

Título: Evaluación de la producción y la calidad de tirabeque en cultivo ecológico protegido

Autora: Virginia Navarro Cuesta

Titulación cursada: Máster en Horticultura Mediterránea Bajo Invernadero

Convocatoria de defensa: Mayo de 2021

Directores del trabajo: M^a del Carmen García García
Emilio Martín Expósito

Evaluación de la producción y la calidad de tirabeque en cultivo ecológico protegido



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

Evaluation of production and quality of snow peas in protected ecological cultivation

V. Navarro

IFAPA, Institute of Agricultural Research and Training, Fisheries and Ecological Agriculture. CAGPDS, Junta de Andalucía
virginia.navarro@juntadeandalucia.es

Abstract

The snow pea belongs to the legume family, it is considered one of the most important crops from a socioeconomic point of view in the province of Almería. Its importance is recognised for human health.

Since society demands healthy foods with sustainable production for the environment, the objective of this project is to evaluate the production and the physical-chemical and nutritional quality of 8 cultivars of snow peas, grown in protected ecological production.

A trial was carried out in two ecological greenhouses located in the IFAPA Centro La Mojonera (Almería) with 8 cultivars of snow peas. The data were collected at farm level, and the analysis of the fruit quality parameters were carried out in the post-harvest laboratory of the IFAPA Centro La Mojonera.

The results obtained in production and quality offer significant differences between the different sugar pea cultivars. The cultivar that presented the highest production was Traditional, however it did not show significant differences with AR-24007 and Tirabeque I.S. Regarding the data obtained from the quality analysis, significant differences were also shown between the snow pea cultivars tested. Each cultivar stands out in one or more of the measured parameters, so Tirabí obtained the best result in weight and total acidity, AR-24007 in length, Bamby in width, Pea Zuccola in thickness, Vitamin C content and °Hue, the Traditional in Croma, the Tirabeque I.S. in firmness, the Capuchino in °Brix, and the Pea Delikata in pH.

These results show that under Mediterranean greenhouse conditions, the cultivation of snow pea can be carried out successfully from an ecological production standpoint.

Key words: *Pisum sativum* L. spp. *macrocarpon*, Greenhouse, Legume, Vitamin C, Soluble solid

Evaluación de la producción y la calidad de tirabeque en cultivo ecológico protegido

V. Navarro

IFAPA, Instituto de Investigación y Formación Agraria, Pesquera y de la Agricultura Ecológica. CAGPDS, Junta de Andalucía
virginia.navarro@juntadeandalucia.es

Resumen

El tirabeque pertenece a la familia de las leguminosas, considerada esta como una de las más importantes desde el punto de vista socioeconómico en la provincia de Almería y está reconocida su importancia para la salud humana.

Debido a que la sociedad demanda alimentos saludables y cuya producción sea sostenible con el medio ambiente, el objetivo de este trabajo fue evaluar la producción y la calidad físico-química y nutricional de 8 cultivares de tirabeque, cultivados bajo abrigo en producción ecológica.

Para ello se realizó un ensayo en dos invernaderos ecológicos situados en el IFAPA Centro La Mojonera (Almería) con 8 cultivares de tirabeque. Los datos de recolección se tomaron a pie de finca, y el análisis de los parámetros de calidad de fruto fue realizado en el laboratorio de postcosecha del IFAPA Centro La Mojonera.

Los resultados obtenidos de producción y calidad ofrecen diferencias significativas entre los distintos cultivares de tirabeque. El cultivar que presentó mayor producción fue el Tradicional, aunque no mostró diferencias significativas con el AR-24007 y el Tirabeque I.S. En cuanto a los datos obtenidos del análisis de calidad, también se mostraron diferencias significativas entre los cultivares de tirabeque ensayados. Cada cultivar destaca en uno o varios parámetros medidos, de manera que cv Tirabí obtuvo el mejor resultado en peso y acidez total, cv AR-24007 en longitud, cv Bamby en anchura, cv Pea Zuccola en grosor, contenido en Vitamina C y °Hue, cv Tradicional en Cromo, cv Tirabeque I.S. en firmeza, cv Capuchino en °Brix, y cv Pea Delikata en pH.

Estos resultados muestran que en condiciones de invernadero mediterráneo en agricultura ecológica, el cultivo de tirabeque se puede desarrollar correctamente.

Palabras clave: *Pisum sativum* L. spp. *macrocarpon*, Invernadero, Leguminosa, Vitamina C, Sólidos solubles

INTRODUCCIÓN

Las leguminosas y su importancia

Las leguminosas constituyen una de las familias botánicas más importante desde el punto de vista socioeconómico. Esta familia está formada por 730 géneros y alrededor de 19400 especies.

En España han sido un elemento clave en la agricultura y en la alimentación humana y animal hasta la segunda mitad del siglo XX. A partir de entonces entraron claramente en declive entre otras causas por el abandono del medio rural y por la sustitución de su uso en la composición de los piensos por proteína procedente de otros países, principalmente en forma de torta de soja. Las primeras actividades sistemáticas de recolección en el oeste peninsular, financiadas por el Banco Mundial y la FAO, comenzaron a finales de los años 70 (Alamán et al., 1983). Desde ese momento, las variedades locales de leguminosas han ocupado un lugar cuantitativamente muy importante en las actividades de recolección de germoplasma (Sánchez de Ron et al., 2006).

Las leguminosas pueden mejorar la biodiversidad del suelo, proporcionando a los ecosistemas una mayor resistencia y resiliencia frente a condiciones adversas y de estrés. También presentan una amplia diversidad genética, siendo esta un atributo particularmente importante porque se pueden desarrollar más variedades adaptadas al clima de la zona de producción. Además, tienen la capacidad de convertir el nitrógeno atmosférico en

compuestos de nitrógeno asimilables por las plantas, por acción de las bacterias *Rhizobium*, favoreciendo la fertilidad del suelo y los rendimientos del cultivo (FAO, 2021a, b). Por otro lado, se ha demostrado que las plantas que fijan nitrógeno simbióticamente, como las leguminosas, son capaces de asimilar mayores cantidades de CO₂, ejerciendo este hecho un efecto positivo frente al cambio climático. Otro efecto beneficioso de las leguminosas es la capacidad de romper los ciclos de ciertas enfermedades y plagas (Clemente, 2016).

Las leguminosas presentan una enorme diversidad de formas y estrategias de adaptación a diferentes entornos ecológicos, lo que en el caso de las formas cultivadas supone un elemento fundamental para la diversificación de los sistemas agrarios. De ellas se obtiene, además de alimento, aceite, combustible, tinta, maderas duras, medicamentos y productos químicos (De la Rosa y Fajardo, 2016).

Las legumbres se deben consumir como parte de una dieta saludable ya que nos ayuda a prevenir enfermedades como la obesidad, diabetes, afecciones coronarias y el cáncer. Son fuente reconocida de proteínas, almidón, fibra, vitaminas y minerales (Delgado-Andrade et al., 2016). Contienen un gran aporte de proteínas promedio de 20 a 22%, cuyo aminoácido limitante es la metionina, esto hace que con los cereales, cuyo limitante es la lisina, exista complementariedad aminoacídica entre vegetales y mejore la calidad proteica de la dieta (Muñoz-Jáuregui, 2016).

Las leguminosas y la horticultura protegida de Almería

Según el análisis de la campaña hortofrutícola 2019 – 2020, la provincia de Almería cuenta con 32.368 hectáreas (ha) de invernaderos, y la superficie dedicada a la producción de frutas y hortalizas fue de 60.699 ha, teniendo en cuenta los diferentes ciclos de cultivo. 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 (García et al., 2020).

Según los datos publicados por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, en 2019 la superficie dedicada a hortalizas en España fue de 384.392 ha, de las cuáles 22.234 ha se cultivaron en ecológico. Por otra parte, cerca del 41% de la superficie de hortalizas en ecológico del total en Andalucía, se sitúan en la provincia de Almería, con 3.754 ha frente a las 9.230 ha que contaba Andalucía. En cuanto al cultivo de guisante en verde en ecológico, en Andalucía se registraron 2.408 ha, representando cerca del 78% del total cultivado en España (3.095 ha) (MAPA, 2020, 2021).

El tirabeque

El tirabeque (*Pisum sativum* L. spp. *macrocarpon*), también denominado guisante de nieve, guisante de azúcar, guisante mollar o guisante capuchino, es una variedad temprana de guisante con vainas muy tiernas y comestibles. Es de color verde claro, brillante, y a través de su piel se aprecian los granos en el interior de la vaina. Los granos son planos debido a que la vaina no se dilata, y por tanto no deja sitio para su engorde.

Es un cultivo relativamente frecuente en Galicia, Aragón y La Rioja, y su recolección se produce entre primavera y principios de verano, de forma escalonada para aprovechar los granos tiernos, pero hay algunos cultivares, como los de la Sierra de Segura que se siembran en octubre para consumir las vainas en diciembre, o los de Doñana donde la cosecha se inicia a finales de abril y termina a mediados de mayo (Tardío et al., 2018). Cultivando tirabeque en la zona del poniente almeriense, como el campo de Dalías, El Ejido y La Mojonera, se cubriría parte del periodo no productivo de las principales zonas productoras, ya que su recolección es de enero a abril (Tabla 1).

Tabla 1. Periodos de recolección según la zona productora (Fuente: elaboración propia).

Periodo de recolección de tirabeque	Enero - Abril	Abril - Junio	Octubre - Diciembre
Zona productora de tirabeque	Poniente almeriense	Galicia – Aragón – La Rioja - Doñana	Sierra de Segura

La temporada de recolección es muy breve, pero es la operación que exige más dedicación de todas las del cultivo, consumiendo una gran cantidad de mano de obra. Las vainas se recolectan a mano cada 10 o 12 días siempre tratando de evitar que la vaina esté sobremadura, ya que pierde mucho valor comercial al tomar un aspecto fibroso que no gusta al consumidor (Estrada e Ibáñez, 1985).

Este cultivo de primor está adaptado a una climatología templada y húmeda. Se puede cultivar al aire libre o bajo abrigo, pero siempre evitando el estrés hídrico tras la floración y el exceso de humedad (Cubero, 2017). Su cero vegetativo suele situarse a 4 o 5°C. Aunque gran parte de los cultivares son sensibles a las heladas, algunos presentan una resistencia moderada a las mismas (hasta -3°C). La temperatura óptima de crecimiento se sitúa entre 14 y 26°C, y la mayor parte de los cultivares no soportan temperaturas superiores a 30°C, siendo el exceso de calor un factor negativo para su calidad. (Cajamar, 2013). Al ser una planta trepadora, se suele entutorar en espaldera.

La vaina de las leguminosas se compone de hebra o fibra, que es el tejido que forma las suturas dorsal y ventral de la legumbre; y de pergamino, que es una capa celulósica situada en la zona media de las dos valvas, cuya función es una vez llegado el fruto a su madurez, se seque antes que el resto de la legumbre, con lo cual esta se abre violentamente expulsando las semillas. Estas características, en especial el pergamino, hacen que los frutos se tengan que recolectar un poco antes de su madurez para no quedarnos sin granos, y de ahí que se recolecte la vaina cuando aún es inmadura (Cubero, 2017). La ausencia de pergamino en la vaina del tirabeque hace que sea un cultivo especialmente interesante, ya que se consume todo, tanto el grano como la vaina (Amurrio et al., 1995).

Como se detalla en la Tabla 2, el tirabeque presenta una composición nutricional rica en proteínas, fibra, fósforo, hierro, potasio, magnesio, tiamina, niacina, folatos, y vitaminas A y C.

Tabla 2. Composición nutricional del tirabeque (Fuente: Moreiras et al., 2016).

	Por 100 g de porción comestible		Por 100 g de porción comestible
Energía (Kcal)	78	Potasio (mg)	340
Proteínas (g)	6	Fósforo (mg)	122
Lípidos totales (g)	0,5	Selenio (µg)	1
Hidratos de carbono (g)	13,1	Tiamina (mg)	0,3
Fibra (g)	5,2	Riboflavina (mg)	0,15
Agua (g)	75,2	Equivalentes niacina (mg)	3
Calcio (mg)	24	Vitamina B ₆ (mg)	0,16
Hierro (mg)	1,7	Folatos (µg)	78
Magnesio (mg)	35	Vitamina C (mg)	23
Zinc (mg)	0,7	Vitamina A: Eq. Retinol (µg)	50
Sodio (mg)	1		

En el Reglamento (UE) 2018/848 del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de mayo de 2018 sobre producción ecológica y etiquetado de los productos ecológicos y por el que se deroga el Reglamento (CE) nº 834/2007 del Consejo, se indica que en los invernaderos se mantendrá e incrementará la fertilidad y la actividad biológica del suelo mediante cultivos a corto plazo de leguminosas (DOUE, 2018). En este sentido, el cultivo de tirabeque podría ser una opción para llevar a cabo la rotación de cultivos en los invernaderos del poniente almeriense, además de contribuir a la diversificación de cultivos tradicionales.

Debido a que la sociedad demanda alimentos saludables y cuya producción sea sostenible con el medio ambiente, el objetivo de este trabajo fue evaluar la producción y la calidad en 8 cultivares de tirabeque bajo invernadero en Producción Ecológica.

MATERIALES Y MÉTODOS

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. Cada invernadero tenía una superficie de 800 m² y el suelo enarenado.

Se ensayaron 8 cultivares de tirabeque, *Pisum sativum* L. spp. *macrocarpon*, (Tabla 3), cultivados en invernadero bajo Producción Ecológica, teniendo en cuenta las exigencias marcadas en la reglamentación europea de agricultura ecológica. Las técnicas culturales, el control fitosanitario y el fertirriego, cumplieron con las directivas marcadas en la reglamentación de este sistema de producción, siendo esto certificado por CAAE-Ecovalia, que es una de las entidades certificadoras de Producción Ecológica.

Tabla 3. Cultivares de tirabeque ensayados.

Cultivares	Empresa de semillas	Porte
Tradicional	Producción propia	Enrame
AR-24007	Ramiro Arnedo	Enrame
Capuchino	Battle	Enrame
Tirabeque I.S.	Intersemillas	Enrame
Tirabí	Fitó	Enrame
Pea Zuccola	Tozer	Medio enrame
Pea Delikata	Tozer	Medio enrame
Bamby	Gautier	Mata baja



Figura 1. Frutos de los diferentes cultivares de tirabeque. De izquierda a derecha, cultivares: AR-24007, Pea Zuccola, Bamby, Capuchino, Tirabí, Tradicional, Tirabeque I.S. y Pea Delikata.

El trasplante se llevó a cabo el 23 de octubre de 2020, realizando un ciclo de otoño-invierno. La recolección se inició el 28 de diciembre de 2020 y el cultivo finalizó el 24 de marzo de 2021. La densidad de plantación fue de 4 plantas m⁻².

El entutorado se hizo mediante malla de polipropileno de color verde, formada por cuadrados de 20 x 20 cm aproximadamente, donde el tirabeque se enganchaba mediante los zarcillos sin necesidad de ir guiando los tallos.



Figura 2. Cultivo de tirabeque entutorado en malla de polipropileno verde.

El diseño experimental utilizado se estableció en bloques al azar, con 8 cultivares y 4 repeticiones del cultivar ensayado.

El riego se realizó en función del nivel de humedad del suelo, para lo cual se instalaron 2 tensiómetros por invernadero a 15 cm de profundidad. La consigna de riego se marcó a -20 kPa. Al final del ensayo el volumen de agua total aplicado fue de 100 L m⁻².

Previamente al inicio del cultivo se realizó un abonado de fondo a base de estiércol compostado a razón de 0,7 kg m⁻², y cuya composición se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Composición del estiércol utilizado para el abonado de fondo.

Materia orgánica total	46%	Nitrógeno (N) total	1,7%
Carbono (C) orgánico	27%	Fósforo (P ₂ O ₅) total	1,3%
Nitrógeno orgánico	1,6%	Potasio (K ₂ O) soluble en agua	4%
Extracto húmico total	16%	Calcio (CaO)	4,5%
Ácidos húmicos	9%	Magnesio (MgO)	1%
Ácidos fúlvicos	7%	Humedad	27%

La fertirrigación a lo largo del ciclo de cultivo se hizo utilizando agua de pozo. Este agua tenía un pH de 7,3 y una CE de 1,45 mS cm⁻¹. La CE media de la solución nutritiva aplicada fue de 2,3 mS cm⁻¹. El pH se programó en el cabezal de riego a 6,5 y se acidificaba mediante ácido acético (vinagre).

El cabezal de riego estaba compuesto por un programador con inyectores venturis y tres tanques de abonado cuyos fertilizantes se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Fertilizantes empleados en cada tanque para el fertirriego.

TANQUE A	TANQUE B	TANQUE C	INYECTORES
Calcio quelatado (MgO 0,5% + CaO 15%) y micronutrientes	Ácidos húmicos (Extracto húmico total 26% p/p; Ácidos húmicos 10% p/p + Ácidos fúlvicos 16% p/p)	Sulfato potásico (K ₂ O 52% + SO ₃ 45%)	Aminoácidos (Aminoácidos libres 24% p/p + Nitrógeno total 3,3% p/p; Nitrógeno orgánico 3% p/p y Nitrógeno amoniacal 0,3% p/p)

Producción

Para evaluar el comportamiento agronómico del cultivo, se cuantificó la producción de cada uno de los cultivares de tirabeque, obteniéndose la producción de la totalidad de las plantas mediante las pesadas de las sucesivas recolecciones. Para ello se utilizó una báscula de pesada de acero inoxidable modelo Orbegozo PC 5500, expresando los valores en kg con un error de 0,05 kg.

Calidad: Análisis físico, químico y nutricional

Los parámetros considerados para valorar la calidad en los frutos de tirabeque fueron: longitud, anchura, grosor, peso, firmeza, color de piel, contenido en sólidos solubles, pH, acidez total y contenido en vitamina C. Todos estos caracteres fueron determinados sobre fruto de tirabeque fresco, cuyo muestreo se realizó el 11/01/2021, para que correspondiera a la época de máxima producción de este cultivo. Para cada cultivar y repetición se seleccionaron 5 plantas al azar y se midieron dichos parámetros en 3 frutos por planta, tomando como muestra la vaina.

- Análisis físico: Longitud, Anchura, Grosor, Peso, Firmeza y Color

La longitud, la anchura y el grosor de los frutos de tirabeque se determinaron con un calibre digital Laser 4263, expresándose los resultados en milímetros (mm).

Para determinar el peso fresco de los frutos, previamente se tipificaron en producción comercial y destrío. Todos fueron pesados mediante una balanza digital de precisión modelo Metter Toledo XPE1203S, expresándose los resultados en g fruto⁻¹.

La firmeza del fruto se midió con un texturómetro (Texture Analyser TA.XT Plus, Stable Micro System Texture Analyzer, Surrey, UK) dotado de una sonda de corte fino. Las muestras se colocaron en la base del analizador de textura, de manera que el brazo del analizador de textura, que contiene una célula de carga, se mueve hacia abajo para cortar el producto a una velocidad de 1 mm s⁻¹, durante 5 segundos, y posteriormente vuelve a su posición inicial. La firmeza se midió como la máxima fuerza ejercida en el fruto durante el corte, y se midió en Newton (N).

El color del fruto se determinó mediante un espectrocolorímetro portátil CM 700d (Konica Minolta Sensing Americas, Inc. NJ. USA), con el que se evalúa el color y la apariencia de las muestras de forma precisa, según el método CIELAB. Para obtener los parámetros cromáticos tono o ángulo hue (°Hue) y croma o intensidad (C*), se realizaron las medidas en 2 puntos diferentes y externos del plano ecuatorial de los frutos de tirabeque seleccionados. En la evaluación del tono utilizamos el criterio internacional más aceptado, asignando los colores según el ángulo hue. Como se muestra en la Figura 3, de 0° a 90° se encuentran las coloraciones rojizas-anaranjadas, de 90° a 180° amarillentas-verdosas, de 180° a 270° verdeazuladas-azuladas y de 270° a 360° moradas-rosadas (Bakker, et al., 1986).

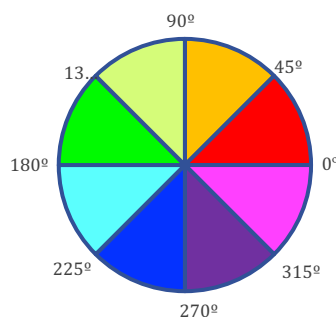


Figura 3. Tonos aproximados correspondientes a los distintos ángulos de matiz (Elaboración propia).

- Análisis químico: Contenido en azúcares, pH y Acidez total.

Para determinar el contenido en sólidos solubles, se trocearon los frutos de tirabeque seleccionados y se homogeneizaron con una batidora de cuchillas hasta que la muestra quedó licuada. El zumo extraído se centrifugó a 6000 rpm durante 5 minutos. A continuación, se extrajo una gota, de 1 mL aproximadamente, del sobrenadante homogeneizado, y mediante un refractómetro digital (Smart-1, Atago, Japón) previamente calibrado con agua destilada a la temperatura de trabajo del laboratorio, se obtuvo el contenido de sólidos solubles totales expresado en °Brix.

El pH se determinó con un titulador automático (Metrohm, Titrosampler) calibrado previamente, mezclando en vasos de titulación 5 gramos de sobrenadante centrifugado y homogeneizado del zumo extraído para obtener el contenido en azúcares y 50 mL de agua destilada.

La acidez total del fruto se obtuvo mediante una valoración ácido-base, usando como base NaOH 0,1N y fenolftaleína (2 gotas) como indicador (Domene y Segura, 2014). Esta acidez total se expresó en porcentaje del ácido predominante, que en este caso es ácido cítrico. Para realizar la volumetría se contó con una estación de valoración automatizada (Metrohm, 862 Compact Titrosampler).

- Análisis nutricional: Contenido en Vitamina C

Para obtener el contenido en **ácido ascórbico**, principal componente de la vitamina C se utilizó la técnica de titulación volumétrica de óxido-reducción en medio ácido, utilizando el titulador automático (Blanco-Díaz et al., 2014). El contenido en Vitamina C se determinó mediante la volumetría óxido-reducción, utilizando yodo como agente oxidante del ácido ascórbico. Cuando al ácido ascórbico reducido le añadimos yodo, este se reducirá a yoduro a costa de que el ácido ascórbico se oxide (García-García, 2017). 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 (Chesa-Carda et al., 2018). Cada mililitro de solución 0,01 M de yodo consumido durante la valoración equivale a 1.741 mg de ascórbico ($C_6H_8O_6$). Entre los reactivos y soluciones utilizados se encuentran agua destilada, solución de yodo 0,01 M, solución de glioxal y solución de ácido sulfúrico. La muestra fue preparada mezclando 5 mL de zumo filtrado con 45 mL de agua destilada, 2 mL de glioxal y 5 mL de ácido sulfúrico, y posteriormente se procedió a su titulación con yodo. Los resultados se expresaron en mg de ácido ascórbico por 100 g de peso fresco de fruto.

Análisis Estadístico

Los datos obtenidos tanto de la producción como de la calidad (análisis físico, químico y nutricional) se analizaron mediante análisis de la varianza (ANOVA), y se aplicó un test de comparación de medias (LSD) para los 8 cultivares de tirabeque ensayados cuando existieron diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0,05$). Los análisis estadísticos se efectuaron con el programa Statgraphics18.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción

Los resultados obtenidos de producción en todo del ciclo de cultivo muestran diferencias significativas entre los distintos cultivares de tirabeque (Figura 4), siendo los más productivos, según las condiciones de nuestro ensayo, los de tipo enrame, destacando el Tradicional, el AR-24009 y el Tirabeque I.S., con 2,45, 2,06 y 2,06 kg m⁻² respectivamente, seguidos de los de medio enrame (Pea Zuccola y Pea Delikata) y por último el de mata baja. Entre los dos cultivares de enrame que presentaron menor producción (Capuchino y Tirabí, con 1,6 kg m⁻² aproximadamente) y los de medio enrame (Pea Zuccola y Pea Delikata, con 1,35

y 1,34 kg m⁻², respectivamente), no se mostraron diferencias significativas. El cultivar Bamby, fue el que obtuvo el valor de producción más bajo (0,54 kg m⁻²), seguramente debido a ser un cultivar con un porte de mata baja.

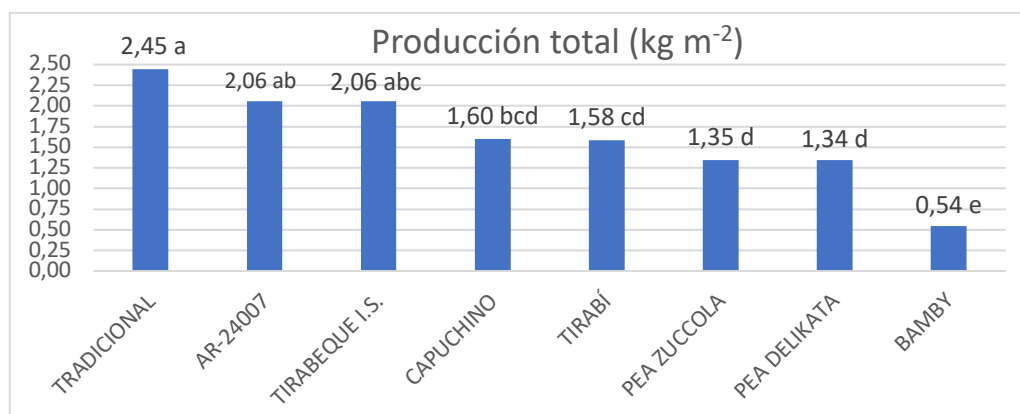


Figura 4. Producción total (kg m⁻²) de los 8 cultivares diferentes de tirabeque. Columnas con distinta letra indican diferencias significativas (P<0,05).

Los datos de producción obtenidos en el ensayo han sido mayores a los 0,60 kg m⁻² obtenidos por García-García (2017), en unas condiciones similares de cultivo de tirabeque en invernadero mediterráneo ecológico en enarenado, excepto en el caso del cultivar Bamby que, como se ha indicado anteriormente, su producción fue la más baja, con 0,54 kg m⁻². Nuestros valores también estarían en torno a los 1,5-2 kg m⁻² de producción indicados por Estrada e Ibáñez (1985), en cultivo de tirabeque en invernadero en enarenado, excepto el cultivar Tradicional, que fue superior con 2,45 kg m⁻² y el cultivar Bamby que, como en el caso anterior, se situó por debajo.

Calidad

- Análisis físico

Analizando los datos medios de peso, longitud, ancho y grosor presentados en la Tabla 6, se muestran diferencias significativas en los distintos cultivares ensayados, excepto en el caso del peso, en la que todos los cultivares mostraron un peso similar, siendo el Tirabí el más pesado (7,33 g fruto⁻¹), y el Pea Zuccola el de menor peso (5,70 g fruto⁻¹). Este último cultivar también mostró el valor más bajo en longitud y anchura de vaina (8 y 1,37 mm fruto⁻¹, respectivamente), pero el más alto en grosor (6,57 mm fruto⁻¹). Los cultivares Tradicional y AR-24007 fueron los más largos (en torno a 10,6 mm fruto⁻¹), no existiendo diferencias significativas entre ellos, y Bamby destacó por tener la vaina más ancha (2,67 mm fruto⁻¹).

Tabla 6. Valores medios de peso, longitud, anchura y grosor de la vaina de los distintos cultivares de tirabeque ensayados. Valores medios con distinta letra indican diferencias significativas entre cultivares (P<0,05).

CULTIVAR	Peso (g)	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Grosor (mm)
Tradicional	6,67 a	10,61 a	2,43 b	5,57 bc
AR-24007	6,18 a	10,66 a	2,33 bc	5,24 c
Pea Delikata	6,47 a	9,73 bc	2,05 d	5,27 c
Tirabí	7,33 a	10,09 ab	2,21 cd	5,60 bc
Tirabeque I.S.	6,01 a	9,35 c	2,02 d	5,80 bc
Bamby	6,37 a	8,65 d	2,67 a	6,15 ab
Capuchino	6,15 a	9,71 bc	2,34 bc	6,44 a
Pea Zuccola	5,70 a	8,00 d	1,37 e	6,57 a

Según la Figura 5 en la que se muestran los valores medios de tono (Ángulo Hue) obtenidos de cada cultivar de tirabeque, existieron diferencias significativas entre ellos. Los cultivares Pea Zuccola y Pea Delikata adquirieron una tonalidad verde más intensa (109,83 y 109,78 °Hue, respectivamente), y el cultivar Bamby viró más hacia el amarillo, con un valor de 106,23 °Hue.

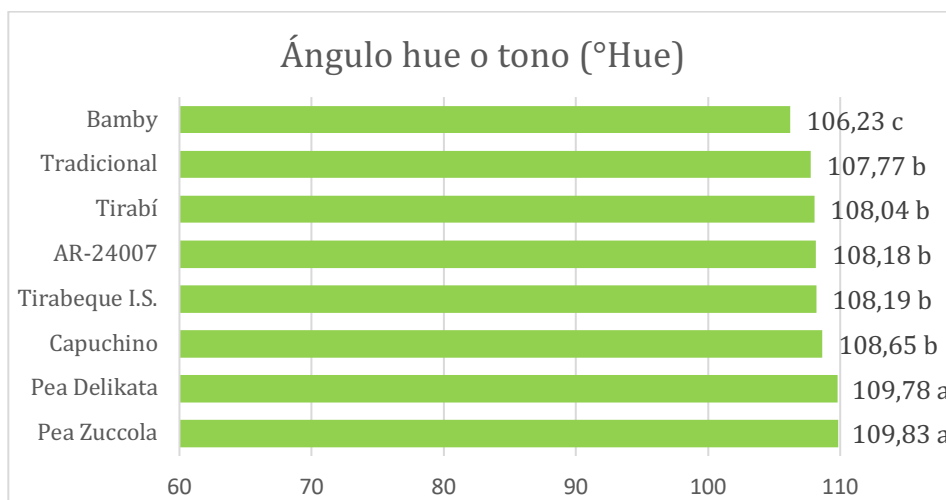


Figura 5. Valores medios de tono (°Hue) de los diferentes cultivares de tirabeque ensayados. Barras y valores medios con distinta letra indican diferencias significativas entre cultivares ($P < 0,05$).

En cuanto a los datos de croma mostrados en la Figura 6, también se aprecian diferencias significativas en todos los cultivares. Teniendo en cuenta que a mayor valor de croma o saturación C^* , más brillo presenta el fruto y, por el contrario, a menor valor de C^* , más apagado es el fruto, podemos decir que el cultivar Tradicional es el más brillante con (34,59), seguido de Tirabeque IS y AR-24007 (33,32 y 32,96, respectivamente), no mostrando diferencias significativas entre ellos. El cultivar Pea Zuccola fue el que menos brillo presentó.

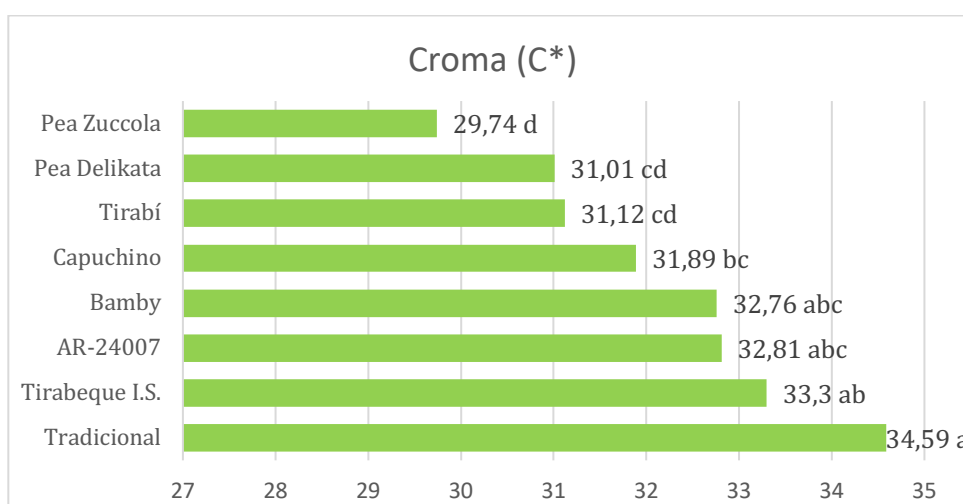


Figura 6. Valores de Croma o saturación (C^*) de los diferentes cultivares de tirabeque ensayados. Barras y valores medios con distinta letra indican diferencias significativas entre cultivares ($P < 0,05$).

Los resultados analíticos de la firmeza en los frutos de tirabeque ensayados muestran diferencias significativas entre los distintos cultivares (Figura 7). Los datos obtenidos de

firmeza mostraron un rango de variación con valores oscilando entre 57,45 N, correspondiente al cultivar Tirabí, y 46,75 N al Tradicional.

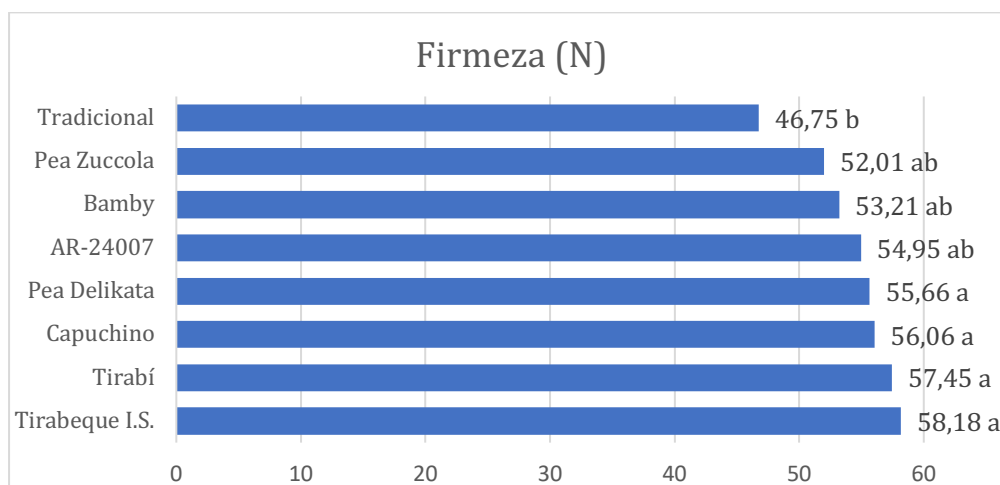


Figura 7. Valores de firmeza (N) para los diferentes cultivares de tirabeque ensayados. Barras y valores medios con distinta letra indican diferencias significativas entre cultivares ($P < 0,05$).

- Análisis químico

Según los datos señalados en la Tabla 7 existen diferencias significativas entre los cultivares de tirabeque ensayados tanto en °Brix y pH, como en contenido en ácido cítrico.

El sabor de los frutos viene determinado principalmente por las proporciones que se presentan entre azúcares y ácidos orgánicos. En este sentido, el rango de variación para sólidos solubles (°Brix) estuvo comprendido entre 7,92 (cultivar Capuchino) y 6,98 (cultivar Bamby). Según los valores de referencia de °Brix de las principales hortalizas cultivadas bajo invernadero, los cultivares de tirabeque ensayados mostraron un dulzor superior al pimiento california verde (4,03-6,31 °Brix) y se asemeja al pimiento california rojo (7,37-8,85 °Brix) (Cajamar, 2014).

Respecto a los valores de pH, se observó un rango de valores comprendido entre 6,12 (cultivar Bamby) y 6,88 (cultivar Pea Delikata), lo que indica que presentan un pH débilmente ácido, que coincidiría con los resultados de varios estudios (Martínez et al., 1995; Segura et al., 2006).

En cuanto a la acidez titulable, que fue expresada como contenido en ácido cítrico (ácido mayoritario en tirabeque), los valores fueron bajos, oscilando entre 0,12% (cultivar Capuchino) y 0,16% (cultivar Tirabí).

Tabla 7. Contenido en °Brix, pH y % de ácido cítrico de los diferentes cultivares de tirabeque ensayados. Valores medios con distinta letra indican diferencias significativas entre cultivares ($P < 0,05$).

CULTIVAR	°Brix	pH	Acidez (% ácido cítrico)
Tradicional	7,45 bc	6,63 ab	0,14 b
AR-24007	7,05 d	6,64 ab	0,14 bc
Pea Delikata	7,73 ab	6,88 a	0,15 b
Tirabí	7,26 cd	6,68 ab	0,16 a
Tirabeque I.S.	7,76 ab	6,83 a	0,15 b
Bamby	6,98 d	6,12 c	0,15 ab
Capuchino	7,92 a	6,63 ab	0,12 c
Pea Zuccola	7,69 ab	6,47 b	0,14 b

Análisis nutricional

La vitamina C es esencial tanto en plantas como en animales. Los principales suministradores de esta vitamina en la dieta son las frutas y hortalizas (Johnston et al., 2007), pudiendo contribuir hasta el 90% del requerimiento dietético humano de vitamina C. (Salunkhe et al., 1991). En nuestras condiciones de ensayo, el contenido en Vitamina C en los distintos cultivares de tirabeque, osciló de 26,24 a 57,92 mg de ácido ascórbico 100 g⁻¹ de fruto fresco, correspondiendo el de menor valor a Tirabeque I.S. y el de mayor a Pea Zuccola. Tomando como referencia la tabla de vitamina C en algunas frutas, hortalizas y productos animales, los valores obtenidos serían similares a los de la naranja (30-50 mg de ácido ascórbico 100 g⁻¹) y al limón (40-50 mg de ácido ascórbico 100 g⁻¹) (Johnston et al., 2007).

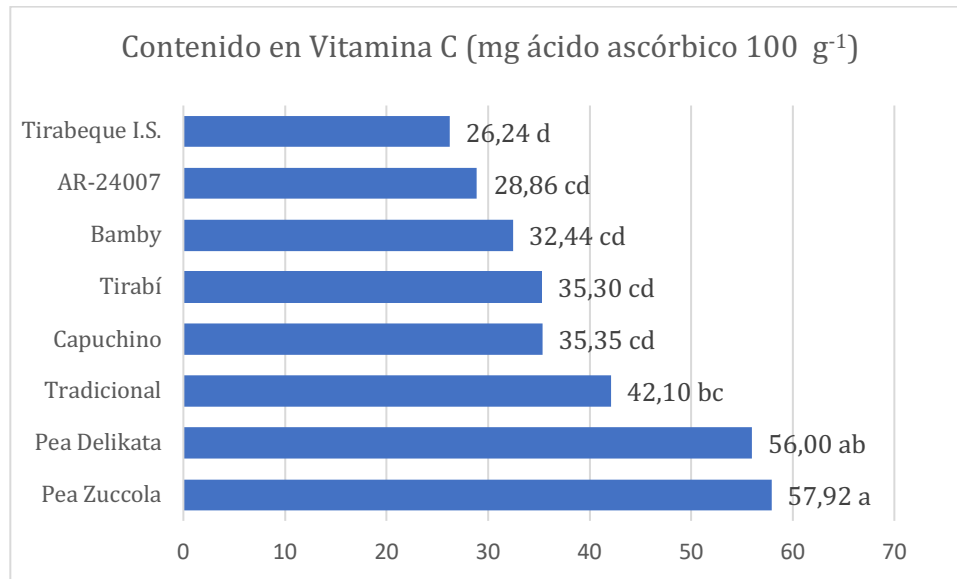


Figura 8. Valores de contenido en Vitamina C expresado en mg de ácido ascórbico por 100 g de peso fresco de fruto de los diferentes cultivares de tirabeque ensayados. Valores medios con distinta letra indican diferencias significativas entre cultivares ($P < 0,05$).

CONCLUSIONES

Este estudio permite conocer la producción y calidad de 8 cultivares diferentes de tirabeque y los resultados obtenidos en nuestras condiciones de ensayo en invernadero mediterráneo en producción ecológica nos permiten concluir que,

1. Los 8 cultivares de tirabeque ensayados (AR-24007, Pea Zuccola, Bamby, Capuchino, Tirabí, Tradicional, Tirabeque I.S. y Pea Delikata) se adaptan a las condiciones de cultivo en invernadero ecológico.
2. Las mayores producciones han sido obtenidas por los cultivares de porte tipo enrame, seguidos de los de medio enrame y por último el de mata baja. El cultivar más productivo fue el Tradicional y, por el contrario, el de menor producción el cultivar Bamby.
3. En relación a los parámetros físicos de calidad de fruto, el peso medio de la vaina fue similar en todos los cultivares, pero difieren entre ellos en longitud, anchura y grosor de fruto. Todos adquirieron coloraciones verdosas, destacando los cultivares de medio enrame (Pea Zuccola y Pea Delikata) por ser los más verdes y los menos brillantes. La dureza de los 8 cultivares es aceptable para este tipo de leguminosa, siendo el más firme el cultivar Tirabeque I.S.

4. En cuanto a los parámetros químicos de calidad de los frutos, es de destacar el cultivar Capuchino que al consumirse al completo es el más dulce, coincidiendo con el valor más alto en °Brix, y a la vez es el que menos porcentaje de ácido cítrico obtuvo. El pH de los mismos fue débilmente ácido, oscilando entre 6,1 y 6,9.

5. En lo referente al parámetro nutricional de calidad de los frutos evaluado, la vitamina C, el tirabeque se puede considerar como una fuente de esta vitamina, tal y como se demuestra en las cantidades obtenidas en el ensayo. Destacaron los cultivares de medio enrame (Pea Zuccola y Pea Delikata), que casi duplicaron la cantidad de esta vitamina respecto a los demás cultivares.

AGRADECIMIENTOS

A mis tutores, María del Carmen García García y Emilio Martín Expósito

REFERENCIAS

Alamán, M.C., Casanova, C. y Bueno, M. A. (1983). Expedición de recogida de germoplasma vegetal en España (1981). Madrid. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA).

Amurrio, J.M.; Hernández-Nistal, J.; Varela, M. (1995). El tirabeque. Posibles alternativas en los cultivos hortícolas de Galicia. Revista Agricultura Nº 755, 470-472.

Bakker, J., Bridle, P. & Timberlake, C. F. (1986). Tristimulus measurements (CIELAB 76) of port wine colour. *Vitis*, 25, 67-78

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.

Cajamar (2013). Boletín nº 78. Cultivo de guisante y tirabeque. Cajamar Caja Rural

Cajamar (2014). Ficha de transferencia: Parámetros de calidad interna de hortalizas y frutas en la industria agroalimentaria. Nº 005. Cajamar Caja Rural.

Chesa-Carda, S.; Martínez-López, A.; Celestino-Siurana, C. (2018). Estudio de la vitamina C durante la vida útil de zumo verde tratado con tecnología HPP. Trabajo Fin de Máster en Gestión de la Seguridad y Calidad Alimentaria. Universidad de Valencia.

Clemente, A. (2016). El año internacional de las legumbres. *Mol* (16), 70-75.

Cubero, J.I. (2017) Cultivo al aire libre. Leguminosas hortícolas: guisantes, judías y habas hortícolas. Cajamar Caja Rural: 703-741.

De la Rosa, L. y Fajardo, J. (2016). La agrobiodiversidad como elemento de la seguridad alimentaria y ambiental. *Arbor*, 192 (779): a316.

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.

Domene, M.A., Segura, M. (2014). Parámetros de calidad interna de hortalizas y frutas en la industria agroalimentaria. Fichas de transferencia Cajamar, Nº 005.

DOUE (2018). Reglamento (UE) 2018/848 del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de mayo de 2018 sobre producción ecológica y etiquetado de los productos ecológicos y por el que se deroga el Reglamento (CE) nº 834/2007 del Consejo. Diario Oficial de la Unión Europea.

Estrada, J.M.; Ibáñez, J. (1985). Cultivo del tirabeque. *Horticultura: Revista Horticultura*, Nº 19, 11-23.

FAO (2021a). Las legumbres y la biodiversidad. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

FAO (2021b). Legumbres y cambio climático. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

García-García, M.C. 2017. Reducción de la fertirrigación en cultivo ecológico de leguminosas protegidas y su efecto sobre la cosecha. Trabajo Fin de Máster en Horticultura Mediterránea Bajo Invernadero. Universidad de Almería.

García, R.; Cabrera-Sánchez, A.; Agüera, T. (2020). Análisis de la campaña hortofrutícola de Almería. Campaña 2019/2020. Cajamar Caja Rural.

Johnston, C., Steinberg, F., Rucker, R. (2007). Ascorbic Acid. En J. Zempleni, R. Rucker, D. McCornick, & J. Suttie, Handbook of Vitamins (Fourth Edition). New York: CRC Press, Taylor & Francis Group, 489-520.

MAPA (2020). Producción Ecológica. Estadísticas 2019 (2020). Subdirección General de la Calidad Alimentaria y de Laboratorio Agroalimentario. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

MAPA (2021). Anuario estadístico de superficies y producciones anuales 2020. Subdirección General de Análisis, Coordinación y Estadística. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Martínez, C.; Ros, G.; Periago, M.J.; López, G.; Ortuño, J. (1995). Physico-chemical and sensory quality criteria of green beans. *Lebensm.-Wiss. U.-Technol.* (28), 515-520.

Moreiras O, Carbajal A, Cabrera L, Cuadrado C. (2016). Tablas de composición de alimentos. Ediciones Pirámide. Madrid.

Muñoz-Jáuregui, AM. Año Internacional de las Legumbres. *Revista de la Sociedad Química del Perú.* 2016; 82(3), 257-258.

Salunkhe, D.K., Bolin, N.R., Reddy, N.R. (1991). Storage, Processing, and Nutritional Quality of Fruits and Vegetables. Volume 1: Fresh Fruits and Vegetables (Second Edition). CRC Press, Boca Ratón, FL.

Sánchez de Ron, D. de la Rosa Fernández, L., Varela, F. y Peluzzo, A. (2006). Variedades tradicionales de leguminosas grano españolas recolectadas por el CRF-INIA (1977-2005). En Rodríguez Conde, M. F, Sánchez Vioque, R., Giménez Alvear, M. J. y de los Mozos Pascual, M. (coords.), Nuevos retos y oportunidades de las leguminosas en el sector agroalimentario español: 2as jornadas de la Asociación Española de Leguminosas, 25-27 de abril de 2006, Cuenca. Consejería de Agricultura. Junta de comunidades de Castilla-La Mancha, 207-214.

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.

Tardío, J.; Pardo de Santayana, M.; Morales, R.; Molina, M.; Aceituno, L. (2018). Inventario español de los conocimientos tradicionales relativos a la biodiversidad agrícola. Volumen 1. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, 420.