a	4,7 a	2,4 a	2,4 a
Materia Seca (%) semillas en guisantes-	13,6 a	14,8 a	8,8 a	8,9 a	24,4 a	24,2 a	20,2 a	22,9 a
Firmeza (N) -semillas en guisantes-	56,0 a	63,0 a	55,0 a	56,0 a	20,0 a	21,0 a	21,0 b	16,0 a
Color (C) -semillas en guisantes-	33,0 a	32,0 a	27,0 a	29,0 a	33,0 a	34,0 a	39,0 a	39,0 a
Color (°Hue) -semillas en guisantes-	107,0 a	108,0 a	111,0 a	111,0 a	109,0 a	108,0 a	105,0 a	105,0 a

Tabla 1. Parámetros físicos de los distintos tratamientos de especies y cultivares de leguminosas ensayadas bajo cultivo ecológico en invernadero. Tratamiento estadístico realizado entre T-50% y T-100%. Valores medios con la misma letra indican diferencia no significativa. Prueba de Tukey ($P < 0.05$).

En la tabla 1 podemos observar los diferentes **datos morfométricos** analizados para los distintos cultivares y especies. En judía se obtuvo una longitud máxima de 229.7 mm para el tratamiento 100% y los máximos de anchura y altura de vaina para el tratamiento 50%, 18.6 y 6.7 mm respectivamente, existiendo solamente diferencias estadísticamente significativas para la anchura. Las dimensiones máximas para vaina de tirabeque se obtuvieron en anchura y altura para el tratamiento al 50%, sin diferencia significativa. Respecto a las dimensiones de los granos frescos de los dos cultivares de guisante, ofrecen diferencias significativas la altura del cv. Lincoln, cultivar comercial, contrastando ambos tratamientos con mayores dimensiones a favor del tratamiento del 50% fertirriego. El cultivar comercial ofrece mayores proporciones, probablemente debido a que sea un cultivar seleccionado para este parámetro, entre otros.

En relación al **peso fresco** de los frutos de judía, existieron diferencias significativas entre tratamientos, ofreciendo mayor peso el tratamiento 100% de fertirriego, siendo el peso medio del fruto 20.1 g·fruto⁻¹ frente 15.0 g·fruto⁻¹ del tratamiento reducido. En tirabeque y guisantes no existieron diferencias significativas. El guisante comercial obtuvo mayor peso de grano que el cultivar tradicional, en ambos tratamientos.

Los porcentajes de **materia seca** son adecuados para vainas y grano de leguminosas, estando en sintonía con los resultados obtenidos por Martínez *et al.* (1995) y por Mirjana *et al.* (2006), no existiendo diferencias significativas entre tratamientos para ningún cultivar. En general, los porcentajes de materia seca son mayores en grano que en vaina; los granos del cv. comercial obtuvieron mayores valores (24.2 – 24.4%) que el cv. tradicional (20.2 – 22.9 %), al igual que sucedió con su peso fresco.

Respecto al parámetro **firmeza**, en vainas de tirabeque y judía no hubo diferencias significativas entre tratamientos, obteniendo los mayores valores el tratamiento del 100% de fertirriego (tirabeque 63 N y judía 56 N). Obtenemos valores inferiores para la firmeza de la semilla de guisante, en torno a 20 N, siendo una firmeza significativamente superior en el tratamiento 50% de fertirrigación (21 N) frente al 100% (16 N).

El **color** es una de las principales características externas que determina la aceptación del producto por parte del consumidor. Los valores medios de los parámetros intensidad de color (C-croma) externo y tono o matiz ($^{\circ}$ Hue) para la fracción comestible de las leguminosas estudiadas (vaina para judía y tirabeque, y grano para guisante) fue medida para cada tratamiento y cultivar. En cuanto al parámetro C*, los valores obtenidos en la piel de los frutos no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ensayados, lo que se traduce en que la pureza de los colores es muy similar. Valores superiores indican mayor pureza. En cuanto al ángulo de matiz ($^{\circ}$ Hue), los valores obtenidos en la piel de los frutos tampoco presentan diferencias significativas entre las variedades ensayadas. Este parámetro indica si el fruto es verde (180 $^{\circ}$), amarillo (90 $^{\circ}$) o rojo (45 $^{\circ}$), o en qué grado presenta esas coloraciones. Guisantes tradicionales, seguidos de tirabeque tienden más hacia el tono amarillo, aunque todas las leguminosas se encuentran claramente en la zona del color verde. Las leguminosas inmaduras obtienen diferentes tonos verdes por su alto contenido en clorofila, alrededor de 250 mg/100 g peso fresco (Martínez *et al.*, 1995).

Parámetros químicos

La figura 2 representa el contenido medio en **sólidos solubles** de las diferentes especies y cultivares de leguminosas ensayadas bajo cultivo ecológico, expresado en $^{\circ}$ brix. Los frutos de judía y los dos cultivares de guisante no muestran diferencias significativas entre tratamientos. El contenido en sólidos solubles de la judía oscila en torno a 6 $^{\circ}$ brix, el del guisante Lincoln y BGE alrededor de 10 y 9 $^{\circ}$ brix, respectivamente. Los valores del contenido en sólidos solubles para los dos tratamientos de fertirriego en judía (5.8-6.4 $^{\circ}$ brix), son superiores a los obtenidos por Segura *et al.* (2006), en condiciones de cultivo ecológico en invernadero de Almería (5.0-5.7 $^{\circ}$ brix).

En tirabeque se observan diferencias, alcanzando el mayor contenido en sólidos soluble el tratamiento al 50% (11.3 $^{\circ}$ brix) frente al tratamiento 100% de fertirrigación (9.1 $^{\circ}$ brix). Para guisantes y más aún para tirabeque, nos situamos en escenarios de dulzor superiores a sandía y melón, especies para las que Hortyfruta, interprofesional andaluza de frutas y hortalizas, recomienda 9 y 10/11 $^{\circ}$ brix, respectivamente.

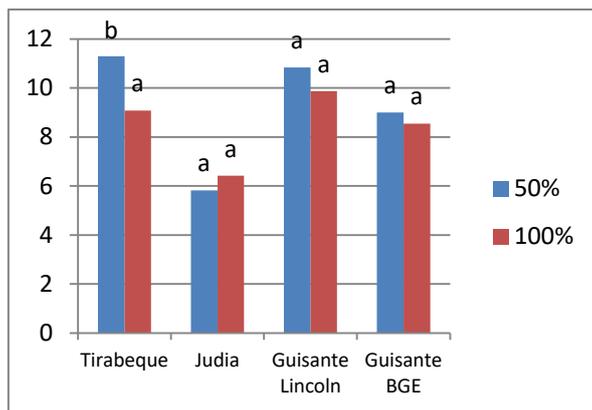


Figura 2. Contenido en sólidos solubles totales como °Brix de las distintas especies y cultivares de leguminosas ensayados bajo cultivo ecológico en invernadero. Tratamiento estadístico realizado entre T-50% y T-100%. La misma letra indica diferencia no significativa. Prueba de Tukey ($P < 0.05$).

El **pH** es un parámetro químico de los alimentos que da una idea de la acidez/basicidad de un alimento. La figura 3 representa el pH de los diferentes frutos de las especies y cultivares de leguminosas ensayadas bajo cultivo ecológico, situándose en general las leguminosas en una zona débilmente ácida, tal como se pone de manifiesto en los estudios de diversos autores (Martínez *et al.*, 1995; Khah y Arvanitoyannis, 2003; Segura *et al.*, 2006; Dawo *et al.*, 2007), coincidentes con nuestros resultados y alrededor de pH 6. Los diferentes tratamientos de fertirrigación no afectaron significativamente a los resultados obtenidos en las mediciones de pH, con un rango de resultados de 6.1 – 6.9.

La figura 4 representa la **acidez titulable** de las diferentes especies y cultivares de leguminosas ensayadas bajo cultivo ecológico, expresado en porcentaje de ácido cítrico, ácido mayoritario en leguminosas. Existen diferencias significativas para la acidez titulable en tirabeque y guisante Lincoln, en ambos casos siendo superior para el tratamiento de 50% de fertirrigación.

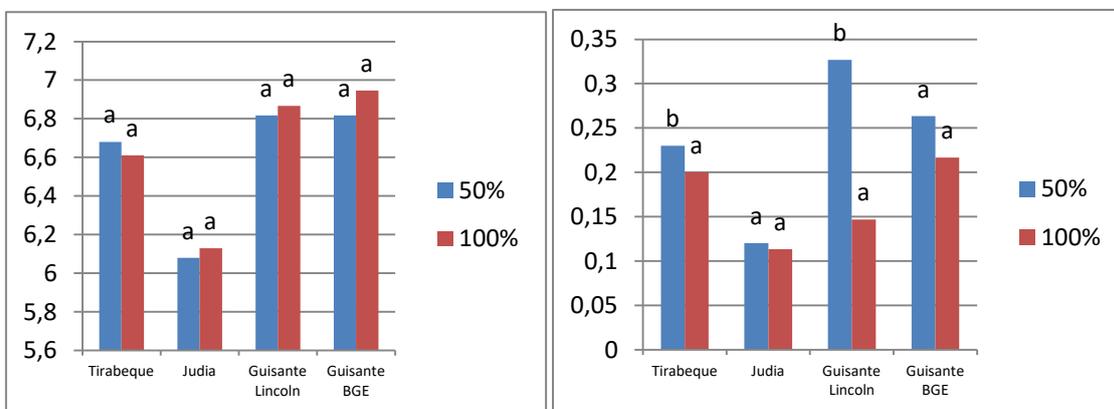


Figura 3 (izquierda) y Figura 4 (derecha). pH (izquierda) y acidez titulable como porcentaje de ácido cítrico (derecha), de las distintas especies y cultivares de leguminosas ensayados bajo cultivo ecológico en invernadero. Tratamiento estadístico realizado entre T-50% y T-100%. La misma letra indica diferencia no significativa. Prueba de Tukey ($P < 0.05$).

En general, los análisis ofrecen en valores de acidez bajos (0.11-0.32% ácido cítrico, ácido mayoritario en leguminosas). En judías se alcanzan los valores más bajos de las leguminosas analizadas 0.11-0.12% ácido cítrico en T-50% y T-100%, respectivamente, similares a los obtenidos por Martínez *et al.*, en 1995 (0.10-0.18% ácido cítrico). El resto de leguminosas alcanzan valores inferiores al 0.32% ácido cítrico, en contraposición con frutos de acidez muy variable como puede ser el tomate, que obtiene de 0.30 a 1% de ácido cítrico (Piqueras-Aljarilla, 2015).

Parámetros Nutricionales

La figura 5 representa el contenido medio de **fenoles totales** de las diferentes especies y cultivares de leguminosas ensayadas bajo cultivo ecológico, expresado como mg GAE·100g⁻¹ de peso fresco. No se observan diferencias significativas entre los tratamientos de fertirrigación usual y restringida, no pudiendo decir por tanto que un déficit del 50% en agua y fertilizantes afecta al contenido en polifenoles. Los valores inferiores se obtienen en judía y guisante Lincoln, 20-30 mg GAE·100·g⁻¹; tirabeque 30-40 mg GAE·100g⁻¹; el cultivar tradicional de guisante BGE fue el que con diferencia obtuvo los mayores valores de compuestos fenólicos totales, 60-65 mg GAE·100g⁻¹, prácticamente duplicándolos.

Los compuestos fenólicos o polifenoles constituyen un amplio grupo de sustancias químicas, considerados metabolitos secundarios de las plantas, con diferentes estructuras químicas y actividades. La presencia de polifenoles en las plantas es muy variada, dependiendo de la especie vegetal, variedad, parte de la planta, condiciones de cultivo, etc. Se han llegado a identificar más de 8.000 compuestos fenólicos con estructura muy variada, desde moléculas simples, como los ácidos fenólicos, hasta polímeros complejos de elevada masa molecular como son los taninos (Del Río *et al.*, 2013).

Sus principales funciones en las células vegetales son las de actuar como metabolitos esenciales para el crecimiento y reproducción de las plantas, y como agentes frente a la acción de patógenos, siendo secretados como mecanismo de defensa de la planta. También son importantes en la determinación de las propiedades organolépticas (color, sabor y aroma), como por ejemplo el sabor astringente (Tomás-Barberán y Espín, 2001).

Según la European Food Information Council, EUFIC (2005), no existe ninguna recomendación dietética oficial para el consumo de compuestos fenólicos. Sin embargo, actualmente se están llevando a cabo numerosos estudios con el objetivo de determinar recomendaciones de consumo para los diferentes grupos de población, como el de Ovaskainen *et al.*, 2008, que propuso una RDA (Recommended Dietary Allowances) para la ingesta de compuestos fenólicos totales de entre 461-1377 mg·día⁻¹ para hombres y entre 449-1185 mg·día⁻¹ para mujeres. Si tenemos en cuenta estas recomendaciones dietéticas, la ingesta de una ración de 200 g de los cultivares comerciales de judía, tirabeque o guisante cubriría aproximadamente el 5-13% de la RDA para hombres y mujeres, mientras que si se trata del cultivar BGE de guisante tradicional, dicha cobertura aumenta al el 9-26% de la RDA para hombres y mujeres. Estas leguminosas contribuyen de forma razonable a las necesidades diarias estimadas de compuestos fenólicos. Comparativamente, en fruto de tomate y en términos equivalentes a los relacionados, obtenemos 3-11% para tomates tradicionales tipo cherry y de calibre grueso (Piqueras-Aljarilla, 2015), intervalos inferiores a los obtenidos en leguminosas.

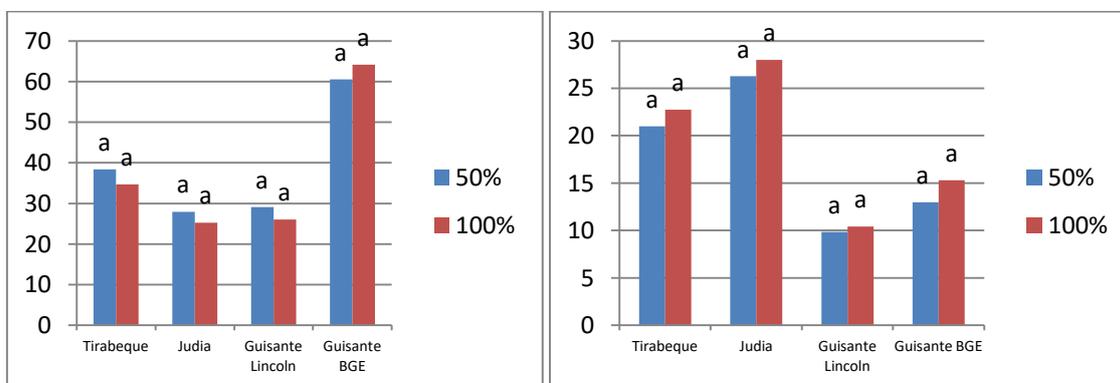


Figura 5 (izquierda) y Figura 6 (derecha). Fenoles totales, expresados como mg GAE·100g⁻¹ de peso fresco (izquierda) y Contenido en ácido ascórbico, expresados como mg ácido ascórbico·100g⁻¹ (derecha) de las distintas especies y cultivares de leguminosas ensayados bajo cultivo ecológico en invernadero. Tratamiento estadístico realizado entre T-50% y T-100%. La misma letra indica diferencia no significativa. Prueba de Tukey (P<0.05).

La figura 6 representa el contenido medio de **ácido ascórbico** de las diferentes leguminosas ensayadas bajo cultivo ecológico en invernadero. No se observan diferencias significativas entre los tratamientos de fertirrigación usual y restringido, no pudiendo decir por tanto que un déficit del 50% en agua y fertilizantes afecta al contenido en ácido ascórbico, principal componente de la vitamina C. Los Valores inferiores se obtienen en los dos cultivares de guisante, 10-15 mg ácido ascórbico·100g⁻¹; valores intermedios para judía 25-30 mg ácido ascórbico·100g⁻¹ y valores muy elevados para tirabeque, 45-55 mg ácido ascórbico·100g⁻¹.

La vitamina C se encuentra de forma natural como ácido L-ascórbico y está ampliamente distribuido en alimentos vegetales frescos, entre los cuales, los cítricos y algunas frutas (kiwi, fresa, melón...) constituyen la mayor fuente de vitamina C. También podemos destacar algunas hortalizas como el pimiento y el tomate, en este último caso, el contenido de vitamina C en tomate fresco varía considerablemente, pudiendo oscilar entre valores de 2 y 21mg·100g⁻¹ de peso fresco (Frusciante *et al.*, 2007). En comparación con estos valores para fruto de tomate, de las leguminosas analizadas, judía y tirabeque se posicionarían con un mayor contenido, al contrario que el guisante, que obtendría valores inferiores.

Según las ingestas recomendadas de energía y nutrientes para la población española (Moreiras *et al.*, 2004), la ingesta diaria recomendada (IDR) de vitamina C para hombres y mujeres de 10 a más de 70 años es de 60 mg·día⁻¹, con lo que algo menos de 200g. de judía verde o 100g. de tirabeque darían prácticamente cobertura a estas necesidades diarias.

La figura 7 representa el contenido medio de las **fracciones de proteína** solubles en NaOH de los diferentes tratamientos y repeticiones de los dos cultivares de guisante ensayados. Las proteínas son macromoléculas complejas que pueden constituir el 50% o más del peso seco de las células vivas y tienen un papel fundamental en su estructura y función; su masa molecular varía de 5000 a varios millones de daltons; estos biopolímeros están constituidos de carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y azufre; algunas contienen hierro, cobre, fósforo o zinc (Cheftel *et al.*, 1989).

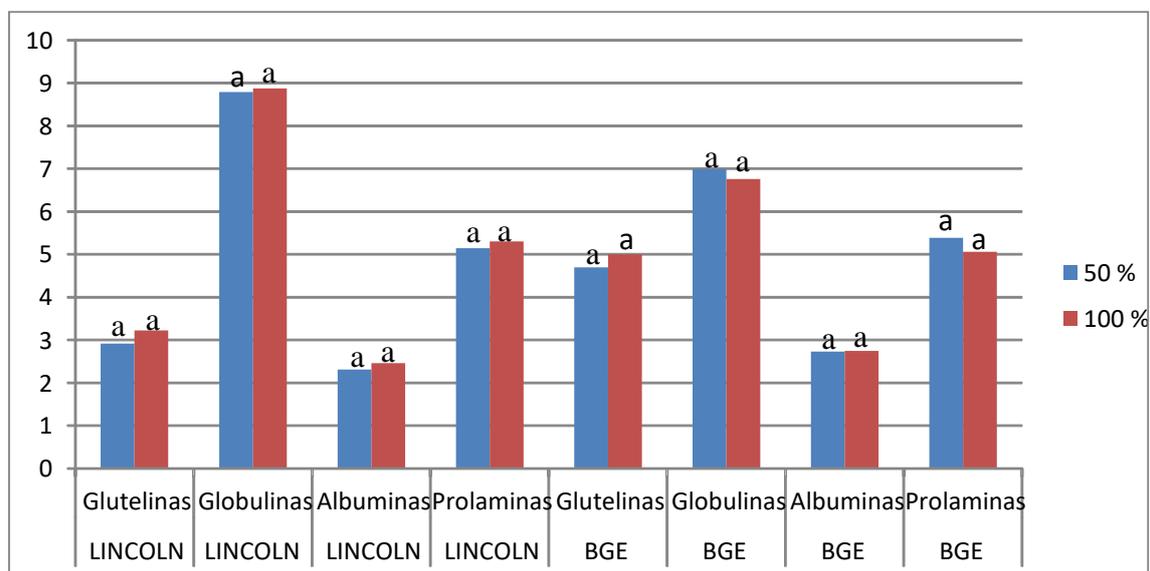


Figura 7. Fracciones de proteína expresadas como mg·100g⁻¹ peso seco de las distintas especies y cultivares de leguminosas ensayados bajo cultivo ecológico en invernadero. Tratamiento estadístico realizado entre T-50% y T-100%. La misma letra indica diferencia no significativa. Prueba de Tukey (P<0.05).

Las fracciones de proteína analizadas son: glutelinas, se encuentran mayoritariamente en cereales y granos de leguminosas y sólo se producen en material vegetal; globulinas, está presente en numerosas semillas y en leguminosas destaca la legumina; albúmina, es una proteína que se encuentra en gran proporción en el plasma

sanguíneo y es necesaria para la distribución correcta de los líquidos corporales; y prolamina, contenida en las leguminosa y que neutralizan el efecto anticoagulante de la heparina (Serratos-Arévalo, 2000).

No existen diferencias significativas para las fracciones de proteína analizadas en fruto de guisante (glutelinas, globulinas, albúminas y prolaminas) entre los tratamientos 50 y 100% de fertirrigación. La fracción de proteína que se encuentra en mayor cantidad es la globulina (Lincoln: 8.9 y 8.8 mg·100g⁻¹ peso seco para T-50% y T-100% respectivamente; BGE: 6.8 y 7.0 mg·100g⁻¹ peso seco para T-50% y T-100% respectivamente). Autores como Casey *et al.* (1992) y Jambunathan *et al.* (2000), corroboran que la mayor parte de las fracciones de proteína de las semillas de leguminosas contienen globulinas y albúminas y, en algunos casos, prolaminas y glutelinas. Es de señalar que las semillas de las leguminosas no tienen una buena definición de sus fracciones solubles, en comparación con los cereales (Hu y Esen, 1981).

Paredes *et al.* (1985) indican que la fracción de globulina en leguminosas es alta (60-90%); en nuestro estudio, y para guisante, no llega a alcanzarse ese intervalo, situándonos entre el 45-50%. También indican que las prolaminas y glutelinas están presentes en menores proporciones, dato coincidente con los resultados de nuestros análisis (Figura 7). Por orden de mayor concentración y después de las globulinas, se sitúan las prolaminas, glutelinas y, en último lugar, la fracción correspondiente a las albúminas; todo ello para ambos cultivares de guisante. Estas concentraciones de proteína hacen al guisante una rica fuente proteica, alternativa a la proteína procedente de cereales y a la proteína animal, en las fracciones descritas.

CONCLUSIONES

Este estudio permite conocer la respuesta en producción y calidad de diferentes leguminosas y, aunque podría ser aconsejable repetir en el tiempo ensayos de este tipo, los resultados nos permiten concluir que

- 1) el cultivo de guisante, judía y tirabeque fertirrigado a dosis 50% restringida de la usual, mostró valores para algunos parámetros morfométricos y químicos mayores que en la dosis usual.
- 2) no se encontraron diferencias en el contenido proteico para ninguna de las variedades de guisante, por lo que una fertirrigación reducida no afecta negativamente a este importante parámetro nutricional.
- 3) la producción ecológica de guisante y tirabeque fue potencialmente satisfactoria al 50% de fertirrigación, a excepción de judía. No se encontraron diferencias entre tratamientos para ninguna de las especies ensayadas en relación a los parámetros nutricionales, permitiendo aumentar la sostenibilidad del sistema.
- 4) de acuerdo con las ingesta diaria recomendada para la Vitamina C en la población española, 200g de judía o 100g de tirabeque serían suficientes para cubrir los requerimientos diarios.

REFERENCIAS

- Ali, L., Svensson, B., Alsanus, B.W., Olsson, M.E. (2011). Late season harvest and storage of Rubus berries Major antioxidant and sugar levels. *Scientia Horticulturae* 129 376-381.
- Arnoldi, A.; Zaroni, C.; Lammi, C.; Boschin, G. 2015. The role of grain legumes in the prevention of hypercholesterolemia and hypertension. *Critical Reviews in Plant Sciences* (34): 144-168.
- Bautista-Zamora, D. M., Chavarro Rodriguez, C. L., Cáceres Zambrano, J., & Buitrago Mora, S. (2017). Efecto de la fertilización edáfica en el crecimiento y desarrollo de *Phaseolus vulgaris* cv. ICA Cerinza.
- Bazzano, L.A.; Thompson, A.M.; Tees, M.T.; Nguyen, C.H.; Winham, D.M. (2011). Non-soy legume consumption lowers cholesterol level: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutrition, metabolism and cardiovascular diseases* 21 (2): 94-103.

- Beshir, H.M.; Tesfaye, B.; Bueckert, R.; Taran, B. (2015). Pod quality of snap bean as affected by Nitrogen fixation, cultivar and climate zone under dryland agriculture. *African Journal of Agricultural Research*. Vol 10 (32): 3157-3169.
- Blanco-Díaz, M.T.; Del Río-Celestino, M.; Martínez-Valdivieso, D.; Font, R. (2014). Use of visible and near-infrared spectroscopy for predicting antioxidant compounds in summer squash (*Cucurbita pepo* ssp *pepo*). *Food Chem*. 164:301-308.
- Cabrera-Sánchez, A.; Uclés Aguilera, D.; Agüera Camacho, T.; de la Cruz Fernández, E. (2016). Análisis de la campaña hortofrutícola de Almería. Campaña 2015/2016. Cajamar Caja Rural.
- CAPDER (2017). Informe de Estadísticas de la Producción Ecológica a 31/12/16. Junta de Andalucía.
- Casey, R.; Domoney, C. (1992). The protein composition of legume seeds its variability and potential. *Ire Conference Europeenne sur les Proteagineux*. France. Pp. 381-386.
- Clemente, A. (2000). Enzymatic protein hydrolysates in human nutrition. *Trends in Food Science and Technology* (11): 254-262.
- Clemente, A. (2016). El año internacional de las legumbres. *Mol* (16): 70-75.
- Cruz De Carballo, M.H.; Laffray, D.; Louguet, P. 1998. Comparison of the physiological responses of *Phaseolus vulgaris* and *Vigna unguiculata* cultivars when submitted to drought conditions. *Environ Exp Bot* 40: 197-207.
- Cheftel, J. C. C. (1989). Proteínas alimentarias bioquímica, propiedades funcionales, valor nutricional, modificaciones químicas.
- Datt, N., Dubey, Y. P., y Chaudhary, R. (2013). Studies on impact of organic, inorganic and integrated use of nutrients on symbiotic parameters, yield, quality of French-bean (*Phaseolus vulgaris* L.) vis--vis soil properties of an acid alfisol. *African Journal of Agricultural Research*, 8(22), 2645-2654.
- Dawo, M.; Wilkindon, J.M.; Sanders, F.; Pilbean, D.J., 2007. The yield and quality of fresh and ensiled plant material from intercropped maize (*Zea mays*) and beans (*Phaseolus vulgaris*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. N° 87: 1391-1399 pp.
- De La Rosa, L.; García, R. M.; Marcos, T.; Fajardo, J. (2016). Agrobiodiversidad de legumbres en Galicia. *Mol* (16): 60-69.
- De Ron, A.M. y Santalla, M. (2016). El guisante vaina y el guisante lágrima: tradición e innovación en horticultura. Ficha Técnica del Grupo de Biología de Agrosistemas. Misión Biológica de Galicia, CSIC04/07/2016.
- Del Río, D.; Rodríguez-Mateos, A.; Spencer, J.P.E.; Tognolini, M.; Borges, G.; Crozier, A. (2013). Dietary (poly)phenolics in human health: structures, bioavailability, and evidence of protective effects against chronic diseases. *Antioxid. Redox Signal.*, 18(14): 1818-1892.
- Delgado-Andrade, C.; Olías, R.; Jiménez-López, J.; Clemente A. (2016). Aspectos de las legumbres nutricionales y beneficiosos para la salud humana. *Arbor* 192 (779): 313.
- European Food Information Council (2005) Nutrition information & food labelling-results of the EUFIC consumer research conducted in May-June 2004. *EUFIC Forum* 2:1-6.
- Fernández, J.; Redondo-Blanco, S.; Villar, C.; Clemente, A.; Lombó, F. (2015). Healthy effects of prebiotics and their metabolites against intestinal diseases and colorectal cancer. *AIMS Microbiology* (1): 48-71.
- Frusciante, L.; Carli, P.; Ercolano, M.R.; Pernice, R.; Di Mateo, A.; Fogliano, V.; Pellegrini, N. (2007). Antioxidant nutritional quality of tomato. *Mol. Nutr. Food Res*. 51(5): 609-617.
- Hu, B. y Esen, B. (1981) Heterogeneity of soybean and proteins: one dimensional electrophoretic profiles of six different solubility fractions. *J. Agric. Food Chem*. 29:297-501.
- Jambunathan, R., Singh, U., & Subramanian, V. (1981). Grain quality of sorghum, pearl millet, pigeon-pea, and chick-pea.
- Jenkins, D. J. A.; Kendall, C. W. C.; Augustin, L. S. A.; Mitchell, S.; Sahye-Pudaruth, S.; Blanco Mejia, S.; Chiavaroli, L.; Mirrahimi, A.; Ireland, C.; Bashyam, B.; Vidgen, E.; de Souza, R.J.; Sievanpiper, J.; Coveney, J.; Leiter, L.A.; Josse, R. G. (2012). Effect of legumes as part of a low glycemic index diet on glycemic control and cardiovascular risk factors in type 2 diabetes mellitus: A randomized controlled trial. *Archives of Internal Medicine*, 172 (21): 1653-1660.
- Jiménez, J. J.; Altamiro-Hernández, J.; Peña, J.J. 2004. Nitrogenase activity and trehalose content of nodules of drought-stressed common beans infected with effective (Fix+) and ineffective (Fix-) rhizobia. *Soil Biol Biochem* 36: 1975-1981.
- Khah, M.E.; Arvanityannis, S.I., 2003. Yield, nutrient content and physico-chemical and organoleptic properties en green bean are affected by N:K ratios. *Food, Agricultura & Environment* Vol I: 17-26pp.
- Knabe, D.; Laure, D.; Gregg, E.; Martínez, G.; Tankley, T. (1989). Apparent digestibility of nitrogen and amino acids in protein feed stuffs by growing pigs. *J. Animal Science* 67: 441-458.

- Lizana, C.; Wentworth, M.; Martínez, J.P.; Villegas, D.; Meneses, R.; Murchie, E.H.; Pastenes, C.; Lercari, P.; Vernieri, P.; Horton, P.; Pinto, M. 2006. Differential adaptation of two varieties of common bean to abiotic stress: I Effects of drought on yield and photosynthesis. *J Exp Bot* 57: 685-697.
- Lodeiro, A.R.; González, P.; Hernández, A.; Balagué, L.J.; Favelukes, G. 2000 Comparison of drought tolerance in nitrogen-fixing and inorganic nitrogen-grown common beans. *Plant Sci* 154: 31-41.
- Mamidi S, Rossi M, Annam D, Moghaddam S, Lee R, Papa R and McClean P. 2011. Investigation of the domestication of common bean (*Phaseolus vulgaris*) using multilocus sequence data. *Functional Plant Biology* (38): 953-967.
- MAPAMA (2017). Análisis provincial de superficie, rendimiento y producción, 2016. Área de Estadísticas Agroalimentarias del MAPAMA.
- Martelo, J.M.; Riiz, B.; Sau Sau, F. 1996. Practicas de cultivo de la judía grano. *Agricultura*, 767: 493-495.
- Martínez, C.; Ros, G.; Periago, M.J.; López, G.; Ortuño, J. (1995). Physico-chemical and sensory quality criteria of green beans. *Lebensm.-Wiss. U.-Tecnol.* (28): 515-520.
- Messina, V. (2014). Nutritional and health benefits of dried beans. *American Journal of Clinical Nutrition* (100): 437-442.
- Mirjana, J., Zdravkovic, M., Simonida, D. J. U. R. I. C., y Damjanovic, M. (2006). Response of beans to inoculation and fertilizers. *Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara*, 5.
- Moreiras O, Carbajal A, Cabrera L, Cuadrado C. Ingestas Recomendadas de energía y nutrientes (Revisadas 2002). En: *Tablas de composición de alimentos*. Ediciones Pirámide. Madrid. 2004. 127-131.
- Muñoz-Perea, C.G.; Terán, H.; Allen, R.G.; Wright, J.L.; Westermann, D.T.; Singh, S.P. 2006. Selection for drought resistance in dry bean landraces and cultivars. *Crop Sci* 46: 2111-2120.
- Naya, L.; Ladrea, R.; Ramos, J., Gonzáles, E.M.; Arrese-Igor, C.; Minchin, F.R.; Becana, M. 2007. The response of carbon metabolism and antioxidant defenses of alfalfa nodules to drought stress and to the subsequent recovery of plants. *Plant Physiol* 144: 1104-1114.
- Ovaskainen, M.L., Torronen, R., Koponen, J.M., Sinkko, H., Hellstrom, J., Reinivuo, H., Mattila, P. (2008). Dietary intake and major food sources of polyphenols in finnish adults. *J. Nutr.* 138, 562-566.
- Paredes, L.; Ordorica, F.; Guevara, L.; Covarrubias, A. (1985). Las proteínas vegetales. Presente y futuro de la alimentación. *Revista ciencia y desarrollo*, México. Pp.331-348.
- Piqueras-Aljarilla, E. (2015). Caracterización físico-química y nutricional de variedades tradicionales de tomate. Trabajo Fin Máster UAL.
- Ramírez-Bahena, M. H.; Peix, A.; Velázquez, E.; Berdmar, E. 2016. Historia de la investigación en la simbiosis leguminosa-bacteria: una perspectiva didáctica. *Arbor*, 192 (779): 319.
- Rubio, L. A.; Molina, E. 2016. Las leguminosas en alimentación animal. *Arbor*, 192 (779): 315.
- Saldaño, D., & Claire, T. (2016). Alternativas de agricultura de conservación de suelos a través de la incorporación de leguminosas. *Revista Científica de Investigación INFO-INIAF*, 1, 12
- Segura, M.L.; Contreras, J.I.; García, I.I.; García, M.C.; Bueno, I.M. (2006). Fertilización nitrogenada de judía verde bajo invernadero con criterios agroecológicos. VII Congreso SEAE, Zaragoza.
- Serraj, R.; Sinclair, T.R. 1998. N₂ fixation response to drought in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Ann Bot* 82: 229-234.
- Serratos-Arévalo, J.C. (2000). Aislamiento y caracterización de proteínas de las semillas maduras de *Enterolobium cyclocarpium* para su aprovechamiento alimenticio. Tesis doctoral. Universidad de Colima, Méjico.
- Simpson, H.L. y Campbell, B.J. (2015). Dietary fibre-microbiota interactions. *Alimentary Pharmacology and Therapeutics* 42 (2): 158-179.
- Singh, S.P. 2007. Drought resistance in the race Durango dry bean landraces and cultivars. *Agron J* 99: 1219-1225.
- Tisselli, V.; Rizzi, L.; Gengotti, S.; Foschi, S., 2002. A practical case in Emilia-Romagna (Italy). Final report on the VEGINECO Project. Reprot N° 1. Ed: W. Sukkel y A. Garcia Diaz. 29-38pp.
- Tomás-Barberán, F.A. y Espín, J.C. (2001). Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. *J. Sci. Food. Agric.* 81:853-876.
- Ucar, Y.; Kadayifci, A.; Yilmaz, H.İ.; Tuylu, G. İ.; Yardimci, N. 2009. The effect of deficit irrigation on the grain yield of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in semiarid regions. *Spanish Journal of Agricultural Research* 2009 7(2), 474-485.