



# 50 Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura



MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, PESCA Y  
ALIMENTACIÓN

## L SEMINARIO DE TÉCNICOS Y ESPECIALISTAS EN HORTICULTURA. CANARIAS.

**Edita:**

© Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.  
Secretaría General Técnica. Centro de Publicaciones.

**Autor:**

D.G. Desarrollo Rural, Innovación y Formación Agroalimentaria

**Diseño y maquetación:**

Alberto Jiménez García

**Impresión y encuadernación:**

NIPO papel: 003230489

DL papel: M-18444-2023

NIPO USB: 003230494

DL USB: M-18445-2023

**Distribución y venta:**

Paseo de la Infanta Isabel, 1

28014 Madrid

Teléfono: 91 347 55 41

**Tienda virtual:** [www.mapa.gob.es](http://www.mapa.gob.es)

<https://servicio.mapama.gob.es/tienda/>

e-mail: [centropublicaciones@mapa.es](mailto:centropublicaciones@mapa.es)

**Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado:**

<https://cpage.mpr.gob.es/>

En esta publicación se ha utilizado papel libre de cloro de acuerdo con los criterios medioambientales de la contratación pública.

Aviso Legal: los contenidos de esta publicación podrán ser reutilizados, citando la fuente y la fecha, en su caso, de la última actualización.

# 50 Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura

## COORDINACIÓN

Belarmino Santos Coello  
Vanessa Raya Ramallo  
Luisa B. Trujillo Díaz  
Domingo J. Ríos Mesa  
Tomás González González  
Sotero Molina Vivaracho



## Organizan:



## Patrocinan:



## Colaboran:



# CONTENIDO

1. PRESENTACIÓN .....	9
2. RELACIÓN DE PARTICIPANTES.....	13
3. PUBLICACIONES .....	15

## COMPOSTAJE Y VALORIZACIÓN.....16

- Actividades de demostración e información para la gestión de residuos sólidos derivados de la horticultura protegida (RECICLAND) ..... 17
- Efecto de la aplicación de enmiendas de macroalgas en cultivo de acelgas..... 23
- Co-compostaje de arribazones de *r. Okamurae* con residuos agrícolas y de jardinería ..... 33
- Gestión de residuos hortícolas mediante compostaje ..... 43
- Nuevos productos para aplicación en fertirrigación..... 53
- El cultivo del espárrago: valorización y aprovechamiento de restos agrícolas para el desarrollo de alimentos funcionales ..... 63

## MANEJO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES.....57

- BEST4SOIL: creación de la primera red internacional sobre prevención y control de enfermedades edáficas ..... 71
- Gravedad de la Verticilosis de la berenjena bajo diferentes condiciones ambientales..... 84
- Evaluación de diferentes insecticidas para el control de la psila del puerro, *Bactericera tremblayi* – año 2018 ..... 91
- Evaluación de diferentes insecticidas para el control de la psila del puerro, *Bactericera tremblayi* – año 2019 ..... 99
- Posibilidades de biocontrol de la Podredumbre de Raíces y Corona en plantas de fresa..... 107
- Virus que infectan hortalizas a través del suelo..... 116





## TÉCNICAS DE CULTIVO ..... 189

- Estrategias para mejorar la eficiencia del aporte de CO<sub>2</sub> en invernadero mediterráneo ..... 126
- La interacción entre el hidroacolchado y los hongos micorrícicos mejora el desarrollo vegetativo y la productividad en el cultivo de la escarola ..... 133
- Nuevas técnicas para optimizar la velocidad de degradación de los materiales biodegradables de acolchado ..... 140
- Manejo de la acuaponía en dos instalaciones con plantas producidas en tres sistemas de hidropοnía ..... 146
- Evaluación de un sistema de climatización pasiva en el cultivo del pimiento en invernadero. Efecto sobre la calidad de fruto. ..... 157
- Ensayo comparativo de cinco cultivares de batata ecológica a dos densidades de plantación ..... 166

## MATERIAL VEGETAL ..... 172

- Ensayo de cultivares de cucurbitáceas en el litoral gaditano: adaptación y comportamiento varietal ..... 173
- Comportamiento agronómico de cultivares de papa blanca en la zona noreste de Tenerife. Campaña 2021 ..... 180
- Ensayo de variedades de papa de ciclo corto en Tenerife ..... 187
- Evaluación agronómica y de calidad industrial de cultivares de patata ensayados en Aragón. Campaña 2020 ..... 199
- Comportamiento agronómico de cultivares de tomate de ensalada en Tenerife bajo una alta presión vírica. Campaña 2019 - 2020 ..... 209
- Comportamiento de variedades autóctonas de tomate en fibra de coco cultivado en invernadero ..... 219
- Comportamiento agronómico de variedades de tomate para industria en el valle del Guadalquivir ..... 229
- Ensayo de cultivares de alcachofa (*cynara scolymus* L.) en dos ciclos de cultivo ..... 238
- Evaluación de cultivares tradicionales de guisante de Cantabria para su consumo en fresco bajo un sistema de producción ecológica ..... 249
- Estudio agronómico y de calidad de fruto de 33 cultivares de judías ..... 259
- Influencia de la profundidad de plantación en la agronomía del cultivo de espárrago en el valle del Guadalquivir ..... 268

## **MANEJO DEL RIEGO Y LA FERTILIZACIÓN.....274**

- Gestión del fertiriego en cultivo de pimiento en invernadero mediante la automatización con electrotensiómetros: efecto de las condiciones de cultivo y la tensión matricial del suelo.....275
- Respuesta de cultivares de pimiento bajo malla a la adición al suelo de un tectosilicato natural.....287
- Aplicación de un polímero en un cultivo de pimiento al aire libre304
- Estudio del manejo del riego en el cultivo del boniato .....322
- La reducción de abonado aportado mediante fertirrigación no compromete la fertilidad del suelo, ni la producción y la calidad del fruto de tomate en un invernadero ecológico.....331
- Mejora del manejo del riego y la fertirrigación en cultivo del tomate de industria.....342
- Estrategias para incrementar la capacidad nutricional del biochar aplicado al suelo.....351
- Efectos del tratamiento con hipoclorito sódico sobre la limpieza de emisores en fertirrigación .....360
- Aplicación de microrganismos para reducir el aporte de insumos y mejorar la calidad de un cultivo de patata.....367
- Gestión de la fertirrigación en cultivo de tomate en sustrato en sistema semi-cerrado para la reducción de la contaminación por nitratos.....375

## **OTROS TÓPICOS .....382**

- Cultivo intensivo de la higuera en condiciones mediterráneas.....383
- Cultivo bajo malla de la fruta del dragón en Almería.....390
- Estudio prospectivo horticultura y género 2020 .....398
- La transferencia y la formación como bases de una horticultura sostenible: análisis de las actividades del IFAPA en el sector hortícola almeriense .....407
- Potencial de adopción de soluciones innovadoras en horticultura bajo abrigo.....416
- Optimización de la seguridad alimentaria mediante nuevos biogeofiltros de ecosistemas hortícolas intensivos contaminados con antibióticos .....426



**L SEMINARIO DE TÉCNICOS Y ESPECIALISTAS EN HORTICULTURA**  
**CANARIAS, 2021**

## PRESENTACIÓN

El L Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura (STEH) se ha celebrado en Canarias entre los días 15 y 19 de noviembre de 2021. Este año se decidió compartir las sesiones entre las islas de Gran Canaria y Tenerife, contando con dos sedes, Las Palmas de Gran Canaria y Santa Cruz de Tenerife. La organización de este Seminario corrió a cargo del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, el Área de Agricultura, Ganadería y Pesca del Cabildo Insular de Tenerife y el Instituto Canario de Investigaciones Agrarias del Gobierno de Canarias, con la co-organización del Cabildo Insular de Gran Canaria.

Como en anteriores ocasiones, se contó con la asistencia de 46 personas, procedentes de las distintas Comunidades Autónomas. La mayoría pertenecían a distintos Centros de Experimentación en Horticultura de titularidad pública, con una participación creciente de personal de universidades, así como de personal técnico de empresas privadas. En esta edición se han presentado un total de 49 comunicaciones orales en las que el personal Técnico y Especialista de la mayoría de las Comunidades Autónomas de España comunicaron los resultados de sus proyectos y ensayos en transferencia de tecnología en el Sector, además de una Jornada Abierta al sector el primer día a la que asistieron más de 70 personas.

El Seminario dio comienzo el 15 de noviembre en el Museo Elder en Las Palmas de Gran Canaria, siendo inaugurado por el D. Miguel Hidalgo Sánchez, Consejero Insular del Sector Primario y Soberanía Alimentaria del Cabildo Insular de Gran Canaria y D. Juan Francisco Padrón Rodríguez, Presidente del Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA) así como Vanesa Raya Ramallo del ICIA y Belarmino Santos Coello del Área de Agricultura, Ganadería y Pesca del Cabildo Insular de Tenerife por parte del Comité Organizador.

Como en otras ocasiones, el Seminario comenzó con la Jornada Técnica Abierta a personas del sector agrario ***“Hacia una producción agrícola sostenible”***. Esta Jornada transcurrió durante la mañana del 15 de noviembre y estuvo compuesta de las siguientes ponencias:

- **El Pacto Verde en la producción. Un cambio de modelo productivo.** Gabriel Trenzado. Director de los Servicios Técnicos de Cooperativas Agro-Alimentarias de España.
- **La diversidad de la microbiota del suelo: el pilar de la producción sostenible** Federico Laich. Microbiólogo de la Unidad de Protección Vegetal del ICIA.
- **Biochar y lombrices de tierra: un tandem funcional para incrementar la resiliencia del suelo en horticultura.** Juan Carlos Sánchez Hernández. Director del Grupo de investigación DITEG: diversidad de invertebrados: taxonomía, ecología y gestión de la Universidad de Castilla la Mancha.



- **Infraestructuras ecológicas como estrategia de conservación de la biodiversidad de la entomofauna útil asociada a los agrosistemas y su acción reguladora sobre plagas de cultivos subtropicales y mediterráneos.** Nancy Montero Gómez. Investigadora contratada en el proyecto LIFE18 CCA/ES/001109 de la Unidad de Protección Vegetal del ICIA.
- **Plataforma Tierra, herramientas para la ayuda en la toma de decisión de riego y fertilización de los cultivos.** Carlos Baixaulli Soria. Director del Centro de Experiencias Cajamar en Paiporta.

En la sesión de tarde dieron comienzo las Sesiones Temáticas propiamente dichas en las que los Técnicos y Especialistas de la mayoría de las Comunidades Autónomas de España comunicaron los resultados de sus proyectos y ensayos en transferencia de tecnología en el Sector Hortícola. En esta edición se han presentado un total de 49 comunicaciones orales.

Durante el martes, la primera Sesión Temática giró en torno al Compostaje y Valorización de Residuos en Horticultura, con un total de 8 comunicaciones. En la segunda Sesión Temática se presentaron 6 comunicaciones relacionadas con el Manejo de Plagas y Enfermedades.

El martes 16 de noviembre en horario de mañana se giró la primera tanda de visitas técnicas, donde se visitaron explotaciones de la zona de medianías del Norte de la Isla de Gran Canaria:

- La primera visita tuvo lugar en la finca de Juan Hernández en la zona de Siete Puentas, en el municipio de Las Palmas de Gran Canaria, acompañados de su propietario y del técnico de la empresa Florette, dedicada al cultivo de papa y hortícolas al aire libre para cuarta gama, principalmente brásicas en el momento de la visita.
- La segunda visita se realizó a la finca Vida Agrícola ubicada en la zona de Tres Palmas, en el municipio de Moya, dedicada al cultivo de pimiento al aire libre y en invernadero, además de lechugas, acompañados de su encargado, Santiago González.
- La tercera y última visita se realizó a una explotación dedicada al cultivo de zanahoria al aire libre y plátano, ambos en Producción Ecológica, situada en la zona de Los Dragos, en el municipio de Moya, En la visita nos acompañó su propietario., Gonzalo Castellano

Por la tarde, en el Museo Elder, se siguió con las sesiones temáticas. Se realizaron 6 comunicaciones sobre Técnicas de Cultivo y las 2 primeras de Material Vegetal.

El miércoles, 16 de noviembre, se realizó la segunda sesión de visitas técnicas, en Gran Canaria ya en camino para Tenerife, en concreto:

- La primera visita se giró a la explotación de Conagrican, en el municipio de Gáldar, acompañados por el responsable de la sección de papaya y el técnico Jonay Hernández, donde se pudo ver un cultivo de papayas en invernadero así como las instalaciones de manipulación y empaquetado situadas en la misma finca.

- Seguidamente se visitó la Finca La Laja, explotación de agroturismo situada en Agaete, con una bodega (Los Berrazales) y cultivos subtropicales, en los que destaca el cafeto, donde nos atendió Víctor Lugo, uno de sus propietarios.

Durante la tarde se viajó de Gran Canaria a Tenerife desde el puerto de Agaete hasta el de Santa Cruz de Tenerife.

Las comunicaciones técnicas en Tenerife se celebraron en uno de los salones de actos de Tenerife Espacio de Las Artes (TEA). El jueves, 17 de noviembre en horario de mañana se presentaron las 11 comunicaciones sobre Material Vegetal restantes que no se realizaron el martes. Se siguió la sesión con las 3 primeras comunicaciones sobre Riego y Fertilización.

En horario de tarde se visitó la explotación agrícola SAT Izaña en el municipio de Güímar, en la zona sur de Tenerife, dedicada principalmente al cultivo de fresa en cultivo sin suelo con recogida de la solución de drenaje además de otras 18 hortalizas al aire libre y en invernadero. En la visita estuvo el técnico de la finca.

El viernes, 19 de noviembre se siguió con la última tanda de comunicaciones, en concreto el resto de las referidas a Riego y Fertilización (7) y 6 referidas a otros tópicos (formación, relevancia de la mujer en las explotaciones hortícolas, cultivos subtropicales en cultivo protegido como alternativa a hortícolas, cadena de valor y biogeofiltros). El Seminario se dio por terminado con la participación del Director Insular de Agricultura y Desarrollo Rural del Cabildo Insular de Tenerife, D. Cayetano Silva Hernández y la Directora Científica del ICIA, Dña. María del Carmen Jaizme Vega.

Tras terminar las sesiones técnicas, se celebró la Asamblea del Seminario. Dentro de los temas tratados en dicha asamblea se podrían destacar:

- Se destaca por parte de los cargos políticos que han participado en los diferentes actos y por ponentes de la Jornada Técnica, la importancia de la transferencia de tecnología en el escenario actual de la Horticultura, demostrado por la importancia que se está dando por parte de las políticas europeas. Por ello, la continuación del Seminario y la divulgación de sus resultados a todo el sector hortícola sigue siendo muy necesaria.
- Deben explorarse todos los canales para que los desarrollos tecnológicos mostrados en el Seminario lleguen al sector, desde los más clásicos en formato físico hasta los más avanzados (redes sociales). De forma general, el sector es el que propone los temas a tratar en función de la problemática en campo y de las nuevas oportunidades que van surgiendo
- La comunidad autónoma de Andalucía acepta la organización del **LI Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura** a celebrar el próximo año 2022. La representante inicial de la organización será Dña. Carmen García García del centro de La Mojonera (Almería) del Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA) de la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible de la Junta de Andalucía.

- Se propone a Galicia para la celebración de la convocatoria del año 2023.

Queremos expresar nuestro agradecimiento al Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, al Instituto Canario de Investigaciones Agrarias del Gobierno de Canarias y al Área de Agricultura, Ganadería y Pesca del Cabildo Insular de Tenerife como organizadores, el Cabildo Insular de Gran Canaria como co-organizador. El Seminario no sería posible sin las empresas patrocinadoras, Máximo Pestano SL, CajaSiete y Cajamar, así como el Museo Elder. Del mismo modo, la participación de todas las explotaciones colaboradoras que nos han atendido en nuestras visitas técnicas es consustancial al Seminario.

El comité organizador quiere agradecer la altísima profesionalidad, disponibilidad y amabilidad de la empresa organizadora de eventos Magna Congresos, por su plena disposición, alta profesionalidad y amabilidad desde se comenzó la preparación del Seminario. Por último, no queremos olvidarnos de las personas que han participado como ponentes y asistentes en el Seminario.

Finalmente, queda constituida la Comisión Organizadora del próximo Seminario y de la publicación de las ponencias presentadas en éste, compuesta por las siguientes personas:

- D. Sotero Molina Vivaracho, representante permanente a nivel nacional del Seminario.
- D. Tomás González González del Ministerio de Agricultura.
- Dña. Carmen García García del IFAPA.
- D. Belarmino Santos Coello del Cabildo Insular de Tenerife.

En esta publicación figuran las 49 comunicaciones presentadas en el Seminario que muestran el estado actual de la experimentación y transferencia de tecnología en Horticultura a nivel nacional, sobre todo en lo referente a las instituciones públicas, tocando aspectos relacionados con la valorización de subproductos y experiencias en compostaje, manejo integrado de plagas y enfermedades, técnicas de cultivo, material vegetal, manejo del riego y la fertilización y otros tópicos como nuevos cultivos en invernadero, la importancia de la transferencia de tecnología o el papel de la mujer en el sector hortícola.



## RELACIÓN DE PARTICIPANTES



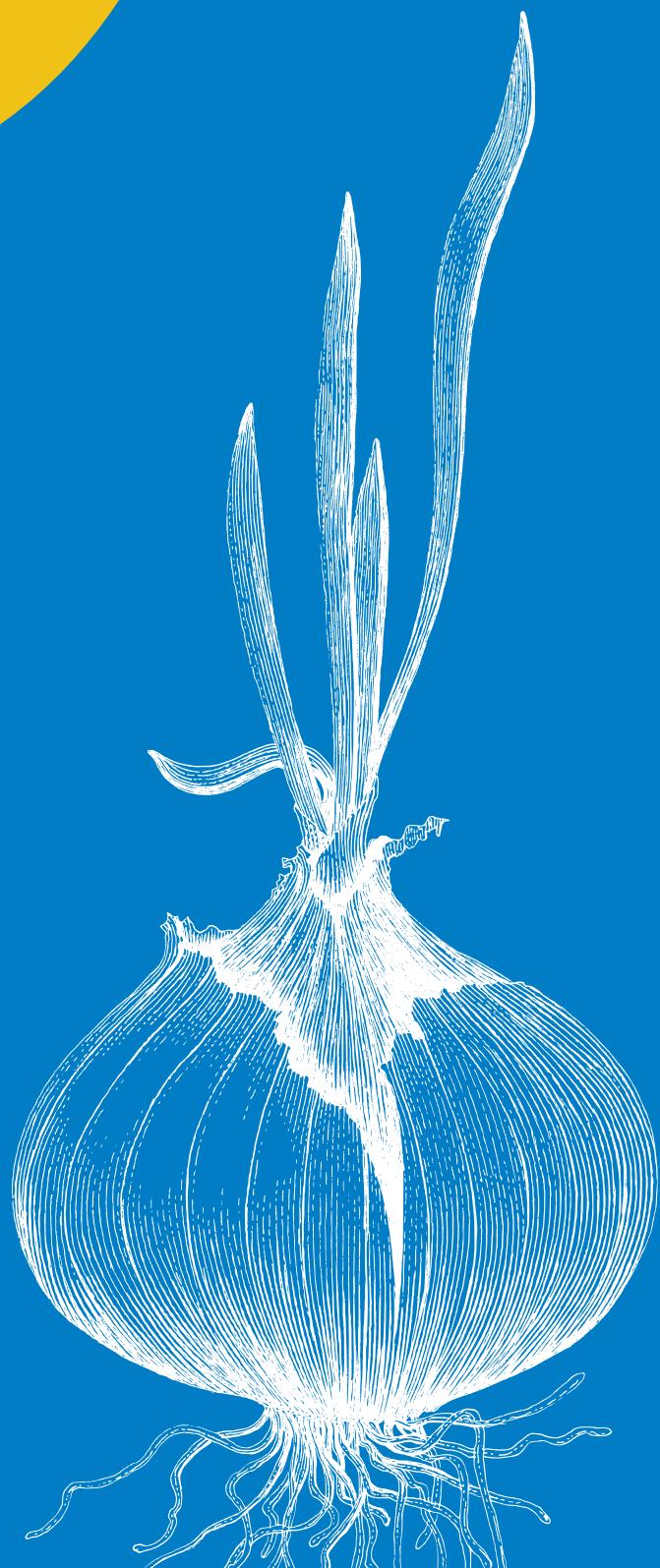
Apellidos	Nombre	Nombre del Organismo/Empresa	Correo electrónico
Antón Herrero	Rafael	Universidad Autónoma de Madrid	rafael.anton@estudiante.uam.es
Arco Lázaro	Elena	Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA)	earco@icia.es
Asensio Sánchez-Manzanera	M. Carmen	Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León	asesanmr@itacyl.es
Bazo González	Rafael	Agri-Lev S.L.	rafael@agri-lev.es
Bruna Lavilla	Pablo	Centro de Transferencia Agroalimentaria. Gobierno de Aragón	pbruna@aragon.es
Cano Banderas	Montserrat	IFAPA Instituto de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica	montserrat.cano@juntadeandalucia.es
Cermeño Sacristán	Pedro	IFAPA Instituto de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica	pedro.cermen@juntadeandalucia.es
Del Amor Saavedra	Francisco	IMIDA	franciscom.delamor@carm.es
Díaz González	Carlos	Cabildo Insular de Tenerife	carlosdg@tenerife.es
Eymar Alonso	Enrique	Universidad Autónoma de Madrid	enrique.eymar@uam.es
Fernández Díaz	Pedro	Agri-Lev S.L.	rafael@agri-lev.es
Fernández Hernández	Juan Antonio	Universidad Politécnica de Cartagena	juan.fernandez@upct.es
Fuentes	Alberto	Biogreen Road S.L.	alberto.biogreenroad@protonmail.com
García González De Lena	Guillermo	SERIDA. Asturias	ggarcia@serida.org
García Méndez	Eva María	Centro de Investigación y Formación Agrarias (CIFA). Cantabria.	garcia_emar@cantabria.es
García García	María Del Carmen	IFAPA Instituto de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica	mariac.garcia.g@juntadeandalucia.es

Gómez Vázquez	Julio Manuel	IFAPA Instituto de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica	juliogomezvazquezlarurales@gmail.com
Granados García	María Rosa	IFAPA Instituto de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica	mrosa.granados@juntadeandalucia.es
Jaren Morilla	Cristina	IFAPA Instituto de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica	cristina.jaren@juntadeandalucia.es
Lara Acedo	Lidia	IFAPA Instituto de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica	lidia.lara@juntadeandalucia.es
Lopez Marin	Josefa	IMIDA	josefa.lopez38@carm.es
Macua Gonzalez	Juan Ignacio	JARAMICA	jimgla2@gmail.com
Martinez De La Peña	Angel Rafael	Junta de Andalucía	angelr.martinez@juntadeandalucia.es
Medrano Cortés	Evangelina	IFAPA Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica	evangelina.medrano@juntadeandalucia.es
Melero Vara	José M.	Instituto de Agricultura Sostenible. CSIC	jmmelero@ias.csic.es
Mínguez Alcaraz	Pedro	CDTA. El Mirador SCL	cdtaelmirador@yahoo.es
Monagas Rodríguez	Juan José	Cabildo Insular de Gran Canaria	jmonagras@grancanaria.com
Nieto Valenzuela	Antonio	IFAPA Instituto de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica	antonio.nieto.valenzuela@gmail.com
Ollio	Irene	Universidad Politécnica de Cartagena	olloiorene2@gmail.com
Parra Galant	Joaquín	Estación Experimental Agraria de Elche. Conselleria de Agricultura, Desarrollo Rural, Emergencia Climática y Desarrollo Rural de la Generalitat Valenciana	parra_joa@gva.es
Pato Folgoso	Antonio	Oficina Comarcal Agraria de Torre Pacheco. Consejería de Agua, Agricultura, Ganadería, Pesca, Medio Ambiente y Emergencias. Región de Murcia.	antonio.pato@carm.es
Peréz Afonso	José Luis		
Raya Ramallo	Vanesa	Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA)	vraya@icia.es
Rios Mesa	Domingo José	Cabildo Insular de Tenerife	domingor@tenerife.es
Rodríguez López,	Carlos	Cabildo Insular de Tenerife	carlosrl@tenerife.es
Romero Solís	María José	IFAPA Instituto de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica	mariajoseromerosolis@gmail.com
Ruiz Nogueiras	Benigno	Universidad de Santiago de Compostela	benigno.ruiz@usc.gal
Salvatierra Bellido	Benito	IFAPA Instituto de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica	benito.salvatierra@juntadeandalucia.es
Sánchez-Guerrero Cantó	Mª Cruz	IFAPA Instituto de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica	mariac.sanchezguerrero@juntadeandalucia.es
Santiago Calvo	Yolanda	Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León	yolsant@gmail.com
Santos Coello	Belarmino	Cabildo Insular de Tenerife	belarmino@tenerife.es
Solchaga Luquin	Jesus Angel	MAM -Compostaje	solchaga.ja@gmail.com
Tascón Rodríguez	Catalina	Cabildo Insular de Tenerife	ctascon@tenerife.es
Trujillo Diaz	Luisa Benigna	Cabildo Insular de Tenerife	luisat@tenerife.es
Varó Vicedo	Plácido	CIFEA Torre Pacheco	placido.varo@carm.es
Vela Delgado	María Dolores	IFAPA Instituto de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica	mdolores.vela@juntadeandalucia.es

3

## PUBLICACIONES

# VALORIZACIÓN Y COMPOSTAJE





# ACTIVIDADES DE DEMOSTRACIÓN E INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DERIVADOS DE LA HORTICULTURA PROTEGIDA (RECICLAND)

Téllez, MM.<sup>1</sup>; Granados, R.<sup>1</sup>; García, MC.<sup>1</sup>; Sayadi, S.<sup>2</sup>; Segura, ML.<sup>1</sup>; Soriano, T.<sup>2</sup>; Janssen, D.<sup>1</sup>; Fernández, M.<sup>2</sup>; Baeza, R.<sup>1</sup>; Talavera M<sup>3</sup>; Samblas, E.<sup>1</sup>; Medrano E.<sup>1</sup>; Cara de M.<sup>1</sup>; Parra, S.<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA), Almería.

\*<sup>2</sup> IFAPA La Mojonera, Granada.

\*<sup>3</sup> IFAPA La Mojonera, Córdoba, España.

---

## RESUMEN

---

Los cultivos hortícolas protegidos que se producen en las provincias de Almería y Granada, suponen una importante actividad económica y social para la Comunidad Andaluza. Pero el crecimiento exponencial de la superficie de invernadero y la evolución en los sistemas de cultivo, han dado lugar a un incremento en el volumen y diversificación de los residuos agrarios. El principal problema de estos residuos es su estacionalidad, ya que en determinados momentos se genera una elevada producción de restos, que condiciona su recogida y almacenamiento, así como su posterior gestión. Además, la normativa que regula cada tipo de residuos supone una carga documental, especialmente para el pequeño agricultor. RECICLAND, es un proyecto de trasferencia de tecnología, que se está desarrollando en el Centro IFAPA de La Mojonera y que tiene por objetivo mostrar soluciones prácticas, para la gestión **específica de residuos plásticos y restos vegetales**. A través de talleres y demostraciones se están abordando varias líneas de trabajo, como la gestión y reciclado de los diferentes tipos de plásticos usados y uso de materiales alternativos, y la gestión de los residuos vegetales, bien para su valorización como productos del compostaje o para su incorporación al suelo de la propia explotación, contando con **un área de demostraciones** para la realización de estas actividades. Desde su puesta en marcha en la primavera pasada, son casi 400 técnicos y agricultores, los que han visitado y participado en las distintas actividades del proyecto. Toda la información generada, como documentos, fastsheet, imágenes y vídeos técnicos está siendo difundida a través de RRSS y también en contenidos Web dentro del Portal Institucional de IFAPA. Se trata de actividades de trasferencia dirigidas principalmente a agricultores y técnicos, con el fin último de concienciar a todos los agentes de la cadena de valor agrícola incluso a la sociedad de la importancia que tiene la gestión de los residuos de la perspectiva de la economía circular.

**Palabras clave:** restos agrarios, reciclaje, reutilización, cultivos protegidos, hortalizas

---

## INTRODUCCIÓN

---

La horticultura protegida, que se desarrolla en las 35.000 has del litoral oriental andaluz y que comprende las provincias de Almería y Granada, supone una importante actividad económica y social para la toda Comunidad Andaluza. Sin embargo, el crecimiento continuo de la superficie de cultivo y los cambios en el manejo de los cultivos, así como la alta dependencia de insumos, han hecho que el volumen de residuos agrarios no solo se haya incrementado, sino que además se ha diversificado.

La problemática asociada a los residuos agrarios deriva principalmente de su estacionalidad, ya que en determinados momentos se genera una elevada producción de restos, que condiciona su recogida y almacenamiento, y como consecuencia su gestión. La gestión de residuos supone una complicación para el agricultor de pequeñas explotaciones, debido a su heterogeneidad y a las normas específicas que regulan cada uno de ellos. Por tanto, es necesario el desarrollo de estrategias específicas que permitan establecer procedimientos claros y sencillos para su correcta gestión, y que además permitan su valorización considerando su entrada en una bioeconomía circular.

En este contexto, se ha puesto en marcha el proyecto de trasferencia de tecnología RE-CICLAND, acrónimo de “Actividades de demostración e información para la gestión de residuos sólidos derivados de la horticultura protegida”, a iniciativa de la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible de la Junta de Andalucía, y gestionado través del Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA), con financiación FEADER.

El objetivo general de este proyecto es trasferir mediante actividades formativas y formativas aquellas prácticas agrícolas en consonancia con la reutilización o reciclado de materiales inorgánicos y orgánicos generados en los cultivos de invernadero de ambiente Mediterráneo. Estas actividades de trasferencia van dirigidas principalmente a todos los agentes de la cadena de valor hortícola y también a la propia sociedad para concienciar de que la gestión de los restos agrarios debe contemplarse desde la perspectiva de la bioeconomía circular.

---

## MATERIAL Y MÉTODOS

---

El proyecto cuenta con un área de demostraciones, de 1.5 ha de superficie, ubicada en el Centro IFAPA La Mojonera (Almería). En este espacio se ha diseñado diferentes zonas para el desarrollo de las actividades: una planta piloto de compostaje (Foto 1), una estación de gestión de residuos (Foto 2) para la clasificación y reducción de residuos no orgánicos, y un área de biodiversidad y reutilización de restos agrarios. Se cuenta también con un invernadero experimental con sistemas de monitorización de clima y suelo, que permitirán definir los resultados derivados de las prácticas de gestión.

Se han establecido 5 líneas de trabajo:

## Gestión e incorporación al suelo de restos vegetales

Los restos de cultivo aportan fertilidad al suelo, siendo un mecanismo regulador de la presencia de patógenos. El momento de aplicación, el origen del material vegetal, y el tipo de incorporación al suelo son factores clave a evaluar, ya que puede afectar a cultivos posteriores. Se están realizando demostraciones de las diferentes prácticas de incorporación de restos vegetales, con distintas especies hortícolas y en diferentes fechas de enterrado, cuyo efecto diferente previsiblemente sobre el suelo y el cultivo determinará su idoneidad para cada caso y cada agricultor.

## Gestión de residuos vegetales mediante compostaje

Una de las posibilidades de gestión y valorización de restos vegetales es el compostaje, minimizando costes de transporte y proceso, para obtener un producto que mejora las propiedades físico-químicas del suelo. El compost tiene un gran valor fertilizante, y mejora la capacidad de retención de agua del suelo. También se reduce la lixiviación y el impacto ambiental sobre los acuíferos. Se están llevando a cabo talleres para mostrar de forma práctica el proceso de compostaje, considerando: estacionalidad, especie vegetal, y mejora del valor fertilizante mezclando con otros materiales (estiércol, restos jardinería, etc.). Se evaluará su valor agrícola como enmienda orgánica, y su aplicación en fertiriego como té de compost, así como la viabilidad económica de pequeñas instalaciones individuales o colectivas.

## Gestión y valorización de residuos sólidos. Compactación

El volumen de los residuos puede ser reducido utilizando maquinaria especializada. Esto hace que los costes relativos al transporte hasta el punto de gestión sean minimizados. Puede ser una “solución verde”, efectiva y rentable para las explotaciones agrícolas de consumo intensivo de insumos. Los materiales de compactación pueden ser de diferentes tipos como cartón, tela, plásticos, papel, incluso restos orgánicos. El objetivo de esta actividad es ofrecer la compactación como una solución práctica en la gestión y logística de transporte de los residuos (principalmente plásticos) así como establecer los tipos de residuos para su separación, acondicionamiento y posterior gestión.



## **Gestión de insumos plásticos y utilización de insumos alternativos**

---

La generación de residuos plásticos de diferente tipología, tales como plásticos para solariación, acolchados, hilos de entutorado, supone no solo un problema medioambiental sino también un coste adicional para los agricultores. En el caso de las rafias, limitan la gestión de los restos vegetales, tanto si se compostan como si se incorporan al suelo. Su retirada supone un incremento de los costes y de los tiempos de ejecución de esta tarea. Uno de los objetivos de esta actividad es poner a punto técnicas de entutorado en los cultivos con el fin de minimizar los costes de explotación. Otro objetivo planteado es sustituir los plásticos de entutorado y de acolchados por materiales biodegradables y/o compostables (Foto 3).

## **Valorización de residuos agrarios para mejora del control biológico y la biodiversidad**

---

La implantación de infraestructuras ecológicas (setos, bandas florales, refugio de insectos...) ayuda a mejorar la supervivencia de los enemigos naturales (recursos) favoreciendo el control biológico por conservación. Sin embargo, la implantación de estas infraestructuras no es tarea sencilla en tierras degradadas. El objetivo que se persigue es la valorización de los residuos agrarios, por un lado, la utilización del compost para el establecimiento de setos y, por otra parte, la reutilización de residuos inorgánicos (palets, cartones, bidones...) para la construcción de nidos o refugios de enemigos naturales y polinizadores. En esta actividad se contemplan visitas al Jardín de la biodiversidad que forma parte del área demostrativa del proyecto, donde se expondrán distintos materiales generados como residuos de la actividad agraria y cómo pueden ser reutilizados y reciclados en distintas infraestructuras ecológicas como refugios de insectos (Foto 4).

## **RESULTADOS**

---

### **Gestión e incorporación al suelo de restos vegetales**

---

Las demostraciones realizadas durante el año 2021 dentro de esta actividad han contemplado prácticas en las que se han podido enseñar a los agricultores distintas técnicas de aprovechamiento de los restos vegetales como son: picado de restos vegetales final de cosecha sobre arena, incorporación restos vegetales final de cosecha en suelo, incorporación restos vegetales final de cosecha en carillas, incorporación de restos vegetales de podas y destalles, incorporación de cubierta vegetal y abono verde, así como la técnica de Biosolarización.

### **Gestión de residuos vegetales mediante compostaje**

---

En los talleres de compostaje impartidos se ha mostrado a los participantes cómo debe llevarse correctamente el proceso de compostaje para que el producto final reúna las mejores condiciones sanitarias y pueda ser utilizado como enmienda y fertilizante. Se

han dado los conocimientos sobre las instalaciones, equipos y maquinaria necesarios, así como el uso de herramientas de control y seguimiento de parámetros físicos, químicos y ambientales para llevar a cabo un proceso de compostaje óptimo.

### **Gestión y valorización de residuos sólidos. Compactación**

---

En esta actividad, se ha informado sobre la gestión interna de los residuos inorgánicos, que deberían hacer los agricultores en sus explotaciones: tipología de residuos, tipos de contenedores para su separación, así como demostraciones de uso de una prensa compactadora para minimizar el volumen los restos inorgánicos. Informando también de la gestión externa tanto de residuos envases como no envases: normativas, transporte, documentos, trazabilidad del sistema.

### **Gestión de insumos plásticos y utilización de insumos alternativos**

---

Mediante diferentes tipos de prácticas se han mostrado técnicas de entutorado para reutilización de rafias, evaluando tiempos de ejecución de labores de entutorado y retirada de rafia, porcentaje de reutilización y costes asociados. Por otra parte, se están llevando a cabo ensayos demostrativos con cultivos, utilizando diferentes materiales biodegradables y/o compostables para evaluar su viabilidad.

### **Divulgación y trasferencia**

---

Desde el inicio del proyecto en marzo del año 2021, se han realizado 19 jornadas demostrativas de las distintas actividades de gestión, en las que se han formado 233 alumnos. Las instalaciones han sido visitadas por 493 asistentes, de los cuales 148 han sido procedentes de empresas. Toda la información técnica generada, como documentos, fastsheet, imágenes y videos técnicos está siendo difundida a través de RRSS, así como a través de los contenidos Web dentro del Portal Institucional de IFAPA ([recicland.ifapa.es](http://recicland.ifapa.es)).

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

---

JUNTA DE ANDALUCÍA (2018). Estrategia Andaluza de Bioeconomía Circular. Recuperado de:  
[https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/Estrategia\\_Andaluza\\_Bioeconomia\\_Circular\\_EABC\\_18.09.2018.pdf](https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/Estrategia_Andaluza_Bioeconomia_Circular_EABC_18.09.2018.pdf)

### **AGRADECIMIENTOS**

---

Este trabajo se encuentra enmarcado en el proyecto "Actividades de demostración e información para la gestión de residuos sólidos derivados de la horticultura protegida (RECICLAND - PP.RSRR.RSRR1900.001)" que está cofinanciado al 90% por el Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural, dentro del Programa de Desarrollo Rural de Andalucía 2014-2020, Operación PDR C15C0122U1.

## FOTOGRAFÍAS



1



2



3



4

**Fotografía 1.** Planta piloto de compostaje.

**Fotografía 2.** Estación Gestión de Residuos.

**Fotografía 3.** Materiales alternativos: hilos de entutorado no plásticos.

**Fotografía 4.** Hotel de insectos construido con diferentes residuos agrarios.

# EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE ENMIENDAS DE MACROALGAS EN CULTIVO DE ACELGAS

Raya Ramallo, V. y Haroun Tabraue, J.

Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA). Finca La Estación, Lugar Finca San Antonio, 3 - 35001 Santa Lucía de Tirajana-Gran Canaria (Isla Canarias)

## RESUMEN

La búsqueda de alternativas para aprovechar las macroalgas que llegan a las costas después de un evento de intenso oleaje, es el objetivo fundamental de este trabajo, que pretende la valorización de esta materia orgánica como recurso para su utilización en la agricultura. Los arribazones de algas que llegan a la playa de las Canteras, situada en la ciudad de Las Palmas de GC, son retirados para evitar los olores generados por procesos de fermentación cuando se acumulan en la orilla y la consiguiente incomodidad para los usuarios de la playa. Para estos ensayos se trabajó, por un lado, con enmiendas a base de arribazones monoespecíficos de *Lobophora sp.* (L) que llegan en períodos concretos del año y, por otro lado, con el resto de los arribazones de mezcla de diversas especies (M). Con la idea de valorizar estos arribazones, se han desarrollado una serie de ensayos para conocer el potencial fertilizante de los productos derivados de las algas. La preparación de las algas consistió en el desarenado, lavado superficial con agua dulce, secado, limpieza de los impropios y posterior molido. A la vista de los resultados alcanzados en ensayos anteriores, se decidió trabajar aplicando las algas previamente al trasplante de las acelgas. Se usaron dos tipos de enmiendas (algas L y algas M) a cuatro dosis más un control sin algas (0, 10, 25, 40 y 60 g·planta<sup>-1</sup>). El trasplante se realizó 4 meses después de la aplicación de las algas al sustrato base manteniendo la humedad del mismo durante ese tiempo. La aplicación de los dos tipos de algas mejoró el número de hojas y la producción de las acelgas en relación al control, con los mejores rendimientos utilizando las dosis más altas (a 40 y 60 g·planta<sup>-1</sup> con el alga M y a 60 g·planta<sup>-1</sup> con el alga L). El efecto inhibidor observado en experimentos anteriores, asociados al alto contenido en sales de las algas, no estuvo presente en este ensayo ya que el riego aplicado para mantener el sustrato húmedo redujo su contenido en sodio en los tratamientos con algas. El resto de iones solubles y cambiables, también disminuyó su concentración durante el período entre la aplicación de algas y el trasplante, comenzando los ensayos con valores similares de nutrientes en todos los tratamientos. Por tanto, el efecto estimulante observado en los tratamientos con algas podría asociarse a compuestos bioactivos, como aminoácidos y polisacáridos, presentes en las algas.

**Palabras Clave:** arribazón, bioactividad

---

## INTRODUCCIÓN

---

Las grandes acumulaciones de algas en las orillas de algunas playas, llamadas arribazones, que ocurren de manera puntual debido a temporales en la franja costera, son retirados principalmente en zonas turísticas o recreativas y, cuando son aprovechados, suelen tener usos industriales y agropecuarios. En la playa de Las Canteras, situada en el noreste de la isla de Gran Canaria, se ha estimado que llegan unas 3.500 t anuales de algas con una composición taxonómica muy diversa y variada a lo largo del año (Portillo, 2008). Dentro de esta alta variabilidad de especies presentes en los arribazones, en determinados momentos del año, se ha observado una elevada presencia del alga parda *Lobophora* sp., en porcentajes superiores al 80%, pudiendo ser considerado como un arribazón monoespecífico. Actualmente, estos arribazones retirados de la playa, no tienen un aprovechamiento específico y son llevados a vertedero, lo que supone una pérdida de dicha biomasa y de sus compuestos activos.

Los arribazones de las algas y fanerógamas marinas han sido utilizados durante siglos en la actividad agrícola como abono verde (o semicompostado) en casi todas las zonas agrícolas costeras y, sobre todo, isleñas. Las macroalgas contienen los elementos nutritivos necesarios para las plantas, aunque su uso como bioestimulante del crecimiento de las plantas y activador de sus defensas se debe también a su composición en polisacáridos, macro y micronutrientes, bioantioxidantes, fitohormonas y compuestos biocidas de plagas y enfermedades de las plantas (Metting *et al.*, 1990; Crouch y van Staden, 1993; García-Reina y Martell-Quintana, 2005). Además, sus propiedades como acondicionador del suelo se asocia a su contenido en ácido algínico, que fomenta la multiplicación de las bacterias del suelo, mejora su estructura y la disponibilidad de los nutrientes para las plantas (Aitken y Senn, 1965). En Canarias, los arribazones de algas se emplearon en la agricultura de forma tradicional para su uso como fertilizante y enmienda, incorporándolos directamente al suelo (Haroun *et al.*, 2003). Existen referencias documentadas de ensayos realizados en el año 1986 con arribazones de algas en el cultivo de papa (Díaz *et al.* 1988) y, posteriormente, se ha estudiado el uso de los arribazones en la elaboración de compost y sus efectos en cultivos hortícolas (Alcoverro *et al.*, 2008).

En el presente trabajo se plantea la valorización de un producto sólido de arribazones de macroalgas con un mínimo procesado, a través de su uso y aplicación directa al suelo como bioestimulante de cultivos y mejorador de la fertilidad del suelo.

---

## MATERIAL Y MÉTODOS

---

El ensayo se desarrolló en el interior de un invernadero multitúnel con cubierta de policarbonato ondulado con doble ventilación cenital y ventilación lateral

---

### Procesado de las algas

---

El material de partida para realizar los ensayos fueron los arribazones de algas de la playa de Las Canteras. Después de la retirada de las algas de la playa, éstas fueron sometidas

en las instalaciones del Instituto Tecnológico de Canarias (ITC) a un desarenado, lavado superficial con agua dulce y secado al aire libre. Una vez recibido el material en el ICIA, se sometió a una limpieza de los impropios, principalmente plásticos y colillas, que alcanzaron porcentajes inferiores al 1%. Posteriormente, se introdujo en una biotrituradora para reducir su tamaño en trozos de 1 a 3 cm y finalmente se pulverizó mediante un molino de rotor a partículas de diámetro inferior a 0.5 mm. El material recibido de los diferentes arribazones se clasificó, según sus características taxonómicas, en dos grupos: a) monoespecíficos, con una composición superior al 80% del alga parda *Lobophora sp.* (L) correspondientes a los arribazones ocurridos entre noviembre y febrero y, b) compuestos por una mezcla de diversas especies de algas en diferentes proporciones (M), entre las que se encuentran *Dyctiota sp.*, *Asparagopsis taxiformis*, *Lobophora sp.*, *Cymopolibarbata*, *Sargassum desfontainessi* y *Jania sp.*, entre otras.

### **Preparación del ensayo**

Para determinar el efecto en cultivo de la aplicación de algas molidas, se realizó un ensayo con acelga “Amarilla de Lyon” trasplantando una plántula por maceta de 1 L con sustrato base (36,3% tierra, 30,3% picón fino y 33,3% fibra de coco). Se añadió compost a una dosis de 120 g por planta, calculado como equivalente a un aporte  $1.5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ , para evitar un exceso de fertilización con compost que pudiera enmascarar el efecto de las algas. Se usaron dos tipos de enmiendas (algas L y algas M) a cuatro dosis más un control sin algas (0, 10, 25, 40 y 60 g·planta<sup>-1</sup>). El trasplante se realizó 4 meses después de la aplicación de las algas al sustrato base, aplicando riegos cortos para mantener la humedad, pero sin que se produjera drenaje.

La fecha de incorporación de las algas fue el 6 de marzo de 2020, el trasplante de las acelgas se realizó el 29 de junio de 2020 y el levante del cultivo el 25 de agosto de 2020.

Los parámetros medidos en planta fueron peso fresco y seco de las acelgas al final de ciclo de cultivo y medida de clorofila (SPAD 502) realizada en la última hoja totalmente extendida de cada planta. El sustrato de cultivo se analizó en el momento de la aplicación de las algas, en el trasplante y al final del ciclo de cultivo midiendo los siguientes parámetros: pH, CE, nitrógeno Kjeldahl, fosforo Olsen y cationes de cambio.

### **Diseño experimental:**

Se realizó un ensayo factorial de acelgas en maceta con los dos factores (tipo de alga y dosis), analizando 4 plantas unidad experimental y 3 repeticiones. El análisis estadístico fue realizado con el software Statistix v10, comprobando previamente la normalidad de los datos. Se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) y test de homogeneidad, comparando las medias, una vez rechazada la hipótesis nula, mediante el test LSD.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Composición de las algas

En ambos tipos de algas, destaca la concentración de potasio y de calcio, entre los macronutrientes, y de hierro y boro en los micronutrientes, aunque con elevados errores estándar, lo que denota la heterogeneidad del material de partida (Tabla 1). La amplia variación encontrada en la composición química de las algas, se relaciona con factores ambientales como las temporadas estacionales, temperatura, luz, salinidad, localización y condiciones de almacenamiento (Dawes 1998, Fleurence 1999, Marinho-Soriano *et al.* 2006). En el caso del aprovechamiento de las algas de arribazón, el periodo de tiempo desde que el alga es arrancada hasta que se deposita en la orilla, juega un papel importante en su composición.

El contenido en aminoácidos totales fue similar en ambos tipos de algas (no se detectaron aminoácidos libres) y, en los arribazones analizados, se encontró una concentración en polisacáridos superior en el alga Lobophora en relación al alga de mezcla (Tabla 2). El mayor contenido polisacárido del alga L puede explicar su mayor concentración en sodio, relacionado con la asociación entre los cationes y los polisacáridos de las algas (Marinho-Sorinano *et al.* 2006).

### Composición del sustrato

La incorporación de algas supuso un incremento en hasta 8 y 5 dS/m en relación a la CE de partida al aplicar dosis de 60 g por planta del alga M y L, respectivamente (Figura 1). Los elementos nutritivos que más incrementaron su concentración en el sustrato al aplicar las algas fueron el sodio (263% y 169% con el alga M y L respectivamente), el nitrógeno (60% y 85% con el alga M y L respectivamente) y el magnesio (18% con M y L), con la dosis de 60 g por planta en relación al control (Figuras 2, 3 y 4).

Se observó una reducción importante en la concentración de la mayoría los iones en el sustrato desde la incorporación de las algas hasta el momento del trasplante. Durante este periodo se aplicaron riegos cortos para mantener la humedad en el sustrato, aunque la reducción media de la CE del sustrato en un 66% y 69% con el alga M y L, respectivamente reflejan que se produjo un lavado de sales durante ese periodo, siendo fósforo, sodio y potasio los que más disminuyeron su concentración en relación a la inicial (Figuras 1, 2, 3 y 4). La concentración de los cationes de cambio al final del cultivo en los tratamientos con algas se mantuvo por encima de la obtenida en el control.

### Cultivo

La incorporación de algas aumentó el peso fresco y seco obtenido con respecto al control, siendo superior con la aplicación del alga M en relación al alga L (Figura 5). Otros autores (Senn, 1987, Metting *et al.* 1990) también han alcanzado incrementos en el rendimiento de las cosechas al aplicar algas al suelo, no sólo asociado a los macro y micronutrientes

aportados sino a otras sustancias con efectos similares a los reguladores de crecimiento como los ácidos algínicos, fúlvicos, manitol, vitaminas, enzimas y algunos compuestos biocidas (Crouch y Van Staden, 1992).

La aplicación de las algas tres meses antes del trasplante, evitó los efectos negativos observados en ensayos anteriores (Raya y Haroun, 2019) al incorporar las algas en el momento del trasplante asociado en parte, a la salinidad del sustrato. Esto coincide con lo observado por otros autores (García-González y Sommerfeld, 2016) que encontraron mejoras en los parámetros de desarrollo del cultivo al aplicar biomasa de *Acutodesmus dimorphus* 22 días previos al trasplante en relación al control sin algas y a la aplicación en el momento del trasplante. Temple y Bomke (1988), encontraron mejoras en el rendimiento de judía hasta dosis por debajo de 60 t·ha<sup>-1</sup> del alga *Macrocystis integrifolia*. Con dosis mayores, el crecimiento del cultivo se vio limitado por el exceso de sales solubles aportadas por dichas algas al suelo.

Con el alga M se observaron diferencias significativas en el peso fresco con dosis a partir de 10 g por planta y de 25 g por planta con el alga L. En el peso seco, las diferencias significativas con respecto al control se observaron con dosis mayores: a partir de 40 g por planta con el alga M y 60 g por planta con el alga L (Figura 1).

En cuanto a la medida de clorofila al final del cultivo, no se encontraron diferencias entre tipos enmiendas de algas, pero sí se alcanzó un contenido mayor al aplicar dosis de 40 y 60 g por planta del alga M en relación al control (datos no mostrados).

## CONCLUSIONES

La aplicación al suelo de enmiendas a base de algas tuvo efectos positivos en la producción, necesitando dosis más bajas del alga M en relación al alga L.

A pesar de que en la composición de las algas destaca el potasio y el calcio, de los nutrientes analizados en el sustrato de cultivo, el sodio, nitrógeno y magnesio aportados por las algas, fueron los que más contribuyeron al aumento de la CE en el sustrato.

El lavado previo de las algas podría ser un procedimiento a valorar a la hora de la aplicación de las algas al sustrato ya que, aunque elimina una parte de los iones nutritivos, ayuda a reducir el contenido en sodio aportado por las algas, que puede resultar fitotóxico o afectar al desarrollo de los cultivos.

A la vista de los resultados, el incremento productivo no sólo se asocia al contenido en los nutrientes aportado por las algas, sino a los efectos promotores del desarrollo de los cultivos que tendrían otros compuestos bioactivos presentes en las mismas. El periodo de 4 meses entre la aplicación de la enmienda y el trasplante, pudo favorecer la disponibilidad para las plantas de estos compuestos.,

---

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

---

- AITKEN, J. B. Y SENN, T.L. 1965. Seaweed products as a fertilizer and soil conditioner for horticultural crops. *Bot. Marina*, 8: 144-148.
- ALCOVERRO PEDROLA, T. R., JAIZME-VEGA, M.C. Y HAROUN TABRAUE, J.A. 2008. Validación agronómica del compost elaborado con restos de poda y arribazones en cultivo de tomate. VIII Congreso SEAE, Murcia, 16-20 Septiembre 2008.
- CROUCH, I.J. Y VAN STADEN, J. 1993. Evidence for the presence of plant growth regulators in commercial seaweed products. *Plant Growth Regulation* 13: 21-29.
- DAWES C.J. 1998. *Marine Botany*. John Wiley, New York, 480 pp.
- DÍAZ PEREZ S., REAL HARDISSON, F. Y HARDISSON DE LA TORRE, A. 1998. La utilización del alga *Cystoseira abies-marina* como abono orgánico. Cultivo y operaciones aplicadas a las algas. *Revista Horticultura*, 45: 25-29.
- FLEURENCE J. 1999. Seaweed proteins: Biochemical, nutritional aspects and potential uses. *Trends Food Sci. Technol.* 10: 25–28.
- GARCÍA-GÓNZALEZ, J. Y SOMMERFELD, M. 2016. Biofertilizer and bioestimulant properties of the microalga *Acutodesmus dimorphus*. *J Appl. Phycol* 28: 1051-1061
- GARCÍA-REINA, G., MARTEL QUINTANA, A. 2005. Usos y aplicaciones de macroalgas, microalgas y cianobacterias en agricultura ecológica. Fundación Cátedra Iberoamericana. Colección Cursos y Conferencias (4). 21 pp.
- HAROUN R., GIL C. Y WILDPRET W. 2003. *Plantas marinas de las Islas Canarias*. Editorial Canseco Editores S.L. ISBN: 84-932095-9-7.
- MARINHO-SORINANO E., FONSECA P.C., CARNEIRO M.A.A., MOREIRA W.S.C. 2006. Seasonal variation in the chemical composition of two tropical seaweeds. *Bioresource Technol.* 97: 2402–2406.
- METTING B., ZIMMERMAN, W.J., CROUCH, I. AND VAN STADEN, J. 1990. Agronomic uses of seaweeds and microalgae. En: *Introduction to applied phycology*. Akatsuka, I. (ed.) SPB Academic Publishing, The Netherlands. pp. 589-627
- PORILLO, E. 2008. *Algae and seagrass beach cast in Gran Canaria. Characteristics, management and possible uses. [Arribazones de algas y plantas marinas en Gran Canaria. Características, gestión y posibles usos]*. Instituto Tecnológico de Canarias. ISBN 978-84-691-5105-1., D.L.: GC 1183-2008, 88 pp.
- SENN, T.L. 1987. *Seaweed and plant growth*. Traducido al español por Benito Canales López. *Crecimiento de alga y planta*. Ed. Alpha Publishing Group, Houston, Texas, USA.

TEMPLE, W. D. AND BOMKE A.A. 1988. Effects of Kelp (*Macrocystis integrifolia*) on soil chemical properties and crop responses. Plant and Soil 105: 213-222.

RAYA, V. Y HAROUN, J. 2019. Efecto de la aplicación de enmiendas a base de arribazones de macroalgas sobre lechuga. Actas de Horticultura, 83: 117-122.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la financiación del Proyecto MACBIOBLUE (Convocatoria Interreg V-A MAC/1.1b/086) para la realización del presente trabajo.

## TABLAS

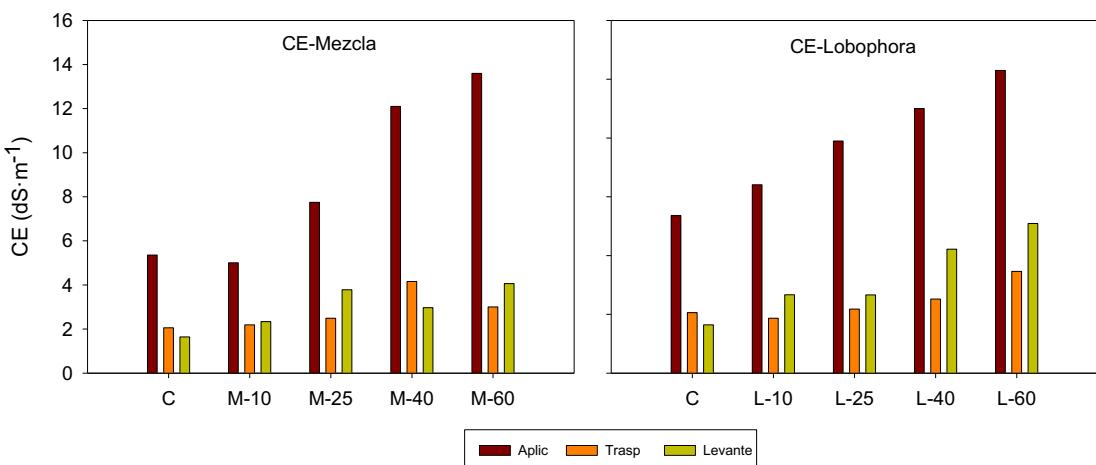
**Tabla 1.** Composición química de las algas L y M, media y error estándar (SE) de 3 réplicas.

	LOBOPHORA		MEZCLA		
	MEDIA	SE	MEDIA	SE	
N Kjeldahl	% p/p	1,11	0,01	1,30	0,10
Fósforo	% p/p	0,15	0,04	0,09	0,01
Potasio	% p/p	7,90	4,95	3,08	0,26
Calcio	% p/p	4,80	2,06	9,41	2,61
Magnesio	% p/p	0,87	0,38	1,53	0,31
Azufre	% p/p	2,42	2,06	2,43	1,25
Sodio	% p/p	2,03	1,20	20,23	17,08
Boro	mg/kg	117,55	61,46	132,73	14,27
Hierro	mg/kg	2270,40	845,09	4203,80	1601,10
Cobre	mg/kg	8,23	3,74	4,22	0,49
Zinc	mg/kg	34,16	12,17	47,67	6,84
Manganeso	mg/kg	70,67	14,68	133,17	32,76

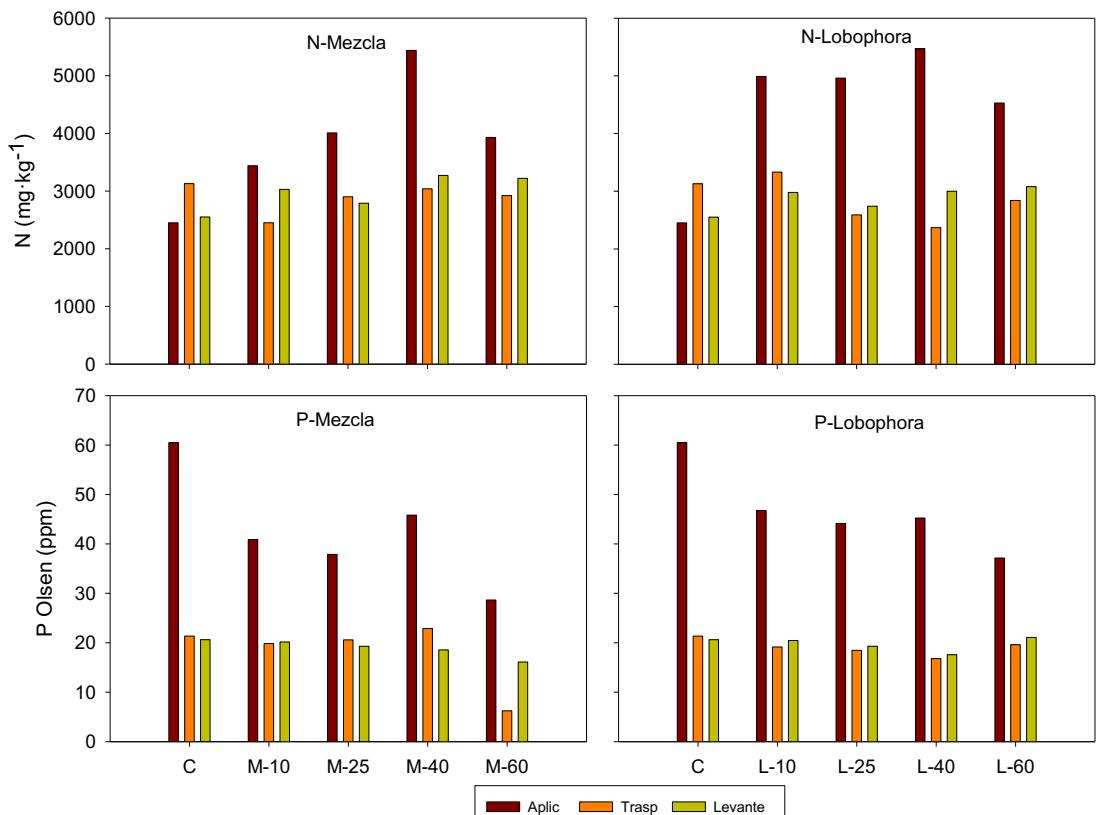
**Tabla 2.** Composición de las algas Lobophora sp. y Mezcla en aminoácidos, fitohormonas y polisacáridos.

	LOBOPHORA	MEZCLA
Aminoácidos libres (% p/p)	0	0
Aminoácidos totales (% p/p)	4,66	4,78
Fitohormonas (mg/kg)	0	0
Polisacáridos (Glucosa) (% p/p)	7,35	3,03

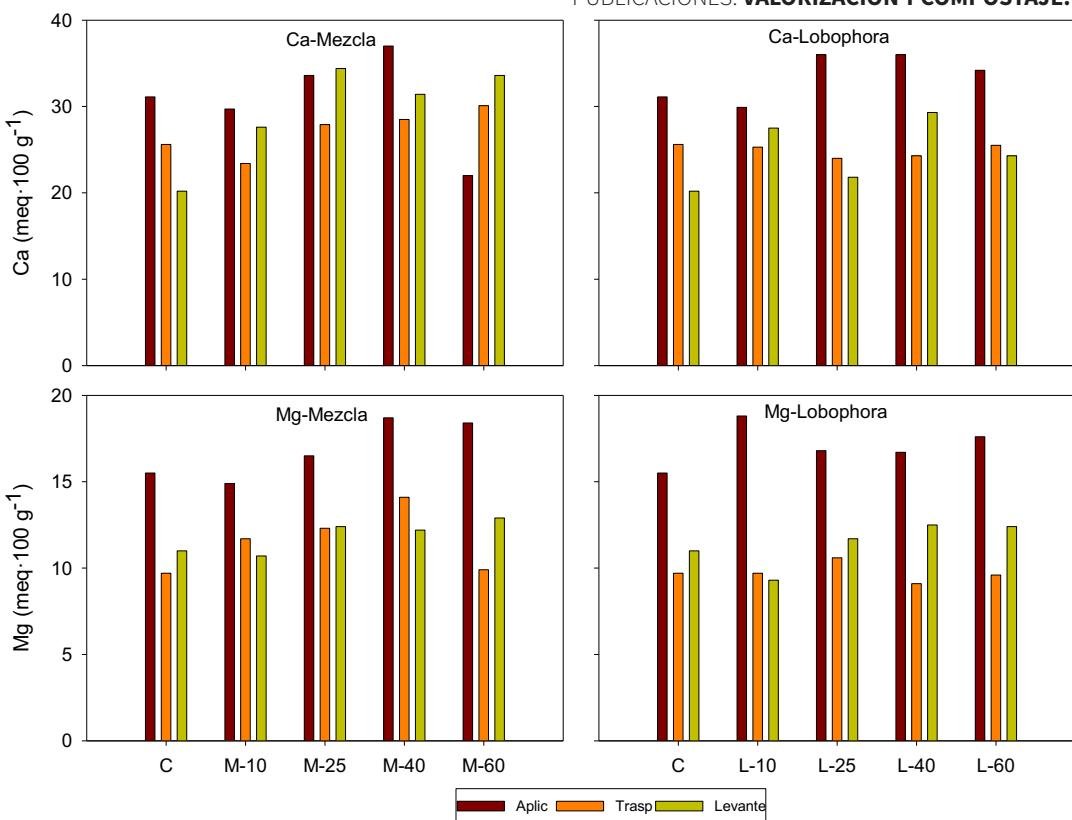
## FIGURAS



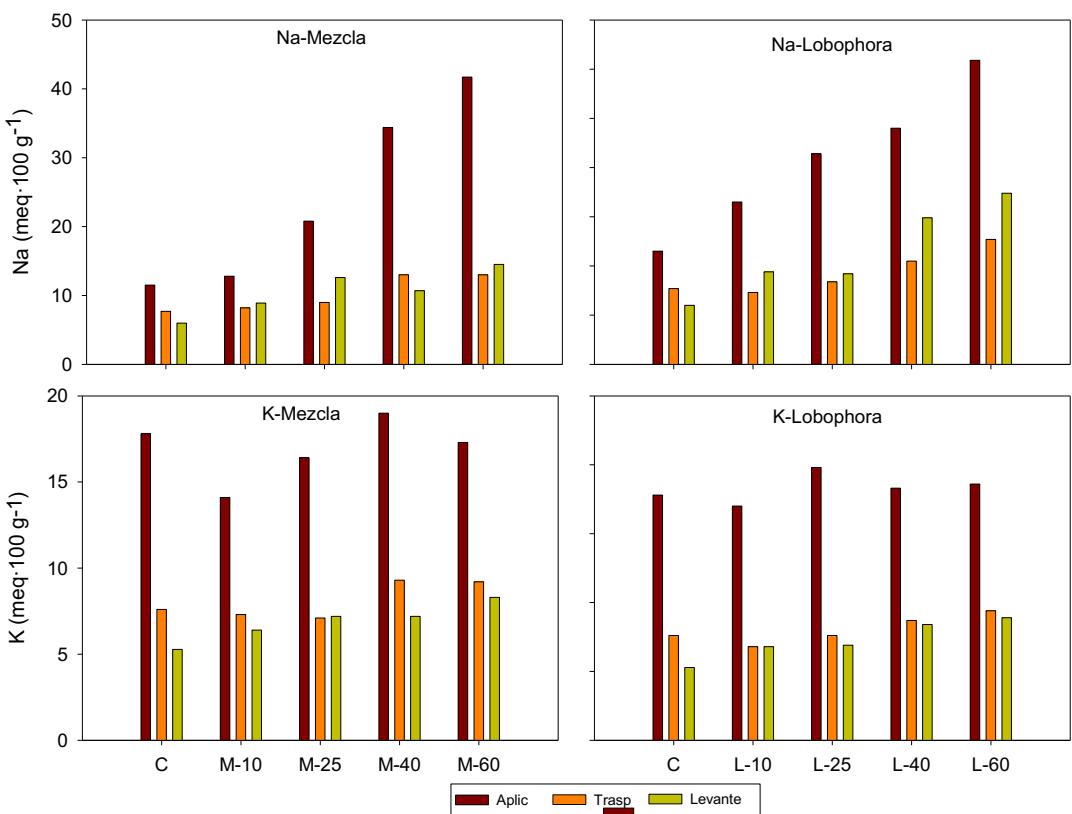
**Figura 1.** Conductividad eléctrica (CE) del sustrato en el momento de la aplicación de las algas, en el momento del trasplante (casi 4 meses después) y al levantar el cultivo de acelgas, con aplicación de enmiendas de algas en el sustrato (Mezcla y Lobophora), a dosis de 0, 10, 25, 40 y 60 g·planta<sup>-1</sup>.



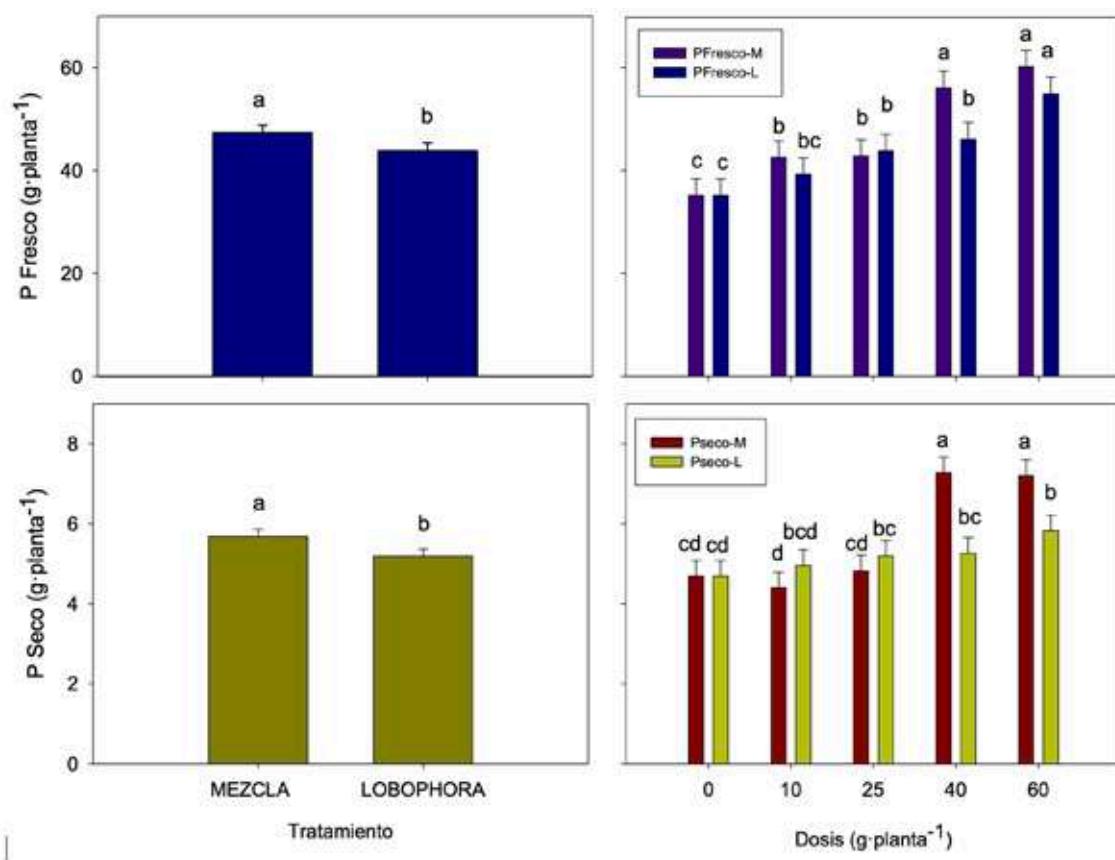
**Figura 2.** Concentración de nitrógeno y fosforo en el sustrato, en el momento de la aplicación de las algas, en el momento del trasplante (casi 4 meses después) y al levantar el cultivo de acelgas, con aplicación de enmiendas de algas en el sustrato (Mezcla y Lobophora), a dosis de 0, 10, 25, 40 y 60 g·planta<sup>-1</sup>.



**Figura 3.** Concentración de calcio y magnesio en el sustrato, en el momento de la aplicación de las algas, en el momento del trasplante (casi 4 meses después) y al levantar el cultivo de acelgas, con aplicación de enmiendas de algas en el sustrato (Mezcla y Lobophora), a dosis de 0, 10, 25, 40 y 60 g·planta<sup>-1</sup>.



**Figura 4.** Concentración de sodio y potasio en el sustrato, en el momento de la aplicación de las algas, en el momento del trasplante (casi 4 meses después) y al levantar el cultivo de acelgas, con aplicación de enmiendas de algas en el sustrato (Mezcla y Lobophora), a dosis de 0, 10, 25, 40 y 60 g·planta<sup>-1</sup>.



# CO-COMPOSTAJE DE ARRIBAZONES DE *R. OKAMURAE* CON RESIDUOS AGRÍCOLAS Y DE JARDINERÍA

**Segura, M.L.<sup>1</sup>; Ferrer, D.<sup>2</sup>; Marínez, J.M.<sup>1</sup>; Muro, S.<sup>2</sup>; Pérez, I.<sup>2</sup>**

\*<sup>1</sup> FAPA Centro La Mojonería, Camino San Nicolás, N°1, C.P. 04745.

La Mojonería (Almería). Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible de la Junta de Andalucía.

\*<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Experimentales, Universidad de Almería. Carretera de Sacramento s/n. CP: 04120, La Cañada de San Urbano (Almería).

## RESUMEN

*Rugulopteryx okamurae* es un alga multicelular perteneciente a la familia Dictyotaceae, género *Rugulopteryx*, originaria de las zonas costeras del océano Pacífico noroccidental. Detectada en 2016 en el Estrecho de Gibraltar su rápida adaptación a nuevos medios, ha producido un gran impacto sobre los ecosistemas costeros de Andalucía, afectando negativamente sectores económicos, como el pesquero y el turismo azul. La retirada de los arribazones de la costa es difícil y supone un elevado coste para las instituciones locales responsables, sin ningún retorno económico. La biotransformación de los arribazones de *R. okamurae* mediante compostaje, puede constituir una vía de revalorización de estos residuos al transformarlos en biofertilizantes (bioeconomía circular). El objetivo del trabajo ha sido estudiar el proceso de co-compostaje de arribazones de *R. okamurae* con otros residuos vegetales (hortícolas y podas de jardines). Dado el bajo contenido de arena de los arribazones (<5%), no fue necesario realizar un proceso de desarenado. Sí un proceso de endulzado para bajar su elevada salinidad ( $84 \text{ dS.m}^{-1}$ ). Para ello se sumergió el material en agua ( $0,6 \text{ dS.m}^{-1}$ ) durante 48 h, consiguiendo reducir la CE inicial un 80%. De los tres tratamientos de compostaje ensayados, la biomasa algal no completó el proceso dado que no alcanzó la temperatura mínima necesaria de  $40^{\circ}\text{C}$  en la fase termófila. Sí se consiguió en los tratamientos compuestos por alga y restos hortícolas o de jardinería, demostrando la viabilidad de la producción de compost a partir de estos materiales. No obstante, la baja relación C/N puede condicionar el proceso. Considerando las propiedades físico-químicas y riqueza fertilizante, del compost obtenido del co-compostaje del alga y restos hortícolas o de jardinería, podría ser utilizado como enmienda de suelo. Su uso como sustrato requiere el desarrollo de estudios de campo. Creemos que es necesario ampliar el conocimiento sobre la fase de pretratamiento y su efecto sobre el proceso compostaje y calidad del producto final (compost).

**Palabras clave:** especies invasoras, endulzado, conductividad eléctrica, C/N

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento invasivo de *Rugulopterix okamurae* fuera de su hábitat natural, especialmente en el Estrecho de Gibraltar y su posterior extensión por toda la costa andaluza, está causando un gran impacto medio ambiental, y sobre sectores económicos, como el pesquero y el turismo. El compostaje se considera una opción altamente recomendable a nivel ambiental, puesto que sus efectos negativos son prácticamente inexistentes en el medio y permite gestionar los residuos orgánicos, reduciendo el volumen de partida que presentan los desechos, entre un 40-50% del total, y proporcionando una buena fuente de materia orgánica y fertilizante para uso como enmienda o para remediación de suelos contaminados, siempre que el proceso se lleve a cabo con garantías de calidad (Wu y col., 2017). El compostaje de los arribazones de *R.okamurae* puede ser una alternativa biotecnológica y sostenible para conseguir una gestión eficiente de estos residuos, de manera que se conviertan en potenciales recursos con valor añadido. Sin embargo, dado el origen del material, puede ser necesario antes del compostaje, realizar un pretratamiento de desarenado para reducir el contenido de arena, y endulzado para reducir salinidad (González-Henríquez y col. 2011). El objetivo del trabajo ha sido obtener información sobre el procesamiento del alga, considerando un pretratamiento y el co-compostaje con residuos hortícolas y de jardinería.

## MATERIAL Y MÉTODOS

La experiencia se realizó en la finca experimental del Centro IFAPA La Mojónera- La Cañada (Almería), sobre una superficie de 200 m<sup>2</sup> distribuida en una zona para el pretratamiento de arribazones y otra para el compostaje. La duración del ensayo fue de 12 meses (junio de 2020 a mayo de 2021).



### Pretratamiento (desarenado, lavado de sales y secado al aire libre)

Se procesaron 1.700 kg de arribazones de *R. okamurae*, recolectados mecánicamente, en la playa de Guadalmesí (Tarifa, Cádiz), al ser una zona con predominio de cantos rodados, se redujo la contaminación potencial del material por arena. Al ser el contenido de arena bajo (< 5%), no fue necesario realizar un proceso de desarenado, agilizando y reduciendo los costes del pretratamiento. La elevada salinidad inicial (CE, 84,2 dS.m<sup>-1</sup>), se redujo mediante un proceso de endulzado consistente en sumergir los arribazones en agua (0,6 dS.m<sup>-1</sup>). Para ello se establecieron 6 lotes de biomasa de 940 L (295 kg) cada uno. La proporción media biomasa/agua fue 1:1,4 (v:v), con un tiempo de permanencia de 48 horas, en base a medidas de CE realizadas a las 24 y 48 horas. Transcurrido este tiempo se eliminó el agua de lavado a través de un desagüe en la base de la balsa y la biomasa se trasvasó a tres mesas de secado de 5 m<sup>2</sup>, cubiertas con una malla superior de polietileno de 2 mm de paso de luz, dispuesta sobre otra de aluminio de 12 mm que actuaba de soporte, a 1 m de altura del suelo. El tiempo de secado osciló entre 3 y 7 días según las condiciones climatológicas. Posteriormente se tomó de cada mesa, una muestra compuesta de

ocho sub-muestras, y se determinó la humedad, materia seca y conductividad eléctrica (CE) del extracto de pasta saturada (MAPA, 1995).

### **Co-compostaje de arribazones y residuos orgánicos**

Se establecieron tres tratamientos:

- BA/AL: alga 100% (1264 L, 142 kg).
- BA+RH/AH: alga+restos hortícolas, 1:2 (p/p) (1710 L, 153 kg)
- BA+RJ/JAR: alga+restos jardinería, 1:2 (p/p) (1686 L, 130 kg)

Se utilizaron restos picados de hortalizas de invernadero y de jardinería, suministrados por la Planta de Gestión de Residuos, Servicios Ambientales Las Chozas (El Ejido, Almería). Inicialmente se estableció una relación C/N de 20 con el objetivo de emplear una cantidad de alga con suficiente entidad (33%) y residuos hortícolas y de jardinería, de los que se disponen anualmente grandes cantidades, en el caso de los restos hortícolas, el sector intensivo de la provincia de Almería genera del orden de 2.000.000 t.año<sup>-1</sup>. El análisis de los materiales se muestra en la tabla 1. Para mantener la aireación, y con ello facilitar los procesos aeróbicos durante todo el compostaje, las pilas se voltearon cada 7-15 días, se humedecieron manteniendo niveles de humedad entre el 30 y 60%, valores recomendados para evitar el desarrollo de condiciones anaerobias y fomentar la actividad de los microorganismos. De la misma manera se controló la temperatura de las pilas utilizando termómetros analógicos fijados a 40 cm de profundidad. Periódicamente, se tomaron muestras de los materiales compuestas de ocho submuestras y recogidas de forma aleatoria, las cuales se pesaron en fresco y desecaron en estufa de aire forzado a 105 °C (24-48 h). Las muestras desecadas se pesaron para determinar peso seco, porcentaje de humedad, contenido de materia orgánica, nitrógeno total, relación C/N, y pH, CE y la concentración de NaCl, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y K<sup>+</sup> en extracto de pasta saturada. Al finalizar la experiencia, el compost maduro se cribó (12 mm de paso de luz), y se realizó un análisis de caracterización físico-químico. Los métodos analíticos aplicados fueron los Métodos Oficiales para Análisis de suelo y fertilizantes orgánicos (MAPA, 1995). Los datos obtenidos se han tratado mediante estadística descriptiva utilizando el programa informático Statgraphics Plus 5.

---

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

---

#### **Pretratamiento (desarenado, lavado de sales y secado al aire libre)**

La figura 1 muestra la CE de las aguas de lavado y del extracto saturado del material, en el proceso de endulzado. Se aprecia un importante descenso de la CE en los lotes, a las 48 horas, observándose una acumulación de sales en las zonas más profundas de la balsa (fig.1a). Una vez secados al aire, se determinó la CE del extracto saturado apreciándose una elevada CE en los lotes, 3, 4, 5, y 6 (27-35 dS.m<sup>-1</sup>) (fig.1b), con lo cual se decidió realizar un segundo proceso de endulzado siguiendo el mismo método descrito anteriormente. La CE final del material seco fue de 12,4 dS.m<sup>-1</sup> y el porcentaje de humedad del 19% (tabla 1).

### Co-compostaje de arribazones y residuos vegetales

La temperatura de los tratamientos ha oscilado en torno a las condiciones estándar esperadas en un proceso de compostaje. En la fase mesófila (MPR), la temperatura coincide con la ambiental, propias de la época del año en que comenzó el ensayo (aproximadamente 20 °C) (figura 2). Por efecto de la actividad de los microorganismos, la temperatura aumentó ya durante los primeros días desde rangos de mesofilia (aproximadamente 30 °C) hasta alcanzar en torno a 40 °C en un periodo de ascenso inicial de temperatura. La fase termófila, comprendió diferentes picos siempre por encima del rango mesófilo de temperatura, desde mediados de noviembre hasta principios de diciembre. Los valores máximos alcanzados fueron 48 °C, 53 °C y 38 °C, en AH, JAR y AL, respectivamente. El tratamiento AL no consiguió alcanzar un valor mínimo considerado adecuado para esta etapa, de 45°C (Moreno y Mormeneo, 2005). Lo que demuestra que los arribazones requieren la adición de materiales adicionales que permitan acondicionar, entre otras propiedades, la relación C/N necesaria para activar el crecimiento de los microorganismos presentes en la pila. Asimismo, al tratarse la biomasa algal de un material muy recalcitrante, también dificulta la degradación microbiana y, por tanto, la actividad necesaria para que aumente la temperatura en el interior de la pila. La fase de enfriamiento se caracterizó por presentar una temperatura similar a la ambiental. La estabilización de la temperatura tiene su causa en la menor actividad microbiana, si bien las bacterias desarrollan un papel fundamental para la estabilización y maduración del material mediante diversas actividades (oxidación de hidrógeno, amonio, nitrito y sulfuros; fijación de nitrógeno; reducción de sulfatos, entre otras) (Moreno y Mormeneo, 2005).

### Conductividad eléctrica (CE) y concentración de NaCl, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y K<sup>+</sup>

Como muestra la figura 3, la evolución de la CE y concentración de NaCl y K<sup>+</sup> durante el proceso de compostaje, siguen un mismo patrón en los tres tratamientos. Los valores más elevados se alcanzaron en las fases termófila-mesófila de enfriamiento, siendo el tratamiento BA+RH el que registró los valores más elevados (CE: 38-55 dS.m<sup>-1</sup>; 150-230 meq NaCl.L<sup>-1</sup>; 100 y 200 meq K<sup>+</sup>.L<sup>-1</sup>). En la fase de maduración la CE baja estabilizándose en torno a 30 dS.m<sup>-1</sup>. El tratamiento BA+RJ y BA mantienen valores similares de CE (10-20 dS.m<sup>-1</sup>) y NaCL (100-150 meq.L<sup>-1</sup>). En el caso del potasio, fue el tratamiento BA el que mantuvo los niveles más bajos (<5 meq.L<sup>-1</sup>) durante todo el proceso, BA+RJ valores intermedios (40-75 meq.L<sup>-1</sup>). La evolución de la concentración de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en el tiempo fue diferente a la CE, NaCl y K<sup>+</sup>. El patrón fue similar en los tres tratamientos, aumentando en la fase de maduración, principalmente el tratamiento BA, que registró valores de 40-60 meq.L<sup>-1</sup>.

### Concentración de materia orgánica y relación C/N

Durante el proceso de compostaje se produce una disminución de la materia orgánica de forma oscilante en todos los tratamientos, probablemente a causa de la mineralización y estabilización de la materia orgánica por la actividad microbiana (figura 4). El mayor descenso debería observarse en las fases mesófila y termófila (noviembre-diciembre) (Iglesias

*et al.*, 2005), sin embargo, dada la heterogeneidad del material y la alta recalcitrancia que aporta la biomasa algal, se observó este patrón particular de descenso oscilante a lo largo de todo el proceso. Cabe destacar que la pila JAR experimentó una bajada pronunciada al final del proceso. Los valores de inicio C/N fueron relativamente bajos frente a lo recomendado en bibliografía (C/N = 25-30). Además, los registros acabaron siendo aún más bajos hacia el final del proceso, puesto que estos van disminuyendo con la actividad microbiana presente en el material (Moreno *et al.*, 2021). Esta relación es muy dependiente de la concentración de carbono y nitrógeno en las materias primas empleadas, no sólo el concerniente a la propia alga sino los residuos adicionales empleados (hortícola y jardinería).

### Calidad agrícola del compost

Considerando el contenido de materia orgánica del compost (tabla 2), para uso como sustrato, cumple los requisitos establecidos (>40% sms) por el Real Decreto 865/2010 sobre sustratos de cultivo. Para uso como enmienda de suelo, tanto el alga como el compost mezcla alga + restos hortícolas o jardinería, presentan un porcentaje de humedad mayor al establecido por el Real Decreto 999/2017 sobre productos fertilizantes, del 40%, y la materia orgánica no alcanza el valor mínimo del 40% (smf) de referencia. La relación C/N si es adecuada. Sin embargo, estos compost pueden alcanzar los valores paramétricos establecidos por el Real Decreto, aumentando el tiempo de secado (aire libre) en la zona de almacenamiento, se reducirá el contenido de humedad y por ende aumentará el porcentaje de materia orgánica. Para la evaluación agrícola del compost como enmienda de suelo se han considerado las propiedades de un estiércol comercial. Como se observa en la tabla 2, aun siendo el compost alcalino como el estiércol, es este material el que registra un mayor valor de pH (8,9). De la misma manera el estiércol presenta mayor salinidad con una CE de 29,8 dS.m<sup>-1</sup>. El porcentaje de humedad y materia orgánica del compost fue similar al estiércol, excepto el compost JAR cuya materia orgánica fue un 20% menor. En cuanto al contenido de macroelementos, los tres compost tienen mayor riqueza de N; AH y JAR, de Ca y Mg y el compost mezcla de alga y restos hortícolas, de P. Este material también contiene una elevada concentración de K (1,50%) aunque algo más baja que el estiércol (2,0%).

### CONCLUSIONES

El proceso de desarenado de los arribazones será necesario en caso de contenidos elevados de arena, esto va a depender en gran medida, del método y lugar de recogida. El proceso de endulzado ha permitido reducir su CE inicial un 85%. El alga no es un residuo

**“El alga no es un residuo compostable por sí solo, pero sí combinado con restos hortícolas”.**



compostable por sí solo, pero sí combinado con restos hortícolas o poda de jardinería de mayor relación C/N. Considerando las propiedades físico-químicas y riqueza fertilizante, del compost obtenido, éste se podría utilizar como enmienda de suelo. Su uso como sustrato requerirá el desarrollo de estudios de campo. Otras cuestiones tales como la reducción de los costes de pretratamiento, optimización de la proporción arribazones - residuos de hortalizas y/o poda de jardinería para mejorar la relación C/N, deben ser también objeto de estudio.

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

---

GONZÁLEZ-HENRÍQUEZ N.; MENDOZA, H; PORTILLO, E. 2011. Aprovechamiento de arribazones naturales y residuos vegetales de jardinería como fuente de materia orgánica para la elaboración de compost. Technical Report. January 2011. <https://www.researchgate.net/publication/308781457>.

IGLESIAS-JIMÉNEZ, E.; BARRAL-SILVA, M.T.; MARHUENDA-EGEA, F.C., 2005. Indicadores de la estabilidad y madurez del compost. En: Moreno, J., Moral, R. (Eds.), Compostaje. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.

MAPA (1995). Métodos Oficiales de análisis. Tomo III. Secretaría General Técnica del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. 532 pp.

MORENO-CASCO, J.; MORMENEO-BERNAT S., 2005. Microbiología y bioquímica del proceso de compostaje. En: Moreno, J., Moral, R. (Eds.), Compostaje. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.

MORENO J.; LÓPEZ-GONZÁLEZ, J.A.; ARCOS-NIEVAS, M.A.; SUÁREZ-ESTRELLA, F.; JURADO M.M., ESTRELLA-GONZÁLEZ, M.J.; LÓPEZ, M.J., 2021. Revisiting the succession of microbial populations throughout composting: A matter of thermotolerance. *Science of The Total Environment* 773, 145587.

REAL DECRETO 865/2010, de 2 de Julio, sobre sustratos de cultivo. BOE-A-2010-11153.

REAL DECRETO 999/2017, de 24 de Noviembre, sobre productos fertilizantes. BOE-A-2017-14332.

WU, H; LAI, C; ZENG, G; LIANG, J; CHEN, J; XU, J; DAI, J; LI, X; LIU, J; CHEN, M; LU, L; HU, L; WAN, J. 2017. The interactions of composting and biochar and their implications for soil amendment and pollution remediation: a review. *Critical Reviews in Biotechnology*, 37(6), 754–764.

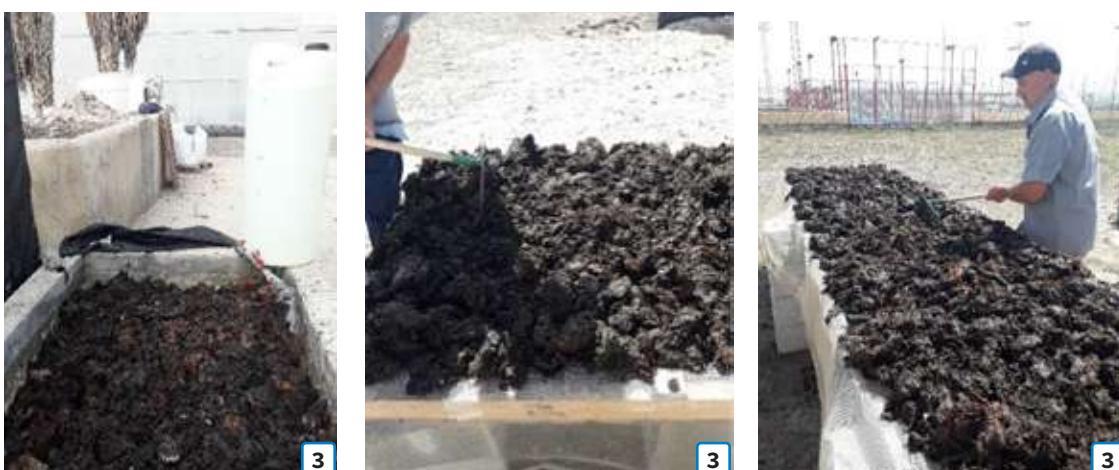
---

### **AGRADECIMIENTOS**

---

Este trabajo ha sido financiado por el Proyecto “Estudio de caracterización del alga invasora *Rugulopteryx okamurae* y posible valorización de su biomasa en las costas de Andalucía”. Código PP.FEM.DIP2019.001, y encuadrada en la Acción Fondo Europeo Marítimo y de Pesca. En el desarrollo del proyecto ha colaborado la empresa de recogida, y gestión de residuos vegetales, Servicios Ambientales Las Chozas (El Ejido, Almería).

## FOTOGRAFÍAS



**Fotografías 1.** Arribazones de *R.okamurae* en la playa de Guadalmesí (Tarifa, Cádiz) (izq); Recogida mecánica de la biomasa vegetal para su transporte al IFAPA de Almería (dcha).

**Fotografía 2.** Tratamientos de compostaje (primer plano); Mesas con arribazones en proceso de secado (segundo plano).

**Fotografías 3.** Balsa de cemento para lavado de arribazones (izq) y secado (centro y dcha).

**TABLAS****Tabla 1.** Análisis de los materiales orgánicos.

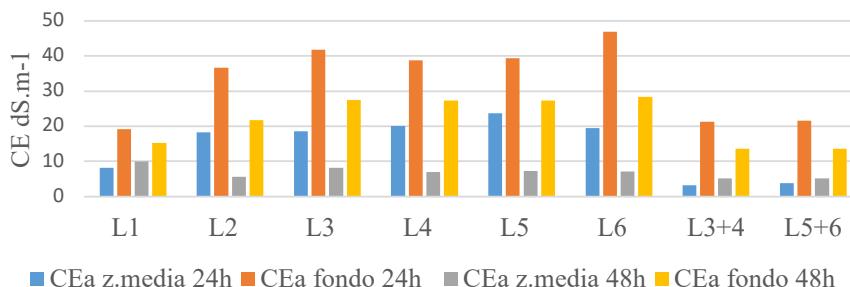
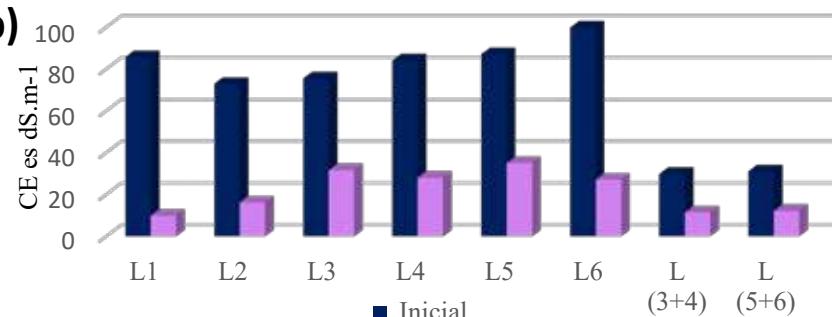
PARÁMETRO	ALGA	R. HORTÍCOLAS	R. JARDINERÍA
pHes*	7,70	8,00	7,60
C.Ees (dS.m <sup>-1</sup> )	12,40	20,20	15,0
Humedad (% smf)	19,10	2,70	3,00
Materia orgánica (% sms***)	83,00	80,40	77,70
Cenizas (% sms)	17,00	19,60	22,30
N total (% sms)	4,73	1,12	1,47
C/N	10,20	30,70	41,7
Fósforo (% sms)	0,19	0,43	0,24
Potasio (% sms)	0,23	4,61	1,48
Calcio (% sms)	3,61	4,53	6,26
Magnesio (% sms)	1,47	1,68	1,04
Sodio (% sms)	2,50	0,63	0,79
Sulfatos (% sms)	0,55	0,93	0,27
Cloruros (% sms)	2,20	2,90	1,80
Arena (% smf)	<5	-	-

\* es.: extracto saturado; \*\*s.m.f.: sobre materia fresca; \*\*\*s.m.s.: sobre materia seca;

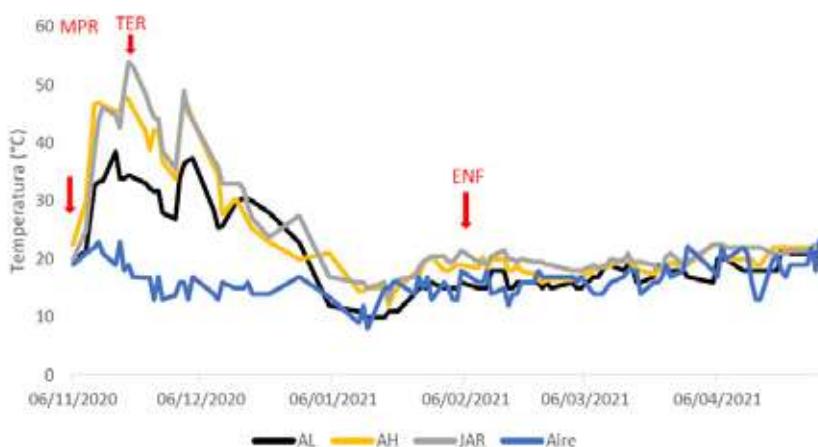
**Tabla 2.** Características físico-químicas del compost de arribazones de *R. okamurae* y sus mezclas (restos hortícolas o jardinería) y de un estiércol comercial, utilizado como enmienda orgánica de suelo.

	AL	AH	JAR	ESTIÉRCOL
pHes*	7,5	8,4	8,1	8,9
C.Ees (dS.m <sup>-1</sup> )	7,5	21,1	12,5	29,8
Humedad (% smf**)	39,4	44,8	43,5	43,7
Materia orgánica (% sms***)	54,8	57,1	47,1	56,0
<b>Materia orgánica (% smf)</b>				
N total (% sms)	4,0	3,4	2,7	1,8
C/N	8,0	9,8	10,3	17,9
Fósforo (% sms)	0,21	1,26	0,42	0,5
Potasio (% sms)	0,14	1,50	0,50	2,0
Calcio (% sms)	5,6	10,3	11,7	8,0
Magnesio (% sms)	1,2	2,4	1,8	1,4
NaCles (meq.L <sup>-1</sup> )	49,6	82,1	75,3	122,3

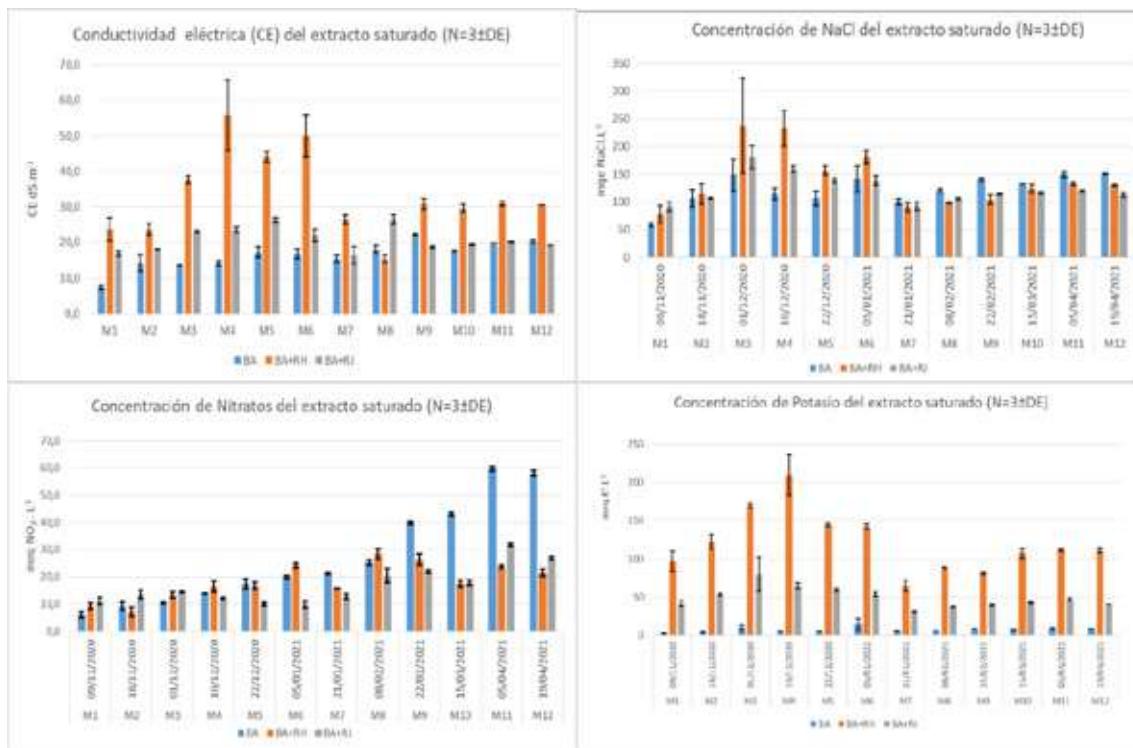
\* es.: extracto saturado, \*\*s.m.f.: sobre materia fresca, \*\*\*s.m.s.: sobre materia seca.

**FIGURAS****a)****b)**

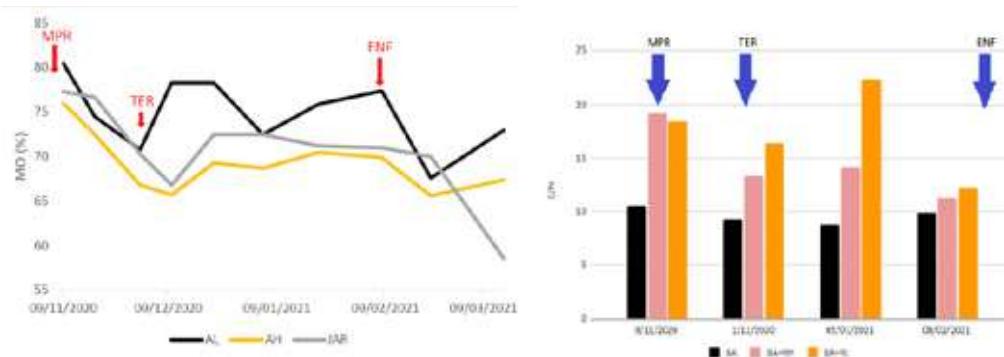
**Figura 1.** Conductividad eléctrica (CEa) de las aguas de lavado (a) y del extracto saturado (CEes) de los arribazones tras el proceso de endulzado (b).



**Figura 2.** Evolución de la temperatura de los tratamientos y temperatura ambiente (aire) durante el proceso de compostaje. MPR: fase mesófila; TER: fase termófila y ENF: fase de enfriamiento.



**Figura 3.** Conductividad eléctrica y concentración de NaCl,  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{K}^+$  del extracto saturado. M<sub>1</sub>: fase mesófila; M<sub>3</sub>: fase termófila y M<sub>8</sub>: enfriamiento.



**Figura 4.** Porcentaje de materia orgánica (izd); Relación C/N (dch). Fase mesófila (MPR), termófila (TER) y enfriamiento (ENF).

# GESTIÓN DE RESIDUOS HORTÍCOLAS MEDIANTE COMPOSTAJE

**Granados, M.R.; Samblas, E.; Medrano, E.; Téllez, M.M., Segura, M.L**

IFAPA Centro La Mojonería, Camino San Nicolás, Nº1, C.P. 04745, La Mojonería (Almería). Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible de la Junta de Andalucía.

## RESUMEN

La horticultura intensiva genera unos 2.000.000 t de residuos vegetales frescos anuales en la provincia de Almería. Para evitar el impacto medioambiental que ocasionaría su abandono al medio natural el reciclaje, mediante técnicas de compostaje, reduce el volumen de estos residuos transformándolos en productos fertilizantes de gran valor agrícola. El principal problema asociado a la gestión de estos residuos es su estacionalidad, ya que la mayor parte se genera al final de cada campaña agrícola, concentrándose en los meses de febrero, mayo y junio. Este aspecto condiciona y complica su recogida, almacenamiento y adecuada gestión en las plantas industriales de compostaje existentes, afectando a los agricultores que encuentran dificultades ante la necesidad de gestionar conforme a la legislación. Por otra parte, en determinadas zonas el pequeño volumen que se genera no justifica la inversión para establecer una planta de recogida y tratamiento, de forma que los centros más cercanos se encuentran a una distancia que supone altos costes de transporte. Una alternativa sería pasar del actual sistema de pocas y grandes instalaciones de tratamiento, a otro basado en una red de plantas intermedias y puntos de recogida, con gestión independiente y facilidad para el transporte. En este sentido se ha diseñado una planta piloto automatizada en la finca experimental del Centro IFAPA La Mojonería, con el objetivo de generar información sobre el procesamiento de residuos hortícolas y las variables que condicionan el proceso de compostaje (materia prima, temperatura, humedad, liberación CO<sub>2</sub>) así como su efecto sobre la calidad del producto final (compost).

**Palabras clave:** *Agricultura intensiva, restos vegetales, compost, sostenibilidad*

## INTRODUCCIÓN

La agricultura intensiva en el sudeste español está formada por pequeñas explotaciones, cuya superficie se ha incrementado exponencialmente en las últimas décadas. La generación de residuos vegetales asociada, 2.013.210 t en peso fresco y 269.770 t en peso seco, supone un problema aún sin resolver. De ellos 73 t ha<sup>-1</sup> son de tomate y 44 t ha<sup>-1</sup> de calabacín (Cajamar, 2016). El compostaje de estos restos vegetales puede ser una solución a este problema, obteniéndose un producto con valor fertilizante que mejora las propiedades físico-químicas de suelos degradados por este manejo intensivo (Segura y col., 2017; Melgar y col., 2009).

La generación de residuos vegetales se produce durante todo el año, siendo el principal problema para su gestión la estacionalidad. La mayor producción se genera al final de los ciclos de cultivo, un 25% en otoño y un 75% en primavera (Cajamar, 2016).

Actualmente, la gestión de residuos orgánicos se realiza en grandes plantas situadas lejos de la mayoría de las explotaciones, y por tanto, al coste de esta gestión hay que añadir el coste de transporte.

En este trabajo se pretende incrementar la sostenibilidad y competitividad de este sistema agrícola mediante la gestión individual, o a nivel de cooperativa, en instalaciones cercanas al agricultor (Parra, 2004). Para ello, se ha diseñado una planta piloto automatizada en la finca experimental del Centro IFAPA La Mojonera.

La información existente sobre el compostaje de residuos de una sola especie vegetal, tal como se genera a nivel de pequeña explotación, y sin el aporte de residuos de origen animal o restos leñosos que pueden no estar disponibles, es limitada.

El objetivo de este trabajo es caracterizar el desarrollo del proceso de compostaje de restos vegetales de tomate y calabacín, procedentes de ciclos de cultivo convencionales en la provincia de Almería, en una planta de media capacidad, estudiando las variables que condicionan el proceso (especie vegetal, temperatura, humedad, liberación CO<sub>2</sub>).

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

### **Localización y descripción planta de compostaje**

El ensayo se está realizando en una planta piloto situada en el IFAPA La Mojonera (Almería). Esta planta está formada por una zona de recepción de restos vegetales (80 m<sup>2</sup>, Foto 1), separada de una zona de proceso (385 m<sup>2</sup>, Foto 2). La zona de proceso está constituida por cuatro líneas de 10 m de longitud cada una y una anchura de 2 m, que determinan la longitud y anchura máxima de los cordones de compostaje. La altura está limitada por el sistema de volteo (Foto 3). Como sistema de volteo se utilizó una volteadora autopropulsada de 1,6 m de altura y 2 m de ancho (mod. CMC SF 200, Compost Systems). Cada línea tiene un sistema de recogida de lixiviados, que los conduce a un depósito enterrado de 5000 litros de capacidad donde se almacenan.

### **Descripción del proceso**

El ensayo se inició en mayo-junio de 2021 y se utilizaron 25m<sup>3</sup> de restos de tomate y 39m<sup>3</sup> de calabacín, compuestos por órganos vegetativos (tallo y hoja), y fruto, procedentes de una superficie de cultivo de 3400 m<sup>2</sup> y 3800 m<sup>2</sup> respectivamente. El volumen de cada tipo de resto vegetal recepcionado se determinó mediante conteo del número de remolques y cajas, previamente cubicadas y el peso fresco considerando la densidad (Tabla 1). Para la preparación de la mezcla se consideró la densidad (kg m<sup>-3</sup>) y el porcentaje de materia seca (MS) de cada componente (Tabla 2). A partir del porcentaje de materia seca

y relación C/N se estimó el peso seco y proporción final de la mezcla (Tabla 1). La tabla 3 muestra las propiedades físico-químicas de la mezcla resultante de la combinación restos vegetativos/fruto.

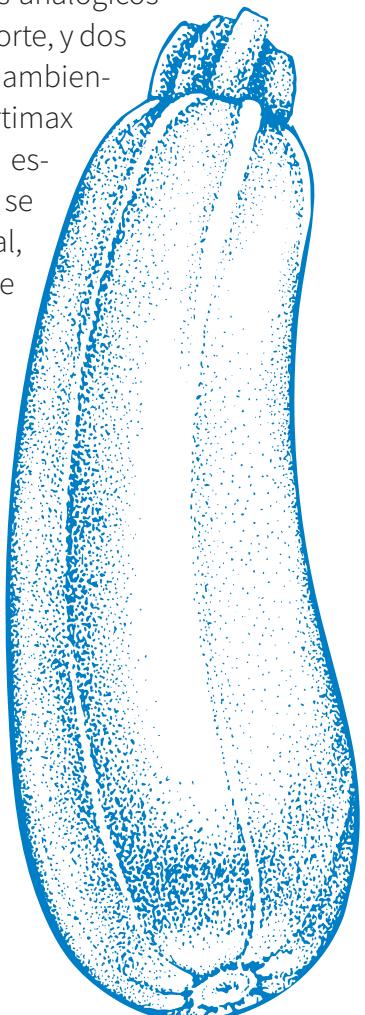
Las mezclas se picaron con una picadora de martillos acoplada al sistema de tracción de un tractor (Foto 4), para homogeneizar la mezcla, e incrementar la superficie de contacto material/microorganismos responsables del proceso de degradación (Poincelot, 1974). Los restos orgánicos picados se dispusieron en cordones que se cubrieron con mantas de compostaje Top-Tex. Estas mantas permiten la transpiración del material, y protege de las condiciones climáticas externas. Los materiales se voltearon cada 15 días, para mejorar la aireación y la textura. Durante el compostaje, se intentó mantener unas condiciones óptimas de humedad (40-60%) para así favorecer el desarrollo de una buena actividad microbiológica en el proceso (Álvarez, 2013; Bueno y col., 2011), hidratando el material, mediante riego con agua, cuando el porcentaje de humedad bajó del 40%.

### **Medidas y determinaciones**

Se controló la temperatura del material durante el proceso de compostaje de forma continua utilizando una sonda inalámbrica (mod WLP-2XT, BETaCOMP) con trasmisión de datos por radiofrecuencia. En un controlador de proceso (BETaCOMP) se registró la temperatura media de dos profundidades (10 y 50 cm) cada 10 minutos, y se determinó el promedio diario. Adicionalmente, se instalaron cuatro termómetros analógicos (BERCA Group; Foto 5), de 50 cm de longitud, dos situados en la zona norte, y dos situados en la zona sur de cada cordón de compostaje. La temperatura ambiente se midió de manera continua mediante un controlador de clima Hortimax (Holanda), registrando el valor promedio diario durante el periodo en estudio. La actividad microbiológica durante el proceso de compostaje se evaluó a partir de la concentración de CO<sub>2</sub> del aire extraído del material, utilizando un sensor de infrarrojo (EGM4, PP Systems). Esta medida se realizó quincenalmente en cuatro puntos, dos situados en la cara norte y dos situados en la cara sur de cada cordón de compostaje. Periódicamente, se tomaron muestras de los materiales y se pesaron en fresco, desecando posteriormente en estufa de aire forzado a 105 °C (24-48 h). Las muestras desecadas se pesaron para determinar peso seco y porcentaje de humedad. De este material se tomaron alícuotas para realizar un análisis físico-químico utilizando los Métodos Oficiales para Análisis de suelo y fertilizantes orgánicos (MAPA, 1995).

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados corresponden a los 3-4 primeros meses del proceso de compostaje, en los que se ha desarrollado la fase bio-oxidativa.





**“El CO<sub>2</sub> emitido por un material orgánico proporciona información sobre la respuesta de la actividad microbiana a variaciones de temperatura y humedad”.**

### Temperatura y relación C/N

La temperatura es un indicador de la actividad microbiana, siendo una variable fundamental para el control del proceso de compostaje ya que determina el tipo de microorganismo que actúa en la degradación de los restos (Liang y col., 2003). El inicio de proceso fue más rápido en los restos de calabacín respecto al tomate, alcanzándose la temperatura máxima en 2 y 6 días, respectivamente (Fig. 1). En el tomate, la temperatura media diaria fue superior a 40 °C durante 30 días, siendo mayor de 50°C durante 13 días. En el calabacín se superaron 60 °C de media diaria durante 22 días. Durante la fase termófila, la temperatura media fue de 46,3 °C, y 64,7 °C, en tomate y calabacín respectivamente, si bien durante las dos primeras semanas la temperatura diaria fue de 52,4 °C en tomate y 68,4 °C en calabacín. La temperatura se recuperó tras cada volteo asegurando la higienización del material. En la legislación vigente, se establece que el compost debe haber estado sometido a 55 °C durante 14 días para ser utilizado como sustrato (RD 865/2010 de julio sobre sustratos de cultivo, BOE 170 de 2 de julio de 2010), aunque si su destino es abonado de fondo este requerimiento podría ser menos restrictivo. La estabilidad del material se alcanzó a los 60 días, existiendo una diferencia de temperatura respecto al exterior menor a 10°C. No se observaron diferencias de temperatura importantes, entre el norte y sur del cordón de compostaje, siendo la diferencia media absoluta de 1,9 °C y 1,6 °C en tomate y calabacín, respectivamente.

La manta protege el material de las condiciones climáticas exteriores, minimizando la pérdida de temperatura por convección (Maresova y Kollarova, 2010). Las temperaturas alcanzadas, utilizando la manta, fueron superiores a las alcanzadas en ensayos anteriores donde no se utilizó (datos no presentados).

La relación C/N de la mezcla de restos de tomate fue de 25,3 y 12,5 en calabacín (Tabla 3), niveles característicos de los restos vegetales frescos, establecidos en 15-30 según Roman y col., (2013). Sin embargo, para que haya crecimiento microbiano en los materiales orgánicos, es necesario que la relación C/N sea de 20-30 (Moreno y col., 2021). En el caso de tomate, la relación C/N está dentro de dicho rango, en calabacín su elevado contenido de N determina la baja relación C/N. Si bien, en ambos se desarrolla el proceso de compostaje dentro de los parámetros recomendados de temperatura. La relación C/N baja durante la fase termófila (Fig. 1), debido a la mineralización de la materia orgánica por la actividad microbiana (Moreno y col., 2021), hasta alcanzar valores de 12 en tomate y 10 en calabacín en la fase de enfriamiento. Dado que el desarrollo de los microorganismos pue-

de ser favorecido por la adición de sustancias azucaradas de fácil acceso provenientes del fruto (Zhang y Sun, 2018; Álvarez-Sánchez y col., 2021), esta situación parece haberse producido en calabacín, con un elevado porcentaje de fruto (30%) en la mezcla inicial, y elevada concentración de hidratos de carbono (6%), y azúcares (3,4%), frente al tomate cuyo contenido es más bajo, 3,5% y 1,9% respectivamente (Vilaplana, 2004).

### **Concentración de CO<sub>2</sub>**

El CO<sub>2</sub> emitido por un material orgánico proporciona información sobre la respuesta de la actividad microbiana a variaciones de temperatura y humedad (Guerrero-Ortiz, y col., 2012). La evaluación de la respiración de la materia orgánica en descomposición se realiza midiendo directamente el flujo de CO<sub>2</sub>, utilizando una cámara especial situada sobre la superficie (Westermann y Crothers, 1980 en Barrales-Brito y col., 2014). Los factores ambientales que influyen en la respiración y descomposición son la humedad, la temperatura y las características del material (Barrales-Brito y col, 2014). La concentración máxima de CO<sub>2</sub> durante el periodo en estudio fue de 1235 y 3283 ppm en tomate y calabacín respectivamente (Fig. 2). Durante la fase termófila la concentración de CO<sub>2</sub> en tomate fue menor que en el calabacín. En el primer caso los niveles de CO<sub>2</sub> oscilaron entre 800 a 960 ppm, y en el segundo cultivo entre 873 y 3200 ppm. Esta concentración de CO<sub>2</sub> está relacionada con el nivel y evolución de la temperatura en el proceso. Bajadas en el nivel de CO<sub>2</sub> observadas en tomate estuvieron ligadas a la ralentización del proceso debido a baja humedad del material en ese momento (Golueke, 1975).

---

### **CONCLUSIONES**

La temperatura registrada en los materiales durante la fase termófila del compostaje puede ser adecuada para eliminar posibles patógenos. El control de temperatura se puede realizar de forma sencilla utilizando termómetros analógicos de bajo coste. Condiciones sub-óptimas de humedad disminuyen la actividad microbiana, sin embargo, ésta puede re establecerse volviendo a alcanzar el nivel adecuado. El volteo favorece el mantenimiento de temperaturas altas durante el proceso, y garantiza la higienización del material de manera homogénea. El uso de mantas de compostaje es adecuado para mantener la temperatura, evitando pérdidas de energía por intercambio calorífico con el ambiente. El aporte de azúcares mediante la incorporación de frutos puede suponer una fuente de energía para la reproducción de microorganismos al inicio del proceso en materiales con relación C/N baja. La caracterización del material vegetal al inicio del proceso es fundamental para establecer un proceso óptimo de compostaje.

---

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ÁLVAREZ HERNÁNDEZ, J., 2013. Estudio de un proceso de compostaje industrial de restos vegetales hortícolas. Trabajo fin de máster en biotecnología industrial y agroalimentaria, 80 pp.

- ÁLVAREZ-SÁNCHEZ, A.R.; TARQUINO, L., REYEZ-PÉREZ, J.J., 2021. Efecto de sustancias azucaradas en la descomposición de sustratos orgánicos para la elaboración de compost. *Terra Latinoamericana* 39: 1-10. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.916>
- BARRALES-BRITO, E.; ETCHEVERS-BARRA, J.D.; HIDALGO-MORENO, C.; PAZ-PELLAT, F.; SAYNES-SANTILLAN, V., 2014. Determinación in vitro de la emisión de CO<sub>2</sub> en muestras de mantillo. *Agrociencia* 48 (7): 679-690
- BUENO, P.; DÍAZ, M.J.; CABRERA, F., 2011. Factores que afectan al proceso de compostaje. En: *Compostaje* (Moreno, J. y Moral, R. Eds.), pp. 111-140. Mundi Prensa: Madrid.
- CAJAMAR, 2016. Residuos vegetales procedentes de los invernaderos de Almería. Ficha de Transferencia 017. Ed. Cajamar.
- GOLUEKE, C., 1975. Composting. A Review of rationale principles and Public health. *Compost Sci.* 17: 11-14 pp.
- GUERRERO-ORTIZ, P.L.; QUINTERO-LIZAOLA, R.; ESPINOZA-HERNÁNDEZ, V.; BENEDICTO-VALDÉZ, G.S.; SÁNCHEZ-COLIN, M.J., 2012. Respiración de CO<sub>2</sub> como indicador de la actividad microbiana en abonos orgánicos de lupinus. *Terra Latinoamericana* 30 (4): 355-362
- GUO, R.; LI, G.; JIANG, T.; SCHUCHARDT, F.; CHEN, T.; ZHAO, Y.; YUJUN, Y., 2012. Effect of aeration rate, C/N ratio and moisture content on the stability and maturity of compost. *Bioresource Technol.* 112, 171-178
- LIANG, C.; DAS, K.C.; McCLENDON, R.W., 2003. The influence of temperature and moisture contents regimes on the aerobic microbial activity of a biosolids composting blend. *Biores. Technol.*, 86: 131-137
- MARESOVÁ, K.; KOLLÁROVÁ, M., 2010. Influence of compost covers on the efficiency of biowaste composting process, Elsevier Ltd., Prague.
- MELGAR, R.; PASCUAL-ALEX, M.I.; RODRÍGUEZ, M.C., 2009. Acta 56, III Jornadas del Grupo de Fertilización Almería. Ed. SECH.
- MORENO, J.; MORMNEO, S., 2011. Microbiología y bioquímica del proceso de compostaje. En: *Compostaje* (Moreno, J. y Moral, R., Eds), pp. 111-140. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- MORENO J.; LÓPEZ-GONZÁLEZ, J.A.; ARCOS-NIEVAS, M.A.; SUÁREZ-ESTRELLA, F.; JURADO M.M., ESTRELLA-GONZÁLEZ, M.J.; LÓPEZ, M.J., 2021. Revisiting the succession of microbial populations throughout composting: A matter of thermotolerance. *Science of The Total Environment* 773, 145587
- MUSCOLO, A.; PAPALIA, T.; SETTINERI, G.; MALLAMACI, C.; JESKE-KACZANOWSKA, A., 2018. Are raw materials or composting conditions and time that most influence the maturity and/or quality of composts? Comparison of obtained composts on soil properties. *Journal of Cleaner Production*, 195(10), 93-101. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.204>
- PARRA S., 2004. Análisis económico de la valorización de residuos agrícolas orgánicos.

Tesis Doctoral. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Almería. 2006 pp.

POINCELOT, R., 1974. A scientific examination of the principles and practice of composting. *Compost Sci.* 15: 24-31 pp.

ROMAN, P.; MARTÍNEZ, M.M.; PANTOJA, A., 2013. Manual de Compostaje del Agricultor. Ed. FAO. Cn restos vegetales hortícolas 37

SEGURA, M.L.; LLANDERAL, A.; GARCÍA, J.M.; FERNÁNDEZ, M.M., 2017. Aprovechamiento de los residuos de cultivos hortícolas para reciclar materia orgánica y nutrientes. *Revista Horticultura*: 42-47

VILAPLANA, M., 2004. Verduras y hortalizas, fuentes naturales de antioxidantes. *Offarm* 23 (2): 120-132, Ed. Elsevier.

WESTERMANN, D.T.; CROTHERS, E., 1980. Measuring soil nitrogen mineralization under field condition. *Agron. J.* 72: 1009-101

ZHANG, L.; SUN, X., 2018. Influence of sugar beet pulp and paper waste as bulking agents on physical, chemical, and microbiological properties during green waste composting. *Bioresource Technology* 267: 182-191.

## **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo se encuentra enmarcado en el proyecto "Actividades de demostración e información para la gestión de residuos sólidos derivados de la horticultura protegida (RECICLAND - PP.RSRR.RSRR1900.001)" que está cofinanciado al 90% por el Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural, dentro del Programa de Desarrollo Rural de Andalucía 2014-2020, Operación PDR C15C0122U1.



## FOTOGRAFÍAS



1

2



3



4



5

**Fotografía 1.** Recepción residuos vegetales.

**Fotografía 2.** Zona de compostaje. Restos de tomate (izquierda) y de calabacín (derecha) cubiertos con manta Top-Tex.

**Fotografía 3.** Volteadora mecánica.

**Fotografía 4.** Picado de los restos vegetales.

**Fotografía 5.** Medida de temperatura del material en fase termófila. Termómetro analógico.

## TABLAS

**Tabla 1.** Composición de la mezcla de restos vegetales de tomate y calabacín.

COMPOSICIÓN	M <sup>3</sup>	PESO FRESCO (KG.M <sup>-3</sup> )	PESO FRESCO (T)	PESO SECO (T)	MEZCLA (%)
<b>Tomate</b>					
Hoja, tallo, fruto destri	7,2	500	3,6	0,46	30,7
Hoja y tallo	15,6	450	7,0	0,90	60,0
Fruto	2,5	587	0,1	0,14	9,3
<b>TOTAL</b>	<b>25,3</b>	<b>587</b>	<b>10,7</b>	<b>1,5</b>	<b>100</b>
<b>Calabacín</b>					
Hoja y tallo	34,0	119	19,5	0,49	71,0
Fruto	4,8	407	4,0	0,20	29,0
<b>TOTAL</b>	<b>38,8</b>	<b>155</b>	<b>23,5</b>	<b>0,69</b>	<b>100</b>

**Tabla 2.** Densidad, materia seca, N total y relación C/N de restos de tomate y calabacín.

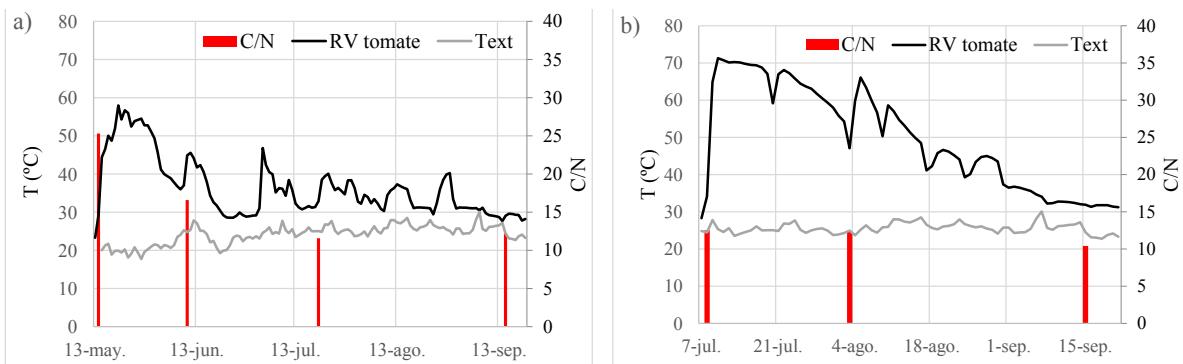
	DENSIDAD (KG M <sup>-3</sup> )	MATERIA SECA (%)	N TOTAL (%)	C/N
Tomate (hoja+tallo)	450	12,8	1,79	25,3
Tomate (fruto)	587	9,4	2,45	19,1
Calabacín (hoja+tallo)	119	17,0	3,12	12,1
Calabacín (fruto)	407	8,0	3,29	15,4

**Tabla 3.** Análisis físico-químico de la mezcla de restos de tomate y calabacín.

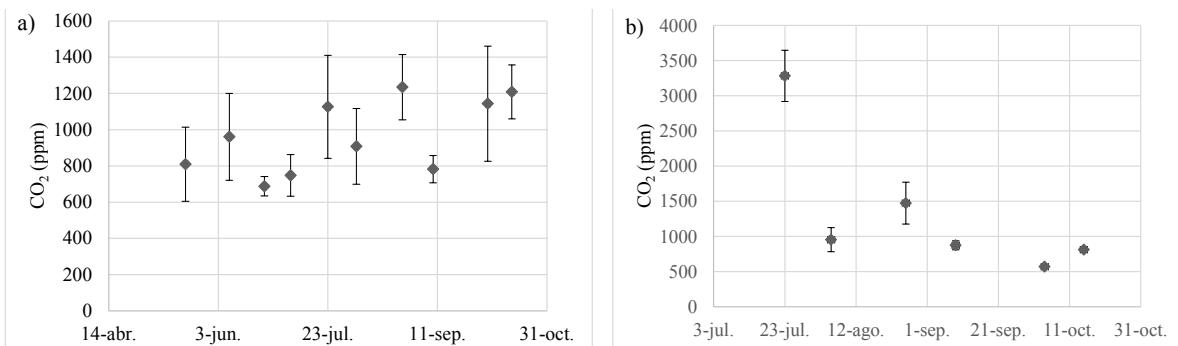
	TOMATE	CALABACÍN
pH <sub>(1:25)</sub>	5,8	8,3
CE <sub>(1:25)</sub> (dS m <sup>-1</sup> )	6,9	11,8
Humedad (% smf*)	65	65
Materia Orgánica (% sms**)	78	67
N total (% sms**)	1,8	3,1
C/N	25,3	12,5
Fósforo (% sms**)	0,7	1,5
Potasio (% sms**)	4,6	5,9
Calcio (% sms**)	5,3	8,9
Magnesio (% sms**)	0,8	2,1
Sodio (% sms**)	0,18	0,14
Cloruros (% sms**)	1,9	4,8
Sulfatos (% sms**)	0,07	0,65

\*smf: sobre materia fresca; \*\*sms: sobre materia seca

## FIGURAS



**Figura 1.** Temperatura del material y exterior. (a) tomate y (b) calabacín. En columnas relación C/N.



**Figura 2.** Concentración de CO<sub>2</sub> (promedio + error estándar) liberado del material en el proceso de tomate (a) y calabacín (b)

# NUEVOS PRODUCTOS PARA APLICACIÓN EN FERTIRRIGACIÓN

Antón-Herrero, R.<sup>1</sup>; C. García-Delgado, C.<sup>2</sup>; Méndez-Silva, P.<sup>1</sup>; Mayans, B.<sup>1</sup>, Camacho-Arévalo, R.<sup>1</sup> y Eymar, E.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Química Agrícola y Bromatología, Universidad Autónoma de Madrid, 28049 Madrid, España.

<sup>2</sup>Departamento de Geología y Geoquímica, Universidad Autónoma de Madrid, 28049 Madrid, España.

## RESUMEN

Para alcanzar los objetivos de producción estimados por la FAO para 2050 es necesario aumentar la producción de alimentos. Sin embargo, los limitados terrenos cultivables disponibles unido a la ineficiencia en la aplicación de fertilizantes y las consecuencias del cambio climático suponen un inconveniente para cumplir dichos objetivos. Los bioestimulantes se plantean como una posible solución a este problema ya que, según diversos estudios, son capaces de mejorar la nutrición de las plantas mediante diversos procesos que dan lugar a una mejora en el crecimiento, el desarrollo y la respuesta ante situaciones de estrés. Estos bioestimulantes pueden obtenerse de diversas fuentes, siendo de especial interés aquellas que permiten el aprovechamiento de residuos tanto de la industria como urbanos, ya que permite darles valor como productos secundarios. En este trabajo se sintetizó un potencial producto bioestimulante comercializable utilizando como base residuos de la industria de la soja y lixiviados de biometanización urbanos. Se comparó su eficiencia como bioestimulante mediante diversos ensayos en planta frente a una disolución nutritiva convencional y un bioestimulante comercial con base húmica. Los resultados obtenidos muestran que las plantas tratadas con el producto presentan un nivel de desarrollo similar o superior tanto en la parte aérea como en la radicular a la fertilización convencional o bioestimulante comercial. Por lo tanto, el producto podría suponerse como una alternativa sostenible a la mejora de los cultivos.

**Palabras clave:** *bioestimulante, residuos urbanos, economía circular.*

## INTRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta las proyecciones de la ONU, que sitúa la población mundial en 9.73 mil millones de personas para 2050, la FAO estima que la agricultura deberá producir al menos un 50% más de alimentos que en 2012 y se necesitarán 100 millones de hectáreas más de tierra para satisfacer la demanda. Con el problema de que la cantidad de tierras de cultivo disminuyendo, los incrementos en la producción agrícola necesarios para alcanzar la demanda deben provenir de una mayor eficiencia en el uso de los recursos disponibles. Son claves por esto, la innovación y un uso más eficiente de la tierra de cultivo, reduciendo los residuos a la vez que se conservan los recursos naturales. Por otra parte,

la degradación de los suelos y las aguas, así como los diversos efectos del cambio climático hacen necesaria la adopción de sistemas de producción sostenible que permitan una mayor producción utilizando menos recursos a la vez que se reducen los residuos generados (FAO and UN, 2017).

El uso de bioestimulantes puede suponer una alternativa para reducir la aplicación de fertilizantes sin perjudicar la nutrición de los cultivos ya que son capaces de mejorar la absorción de nutrientes (Canellas *et al.*, 2015) entre otros efectos beneficiosos. La FAO y los organismos regulatorios europeos definen a los bioestimulantes como “productos que estimulan procesos nutricionales independientemente del contenido en nutrientes de estos, con el único objetivo de mejorar una o más de las siguientes características de la planta, su rizosfera o su filosfera: la eficacia en el uso de nutrientes, la tolerancia a distintas formas de estrés abiótico, rasgos de calidad del cultivo, disponibilidad de nutrientes en el suelo y la rizosfera, humificación y degradación de compuestos orgánicos del suelo (Caradonia *et al.*, 2019)”. Los bioestimulantes presentan pocos o ningún efecto negativo en el medio ambiente o la salud humana (Thomas *et al.*, 2013) siendo capaces de afectar al metabolismo de la planta (du Jardin, 2012).

La agricultura intensiva consume grandes cantidades de los nutrientes principales (nitrógeno, fósforo y potasio), por lo que su disponibilidad a futuro es fundamental para mantener y aumentar la producción. Esto supone una fuente de preocupación, especialmente en el caso del fósforo y el potasio al tratarse de recursos no renovables y con una disponibilidad limitada ligada a su extracción de los depósitos minerales en los que se encuentran. Como solución se está proponiendo la valorización de residuos.

La producción de biogás es una forma de aprovechamiento de los residuos orgánicos que, mediante la digestión anaerobia, permite la obtención de gas metano que posteriormente puede usarse para generar energía. A pesar del elevado coste inicial, se trata de un proceso muy extendido en el sector agrícola, ya que además de producir energía, es una forma ecológica de tratamiento de los residuos agrícolas que de otra forma suponen un problema ambiental (Tampere. and Viihart, 2014). Los lixiviados corresponden a la fracción líquida obtenida como resultado de esta digestión microbiana, tanto aerobia como anaerobia, que contiene minerales, sólidos en suspensión, materia orgánica soluble, nutrientes y otros compuestos derivados de la descomposición de los residuos. Dependiendo de la materia prima a partir de la cual se generan los lixiviados, estos también pueden contener cantidades importantes de compuestos contaminantes tanto orgánicos como inorgánicos y metales pesados. La capacidad de percolar llegando a infiltrarse en el suelo que tienen estos lixiviados y los correspondientes efec-



tos negativos que esto conlleva, hacen necesaria una adecuada recolección y tratamiento lo que conlleva un costo adicional. Por esta razón, la valorización de estos residuos como fertilizantes líquidos o como fuente de sustancias bioestimulantes, aunque poco estudiada, podría resultar de gran interés tanto a nivel económico como ecológico. Sin embargo, para su uso como fertilizante, las legislaciones vigentes exigen la declaración de propiedades como el pH, concentración de nutrientes, materia orgánica y materia sólida total en seco además de asegurar la pureza, la higiene sanitaria y la seguridad del producto tanto para organismos como para el medio ambiente (Seadi *et al.*, 2013).

El principal objetivo de este trabajo es la valorización de residuos mediante la síntesis de un nuevo producto bioestimulante y el estudio de sus efectos en comparación con un producto comercial mediante ensayos en lechuga (*Lactuca sativa L.*).

## MATERIAL Y METODOS

### Caracterización producto

Se estabilizó un producto compuesto por un lixiviado de biomantenización procedente del Parque Tecnológico de Valdemingómez, suministrados por la empresa CTA (Madrid) y un residuo de la industria alimentaria de la soja. Este nuevo producto fue caracterizado mediante los parámetros: conductividad eléctrica (conductímetro Crison microCM 2200), pH (pH-metro Crison GLP 21); densidad (balanza analítica); nitrógeno total Kjeldahl NTK (TitrinoPlus); nitrógeno amoniacial NTA; nitrógeno nítrico (electrodo selectivo Orion Versa Star de Thermo ScientificTM); fósforo (espectrofotómetro Genesys 10uv de Thermo Scientific); materia orgánica y micronutrientes y metales pesados (espectrometría de masas con plasma inducido ICP-MS NexION 300XX de Perkin-Elmer).

Para determinar la posible toxicidad del nuevo producto se llevó a cabo un ensayo de germinación, humedeciendo semillas de lechuga y dejándolas en oscuridad a 25°C durante dos días. Para obtener el índice de germinación se utilizó la siguiente fórmula: IG: índice de germinación %; GM: % de germinación en muestra; GB: % germinación en blanco; LM: longitud media (cm) de las semillas germinadas en muestra; LB: longitud media (cm) de las semillas germinadas en blanco. Se realizó un ensayo de proliferación de microorganismos usando agar como agente gelificante y proteína de soja como sustrato nutritivo (Tryptic Soy Broth No.2); esterilizado a 121 °C 15 min. Se realizó en placas Petri en cámara a 25°C durante dos días.

**“El uso de bioestimulantes puede suponer una alternativa para reducir la aplicación de fertilizantes sin perjudicar la nutrición de los cultivos”.**



## Ensayos en planta

Los ensayos en plantas de lechuga se realizaron con 5 tratamientos:

**Tabla.** Tratamientos ensayados.

CÓDIGO	COMPOSICIÓN
H	Disolución nutritiva control Hoagland 50%
P	Nuevo producto 5 mL/L (agua)
B	Bioestimulante comercial 2,5 mL/L (agua)
HP	Hoagland 50% + nuevo producto 5 mL/L
HB	Hoagland 50% + Bioestimulante comercial 2,5 mL/L

La disolución Hoagland contenía la siguiente riqueza en macronutrientes: 10 mmolc/L  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ; 2 mmolc/L  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  y  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ; 5 mmolc/L  $\text{KNO}_3$  y 3 mmolc/L de  $\text{MgSO}_4$ . De micronutrientes: 0,05 mg/L Mo; 0,5 mg/L B; 1 mg/L Cu y Mn; 4 mg/L Zn y 2 mg/L Fe. El bioestimulante comercial tenía base de leonardita y un contenido declarado de extracto húmico del 25% p/p (20,5% ácidos húmicos y 4,5% fulvicos) y un pH de 4,2. Se determinó la conductividad de las disoluciones de cada tratamiento (1341, 303, 1154, 1649 y 2340  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para H, B, P, HB, HP respectivamente) y se ajustó el pH a 6,5 con KOH o  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Ensayo en perlita: nueve plantas de lechuga por tratamiento en bolsas zip sin pérdida de disolución de riego al ser estanco el sistema en cámara de cultivo con condiciones de humedad y temperatura controladas (18 y 24°C y una humedad entre 50 y 70% humedad con ciclos de noche y día de 10 y 14 horas. A los 20 días, se determinó el volumen de disolución fertilizante consumido, el índice de balance de nitrógeno (NBI), clorofilas (Chl), flavonoles (Flav) y antocianos (Anth) en hoja mediante un medidor Dualex™ Force A. Se extrajeron las plantas de los tiestos, se lavaron y secaron las raíces y se pesó la parte aérea tras retirar las raíces. Las raíces se conservaron debidamente etiquetadas para proceder al análisis de éstas utilizando el sistema de análisis de imagen WinRHIZO™, que permitió obtener datos sobre la longitud total, área total, volumen y diámetro medio, numero de puntas, intersecciones y entrecruzamientos de las raíces.

Ensayo en sustrato: utilizando sustrato universal de Compo™ ( $\text{KCl}<2,5 \text{ g/L}$ , 200-450 mg/L N, 200-500 mg/L  $\text{P}_2\text{O}_5$  y 300-550 mg/L  $\text{K}_2\text{O}$ ) con 4 plantas por tratamiento. Tras 28 días desde el trasplante se procedió al análisis de las plantas procediendo de la misma forma que en el ensayo en planta con perlita. Debido al uso de sustrato orgánico, en lugar de perlita, no fue posible determinar el volumen de disolución consumida.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caracterización producto

El producto obtenido muestra un pH ácido que puede ayudar a su estabilidad a largo plazo. Esto fue comprobado, teniendo el producto una estabilidad de meses sin cambios en el pH. Con un porcentaje de materia orgánica del 2% y pequeñas concentraciones de macro y micronutrientes, por lo que en general, el producto tiene una base nutritiva no muy elevada. Sin embargo, los niveles de potasio y fósforo si son algo más elevados en el producto sintetizado (Tabla 1).

En cuanto al parámetro legislativo de cantidad de metales pesados, los valores para cadmio, cobre, níquel, plomo, cinc, mercurio, cromo y arsénico registrados (Tabla 1) se encuentran muy por debajo de los niveles límite expuestos en el BOE para metales pesados y arsénico (considerando el límite general como 50 mg/kg (BOE, 2013) o 40 mg/kg de acuerdo con el Reglamento Europeo 2019/1009 (Diario Oficial de la Unión Europea, 2019)). Los lixiviados de biometanización utilizados como base para hacer este producto pueden tener concentraciones elevadas de metales pesados debido a que el proceso de digestión aumenta su concentración al reducirse la masa (Chatterjee *et al.*, 2013; Elmaslar-Özbaş and Balkaya, 2012; Valeur, 2011). Los valores obtenidos permitirían calificarlo como un producto fertilizante de Clase A dentro de la legislación española, aunque los niveles de nutrientes obtenidos son bajos para considerarlo un producto fertilizante. Además, también cumple con los límites europeos para bioestimulantes, siendo destacable que los valores obtenidos son referidos al producto concentrado y no a la disolución de riego. El otro parámetro importante según la legislación para nuevos productos bioestimulantes es el de la existencia de microorganismos que para nuestro producto no fue detectable. Esto podría deberse al pH ácido del producto puro que impide la proliferación de microorganismos.

Para el ensayo de germinación se utilizó la disolución de riego (5 mL de producto /L de agua). Para el blanco (solo agua) se obtuvo un 90% de porcentaje de germinación con una longitud media de  $2,8 \pm 0,9$  cm mientras que para el producto en dosis de riego el porcentaje de germinación fue del 100% con una longitud media  $2,4 \pm 0,8$  cm. En base a estos resultados se calculó el índice de germinación con un valor de 90%, lo que permite catalogar el producto como “no fitotóxico” de acuerdo con la clasificación del grado de fitotoxicidad (Emino and Warman, 2013).

### Ensayos en planta

En el estudio estadístico tanto del consumo de disolución como de crecimiento en planta utilizando los 5 tratamientos H, B, P, HB y HP no se vieron diferencias significativas entre ellos (datos no mostrados). Por tanto, se puede asumir que tanto el producto comercial B como el producto P aquí estudiado tienen un desempeño similar en hidroponía al manifestar niveles de consumo de nutrientes y crecimiento similares tanto individualmente como al combinarse con la disolución Hoagland.

Los resultados obtenidos mediante Dualex™ (Tabla 2) para el primer ensayo en hidroponía (perlita) sí muestran diferencias significativas entre tratamientos. Para el parámetro NBI los tratamientos que obtienen mayores valores son H y HP quedando por encima de P y no encontrándose diferencias significativas con HB y B siendo el que presenta menor NBI. En el caso de las clorofilas, HP es el que mayor valor presenta, aunque sin diferencias significativas con H y HB, quedando por debajo P y por último B. Los resultados obtenidos tanto para el nitrógeno como para la clorofila pueden explicarse debido a la disponibilidad de nitrógeno y otros nutrientes, ya que las soluciones de riego con valores más altos son aquellas que tienen disolución Hoagland, teniendo también P un aporte de nutrientes mientras que B se compone principalmente de sustancias húmicas procedentes de la leonardita. Una mayor disponibilidad de nutrientes da lugar a una mayor absorción de nitrógeno y un aumento de la clorofila (Guo *et al.*, 2006; Lee *et al.*, 2011) para los flavonoles es B el que presenta valores más altos siendo significativamente superior a P y HP correspondiendo el valor más bajo a H. Finalmente, los datos de antocianos también son superiores para B aunque no son significativamente distintos que los de P quedando los demás por debajo. En el caso de flavonoles y antocianos desempeñan un papel importante como inhibidores de las especies de oxígeno reactivas (Feucht and Treutter, 1994; Landi *et al.*, 2015; Martinez *et al.*, 2016) la presencia de sustancias húmicas en B y otras sustancias bioestimulantes en P puede haber favorecido la formación de estos compuestos como forma de aliviar posibles problemas de estrés oxidativo (Graziani *et al.*, 2020; Parađiković *et al.*, 2011; Salvi *et al.*, 2016).

Los resultados de raíz obtenidos para el primer ensayo muestran que no existen diferencias significativas entre el nuevo producto sintetizado P y el resto de los tratamientos en lo referente a la longitud, superficie, área, volumen y diámetro (Tabla 2). A pesar de no haber diferencias significativas entre los distintos tratamientos, sí existen diferencias en-

tre las medias obtenidas, siendo los valores de H, P, HB y HP casi el doble que los obtenidos para B en los parámetros de longitud y áreas proyectada y superficial, lo que podría estar relacionado con la disponibilidad de nitrógeno en estas disoluciones de riego así como con la efectividad del bioestimulante comercial en hidroponía, lo que coincidiría con los valores obtenidos en los pesos y los niveles de nitrógeno y clorofilas. Estos resultados pueden indicar que el efecto de los bioestimulantes afecta principalmente a la parte aérea, al no encontrarse diferencias significativas en las raíces entre los tratamientos. También es destacable que para los índices de nitrógeno y clorofilas los tratamientos con mejores resultados son los que contienen disolución Hoagland mientras que para flavonoles y antocianos los mejores resultados se encuentran en las disoluciones con los bioestimulantes solamente.

Para el ensayo con sustrato orgánico no se encontraron diferencias significativas en el peso de las plantas entre los diferentes tratamientos debido a la gran desviación estándar (datos no



mostrados). En el caso de los tratamientos B y P las medias de los dos ensayos son similares, aunque la desviación es mayor para ambos en el segundo ensayo, siendo los que presentan mayor peso fresco de los cinco tratamientos.

Los resultados obtenidos mediante Dualex™ muestran que, de forma general, los mejores resultados corresponden a los tratamientos H y P mientras que los peores resultados son para HP (Tabla 2). El tratamiento P el que presenta mayor valor de NBI sin ser significativamente distinto de H, B y HB, dejando a HP como el menor valor de nitrógeno. Para la clorofila H y P presentan los valores más altos siendo HB significativamente distinto de H seguido por B y con HP nuevamente con el menor resultado. En el caso de los flavonoles nuevamente H presenta el valor más alto no siendo significativamente distinto de P, pero sí de B, HB y HP. Por último, los niveles de antocianos son mayores en HB sin ser significativamente distintos de H, B y P, siendo para HP significativamente menores. Al comparar los resultados de este ensayo con el primero, se puede apreciar que los valores del índice de nitrógeno son superiores en este ensayo para P y especialmente B alcanzando un orden de magnitud similar al de las disoluciones de riego con Hoagland, mientras que los niveles de clorofilas y antocianos son similares y los de flavonoles disminuyen, lo que podría indicar una mayor eficacia en la absorción de nitrógeno para ambas sustancias en sustrato respecto a la hidroponía. Por otra parte, los niveles de antocianos en todos los tratamientos son menores lo que podría explicarse por la ausencia del estrés causado por el fallo de la cámara en el ensayo en perlita (Feucht and Treutter, 1994).

Los resultados de raíz para este segundo ensayo en sustrato obtenidos por WinRHIZOTM sí presentaron diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 2). Se puede apreciar cómo, de forma general, H presenta mayor desarrollo de las raíces tanto en longitud como en áreas proyectada y superficial. Por orden, le siguen HB, P que no son significativamente diferentes de H y HP y B que presenta los menores valores siendo significativamente inferiores a H en la mayoría de los parámetros. Al comparar los resultados obtenidos en este ensayo con los obtenidos en el primero, encontramos que el desarrollo de las raíces es menor para todos los tratamientos y en prácticamente todos los parámetros, con algunas excepciones como el número de cruzamientos y puntas para H y el número de puntas para HB y HP.

## **CONCLUSIONES**

La valorización de residuos como potenciales bioestimulantes supone una alternativa verde avanzando hacia una economía circular. El producto sintetizado para este trabajo (como base dos residuos de la industria de la soja y lixiviados de biometanización) y con base fertilizante con efectos bioestimulantes ha supuesto un rendimiento en lechuga similar en crecimiento al de las disoluciones convencionales y superior en parámetros foliares. Estos resultados lo situarían como una alternativa interesante a nivel tanto económico como medioambiental.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOE (2013). Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes.
- CANELLAS, L.P., OLIVARES, F.L., AGUIAR, N.O., JONES, D.L., NEBBIOSO, A., MAZZEI, P., AND PICCOLO, A. 2015. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Sci. Hortic.* (Amsterdam). 196, 15–27.
- CARADONIA, F., BATTAGLIA, V., RIGHI, L., PASCALI, G., AND LA TORRE, A. 2019. Plant Bio-stimulant Regulatory Framework: Prospects in Europe and Current Situation at International Level. *J. Plant Growth Regul.* 38, 438–448.
- CHATTERJEE, N., FLURY, M., HINMAN, C., AND COGGER, C.G. 2013. Chemical and Physical Characteristics of Compost Leachates.
- DIARIO OFICIAL DE LA UNIÓN EUROPEA 2019. REGLAMENTO (UE) 2019/1009 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 5 de junio de 2019.
- ELMASLAR-ÖZBAŞ, E., AND BALKAYA, N. 2012. Extraction of heavy metals from compost using a mixture of Na<sub>2</sub> EDTA and Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: column studies. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 12, 525–534.
- EMINO, E., AND WARMAN, P. 2013. Biological Assay for Compost Quality. *Compost Sci. Util.* 12, 342–348.
- FAO, AND UN. 2017. The future of food and agriculture. Trends and challenges.
- FEUCHT, W., AND TREUTTER, D. 1994. Accumulation of flavanols in yellowing beech leaves from forest decline sites. *Tree Physiol.* 403–412.
- GRAZIANI, G., RITIENI, A., CIRILLO, A., CICE, D., AND VAIO, C. DI. 2020. Effects of Biostimulants on Annurca Fruit Quality and Potential Nutraceutical Compounds at Harvest and during Storage. *Plants* 9, 1–19.
- GUO, H.X., LIU, W.Q., AND SHI, Y.C. 2006. Effects of different nitrogen forms on photosynthetic rate and the chlorophyll fluorescence induction kinetics of flue-cured tobacco. *Photosynthetica* 44, 140–142.
- LANDI, M., TATTINI, M., AND GOULD, K.S. 2015. Multiple functional roles of anthocyanins in plant-environment interactions. *Environ. Exp. Bot.* 119, 4–17.
- LEE, Y., YANG, C., CHANG, K., AND SHEN, Y. 2011. Effects of nitrogen status on leaf anatomy, chlorophyll content and canopy reflectance of paddy rice. *Bot. Stud.* 52, 295–303.
- MARTINEZ, V., MESTRE, T.C., RUBIO, F., AND GIRONES-VILAPLANA, A. 2016. Accumulation of Flavonols over Hydroxycinnamic Acids Favors Oxidative Damage Protection under Abiotic Stress. *Front. Plant Sci.* 7, 1–17.
- PARAĐIKOVIĆ, N., VINKOVIĆ, T., VINKOVIĆ VRČEK, I., ŽUNTAR, I., BOJIĆ, M., AND MEDIĆ-ŠARIĆ, M. 2011. Effect of natural biostimulants on yield and nutritional quality: An example of sweet yellow pepper (*Capsicum annuum* L.) plants. *J. Sci. Food Agric.* 91, 2146–2152.

- SALVI, L., CATALDO, E., SECCO, S., AND MATTII, G.B. 2016. Use of natural biostimulants to improve the quality of grapevine production: first results. Int. Soc. Hortic. Sci. 1148, 77–84.
- SEADI, T. AL, DROSG, B., FUCHS, W., RUTZ, D., AND JANSSEN, R. 2013. Biogas digestate quality and utilization (Woodhead Publishing Limited).
- TAMPERE., M., AND VIIRALT, R. 2014. The efficiency of biogas digestate on grassland compared to mineral fertilizer and cattle slurry. Res. Rural Dev. 1, 89–94.
- THOMAS, M., CHAUHAN, D., PATEL, J., AND PANCHAL, T. 2013. Analysis of biostimulants made by fermentation of *Sargassum tenerimum* seaweed. Int. J. Cur. Tr. 2, 405–407.
- VALEUR, I. 2011. Speciation of heavy metals and nutrient elements in digestate.

## TABLAS

**Tabla 1.** Parámetros nutricionales del producto sintetizado (C.E. Conductividad eléctrica; M.O. Materia orgánica; C. Carbono; NTK. Nitrógeno total Kjeldahl; N ( $\text{NH}_4^+$ ) Nitrógeno amoniacal; N ( $\text{NH}_4^+$ ) Nitrógeno nítrico) incluyendo concentración de macro y micronutrientes y cantidades de metales pesados. Valor ± desviación estándar, n=3.

pH	3,54	P ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	524 ± 8	Cd ( $\text{mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$ )	0,002 ± 0,003
C.E. (dS/cm)	7,2	K	2110 ± 48	Cu	0,207 ± 0,001
Densidad (g/mL)	0,86	Ca	108 ± 3	Ni	0,529 ± 0,009
M.O. (%)	2,08 ± 0,04	Mg	31,0 ± 0,3	Pb	0,0266 ± 0,0008
C (%)	1,21 ± 0,03	Fe	9,0 ± 0,5	Zn	0,9 ± 0,3
NTK (%)	0,507 ± 0,006	Mn	1,31 ± 0,02	Hg	0,003 ± 0,001
N ( $\text{NH}_4^+$ ) (%)	0,333 ± 0,006	B	0,94 ± 0,07	Cr	0,051 ± 0,002
N ( $\text{NO}_3^-$ ) (%)	0,025 ± 0,004	Mo	0,1885 ± 0,0007	As	0,139 ± 0,004

**Tabla 2.** Resultados vegetales foliares (NBI. Índice de balance de nitrógeno; Chl. Clorofilas; Flav. Índice de flavonoles; Anth. Índice de antocianos) y radiculares (L. Longitud; A.P. Área proyectada; A.S. Área Superficial; D. Diámetro medio; V. Volumen Raíz). Valor ± desviación estándar, n=9 en perlita y n=4 en sustrato.

	PERLITA				
	H	B	P	HB	HP
<b>NBI</b>	31 ± 9 <sup>a</sup>	7 ± 2 <sup>c</sup>	20 ± 7 <sup>b</sup>	28 ± 13 <sup>ab</sup>	29 ± 5 <sup>a</sup>
<b>Chl</b>	9,5 ± 3 <sup>ab</sup>	6 ± 1 <sup>c</sup>	8 ± 3 <sup>b</sup>	10 ± 3 <sup>ab</sup>	11 ± 2 <sup>a</sup>
<b>Flav</b>	0,29±0,04 <sup>c</sup>	0,8 ± 0,1 <sup>a</sup>	0,44 ±0,09 <sup>b</sup>	0,36±0,07 <sup>bc</sup>	0,39±0,07 <sup>b</sup>
<b>Anth</b>	0,16±0,03 <sup>b</sup>	0,20±0,03 <sup>a</sup>	0,12±0,02 <sup>ab</sup>	0,15±0,02 <sup>b</sup>	0,17±0,01 <sup>b</sup>
<b>L. (cm)</b>	116 ± 91 <sup>a</sup>	60 ± 24 <sup>a</sup>	125 ± 56 <sup>a</sup>	144± 233 <sup>a</sup>	95 ± 86 <sup>a</sup>
<b>A.P.(cm<sup>2</sup>)</b>	4 ± 4 <sup>a</sup>	2,1 ± 0,8 <sup>a</sup>	4 ± 2 <sup>a</sup>	4 ± 6 <sup>a</sup>	3 ± 4 <sup>a</sup>
<b>A.S.(cm<sup>2</sup>)</b>	14 ± 14 <sup>a</sup>	6 ± 2 <sup>a</sup>	14 ± 7 <sup>a</sup>	14 ± 21 <sup>a</sup>	11 ± 13 <sup>a</sup>
<b>D. (mm)</b>	0,36±0,09 <sup>a</sup>	0,36±0,03 <sup>a</sup>	0,35 ±0,06 <sup>a</sup>	0,33 ±0,06 <sup>a</sup>	0,35±0,07 <sup>a</sup>
<b>V. (cm<sup>3</sup>)</b>	0,06±0,02 <sup>a</sup>	0,2 ± 0,2 <sup>a</sup>	0,2 ± 0,2 <sup>a</sup>	0,1 ± 0,2 <sup>a</sup>	0,13±0,07 <sup>a</sup>
	SUSTRATO				
	H	B	P	HB	HP
<b>NBI</b>	29 ± 4 <sup>ab</sup>	29 ± 3 <sup>ab</sup>	30 ± 2 <sup>a</sup>	28± 4 <sup>ab</sup>	26 ± 5 <sup>b</sup>
<b>Chl</b>	8,0 ±0,7 <sup>a</sup>	6 ± 1 <sup>cd</sup>	7 ± 2 <sup>ab</sup>	6 ± 1 <sup>bc</sup>	5 ± 2 <sup>d</sup>
<b>Flav</b>	0,26 ±0,06 <sup>a</sup>	0,21 ±0,03 <sup>b</sup>	0,23±0,05 <sup>ab</sup>	0,21 ±0,04 <sup>b</sup>	0,19±0,02 <sup>b</sup>
<b>Anth</b>	0,18±0,05 <sup>ab</sup>	0,18±0,02 <sup>ab</sup>	0,18±0,03 <sup>ab</sup>	0,20±0,03 <sup>a</sup>	0,16±0,02 <sup>b</sup>
<b>L. (cm)</b>	75 ± 36 <sup>a</sup>	21 ± 7 <sup>b</sup>	32 ± 11 <sup>b</sup>	43 ± 16 <sup>ab</sup>	21 ± 4 <sup>b</sup>
<b>A.P.(cm<sup>2</sup>)</b>	1,36 ±0,05 <sup>a</sup>	0,7± 0,3 <sup>b</sup>	1,0± 0,3 <sup>ab</sup>	0,79±0,09 <sup>ab</sup>	0,5 ± 0,2 <sup>b</sup>
<b>A.S.(cm<sup>2</sup>)</b>	4,3 ± 0,2 <sup>a</sup>	2 ± 1 <sup>b</sup>	3 ± 1 <sup>ab</sup>	2,5 ± 0,3 <sup>ab</sup>	1,6 ± 0,5 <sup>b</sup>
<b>D. (mm)</b>	0,20 ±0,09 <sup>a</sup>	0,32 ±0,06 <sup>a</sup>	0,309±0,007 <sup>a</sup>	0,19 ±0,05 <sup>a</sup>	0,24±0,03 <sup>a</sup>
<b>V. (cm<sup>3</sup>)</b>	0,02±0,01 <sup>a</sup>	0,02± 0,02 <sup>a</sup>	0,03 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,012±0,001 <sup>a</sup>	0,010±0,004 <sup>a</sup>

# EL CULTIVO DEL ESPÁRRAGO: VALORIZACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RESTOS AGRÍCOLAS PARA EL DESARROLLO DE ALIMENTOS FUNCIONALES

**Vela-Delgado, M.D.<sup>1</sup>, Viera Alcaide, I.<sup>2</sup>, Rodríguez Arcos, R.<sup>2</sup>, Jiménez Araujo, A.<sup>2</sup>, Guillén Bejarano, R.<sup>2</sup>.**

<sup>1</sup>IFAPA Rancho de la Merced, Chipiona, Cádiz. mdolores.vela@juntadeandalucia.es

<sup>2</sup>Grupo de Fitoquímicos y Calidad de Alimentos. Departamento de Fitoquímica de Alimentos. Instituto de la Grasa. CSIC, Sevilla.

## RESUMEN

La superficie cultivada de espárrago en España se ha cuantificado en 14.215 ha (MAPA, 2020) ocupando el quinto puesto en superficie tras el ajo, el melón, la cebolla y la sandía. En Andalucía se ha vuelto a recuperar la tendencia de crecimiento aumentando un 16 % en 2020 con respecto a la campaña anterior 2019, siendo Granada la principal provincia productora con 6.600 ha. Los turiones de espárrago son muy apreciados por el consumidor, pero desde el punto de vista de la valorización de sus restos agrícolas y la economía circular, este cultivo brinda muchas más posibilidades. Anualmente se producen 6 t.ha<sup>-1</sup> de frondes, la parte aérea del cultivo, ricos en flavonoides y saponinas; y entre 30-40 t.ha<sup>-1</sup> de raíces, fuente de fructanos y saponinas. Estos tres grupos de compuestos son de gran interés ya que tienen actividad antioxidante, prebiótica, hipocolesterolémica y anticancerígena, entre otras. En este trabajo se han analizado un total de 14 muestras de frondes y 18 de raíz, procedentes de seis variedades (Álamo, Atticus, Grande, Herkolum, Primens y Triguero) muestreadas en distintas localizaciones y fechas, entre las provincias de Cádiz y Granada. El contenido en flavonoides de los frondes varía entre 1.2 y 2.8 g.Kg<sup>-1</sup> de peso fresco. Su principal componente es la rutina, rutinósido de la querctetina, aunque también se encuentran derivados de kaempferol e isoramnetina. Las saponinas se encuentran en los frondes entre 0.2 y 1.2 g.Kg<sup>-1</sup> de peso fresco, siendo mucho más abundantes en las raíces, 1.3-3.9 g.Kg<sup>-1</sup> de peso fresco. Su composición química es muy variada, variando también con ella su actividad biológica, entre las que se describen hipoglicemiante, hipocolesterolémica, anticancerígena y antifúngica. Los fructanos son los compuestos bioactivos más abundantes en la raíz, entre 12.7 y 125.3 g.Kg<sup>-1</sup> de peso fresco. Esta fibra soluble tiene carácter prebiótico, favorece la absorción de calcio e incrementa la respuesta inmune. Estos tres grupos de fitoquímicos se pueden purificar por métodos sencillos y respetuosos con el medio ambiente. A la vista de estos resultados, los restos vegetales del cultivo del espárrago tanto en la poda como en el arranque del cultivo, deberían dejar de ser un problema para ser considerados como materias primas en líneas de trabajo prometedoras para sectores industriales tan cruciales como el alimentario y el farmacéutico.

**Palabras clave:** *turión, frondes, flavonoides, saponinas, fructanos, fitoquímicos.*

## INTRODUCCIÓN

El espárrago es cultivado en España desde hace muchos años, siendo Andalucía con 9.600 ha la principal Comunidad Autónoma, seguida de Navarra (2.165 ha) y Castilla-La Mancha (1.064 ha). Granada representa el 70,7 % de la superficie total de Andalucía y el 67,3% de la producción andaluza ( $45.163 \text{ t}\cdot\text{año}^{-1}$ ).

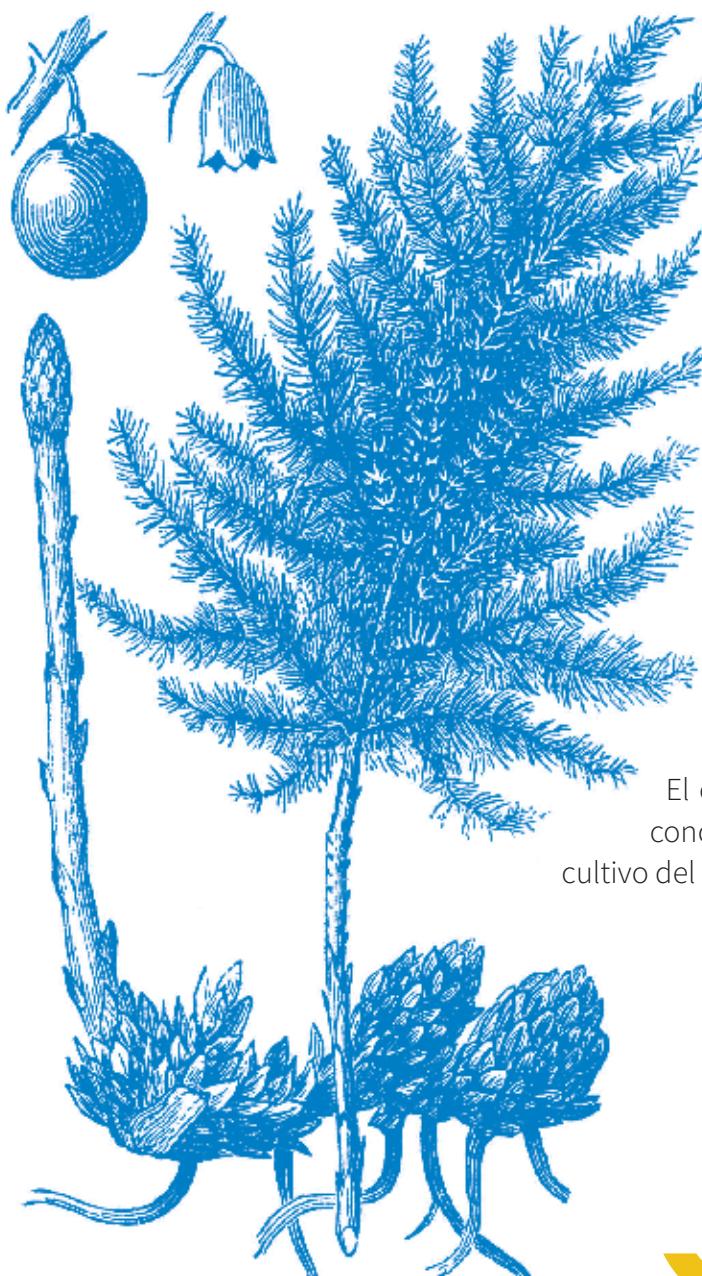
Existe una amplia bibliografía donde citan al espárrago por sus propiedades, composición y características organolépticas, destacando los beneficios más importantes para la salud. Basándonos en dicha información, la esparaguera, podría servir como base en la reutilización y aprovechamiento de sus restos agrícolas, permitiendo extraer sustancias bioactivas de importancia para la industria agroalimentaria, además de fibra alimentaria y componentes que pueden ser incorporados en alimentos y complementos, dando lugar al desarrollo de alimentos funcionales. Los alimentos funcionales son aquellos que en su estado natural aportan vitaminas, minerales, fibras, antioxidantes, ácidos grasos esenciales, fitoesteroles, etc., ejerciendo una acción beneficiosa para la salud.

La producción de espárrago verde por unidad de superficie es muy variable, dependiendo de la clase de terreno en que se asiente el cultivo y del esmero con que se lleve éste

a lo largo de todo su ciclo vegetativo. Se pueden conseguir de 7.000 a 8.000 kilos por hectárea como término medio. La densidad de siembra influye en la cantidad y calidad de la producción, habiéndose comprobado que los mejores resultados se obtienen con unas 30.000 plantas por hectárea.

Se estima que la cantidad de restos de cultivos a revalorizar, según información facilitada por distintos productores de espárrago, podría variar de 6 t.  $\text{ha}^{-1}$  de frondes, parte aérea del cultivo, ricos en flavonoides y saponinas, y entre 30-40 t.  $\text{ha}^{-1}$  de raíces, fuente de fructanos y saponinas. Por lo que el volumen de subproductos generados cada año para una superficie total nacional, podría ascender a 84.000 t de la parte aérea (frondes) y entre 420.000 y 560.000 t en raíces.

El objetivo de este trabajo fue evaluar y conocer la concentración de estos compuestos bioactivos en el cultivo del espárrago.



## MATERIAL Y METODOS

Se planteó un estudio preliminar para saber qué cantidad de componentes activos tiene la esparraguera y cómo podría influir estos compuestos dependiendo de otros factores como ubicación, cultivar, fecha de recolección y años de la planta. Para ello, durante 2018 y 2019, se estudió las concentraciones de estos compuestos en cultivos de espárragos localizados en las provincias de Cádiz y Granada según recogemos en Tabla 1. Se trabajó con la hipótesis general que los cultivos de espárragos, tienen el siguiente ciclo en su fase productiva: periodo de recolección o cosecha de turiones de febrero a junio y periodo de libre vegetación o ciclo de crecimiento de junio a septiembre. A partir de este mes, en periodo de reposo vegetativo o maduración de frondes, se corta el riego y el abonado para favorecer el secado de la esparraguera. En enero siguiente cuando la planta está seca, se siega e incorpora los restos al terreno mediante trituradora, comenzando un nuevo ciclo de cultivo.

En la zona de Cádiz, se ha calculado el rendimiento de restos de esparragueras para 30.000 plantas·ha<sup>-1</sup>, siendo de 6.000 kilos de materia seca, generados a partir del peso de los frondes por planta de 200 a 500 gramos. Este rendimiento se ve afectado por el porcentaje de humedad con el que se vaya a triturar los frondes. Ensayos realizados para cultivares de ‘Herkolim®’ y ‘Primens®’, registraron pesos de sus frondes por planta de 1.660 a 1.920 gramos, siendo el peso seco de 500 gramos de muestra fresca de 27,4 gramos (materia seca %).

Los seis cultivares analizados fueron: ‘Herkolim®’ y ‘Primens®’ de la empresa Teboza, son híbridos 100 % macho, espárrago blanco con doble adaptación, ‘Grande verde F1®’ de Ramiro Arnedo, ‘Atticus®’ de Bejo Ibérica, variedad 100% macho para verde, ‘Alamo’ y ‘Triguero de Huétor-Tájar’. La edad de las plantaciones prospectadas oscilaron de 2 a 14 años. Las fechas y tipo de prospección, así como ubicaciones se muestran en la Tabla 1. En cada prospección se recolectó unidades enteras de plantas con raíces, incluyendo frondes y raíces que posteriormente serían procesados.

### Determinación de compuestos bioactivos

El material vegetal en el laboratorio, se conserva a -20°C hasta su posterior procesado y análisis. Los frondes se pican en porciones de 3 – 4 cm y se congelan en porciones de 1 kilo de peso aproximadamente. Las raíces se lavan para eliminar restos de tierra y se secan a temperatura ambiente antes de proceder a la congelación.

La extracción de flavonoides se llevó a cabo por homogeneización de la muestra con etanol 80% en proporción 1:4 (peso fresco). La identificación y cuantificación se realizó por HPLC-DAD (Hamdi et al, 2017).

La extracción de saponinas de las raíces se realiza por tratamiento con etanol similar al descrito para los flavonoides. El análisis de saponinas se realiza a partir de dicho extracto, siguiendo la metodología descrita por Vázquez-Castilla et al (2013) y la identificación y cuantificación se realiza por HPLC-MS.



**“El análisis estadístico de los resultados de saponinas mostró que ni la fecha de muestreo ni la localización influyen de forma significativa en el contenido de saponinas de las distintas muestras estudiadas”.**

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este estudio se han analizado un total de 14 muestras de frondes y 18 de raíz, procedentes de seis variedades de espárrago y cultivadas en distintas localizaciones que incluyen cuatro localidades de Cádiz y una en Granada. Las muestras se recolectaron en dos fechas diferentes en el caso de frondes y tres en el de las raíces.

La caracterización química de estos subproductos ha revelado que los frondes contienen cantidades significativas de antioxidantes, principalmente compuestos fenólicos tipo flavonoides; y las raíces son una excelente fuente de saponinas. Ambas familias de estos compuestos fitoquímicos son de gran interés desde el punto de vista bioactivo y resulta destacable el hecho de que en los subproductos del cultivo del espárrago estén presentes en cantidades muy superiores a las encontradas en la parte comestible o turión, cuantificándose en los frondes hasta cinco veces más flavonoides que en el turión y en las raíces hasta 10 veces más saponinas (Viera-Alcaide et al, 2020).

En cuanto a la influencia de distintos factores en la composición fitoquímica de los subproductos del espárrago, se ha encontrado que en la mayoría de las muestras de Cádiz hubo una disminución significativa de flavonoides durante el verano, a excepción de Grande-Doña Blanca, donde los contenidos de flavonoides no cambiaron. La tendencia fue justamente la contraria en las muestras de Granada, donde se observó un elevado incremento de flavonoides en otoño con respecto al primer punto de muestreo (mes de julio). Este hecho puede estar relacionado con el sistema de cultivo especial de esta zona donde, además de la cosecha en primavera, se realiza una segunda recolección a finales de verano. Esto provoca un mayor estrés a las plantas, las cuales se defienden aumentando la síntesis de metabolitos secundarios, entre los que destacan los flavonoides.

En cuanto a la composición de distintas variedades, no se encontraron diferencias significativas entre ellas. En la variedad ‘Grande’, que es la única de la que tenemos datos de diferentes zonas de cultivo, se puede concluir que la ubicación sí influye en la composición de flavonoides de las ramas de espárrago, como lo confirma el análisis de varianza multifactorial. El análisis estadístico de los resultados de saponinas mostró que ni la fecha de muestreo ni la localización influyen de forma significativa en el contenido de saponinas de las distintas muestras estudiadas. Centrándonos en la variedad ‘Grande’ sí que observamos que ambos factores influyen en la cantidad de saponinas cuantificadas en la raíz, disminuyendo estos fitoquímicos a lo largo del verano y otoño.

En las tablas 2 y 3 se muestran, respectivamente, la composición de flavonoides de frondes y saponinas de raíz.

En la actualidad se está evaluando el efecto de la incorporación del extracto de flavonoides a un producto cárnico curado (chorizo) y del extracto de fructanos a productos cocidos como las salchichas. La elaboración de estos productos se está desarrollando, dentro del proyecto AGL-2017-82428-R, con la colaboración del Grupo de Industrialización de Productos de Origen Animal (IPOA), del Departamento de Tecnología Agroalimentaria de la Universidad Miguel Hernández de Orihuela.

## REFERENCIAS

---

- ANUARIO DE ESTADÍSTICA AGRARIA, 2020. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- GARDE ADRIAN, ANDREA. Estudios de los hábitos de consumo de espárragos de los consumidores de la zona productora y de Pamplona. TFG, noviembre 2010. Universidad de Navarra.
- HAMDI, A., JARAMILLO-CARMONA, S., BEJI, R.S., TEJ, R., ZAOUI, S., RODRÍGUEZ-ARCOS, R., JIMÉNEZ-ARAUJO, A., KASRI, M., LACHAAL, M., BOURAOUI, N.K. & GUILLÉN-BEJARANO, R. (2017). The phytochemical and bioactivity profiles of wild *Asparagus albus* L. plant. Food Res. Intern, 99, 720-729.
- JAPÓN QUINTERO, JOSÉ. Hojas Divulgadoras. Número 17/86 HD. *Cultivo del espárrago para verde*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- VÁZQUEZ-CASTILLA, S., JARAMILLO-CARMONA, S., FUENTES-ALVENTOSA J.M., JIMÉNEZ-ARAUJO, A., RODRIGUEZ-ARCOS, R., CERMEÑO-SACRISTÁN, P., ESPEJO-CALVO, J.A., & GUILLÉN-BEJARANO, R. (2013). Optimization of a Method for the Profiling and Quantification of Saponins in Different Green Asparagus Genotypes. J. Agric. Food Chem, 61, 6250–6258.
- VIDAL MARTÍN, DESIDERIO. Hojas Divulgadoras, Número 23-58 H Diciembre 1958. Ministerio de Agricultura. *Cultivo del espárrago*.
- VIERA-ALCAIDE, I.; HAMDI, A.; RODRÍGUEZ-ARCOS, R.; GUILLÉN-BEJARANO, R.; JIMÉNEZ-ARAUJO, A. 2020. Asparagus Cultivation Co-Products: From Waste to Chance. Herald Scholarsly, 6, 57(doi: 10.24966/FSN-1076/100057).

**TABLAS**

**Tabla 1.** Muestras de frondes (F) y raíces (R) de espárragos.- Provincia de CÁDIZ y GRANADA. Campaña 2018 - 2019.

CULTIVAR	ORIGEN	UBICACIÓN	FECHAS DE MUESTREOS			
			EDAD PLANTA (AÑOS)	JUNIO- JULIO 2018	SEPT- OCTUBRE 2018	DIC 18 - ENERO 2019
HERKOLIM HI	IFAPA Chipiona	36.7475612 N -6.4045746 O	4	F y R	F y R	R
PRIMENS PI	IFAPA Chipiona	36.7475612 N -6.4045746 O	4	F y R	F y R	R
ALAMO AN	Cortijo La Negra Pto.Sta.M <sup>a</sup>	36.632665 N -6.276930 O	14	F y R		
GRANDE GM	Sonia Manrique Pto.Sta.M <sup>a</sup>	36.632737 N -6.258893 O	10		F y R	
GRANDE GDB	Poblado D <sup>a</sup> Blanca Pto.Sta. M <sup>a</sup>	36.619731 N -6.148597 O	2	F y R	F y R	
ATTICUS ADB	Poblado D <sup>a</sup> Blanca Pto.Sta. M <sup>a</sup>	36.619731 N -6.148597 O	2	F y R	F y R	
GRANDE GHT	Huétor-Tájar	37.196870 N -4.046830 O	10	F y R	F y R	R
TRIGUERO (Pobl.Húetor) THT	Huétor-Tájar	37.196870 N -4.046830 O	10	F y R	F y R	R

**Tabla 2.** Influencia de factores genéticos y medioambientales en el contenido de flavonoides de frondes de espárrago (g·kg<sup>-1</sup>).

	JUNIO - JULIO 2018				SEPTIEMBRE - OCTUBRE 2018			
F-HI	2,526	±	0,002	b D		1,056	±	0,001 a A
F-PI	2,989	±	0,172	b E		1,718	±	0,101 a B
F-AN	2,467	±	0,204	D				
F-GDB	1,595	±	0,081	a A		1,728	±	0,003 a B
F-ADB	2,401	±	0,012	b C		1,955	±	0,306 a B
F-GM						3,538	±	0,006 C
F-GHT	1,982	±	0,000	a B		6,062	±	0,142 b E
F-THT	2,329	±	0,001	a C		4,560	±	0,172 b D

**Tabla 3.** Influencia de factores genéticos y medioambientales en el contenido de saponinas de raíces de espárrago ( $\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$ ).

	JUNIO-JULIO2018			SEPTIEMBRE - OCTUBRE 2018			DICIEMBRE 18 - ENERO2019						
R-HI	1,964	±	0,166	b	C	3,385	±	0,183	c	D			
R-PI	1,739	±	0,060	b	B	1,299	±	0,082	a	A			
R-AN	1,392	±	0,083		A								
R-GDB	2,172	±	0,201	b	C	1,847	±	0,116	a	B			
R-ADB	3,094	±	0,275	b	D	2,416	±	0,198	a	C			
R-GM						2,447	±	0,164		C			
R-GHT	2,015	±	0,146	c	C	1,738	±	0,077	b	B			
R-THT	1,602	±	0,139	a	B	1,798	±	0,104	a	B			
									3,028	±	0,162	b	C

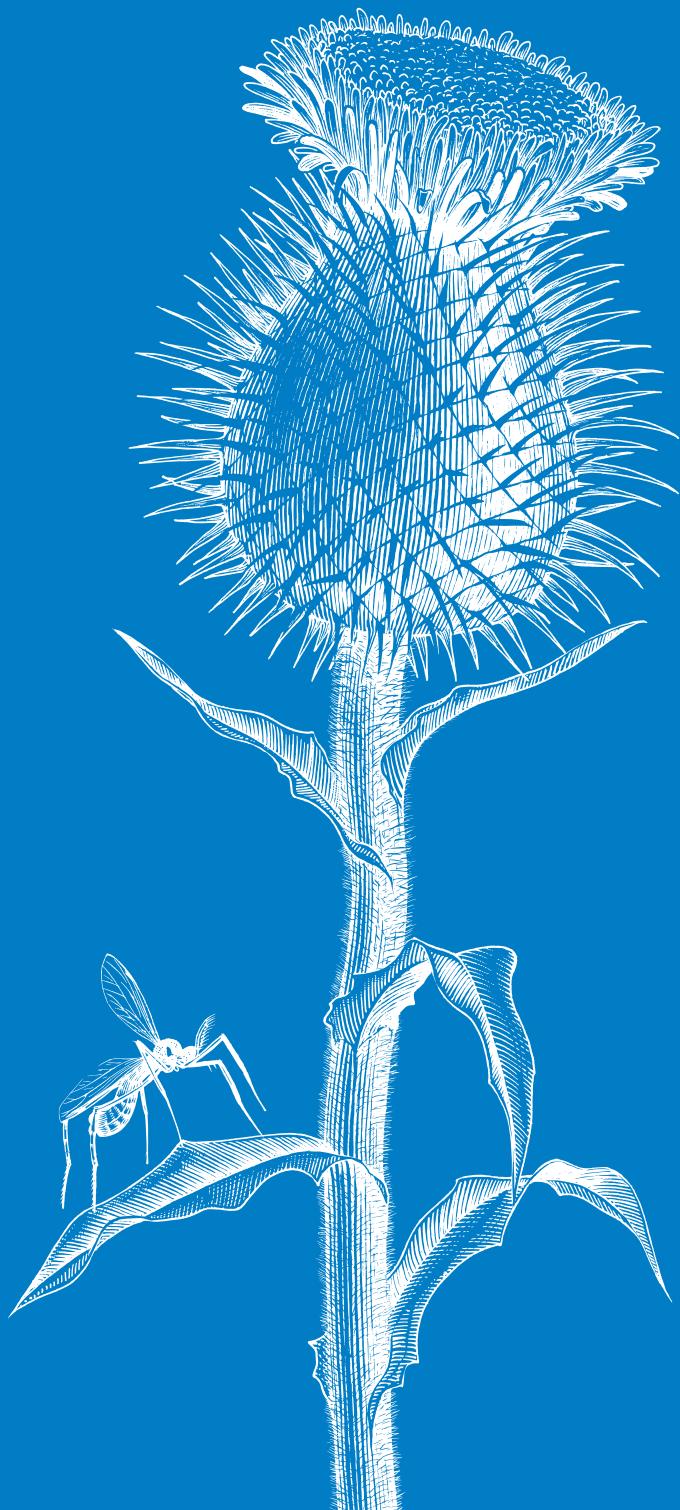
Tablas 2 y 3: Los valores, dentro de una fila, con la misma letra minúscula no son significativamente diferentes, al nivel del 5%, según el test de rango múltiple de Duncan.

Los valores, dentro de una columna con la misma letra mayúscula no son significativamente diferentes, al nivel del 5%, según el test de rango múltiple de Duncan.





# **MANEJO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES**



# **BEST4SOIL: CREACIÓN DE LA PRIMERA RED INTERNACIONAL SOBRE PREVENCIÓN Y CONTROL DE ENFERMEDADES EDÁFICAS**

**Marín-Guirao, J.I.<sup>1</sup>; García-García, M.C.<sup>1</sup>; Talavera-Rubia, M.F.<sup>2</sup>; de Cara-García, M.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>IFAPA Centro La Mojonera, Camino San Nicolás, 1, E04745, La Mojonera (Almería)

<sup>2</sup>IFAPA Centro Alameda del Obispo, Avenida Menéndez Pidal, s/n, E14004, Córdoba

---

## **RESUMEN**

---

Best4Soil “Boosting 4 BEST practices for SOIL health in Europe” es un proyecto financiado por la UE a través del programa Horizonte 2020, en el que participan expertos en salud de suelos agrícolas procedentes de 20 países europeos, siendo el Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera dependiente de la Junta de Andalucía (IFAPA), el organismo que representa a España y lidera la zona Mediterránea. El proyecto dio comienzo en octubre de 2018, y su principal objetivo es la creación de la primera red temática internacional sobre salud de los suelos agrícolas en Europa. Así, Best4Soil promueve y divulga el conocimiento existente, acerca de las que se han considerado mejores prácticas de manejo de los suelos agrícolas, que permiten la prevención y el control de enfermedades edáficas. Como prácticas preventivas figuran las rotaciones de cultivos, la incorporación de enmiendas orgánicas, el compostaje/vermicompostaje, y el uso de abonos verdes y cubiertas vegetales, mientras que las prácticas proactivas de control de patógenos promovidas, son la biofumigación, la (bio)solarización, y la desinfección anaeróbica de suelos.

Para la transferencia de conocimiento sobre estas prácticas, se han generado una serie de herramientas editadas en 22 lenguas de la UE, tales como videos tutoriales, fichas técnicas divulgativas, y dos bases de datos online que permiten diseñar rotaciones de cultivo en función del historial de nematodos y patógenos de origen edáfico de la explotación, todo de acceso libre. Además, se vienen llevando a cabo múltiples actividades divulgativas y formativas dirigidas a los distintos actores del sector agrícola (técnicos, productores, investigadores, educadores, estudiantes, empresas, etc.), y se incentiva la creación de las denominadas “comunidades de práctica”, todas ellas sobre las prácticas agrícolas propuestas y en torno a los principales conceptos y fundamentos de la salud de los suelos cultivados. Así mismo, se han realizado diversas acciones promocionales mediante publicaciones acerca del proyecto en distintos medios, tales como revistas de divulgación científico-técnica, portales agrícolas, notas de prensa etc. Igualmente se han establecido contactos con sociedades científicas y otros grupos interesados que guardan relación con el proyecto.

El presente trabajo, detalla los materiales, herramientas y contenidos generados durante el proyecto, así como el impacto y el alcance de las actividades de diseminación, formación y trabajo en red desarrolladas por la red Best4Soil a nivel europeo, y, con mayor detalle, en España.

**Palabras clave:** *abono verde, biofumigación, biosolarización, compost, cubierta vegetal, desinfección anaeróbica, red temática, rotación de cultivos, salud del suelo, vermicompost.*

## INTRODUCCIÓN

El uso agrícola intensivo del suelo ha propiciado la perdida de fertilidad y la aparición de fenómenos de fatiga, así como la proliferación de organismos fitopatógenos, que provocan cuantiosas pérdidas de producción en numerosos cultivos. La pérdida de salud del suelo constituye así uno de los mayores desafíos a la seguridad alimentaria del planeta y la preservación de los ecosistemas.

De acuerdo con datos del Centro Común de Investigación y la Misión sobre la Salud del Suelo y Alimentación de la Comisión Europea (2020), se estima que la producción de más del 95% de nuestros alimentos guarda relación con el suelo, y, sin embargo, entre el 60-70% de los suelos europeos son considerados actualmente insalubres en cuanto a la presencia de materia orgánica y minerales necesarios para la formación de nutrientes para las plantas y los microorganismos, y cerca de 1/3 del suelo no es apto para producir alimentos debido a la pérdida de salud. Así, la Unión Europea a través de su Programa Marco “Horizonte 2020”, ante la apremiante necesidad de desarrollar y aplicar nuevas prácticas agrarias que ayuden a la mejora de la salud de los suelos agrícolas europeos, ha financiado, dentro de la convocatoria CSA de apoyo y coordinación para la creación de redes temáticas (H2020-RUR-2018-1) el proyecto Best4Soil “Boosting 4 BEST practices for SOIL health in Europe” en el que participan expertos en salud de suelos agrícolas procedentes de 20 países europeos, y que tiene como principal objetivo la creación de una red temática internacional con el fin último de mantener, mejorar, o restablecer la salud del suelo agrícola en Europa.

El presente trabajo tiene como principal objetivo presentar el proyecto Best4Soil, y detallar todos los materiales, herramientas y contenidos generados durante su desarrollo, así como el alcance de las actividades de diseminación, formación y trabajo en red desarrolladas por la red Best4Soil a escala europea, y, con mayor detalle, en España.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El foco de Best4Soil se ha puesto en la creación de una red temática en materia de salud de suelos, construida con expertos de cada uno de los países participantes, partiendo de materiales divulgativos y técnicos de diversa índole, generados durante el primer año del proyecto, y dirigidos a técnicos, agricultores y formadores en agricultura y agronomía principalmente, pero también en cierta medida a la administración y empresas relacionadas con el suelo y la salud de las plantas.

## Red temática

El equipo de expertos que compone el consorcio de Best4Soil, incluye a técnicos, agricultores, comunicadores, educadores, genetistas e investigadores con variedad de puntos de vista y experiencias, enriqueciendo el principal objetivo de esta red: interconectar y compartir el conocimiento respaldado científica y técnicamente, y listo para su aplicación, en materia de salud del suelo con los distintos actores del sector agrícola. Debido a las diferencias entre sistemas productivos, así como de las casuísticas en materia de sanidad vegetal dentro del territorio europeo, Best4Soil está organizado en 4 sub-redes de trabajo atendiendo a la clasificación por zonas climáticas de la EPPO/OEPP (Organización Europea para la Protección Vegetal): zona Marítima, zona Mediterránea, zona Nororiental y zona Suroriental. El consorcio final Best4Soil, está compuesto por 12 socios y 12 facilitadores en 20 países diferentes. En cada zona existe un coordinador por subred, que gestiona las necesidades y acciones de cada país en su región, siendo el coordinador en la zona Mediterránea el IFAPA (en colores en Tabla 1).

La red empezó a tejerse a inicios de 2020, tras estar disponibles los materiales divulgativos, formando a los facilitadores en su uso para la difusión de la información relativa a las mejores prácticas para la salud del suelo.

Desde el proyecto, se ha invitado a cualquier persona interesada, a formar parte de la red mediante su participación en cualquiera de las actividades organizadas en el proyecto, o a través del registro en su página web. El registro en la red permite a sus miembros estar en comunicación y recibir información sobre los materiales generados o promovidos desde el proyecto, además de recibir comunicaciones de manera periódica con información relevante en materia de salud de suelo.

## Materiales divulgativos

En el primer año del proyecto se trabajó en la creación de dos tipos de materiales comprensibles para cualquier profesional del sector, por un lado 18 vídeos de duración reducida donde se explican los aspectos más relevantes sobre las prácticas promovidas en el proyecto, y 18 hojas divulgativas relacionadas con los temas de los vídeos, donde se amplía la información proporcionada por los primeros. Ambos materiales se encuentran alojados en la página web del proyecto, ([www.best4soil.eu](http://www.best4soil.eu)). Todos los materiales citados, al igual que la página web fueron traducidos a 22 idiomas diferentes de la UE, de tal modo que cualquier ciudadano interesado puede acceder a ellos de manera gratuita. Los vídeos se han alojado en un canal de Youtube también creado *ex profeso*.

Durante el segundo año del proyecto, se han generado nuevos materiales que se han ido subiendo a la página web, también con sus correspondientes traducciones. Entre estos materiales destacan dife-



rentes Blogs, que incluyen enlaces a otros vídeos y materiales infográficos con montajes con patógenos edáficos y síntomas.

### Bases de datos

---

Aprovechando la experiencia de los miembros del proyecto, se ha creado una herramienta accesible online, consistente en dos bases de datos para la toma de decisiones en el diseño de rotaciones de cultivos adaptadas al historial de nematodos parásitos o de hongos patógenos presentes en el suelo. Estas bases de datos se han construido tras una exhaustiva revisión bibliográfica, combinando las relaciones hospedante x nematodo y hospedante x patógeno para 70 cultivos que incluyen a hortícolas, herbáceas y abonos verdes/cubiertas vegetales, y se conectan con 32 especies de nematodos y 137 patógenos. Los criterios para la determinación de los daños y del estatus del hospedante respecto del patógeno/nematodo han sido la existencia de al menos 5 publicaciones científicas citando dicho estatus en un mismo sentido. Cuando se han encontrado publicaciones con resultados contradictorios no se ha definido el estatus, quedando señalado en el informe como casilla ‘en blanco’ o con una ‘?’. Las bases de datos son accesibles desde la página web del proyecto (<https://www.best4soil.eu/database>).

### Divulgación en canales de información tradicionales y virtuales

---

El proyecto, y las prácticas por él promovidas, se ha presentado en los 20 países participantes en diferentes tipos de foros: congresos técnicos, periódicos y revistas técnicas, medios de prensa locales, etc.

También se ha hecho una campaña de comunicación muy activa en 3 redes sociales: Facebook, Twitter y LinkedIn, además del citado canal de Youtube. El equipo ha creado contenidos en redes sociales todas las semanas a partir del segundo año del proyecto.

### Divulgación mediante reuniones, jornadas y talleres

---

Cada miembro y facilitador del proyecto ha organizado jornadas, reuniones y talleres sobre aspectos generales o concretos relacionados con la salud del suelo o con alguna de las prácticas promovidas. Tras la situación sobrevenida por la pandemia ocasionada por COVID-19, se ha incrementado el número de acciones de este tipo en su formato virtual. Dichas actividades han contado con agricultores, y técnicos como principales participantes. A partir de algunos de estos talleres se han creado comunidades de práctica de entre 4 y 8 miembros, que actualmente están activas y abordan temas concretos mediante la práctica de alguna de las metodologías promovidas en el proyecto.

Se celebraron cuatro talleres (*workshops*) regionales que se organizaron para cada una de las 4 zonas EPPO, en formato virtual y multilingüe.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Página Web

El número total de usuarios de la página web de Best4Soil asciende amás de 42.000 usuarios, considerando todos los países participantes. Entre ellos, el país con mayor número de usuarios es España, con más de 4.800 usuarios, seguido por Holanda e Italia que cuentan con aproximadamente 4.500 y 4.000 usuarios, respectivamente (Figura 1). La Figura 2 muestra la evolución de los usuarios de la página web oficial de Best4Soil en España, en la que se aprecia un fuerte incremento coincidiendo con la celebración del workshop regional de la Zona Mediterránea. En cuanto a la distribución por comunidades autónomas de las sesiones en la página web Best4Soil en España, destaca ampliamente Andalucía, comunidad que concentra más de la mitad de las sesiones (Figura 3). Los usuarios de la página web acceden a la misma principalmente por medio de ordenadores (61%), y a través del teléfono móvil (37%). Tan solo el 2% usa la Tablet para el acceso (Figura 4).

### Videos de YouTube

El número total de visualizaciones de los vídeos de Best4Soil alojados en el canal de YouTube supera las 192.000 (Figura 5). Destacan Alemania e Italia, ambos con más de 32.000 visualizaciones, mientras que España con cerca de 11.400 figura como el séptimo país en número de visualizaciones.

El grupo de edad con mayor representación entre las personas que deciden ver los videos es el de 25-34 años (26,3%), que junto con el grupo de 35-44 años, suponen la mitad de las visualizaciones (Figura 6). Los mayores de 65 años representan únicamente el 3%, mientras que los grupos de usuarios con edades 18-24 años y 45-54 representan el 17% y 19%, respectivamente. Una gran mayoría de las visualizaciones se lleva a cabo a través del teléfono móvil y el ordenador (46% y 41%, respectivamente), siendo muy inferiores las visualizaciones realizadas a través de una tablet o televisión (Figura 7).

El vídeo más visualizado en lengua española es el titulado “Materia Orgánica del Suelo-Información Práctica” que ha sido visto en más de 13.000 ocasiones. A continuación, el vídeo “Rotación de Cultivos-Información Práctica” cuenta con algo más de 8.000, el vídeo con título “Abonos Verdes y Cubiertas Vegetales-Información Práctica” con cerca de 6.000, y el video “(Bio)solarización-Ventajas y Desventajas” en torno a 4.000 vistas. El resto de vídeos en español ha sido visto en menos de 2.000 ocasiones.

### Redes Sociales

Actualmente, la página de Best4Soil en Facebook cuenta con más de 1.290 seguidores, de los que el 54% son hombres y el 44% mujeres (Figura 9). El reparto por grupos de edad muestra una distribución similar para los dos géneros, siendo en ambos casos el grupo de 35-44 años el de mayor representación (18% y 13% sobre el total de seguidores para hombres y mujeres respectivamente). Considerando ambos géneros, el 77% de los segui-

**“La transferencia de la información al sector agrícola es un aspecto fundamental de la investigación aplicada”.**



dores se encuentra en edades comprendidas entre 25-54 años. Las visitas a la página de Best4Soil en Facebook se muestra bastante estable a lo largo de su existencia, y parecen incrementarse notoriamente coincidiendo con las fechas de celebración de los workshops regionales (Figura 10). El número de personas que han interactuado con la página (usuarios individuales) supera las 25.100, mientras que el número de veces que cualquier contenido de una publicación o historia de la página o sobre la página ha aparecido en la pantalla de alguna persona a través de una distribución no pagada, está por encima de 151.000 (recuento total).

El perfil de Best4Soil en Twitter (@Best4Soil) cuenta con un total de 676 seguidores. Desde inicios del 2020 hasta septiembre de 2021, dicho perfil ha recibido más de 21.500 visitas, y los Tweets publicados han alcanzado cerca de 260.000 impresiones (Figura 11).

### Acciones Promocionales y Eventos-Reuniones

La Tabla 2 resume el número total de acciones promocionales sobre el proyecto Best4Soil y las prácticas promovidas que se han llevado a cabo hasta la fecha por los países incluidos en cada una de las 4 zonas de trabajo, así como el número de eventos (jornadas, talleres, reuniones) celebrados en las mismas. La zona Mediterránea destaca en número de acciones promocionales (78), principalmente debido al elevado número de acciones desarro-

lladas en España, donde hasta la fecha se han ejecutado 63, que incluyen publicaciones en revistas divulgativas de índole agrícola, portales web agrícolas, noticias en periódicos con distinto alcance geográfico, así como en páginas de la administración andaluza, dosiers de la Red Rural Nacional, vídeos promocionales usados en eventos agrícolas, y más.

El número de eventos (presenciales y en “streaming”) celebrados en las Zonas Marítima y Suroriental (69 y 63, respectivamente) es superior a los celebrados en las Zonas Mediterránea y Nororiental (50 y 33, respectivamente). El número de participantes en los eventos presenta la misma tendencia. Al respecto, debe considerarse que el número de países que se incluyen en las primeras zonas citadas (i.e. Marítima y Suroriental), 6 en cada caso, es superior a las otras dos zonas que están conformadas por 4 países en ambos casos. Al respecto, y considerando todos los países que participan en el proyecto, destaca España, país en el que hasta la fecha se han celebrado 25 eventos que han contado con un total de 345 participantes. Entre los eventos celebrados en España figura la celebración de jornadas destinadas a agricultores, jóvenes agricultores y técnicos agrícolas, entre las que se encuentran talleres prácticos sobre temáticas como el uso de restos vegetales del cultivo como enmienda orgánica, la (bio)solarización o el uso de abonos verdes con propiedades biofumigantes, entre otros. También se ha desarrollado una jornada de divulgación organizada por el Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Agrícolas de Almería, y otras con

alumnos y docentes de Universidad (Máster y Doctorado), así como de centros de Formación Profesional de la rama agrícola. Otros eventos con investigadores se han celebrado por iniciativa de la Red Rural Nacional, o recurriendo a Congresos y Jornadas Técnicas de temática agrícola. Además, resulta relevante citar el interés de un Ayuntamiento del centro peninsular (Villa del Prado) que propició una reunión virtual con agricultores y técnicos de la zona, o el mostrado por una S.A.T. en Almería (Costa de Níjar) para celebrar una jornada sobre biosolarización destinada a sus técnicos y agricultores.

Como muestra la Tabla 3, hubo un gran interés por los workshops regionales de Best4Soil, en los que el número de asistentes y registrados, así como los contactos directos entre los mismos, fueron relevantes. Los días 1 y 2 de diciembre se celebró el Workshop Online regional de Best4Soil de la zona mediterránea, organizado por IFAPA, que tuvo la peculiaridad de transcurrir en simultáneo en 4 países (España, Italia, Francia y Grecia-Chipre) con presentaciones y discusiones en lengua local, y convergiendo todos los países en una misma sala virtual al final de las sesiones para la discusión plenaria en lengua inglesa.

## CONCLUSIONES

La transferencia de la información al sector agrícola es un aspecto fundamental de la investigación aplicada, que necesita de apoyos para llegar a buen término. El proyecto Best4Soil es un ejemplo de acción multiactor, multilingüe y multimedia, para permitir el acceso a agricultores, técnicos y otros agentes del sector, a información novedosa, relevante, y de valor científico, en el ámbito de la salud del suelo, un tema de alto interés actual en el marco de la UE. En el proyecto se han abordado diferentes medios de divulgación e intercambio de información de y entre profesionales de 20 países de la propia UE, creando unos flujos de conocimiento de considerable valor, desde el punto de vista de la transferencia de la técnica, y de la práctica por parte de los usuarios finales (productores). Los resultados de este concepto de red temática, ponen en evidencia el amplio alcance de las diferentes vías de transferencia actualmente disponibles, rompiendo las barreras lingüísticas, que son comunes para los profesionales de la mayoría de países miembros de la UE. El ejemplo del alcance de estas prácticas en nuestro país, es un reflejo de ello.

## AGRADECIMIENTOS

Trabajo realizado dentro del proyecto ‘Boosting 4 BEST practices for SOIL health in Europe’ (BEST4SOIL) que ha recibido financiación del Programa Horizonte 2020 de la Unión Europea como Acción de Coordinación y Apoyo, bajo GA nº 817696.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EUROPEAN COMMISSION. 2020. What do you know about soil?. Horizon Europe, Mission Area Soil Health and Food. [https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/research\\_and\\_innovation/strategy\\_on\\_research\\_and\\_innovation/documents/he\\_missions\\_soil\\_quiz\\_eng.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/research_and_innovation/strategy_on_research_and_innovation/documents/he_missions_soil_quiz_eng.pdf).

## TABLAS

**Tabla 1.** Países participantes en el proyecto Best4Soil.

PAÍS	INSTITUCIÓN
<b>ZONA SURORIENTAL</b>	
Austria	<b>FiBL (Líder zona Sureste)</b>
Bulgaria	BIOSELENA
República Checa	IOASLM
Hungría	ÖMKi
Serbia	IPEP
Eslovaquia	UNIVERSITY OF NITRA
<b>ZONA NORORIENTAL</b>	
Polonia	<b>WROC (Líder zona Noreste)</b>
Estonia	Freelance
Letonia	LRATC
Lituania	LAMMC

**Tabla 1.cont.** Países participantes en el proyecto Best4Soil.

PAÍS	INSTITUCIÓN
<b>ZONA MARÍTIMA</b>	
Dinamarca	<b>SEGES (Líder zona Marítima)</b>
Alemania	PHP
Irlanda	TEAGASC
Suiza	WBF
Países Bajos	DELPHY
Reino Unido	AHDB
<b>ZONA MEDITERRÁNEA</b>	
España	<b>IFAPA (Líder zona Mediterránea)</b>
Chipre	Lacon Ltd
Francia	Ctifl
Italia	CRPV

**Tabla 2.** Acciones promocionales del proyecto Best4Soil y las prácticas de manejo del suelo promovidas, y eventos de divulgación mediante reuniones, jornadas y talleres en las 4 zonas o sub-redes de trabajo. Los datos referidos a España se muestran dentro de paréntesis.

ZONA	ACCIONES PROMOCIONALES	ASISTENCIA/ORGANIZACIÓN DE REUNIONES (PRESENCIALES Y EN “STREAMING”)	PARTICIPANTES EN REUNIONES
Marítima	35	69	1637
Suroriental	53	63	2196
Mediterránea (España)	78 (63)	50 (25)	882 (345)
Nororiental	2	33	564

**Tabla 3.** Workshops regionales organizados en las 4 zonas o sub-redes de trabajo. Los datos referidos a asistentes en España se muestran dentro de paréntesis.

ZONA	FECHA	REGISTROS	ASISTENTES	ENCUENTROS “ONE-TO-ONE”	CONVERSACIONES “ONE-TO-ONE”
Marítima	10/11 Dic 2020	443	316	16	41
Suroriental	18/19 Nov 2020	636	375	19	68
Mediterránea (España)	1/2 Dic 2020	547	366 (133)	25	78
Nororiental	4/5 Mar 2021	932	680	5	28

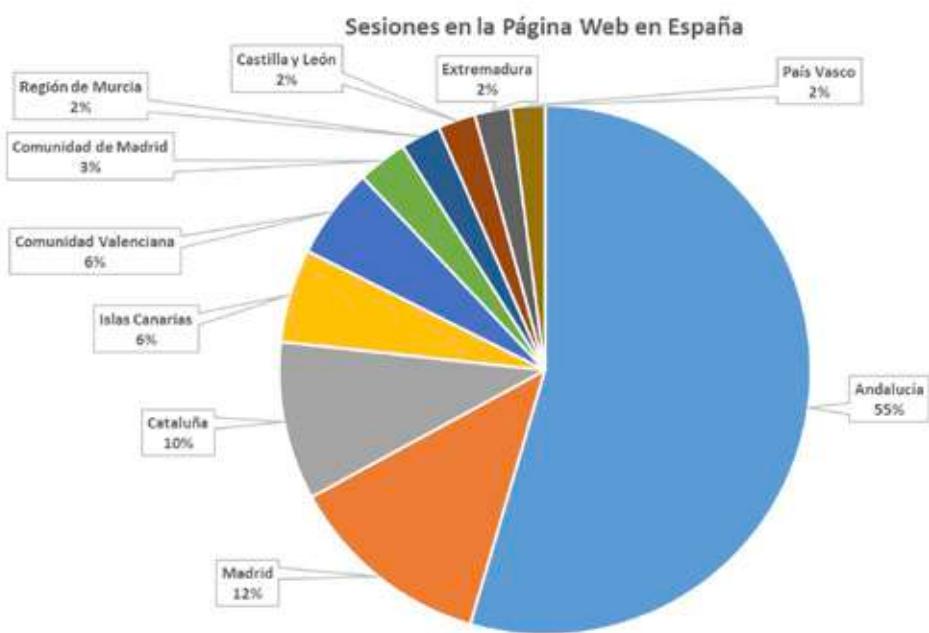
## FIGURAS



**Figura 1.** Número de usuarios de la página web oficial de Best4Soil en los países participantes a 30 de septiembre de 2021.



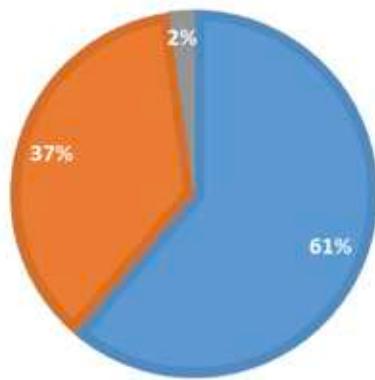
**Figura 2.** Usuarios diarios de la página web oficial de Best4Soil en España (Periodo Julio '20-Octubre '21).



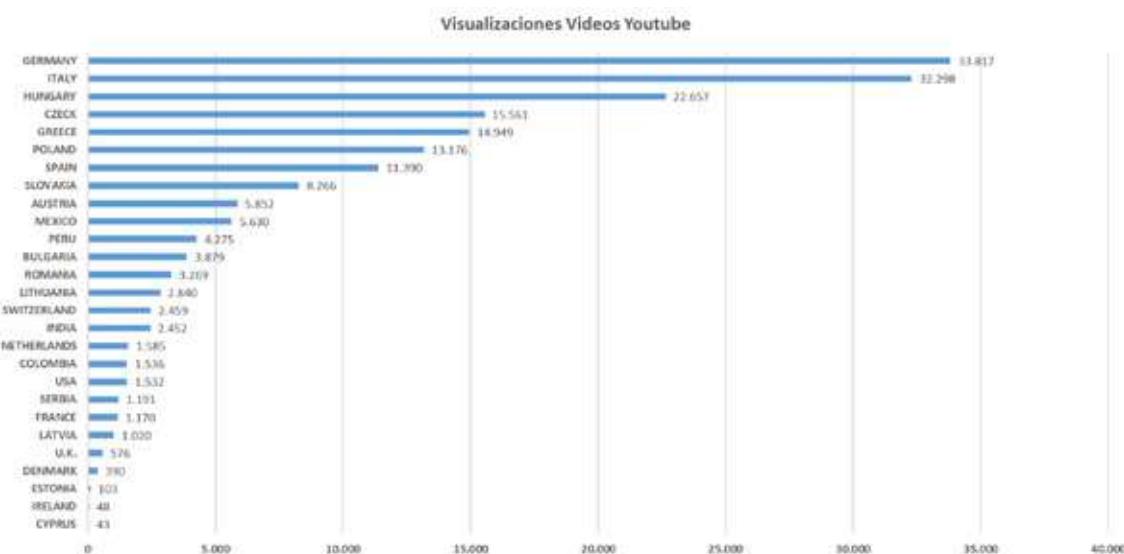
**Figura 3.** Distribución por comunidades autónomas de las sesiones en la página web oficial de Best4Soil en España.

## DISPOSITIVOS USADOS (ACCESO PÁGINA WEB)

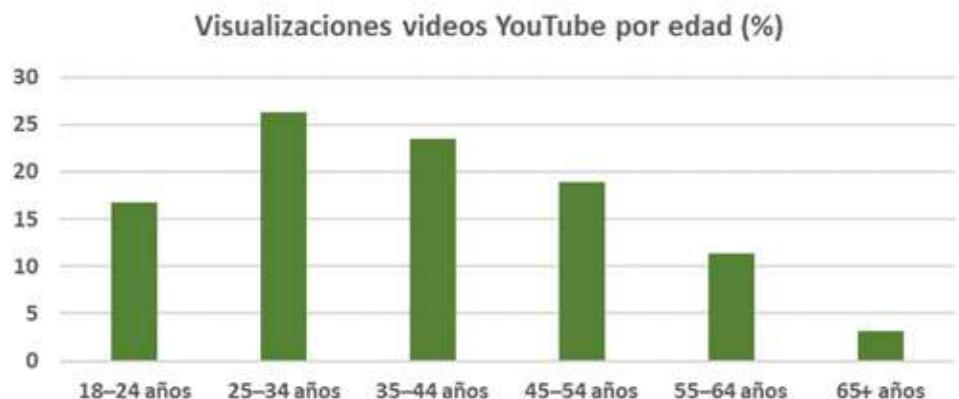
■ Ordenador ■ Teléfono Móvil ■ Tablet



**Figura 4.** Dispositivos utilizados por los usuarios de la página web oficial de Best4Soil.

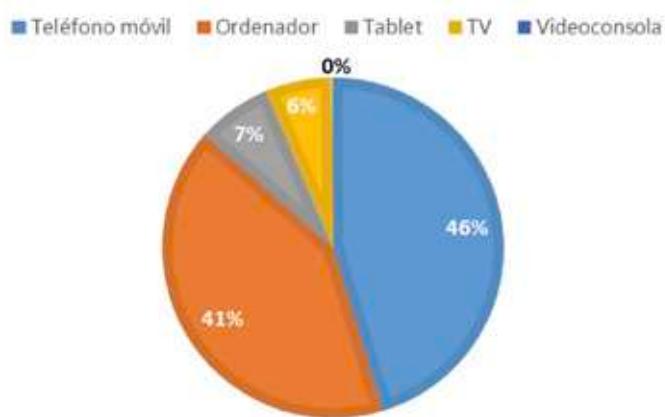


**Figura 5.** Visualizaciones de los videos de Best4Soil alojados en el canal de Youtube en función de los países, a fecha 30 de septiembre de 2021.



**Figura 6.** Distribución de las visualizaciones de los videos de Best4Soil alojados en un canal de Youtube por franja de edad (%).

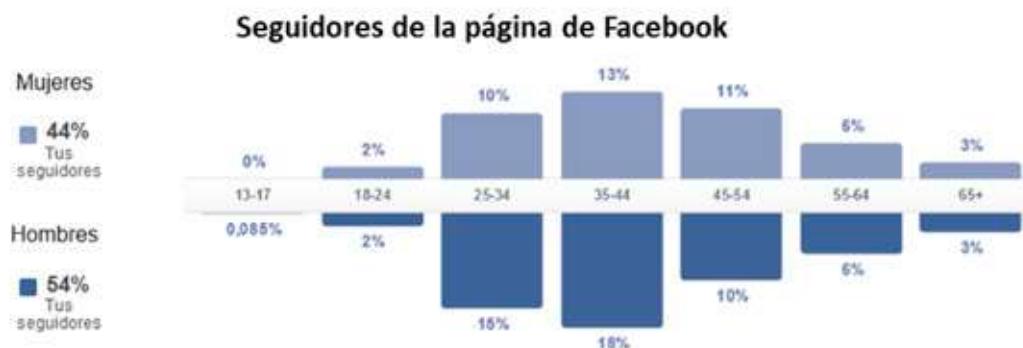
#### DISPOSITIVOS USADOS (YOUTUBE VIDEOS)



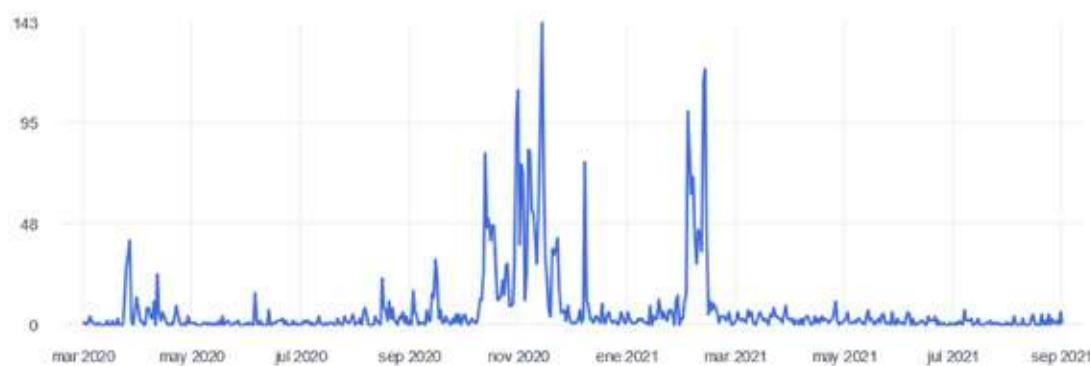
**Figura 7.** Dispositivos utilizados para visualizar los videos de Best4Soil alojados en el canal de Youtube.



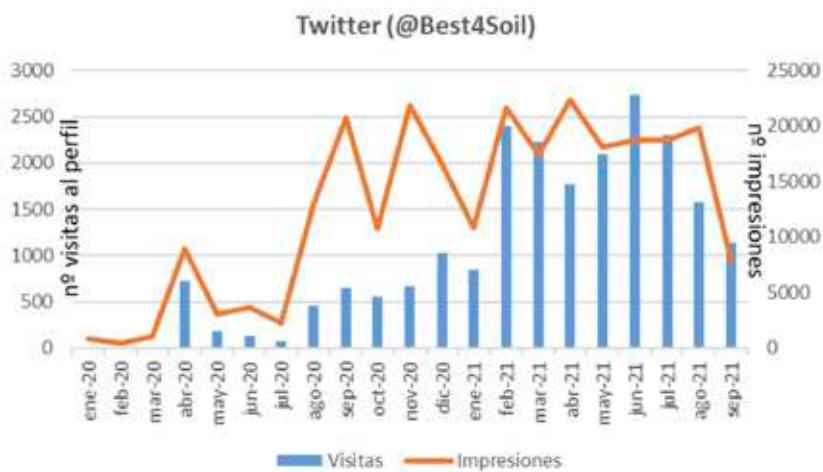
**Figura 8.** Número de visualizaciones de los videos de Best4Soil en español alojados en un canal de Youtube a fecha 30 de septiembre de 2021.



**Figura 9.** Proporción de seguidores de la página de Best4Soil en Facebook, agrupadas por edad y sexo.



**Figura 10.** Evolución de las visitas diarias a la página de Best4Soil en Facebook (Periodo Marzo '20-Septiembre '21).



**Figura 11.** Visitas mensuales al perfil de Best4Soil en Twitter (@Best4Soil) e impresiones mensuales de los Tweets publicados, considerados como el recuento total de todas las veces que estos han sido vistos. (Periodo Enero '20-Septiembre '21)

# GRAVEDAD DE LA VERTICILOSIS DE LA BERENJENA BAJO DIFERENTES CONDICIONES AMBIENTALES

Gómez-Vázquez, J.

IFAPA Centro La Mojónera. Almería. España

## RESUMEN

La berenjena es una especie hortícola que se cultiva sobre todo bajo invernadero en la provincia de Almería. Hace años la Verticilosis se manifestaba al inicio del invierno, pero en los últimos, parece manifestarse incluso en los meses cálidos del año. El objetivo del estudio fue estimar la gravedad de la enfermedad bajo diferentes condiciones ambientales. Los cuatro aislados de *V. dahliae* inoculados causaron síntomas en las cuatro condiciones ambientales dadas. Los primeros síntomas se observaron a los 8-20 días después de la inoculación y tres semanas más tarde, todos los aislados patógenos habían causado síntomas más o menos graves y generalizados que afectaron a todas las plantas inoculadas. Los índices de enfermedad más elevados ocurrieron a las 4-6 semanas ddi, pero posteriormente la mayoría de las plantas formaron nuevos brotes y parte de los síntomas revertieron. La enfermedad a la temperatura media de 18,8 °C (IEM=4,6) fue más grave que a 23,4 °C (IEM=1,0), que a 22,5 °C (IEM=2,4) y que a 15,7 °C (IEM=3,3). La manifestación de la enfermedad fue más grave en el experimento en el que la temperatura media estuvo próxima a los 19 °C.

## INTRODUCCIÓN

La berenjena (*Solanum melongena* L.) es una especie hortícola de la familia de las solanáceas que se cultiva bajo invernadero en la provincia de Almería (2300 ha en el 2017) (MAPAMA, 2019). La sospecha de la presencia de la Verticilosis de la berenjena en los cultivos del sudeste es bastante antigua (Serrano, 1976) y el aislamiento frecuente del patógeno de los haces vasculares de las plantas enfermas también (Cuadrado y Gómez, 1983). Aunque la primera cita de la enfermedad causada por *Verticillium dahliae*, en España y más concretamente en el sudeste, causando síntomas de amarillez de las hojas, necrosis foliar y vascular, marchitez y muerte de las plantas es muy reciente (Gómez y col., 2020).

De forma general era frecuente el observar los primeros síntomas de la enfermedad a partir de mediados del mes de noviembre, coincidiendo con la disminución de las temperaturas, en el que las plantas enfermas amarilleaban, marchitaban y en ocasiones incluso morían. Sin embargo, se tienen noticias de que en los últimos años, la enfermedad parece más grave y se manifiesta en ocasiones incluso en los meses todavía cálidos del año, a finales del mes de septiembre cuando las temperaturas en el invernadero son todavía muy altas.

*V. dahliae* causa en España la Verticilosis de especies hortícolas y no hortícolas. En la actualidad, la Verticilosis en nuestro país supone un problema para los cultivos de algodón, girasol, melocotonero, tomate, pimiento y sobre todo en olivo, en el que constituye actualmente sin lugar a duda, el problema sanitario más importante de su cultivo (Tello, 1984; Jiménez-Díaz y col., 2009). La gravedad de la enfermedad en el cultivo del olivo se achaca a las innovaciones tecnológicas introducidas en el cultivo y a la extensión del patotipo defoliante de *V. dahliae* (Jiménez-Díaz y col., 2009). Patotipo mucho más agresivo y que además tiene un óptimo térmico de crecimiento algo superior que el patotipo no defoliante (Bejarano y col., 1996).

El objetivo del trabajo fue estimar la gravedad de la enfermedad y evaluar la agresividad de diversos aislados bajo diferentes condiciones ambientales.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Para estimar la gravedad de la enfermedad bajo diferentes condiciones ambientales se realizaron cuatro experimentos en un invernadero de ambiente semicontrolado de tipo túnel con cubierta de policarbonato de 100 m<sup>2</sup> con orientación E-O de su parte más larga, dotado de ventilación lateral, de refrigeración por pantalla de evaporación de agua “cooling system” y de automatismos para su gestión, situado en el Centro IFAPA La Moljonera. Los experimentos se realizaron en contenedores de polietileno blanco de 1 L de capacidad rellenos con vermiculita. Las siembras de las semillas de berenjena del cv. Cristal se realizaron, después de su pregerminación sobre microtacos de lana de roca, el 4 de febrero (invierno), 3 de mayo (primavera), 6 de agosto (verano) y 4 de noviembre (otoño) de 2019. Como sistema de riego se utilizó un depósito de 1 m<sup>3</sup> de capacidad donde se preparó la solución final de riego, que mediante una bomba y con la ayuda de un reloj programable, aportó la solución nutritiva con un sistema de goteros con microtubo y piqueta a cada planta. En los experimentos se utilizó un agua de 0,5-0,6 dS m<sup>-1</sup> de conductividad eléctrica.

Las inoculaciones se realizaron entre los 18 y 36 días después de la siembra (dds), cuando las plantas tenían entre 2 y 4 hojas verdaderas, introduciendo los microtacos y el sistema radical de las plantas en una suspensión del hongo en agua destilada contenido de 0,9-2,3 × 10<sup>6</sup> conidias/ml durante 30 minutos. Las plantas se inocularon con cinco aislados monosporicos codificados como Be01M, Be02M, Be123M, Be211M, Be4P18M y Be531M. El inóculo se preparó cultivando los diversos aislados crecidos durante un mes en placas de Petri con medio de cultivo PDA. Con diseño experimental en tres bloques completos al azar, las parcelas elementales estuvieron constituidas por 4 plantas colocando dos en cada contenedor. Como testigos se usaron plantas sin inocular.

La patogenia se valoró mediante observaciones semanales de síntomas, anotando la amarillez de las hojas, marchitez y muerte de las plantas con la siguiente escala: 0= sin síntomas; 1=clorosis de las hojas bajas; 2= Clorosis del 30-50% de las hojas; 3= clorosis de más del 50% de las hojas; 4= clorosis generalizada y necrosis de las hojas y/o marchitez



**“Los síntomas observados en las plantas enfermas fueron: clorosis y necrosis foliar y defoliación”.**

de la planta; y 5= muerte de la planta. Posteriormente se intentó el reaislamiento del patógeno en algunas de las plantas. Las comparaciones entre medias se realizaron por la más pequeña diferencia significativa (LSD).

Las temperaturas del ambiente interior del invernadero y del sustrato se tomaron mediante termistores PT109 cada 10 minutos, registrándose los datos en un datalogger modelo CR200X (Campbell Scientific Ltd).

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados sobre el poder patógeno de los aislados inoculados se detallan en la Tabla 1. Cuatro aislados de los cinco inoculados resultaron patógenos. Los primeros síntomas se iniciaron entre los 8 y 20 días después de la inoculación (ddi). La evolución de los síntomas en las plantas fue muy rápida, a las tres semanas ddi, todos los aislados patógenos habían causado síntomas graves y generalizados que afectaron a todas las plantas inoculadas. Los índices de enfermedad más elevados ocurrieron a los 29-45 ddi y fueron de 4,6, 4,5, 4,7 y 4,7 para el experimento iniciado en invierno ( $IEM=4,6$ ); de 0,6, 1,0, 1,5 y 1,0 para el iniciado en primavera ( $IEM=1,0$ ); de 2,7, 1,4, 2,9 y 2,5 para el de verano ( $IEM=2,4$ ); y de 3,50, 3,33, 3,25 y 3,25 para el de otoño ( $IEM=3,3$ ), para los aislados Be123M, Be211M, Be4P18M y Be531M, respectivamente.

Sin embargo, pocos días después un número significativo de plantas, en unos experimentos con más rapidez que en otros, comenzaron a formar nuevos brotes en los nudos de los tallos y parte de los síntomas revirtieron, aunque las plantas enfermas mostraron siempre un apreciable menor crecimiento que el testigo. Los índices de enfermedad en la última evaluación de síntomas fueron de 1,9, 2,3, 3,3 y 2,4 para el experimento iniciado en invierno ( $IEM=2,5$ ); de 0.3, 0.3, 0.5 y 0.4 para el de primavera ( $IEM=0,4$ ); de 1.2, 1.0, 1.3 y 1.1 para verano ( $IEM=1,2$ ); y de 2,33, 1,75, 2,58 y 1,42 para el de otoño ( $IEM=2,0$ ), al finalizarse los experimentos a los 71, 48, 71 y 73 ddi y para los aislados Be123M, Be211M, Be4P18M y Be531M, ambos respectivamente. No existieron grandes diferencias en cuanto a la agresividad de los cuatro aislados patógenos, aunque sí existieron diferencias estadísticamente significativas entre algunos de los aislados para algunas de las observaciones e incluso al finalizar los experimentos. El aislado Be4P18M fue el más agresivo en el experimento de invierno y junto con Be123M en el iniciado en verano. Los síntomas observados en las plantas enfermas fueron: clorosis y posterior necrosis de las hojas, defoliación, crecimiento reducido, marchitez y en pocas ocasiones, muerte de las plantas. Las inoculadas con el aislado Be02M y las del testigo no mostraron síntomas. *Verticillium* sp. se detectó en todas las plantas con síntomas analizadas. Y también de la mitad de las inoculadas asintomáticas con el aislado Be02M aunque solamente en el primer experimento.

Las temperaturas del ambiente en el interior del invernadero y del sustrato, durante el periodo comprendido entre la inoculación de las plantas y la finalización del experimento se reflejan en la Tabla 2 y en la Figura 1. Las temperaturas del ambiente en el invernadero desde la inoculación hasta la finalización de los experimentos fueron (13,5-(18,8)-28,1 °C (invierno); 18,2-(23,4)-30,0 °C (primavera); 17,8-(22,5)-29,4 °C (verano) y 9,9-(15,7)-26,8 °C (otoño) para las medias de las mínimas, media y medias de las máximas diarias, respectivamente. Las temperaturas del sustrato fueron: (14,1-(20,3)-29,7 °C (invierno); 18,8-(23,8)-30,1 °C (primavera); 18,1-(23,3)-31,5 °C (verano) y 7,3-(15,8)-25,6 °C (invierno), en general un poco más altas que las del ambiente, entre 0,1-2,1 °C para las medias de las mínimas, 0,4-1,5 °C para la media y de 0,3-0,6 °C para las medias de las máximas diarias.

La enfermedad a la temperatura media de 18,8 °C (IEM=2,5) fue más grave que a 23,4 °C (IEM=0,4), que a 22,5 °C (IEM=1,2) y que a 15,7 °C (IEM=3,3).

## CONCLUSIONES

Cuatro aislados de los cinco inoculados resultaron patógenos causando síntomas graves y generalizados que afectaron a todas las plantas inoculadas. No existieron diferencias de patogeneicidad entre ellos. Los síntomas observados en las plantas enfermas fueron: clorosis y necrosis foliar y defoliación. Solo un pequeño porcentaje de las plantas murieron. Las plantas inoculadas con el aislado Be02M no mostraron síntomas, aunque el hongo se aisló de la mitad de las plantas asintomáticas inoculadas en uno de los experimentos. La manifestación de la enfermedad fue más grave en el experimento en el que la temperatura media estuvo próxima a los 19 °C.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANÓNIMO.MAPAMA. 2019. Superficies y Producciones de cultivos. Anuario de Estadística. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación.
- BEJARANO-ALCÁZAR, J. BLANCO-LÓPEZ, M. A., MELERO-VARA, J. M., JIMÉNEZ-DÍAZ, R. M. 1996. Etiology, importance, and distribution of *Verticillium* wilt of cotton in southern Spain. Plant Dis 80:1233-1238.
- CUADRADO, I.M., GÓMEZ, J. 1983. Observaciones sobre el estado sanitario de los cultivos hortícolas en Almería. Boletín informativo de la E.I.C.H.I. de Almería.
- GÓMEZ-VÁZQUEZ, J. AGUILERA-LIROLA A. MARTÍN-BRETONES G. 2020. First Report of *Verticillium dahliae* Causing Wilting on Eggplant (*Solanum melongena*) in Southeastern Spain. Plant disease. (In press).
- JIMÉNEZ-DÍAZ R., 2009. Verticilosis del olivo: Problemas y perspectivas para su manejo integrado. PHYTOMA España, nº 209.
- SERRANO Z. 1976. Cultivo de la berenjena. Ministerio de Agricultura. Hoja Divulgadora nº 19-76 HD.

TELLO, J.C. 1984. Enfermedades criptogámicas en hortalizas. Observaciones en los cultivos del litoral mediterráneo español. Comunicaciones INIA. Serie: Protección Vegetal, 22, 342 pp.

## AGRADECIMIENTOS

Proyecto PP.AVA.AVA2019.015, titulado “Control sostenible de plagas y enfermedades en hortícolas protegidas”, cofinanciado al 80% por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional, dentro del Programa Operativo FEDER de Andalucía 2014-2020.

## FOTOGRAFÍAS



**Fotografía 1.** Plantas de berenjena con síntomas y sin síntomas de Verticilosis (Dcha.) en el experimento de otoño.  
**Fotografía 2.** Plantas con síntomas graves y que empiezan a revertir en el experimento de invierno.



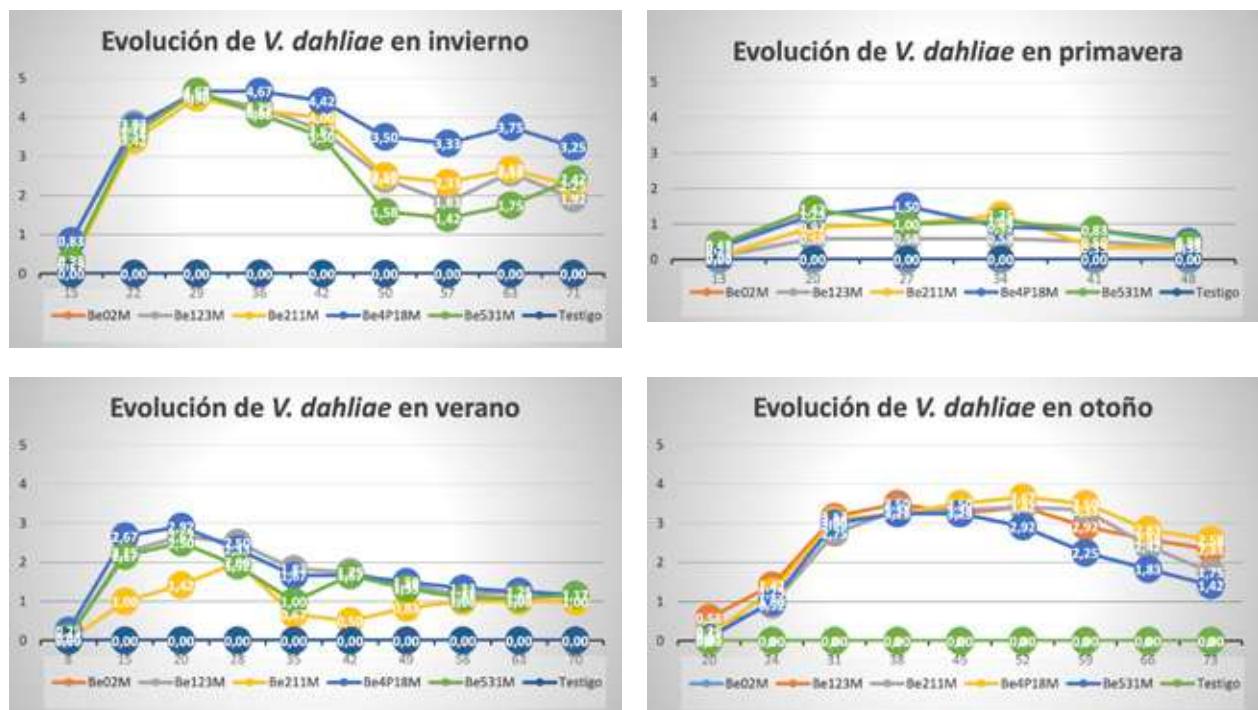
**TABLAS****Tabla 1.** Poder patógeno de varios aislados de *Verticillium* spp. Índices de enfermedad a diversos días después de la inoculación (ddi).

	Aislados	<b>15</b>	<b>22</b>	<b>29</b>	<b>36</b>	<b>42</b>	<b>50</b>	<b>57</b>	<b>63</b>	<b>71</b>
<b>Invierno</b> Inoculación 12/3/19 a 36 dds. Fin 23/5/19 a 72 ddi	Be02M	0.0 b	0.0 b	0.0 b	0.0 b	0.0 c	0.0 c	0.0 c	0.0 d	0.0 c
	Be123M	0.8 a	3.8 a	4.6 a	4.3 a	3.7 b	2.4 ab	1.8 b	2.6 bc	1.9 b
	Be211M	0.3 b	3.4 a	4.5 a	4.2 a	4.0 ab	2.5 ab	2.3 ab	2.7 b	2.3 b
	Be4P18M	0.8 a	3.8 a	4.7 a	4.7 a	4.4 a	3.5 a	3.3 a	3.8 a	3.3 a
	Be531M	0.3 b	3.6 a	4.7 a	4.1 a	3.5 b	1.6 b	1.4 b	1.8 c	2.4 ab
	Testigo	0.0 b	0.0 b	0.0 b	0.0 b	0.0 c	0.0 c	0.0 c	0.0 d	0.0 c
<b>Primavera</b> Inoculación 24/5/19 a 18 dds. Fin 11/7/19 a 48 ddi.	Aislados	<b>13</b>	<b>20</b>	<b>27</b>	<b>34</b>	<b>41</b>	<b>48</b>			
	Be02M	0.0 a	0.0 d	0.0 d	0.0 c	0.0 c	0.0 a			
	Be123M	0.1 a	0.6 c	0.6 c	0.6 b	0.5 ab	0.3 a			
	Be211M	0.1 a	0.9 bc	1.0 b	1.3 a	0.3 bc	0.3 a			
	Be4P18M	0.3 a	1.3 ab	1.5 a	0.9 ab	0.8 a	0.5 a			
	Be531M	0.4 a	1.4 a	1.0 b	1.1 ab	0.8 a	0.4 a			
<b>Verano</b> Inoculación 29/8/19 a 23 dds. Fin 06/11/19 a 70 ddi.	Aislados	<b>8</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>28</b>	<b>35</b>	<b>42</b>	<b>49</b>	<b>56</b>	<b>63</b>
	Be02M	0.0 a	0.0 c	0.0 c	0.0 b	0.0 c				
	Be123M	0.1 a	2.3 a	2.7 a	2.5 a	1.8 a	1.8 a	1.4 a	1.2 ab	1.3 a
	Be211M	0.0 a	1.0 b	1.4 b	2.0 a	0.7 b	0.5 b	0.8 b	1.0 b	1.0 b
	Be4P18M	0.3 a	2.7 a	2.9 a	2.3 a	1.7 a	1.7 a	1.5 a	1.3 a	1.3 a
	Be531M	0.1 a	2.2 a	2.5 a	1.9 a	1.0 b	1.7 b	1.3 a	1.1 ab	1.1 ab
<b>Otoño</b> Inoculación 3-23/12/19 a 29-36 dds. Fin a 73 ddi	Aislados	<b>20</b>	<b>24</b>	<b>31</b>	<b>38</b>	<b>45</b>	<b>52</b>	<b>59</b>	<b>66</b>	<b>73</b>
	Be02M	0,0	0,0	0,0	0,0 b	0,0 b	0,0	0,0	0,0	0,0 d
	Be123M	0,7	1,4	3,2	3,5 a	3,3 a	3,4	2,9	2,6	2,3 ab
	Be211M	0,3	0,9	2,8	3,3 a	3,3 a	3,4	3,3	2,42	1,8 bc
	Be4P18M	0,2	1,3	3,1	3,3 a	3,5 a	3,7	3,5	2,83	2,6 a
	Be531M	0,1	1,0	3,0	3,3 a	3,3 a	2,9	2,3	1,83	1,4 c
Testigo										
0,0										

**Tabla 2.** Temperaturas del ambiente del invernadero y del sustrato en los experimentos realizados Temperaturas: Máxima absoluta (Max. Abs.), medias de las máximas (Med. Max.), media (Med.), media de las mínimas (Med. Min.) y mínima absoluta (Min. Abs.).

TEMPERATURAS	EXPERIMENTO	MAX. ABS	MED. MAX.	MED.	MED. MIN	MIN. ABS.
Ambiente	Invierno		41.1	28.1	18.8	13.5
Sustrato			38.6	29.7	20.3	14.1
Ambiente	Primavera		35.9	30.0	23.4	18.2
Sustrato			37.1	30.1	23.8	18.8
Ambiente	Verano		34.5	29.4	22.5	17.8
Sustrato			35.3	31.5	23.3	18.1
Ambiente	Otoño		38,7	26,8	15,7	9,9
Sustrato			44,1	25,6	15,8	10,5

## FIGURAS



**Figura 1.** Evolución del índice de enfermedad en el tiempo causado por los aislados inoculados de *Verticillium* spp. sobre plantas de berenjena.

# **EVALUACIÓN DE DIFERENTES INSECTICIDAS PARA EL CONTROL DE LA PSILA DEL PUERRO, *BACTERICERA TREMBLAYI* (WAGNER, 1961) (HEMIPTERA: PSYLLOIDEA) – AÑO 2018**

**Asensio Sánchez-Manzanera, C., Santiago, Y., Técnicos de ASOPROFIT**

**Unidad de Cultivos Herbáceos**

Subdirección de Investigación y Tecnología. Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León.

Ctra. de Burgos km 119, 47071 Valladolid, [asesanmr@tacyle.es](mailto:asesanmr@tacyle.es)

---

## **RESUMEN**

---

Castilla y León aporta alrededor del 60 % a la producción nacional de puerro, extendiéndose su principalmente su cultivo por las provincias de Valladolid y Segovia. Sin embargo, en los últimos años ha visto reducida su producción debido a la aparición de sintomatologías en la planta relacionadas con la psila del puerro, *Bactericera tremblayi* (Wagner, 1961). En este trabajo se valora la eficacia de distintos productos insecticidas en las distintas formas inmaduras del insecto que aparecen en la planta. Se realizaron tres aplicaciones a lo largo del cultivo en el momento de la aparición del insecto con cinco tratamientos y un testigo. Los productos comerciales probados fueron: Alsystin, Benevia, Epik, Movento, Naturalis con Utraprom, y Poly 10. Solo la tercera y última aplicación tuvo resultados valorables de eficacia para los tratamientos realizados con Movento y Poly 10.

---

## **INTRODUCCIÓN**

---

Castilla y León aporta alrededor del 60 % a la producción nacional de puerro, extendiéndose su cultivo principalmente por las provincias de Valladolid y Segovia. El cultivo del puerro en Castilla y León comienza con el trasplante a lo largo de la primavera y tiene una duración aproximada de 5 meses. La recolección sucede desde el mes de septiembre, extendiéndose a lo largo de todo el otoño, con recolecciones tardías en el mes de noviembre y diciembre.

*Bactericera tremblayi* (Wagner, 1961) (Hemiptera: Psylloidea) ha sido descrita como una plaga importante en cultivos de puerro y cebolla, relacionada con síntomas como amarilleamientos y enrojecimientos longitudinales del fuste, puntas de las hojas caídas y marchitas, raíces ascendentes y rajado del fuste, causando en casos extremos la muerte de la planta (Ouvrard and Burkhardt, 2012). *B. tremblayi*, junto con *B. nigricornis* (Förster, 1848) y *B. trigonica* (Hodkinson, 1981) forma parte del “grupo nigricornis”, tres especies morfológicamente muy parecidas que muestran áreas de distribución solapadas y hábitos polífagos. Las tres especies han sido reportadas en la zona de producción hortícola de Castilla y León.

*B. tremblayi* aparece en el cultivo del puerro y cebolla en la zona de producción hortícola de Castilla y León desde el mes de mayo, con capturas bajas en los meses de verano (Asensio et al., 2018, Asensio et al., 2019). A partir de finales de agosto, la población de adultos comienza a ascender, registrando las mayores capturas durante los meses de septiembre y octubre. Los síntomas no suelen apreciarse en las hojas del cultivo durante el verano. En el momento de la recolección, los síntomas de rajados o raíces ascendentes del fuste suelen observarse en aquellas parcelas con cosechas más tardías, realizadas a partir del mes de noviembre, y en zonas donde la superficie de puerro es mayor y en principio hay una mayor población del insecto. En el cultivo de la cebolla, los valores de capturas registradas son menores, probablemente por la precocidad de este cultivo ya que su madurez se produce antes de que se produzcan las capturas más altas del insecto (Asensio et al., 2019),

El objetivo del trabajo fue evaluar la eficacia de distintos productos insecticidas para el cultivo del puerro en las distintas formas inmaduras de la psila del puerro, *B. tremblayi*.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en una parcela de puerro localizada en Arroyo de Cuéllar (Segovia). La parcela se trasplantó el 28 de junio de 2018 con una distancia entre surcos de 0,55 m de ancho y una densidad de plantación de 180.000 plantas/ha. El tamaño total de la parcela del ensayo, donde no se realizaron tratamientos insecticidas, fue de 25,3 m de ancho y 36 m de largo.

A partir del momento en el que se estableció el cultivo, se realizó el monitoreo de la población de adultos y de las formas inmaduras de *B. tremblayi*. La captura de adultos se realizó mediante manga entomológica plegable telescópica cada 7-10 días. Cada muestra consistió en diez barridos consecutivos en diez puntos diferentes, para obtener un total de diez muestras por campo y fecha. Cada muestra se colocó en

una bolsa de plástico con cierre hermético y se almacenó en el laboratorio a -20 °C durante 48 h. A partir de ese momento las muestras se conservaron en tubos con etanol al 70 %, hasta el momento de su identificación por sexo y especie (Hodkinson, 1981; Ouvrard y Burckhardt, 2012). La inspección visual de formas inmaduras en las plantas se re realizó con la misma periodicidad que los muestreos de adultos (Fotografía 1). En cada fecha de observación se seleccionaron al azar 20 plantas en la parcela, y se contó el número de huevos y ninfas por planta. En el momento que comenzaron a realizarse las aplicaciones con los diferen-



tes insecticidas a evaluar, las plantas seleccionadas para la visualización de las formas inmaduras se seleccionaron dentro las parcelas testigo sin tratamiento.

Para la evaluación de los diferentes insecticidas se utilizó un diseño en bloques al azar con 4 repeticiones. Cada parcela experimental consistió en 6 surcos, con una anchura de 3,3 m, y una longitud de 9 m. Se evaluaron un total de 7 tratamientos, 6 insecticidas y un testigo sin tratar. La selección de los insecticidas se hizo en base a su eficacia probada en otro tipo de psílas o insectos con aparato chupador del orden Hemíptera, como otras psílas, mosca blanca, pulgones, etc.

Los productos comerciales, materia activa, dosis, caldo y modo de acción, aparecen en la siguiente tabla:

**Tabla.** Tratamientos ensayados.

PRODUCTO COMERCIAL	MATERIAL ACTIVA	DOSIS	CALDO 1 <sup>ER</sup> TRATAMIENTO	CALDO 2° Y POSTERIORES	ACCIÓN	SISTÉMICO
Alsystin SC	Triflumurón 48 %	0,25 l/ha	400 l/ha	300 l/ha	contacto e ingestión	NO
Benavia 100D	Cyantraniliprol 10%	0,75 l/ha	400 l/ha	300 l/ha	ingestión y menor medida por contacto	SI
Epik	Acetamiprid 20%	140 g/ha	400 l/ha	300 l/ha	contacto e ingestión	SI
Movento Gold	Spirotetramat 10%	0,2 l/ha	400 l/ha	300 l/ha	ingestión	SI
Naturalis + ULTRAPROM	<i>Beauveria bassiana</i> + Aceite parafina	0.2%-1%	600 l/ha	450 l/ha	contacto	NO
POLY-10	Cipermetrina 10%	0,35 l/ha	400 l/ha	300 l/ha	contacto e ingestión	
<b>Testigo sin tratar</b>						

La aplicación de los tratamientos se realizó con una empresa autorizada para realizar ensayos con productos fitosanitarios con acreditación de reconocimiento oficial (EOR). La primera aplicación se realizó cuando al menos el 10 % de las plantas presentaban todas las formas inmaduras del insecto, huevos, ninfas N1-N2 y ninfas N3-N5, que correspondió con el día 28/7/18. Las dos siguientes aplicaciones se realizaron en las fechas: 30/8/2018 y 20/9/18.

Para la evaluación de los insecticidas se marcaron 10 plantas de los surcos centrales de cada parcela experimental, evaluando el número de huevos, ninfas N1-N2 y ninfas N3-N5, antes de las aplicaciones (0 días), y a los 3, 7 y 14 días después de cada aplicación.

Para el tratamiento de los datos se realizó el análisis de la varianza de las formas inmaduras mediante el programa R (<http://cran.r-project.org/>), estudiando el factor producto

para cada día evaluado en cada una de las tres aplicaciones. La separación de medias entre los productos aplicados para cada día de evaluación se hizo mediante la prueba HSD de Tukey con un nivel de significación del 5%.

Para la valoración de la eficacia de los tratamientos se aplicó la fórmula de Henderson & Tilton (1955), que calcula la eficacia mediante el grado de reducción de la población respecto al testigo.

$$\% \text{ Eficacia} = \{1 - [(Nt \times N0') / (N0 \times Nt')] \} \times 100$$

Nt y N0 número inicial y final de formas inmaduras de la parcela del tratamiento

Nt' y N0' número inicial y final de formas inmaduras de la parcela testigo

El valor de la eficacia solo se valoró cuando existían diferencias significativas entre la población de las plantas tratadas y el testigo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Monitoreo de la población de adultos y de formas inmaduras en planta

En la Figura 1 aparece el número de huevos, ninfas N1-N2 y N3-N5 por planta del monitoreo realizado en las plantas testigo (eje Y primario) y el número de capturas de adulto por cada mangueo (eje Y secundario). En las formas inmaduras, se observa un incremento importante de huevos a finales del mes de agosto y a partir de ese momento se va produciendo un incremento de las ninfas, con máximos poblacionales a finales de septiembre en las ninfas N1-N2 y mediados de octubre en el caso de las ninfas N3-N5. La variación entre las repeticiones es muy alta, debido a la diferencia de formas inmaduras entre plantas, especialmente en los huevos, por el movimiento del insecto en la parcela, que tiende a agregarse y a hacer las puestas en un número de plantas concreto. La población de adultos empezó a aumentar a finales del mes de agosto, con un máximo a principios de octubre de 20 insectos/mangueo.

### Evaluación de los tratamientos

En la Tabla 1 aparece el promedio de formas inmaduras el día previo a la primera aplicación. No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos a probar, por tanto, partíamos de una población de formas inmaduras estadísticamente uniforme.

Las altas desviaciones encontradas, debido al movimiento de los insectos en las plantas, dificultaron el tratamiento de los datos, especialmente en el caso de los huevos. En la primera y segunda aplicación no se encontraron diferencias significativas entre ninguno de los productos estudiados y el testigo a los 3, 7 y 14 días de las dos aplicaciones. No existen trabajos previos de evaluación de este insecto a nivel de campo, donde se especifique cuál es el nivel de la plaga para la evaluación de la eficacia. Por los datos obtenidos, las dos primeras aplicaciones se realizaron cuando el número de formas inmaduras era muy

bajo, no encontrando diferencias entre los días y los productos probados. El volumen de caldo en el primer tratamiento fue superior, similar al que utilizan los agricultores en la zona en este cultivo. Sin embargo, se observó que con este volumen, la cantidad de producto que se perdía era muy elevada y se decidió disminuir el volumen utilizado en las siguientes aplicaciones.

Solo se encontraron diferencias significativas en la tercera aplicación, realizada en el momento que el número de formas inmaduras presentó los valores más altos registrados durante el cultivo. En la Tabla 2 aparecen los datos de las formas inmaduras por planta antes de la tercera aplicación (día 0), y a los 3, 7 y 14 días. La población de la que se partía en la tercera aplicación no era homogénea, encontrando diferencias entre los tratamientos probados, y en algún caso entre el tratamiento y el testigo (día 0). Ningún producto presentó diferencias significativas en la población de huevos con respecto al testigo. Solo destacar que el número de huevos en las plantas que se habían tratado con Poly 10 fueron siempre inferiores al resto, aunque en ningún momento estas diferencias fueron significativas con respecto al testigo. Alsystin, en cuya ficha técnica se afirma que actúa como ovicida de la psila, no demostró eficacia para este tipo de forma inmadura. En las ninfas N1-N2, las plantas tratadas con Movento partían de unos valores mayores (día 0), encontrando diferencias significativas con Alsystin, Naturalis y el Testigo, que tenían los valores más bajos. A pesar de esta población inicial mayor, a los 14 días de la aplicación las plantas tratadas con Movento registraron un valor inferior al resto, aunque estas diferencias no fueron significativas con respecto al testigo.

Por último, la población de ninfas N3-N5 también partía de valores diferentes, con una población mayor de Movento, que, aunque no era diferente al testigo, sí había diferencias significativas con Poly 10 y Naturalis. A los 3 y 7 días no se encontraron diferencias significativas entre las parcelas tratadas con los productos evaluados. Finalmente, a los 14 días, se observaron diferencias significativas entre las plantas tratadas con Movento y Poly 10 y las plantas del testigo. El valor del número de ninfas N3-N5 encontradas a los 14 días de haber realizado la tercera aplicación con Poly 10 fue inferior al resto de productos, lo que podría deberse no solo a un control del producto sobre las ninfas, sino también a un efecto de control de este insecticida sobre los huevos que se venía observando en todas las valoraciones. Sin embargo el valor de la eficacia de este producto fue del 34,82 %, valor bajo para el control. En el caso del Movento, el valor de la eficacia registrado fue del 69 %.

## CONCLUSIONES

Movento fue el único producto que demostró eficacia en el control de las formas inmaduras de *B. tremblayi* en sus estadios ninfales de N3 a N5. Se trata de un producto sistémico que actúa por ingestión, y su eficacia no se ve de forma inmediata. Por tanto, será necesario valorar el momento de aplicación del producto en función del estado de desarrollo del insecto en el cultivo a partir del conocimiento de su dinámica poblacional.

## BIBLIOGRAFÍA

- ASENSIO-S.-MANZANERA; M. C., SANTIAGO-CALVO, Y.; RUANO-ROSA, D.; VACAS-IZQUIERDO, R.; FLORES-PÉREZ, D. 2019. Evolución de las poblaciones de *Bactericera tremblayi* (Wagner, 1961) (Hemiptera: Psylloidea) en cultivos hortícolas de Castilla y León y su posible relación con los síntomas aparecidos. Presentación en panel. *XI Congreso Nacional de Entomología Aplicada*. Madrid, 4-8 noviembre de 2019.
- ASENSIO-S.-MANZANERA, M. C.; SANTIAGO-CALVO, Y.; RUANO-ROSA, D.; FLORES-PÉREZ, D.; VACAS-IZQUIERDO, R.; ALFARO-FERNÁNDEZ, A.; FONT-SAN AMBROSIO, M.I.; ASOPROFIT. 2018. Proyecto ITACyL-ASOPROFIT relativo a las enfermedades de puerro y zanahoria. Primer avance de resultados. *Tierras de Castilla y León*, 270: 16-23.
- HENDERSON, C. F.; TILTON, E. W. 1955. Tests with acaricides against the brown wheat mite. *Journal of economic entomology*, 48(2), 157-161.
- HODKINSON, I. D. 1981. Status and taxonomy of the *Trioza (Bactericera) nigricornis* Forster complex (Hemiptera: Triozidae). *Bulletin of Entomological Research*, 71(4), 671-679. doi: 10.1017/s0007485300010208.
- OUVRARD, D.; BURCKHARDT, D. 2012. First record of the onion psyllid *Bactericera tremblayi* (Wagner, 1961) in France (Insecta: Hemiptera: Sternorrhyncha: Psylloidea), new symptoms on leek crops and reassessment of the *B. nigricornis*-group distribution. *EPPO Bulletin* 42: 585-590.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado en el marco del proyecto: “Nuevas estrategias para mitigar los daños causados por las enfermedades de especies hortícolas de reciente aparición” financiado con cargo a la medida 16.2 del PDR de Castilla y León (2014-2020) y co-financiado con Fondos FEADER, que llevan a cabo ITACyL y ASOPROFIT.

## FOTOGRAFÍAS



Fotografía 1. Huevos y adultos de *B. tremblayi* en una planta de puerro.

**TABLAS****Tabla 1.** Número de formas inmaduras por planta de cada producto insecticida y el testigo el día 0, previo a la primera aplicación.

	<b>HUEVOS</b>	<b>NINFAS N-N2</b>	<b>NINFAS N3-N5</b>	
Alsystin	1,93	a	1,83	a
Benevia	1,48	a	0,83	a
Epik	0,83	a	0,38	a
Movento	2,68	a	0,38	a
Naturalis	4,18	a	1,3	a
Poly 10	0,43	a	0,3	a
Testigo	1,43	a	0,58	a

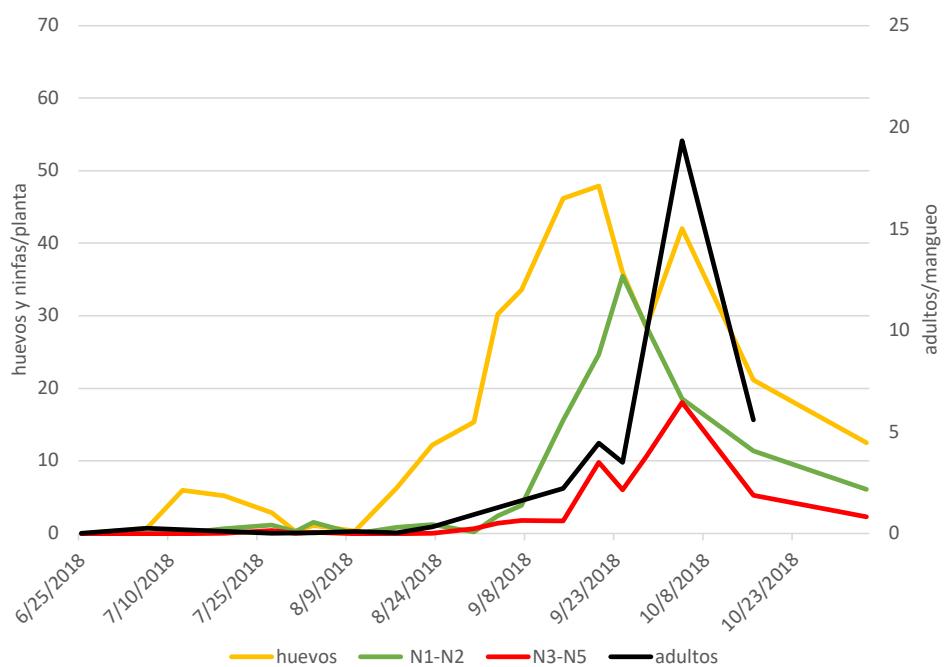
**Tabla 2.** Número de formas inmaduras (huevos, ninfas N1-N2, ninfas N3-N5) por planta en cada producto a los 0, 3, 7 y 14 días en la tercera aplicación.

<b>PRODUCTO</b>	<b>D</b>	<b>HUEVOS</b>	<b>NINFAS N1-N2</b>	<b>NINFAS N3-N5</b>	
Epik	0	47,33	a	31,08	ab
Movento	0	43,63	ab	35,7	a
Benevia	0	43,9	ab	27	ab
Poly10	0	39,48	b	26,03	ab
Naturalis	0	43,7	ab	21,25	b
Alsystin	0	45,43	ab	23,73	b
Testigo	0	44,1	ab	21,23	b
Epik	3	34,07	ab	32,52	a
Movento	3	38,35	ab	35,4	a
Benevia	3	42,85	a	39,2	a
Poly10	3	28,9	b	31,45	a
Naturalis	3	37,17	ab	35,63	a
Alsystin	3	37,03	ab	39,3	a
Testigo	3	37,02	ab	37,45	a
Epik	7	24,03	ab	18,53	a
Movento	7	29,28	a	14,83	a
Benevia	7	34,38	a	23,9	a
Poly10	7	16,18	b	17,9	a
Naturalis	7	30,03	a	27,28	a
Alsystin	7	25,1	ab	22,63	a
Testigo	7	27,03	ab	24,78	a

PRODUCTO	D	HUEVOS	NINFAS N1-N2	NINFAS N1-N2	NINFAS N3-N5	NINFAS N3-N5
Epik	14	30,3	bc	16,63	ab	18,98
Movento	14	34,03	abc	12,63	b	8,83
Benevia	14	40,79	a	19	ab	19,26
Poly10	14	29,25	c	16,63	ab	8,66
Naturalis	14	32,53	abc	15,8	ab	10,45
Alsystin	14	39,83	ab	23,93	a	13,08
Testigo	14	38,63	abc	20,63	ab	18,53

\*Letras diferentes indican diferencias significativas en la población (N/planta) según el test HSD de Tukey, p<0.05.

## FIGURAS



**Figura 1.** Número de huevos, ninfas N1-N2 y N3-N5 por planta (eje Y primario) y número de adultos por mangueo (eje Y secundario) en la parcela donde fue realizado el ensayo.

# **EVALUACIÓN DE DIFERENTES INSECTICIDAS PARA EL CONTROL DE LA PSILA DEL PUERRO, *BACTERICERA TREMBLAYI* – AÑO 2019**

**Santiago, Y., Asensio Sánchez-Manzanera, C. y Técnicos de ASOPROFIT**

Unidad de Cultivos Herbáceos Subdirección de Investigación y Tecnología. Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León  
Ctra. de Burgos km 119, 47071 Valladolid, [\\*asesanmr@itacyl.es](mailto:*asesanmr@itacyl.es)

## **RESUMEN**

Debido a la importancia del cultivo del puerro en Castilla y León y a la problemática acaecida por la aparición de la psila del puerro en este cultivo, se decidió evaluar la eficacia en campo de distintos productos insecticidas sobre las formas inmaduras de esta plaga. La localidad elegida para el ensayo fue el municipio de Chañe (Segovia). Se estableció un ensayo de bloques al azar con cuatro repeticiones, en los que se probaron cuatro tratamientos diferentes y un testigo con dos aplicaciones. Los productos evaluados fueron Fastac, Karate Zeon, Movento y Neemazal. Solo Movento, producto anteriormente estudiado en el ensayo de insecticidas realizado en el año 2018, fue eficaz en las dos aplicaciones para las ninfas N1-N2 y ninfas N3-N5.

## **INTRODUCCIÓN**

Castilla y León es la segunda comunidad con mayor superficie de puerro de España, aportando 739 ha a las 2.893 ha que se producen de este cultivo a nivel nacional. La principal zona productora de la región está situada en el sudeste de provincia de Valladolid y el noroeste de la provincia de Segovia. En esta zona el cultivo del puerro comienza con el trasplante a lo largo de la primavera y tiene una duración aproximada de 5 meses. La recolección sucede desde el mes de septiembre, extendiéndose a lo largo de todo el otoño, con recolecciones tardías en el mes de noviembre y diciembre.

A partir de la campaña del año 2013 se comenzaron a observar ciertas sintomatologías en el cultivo como amarilleamientos y enrojecimientos longitudinales del fuste, puntas de las hojas caídas y marchitas, raíces ascendentes y rajado del fuste, causando en casos extremos la muerte de la planta (Ouvrard and Burkhardt, 2012). Estas sintomatologías se asociaron con altas poblaciones de la psila del puerro, *Bactericera tremblayi* Wagner (Asensio, 2018, 2019). Esta especie forma parte del “grupo nigricornis”, junto con *B. nigricornis* (Förster, 1848) y *B. trigonica* (Hodkinson, 1981), tres especies morfológicamente muy parecidas que muestran áreas de distribución solapadas y hábitos polífagos. Las tres especies han sido reportadas en la zona de producción hortícola de Castilla y León.



**“Castilla y León es la segunda comunidad con mayor superficie de puerro de España”.**

Ante esta problemática, se puso en marcha un proyecto con financiación FEADER de colaboración público-privada entre el ITACyL y ASOPROFIT, Asociación para la Protección Fitosanitaria del Puerro, la Zanahoria y la Cebolla en Castilla y León. Durante los años de estudio del proyecto, 2017-2021, se han estudiado diversos aspectos de este insecto como la abundancia, dispersión y dinámica poblacional en el cultivo del puerro, que han permitido el inicio de otros trabajos dirigidos al manejo y control de la plaga en el cultivo. En este trabajo se presentan los resultados del ensayo de insecticidas realizado en campo durante el año 2019.

El objetivo del trabajo fue evaluar la eficacia de distintos productos insecticidas para el cultivo del puerro en las distintas formas inmaduras de la psila del puerro, *B. tremblayi*.

#### MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en una parcela de puerro localizada en Chane (Segovia) en la variedad Lexton. El trasplante se realizó el 5 de junio de 2019 con una distancia entre calles de 0,80 m y una densidad de 150.000 plantas/ha. El tamaño total de la parcela del ensayo, donde no se realizaron tratamientos insecticidas, fue de 16 m de ancho y 36 m de largo.

A partir del momento en el que se estableció el cultivo, se realizó el monitoreo de la población de adultos y de las formas inmaduras de *B. tremblayi*. La captura de adultos se realizó mediante manga entomológica plegable telescopica cada 7-10 días. Cada muestra consistió en diez barridos consecutivos en diez puntos diferentes, para obtener un total de diez muestras por campo y fecha. Cada muestra se colocó en una bolsa de plástico con cierre hermético y se almacenó en el laboratorio a -20 °C durante 48 h. A partir de ese momento las muestras se conservaron en tubos con etanol al 70 %, hasta el momento de su identificación por sexo y especie (Hodkinson, 1981; Ouvrard y Burckhardt, 2012). La inspección visual de formas inmaduras en las plantas con la misma periodicidad que los muestreos de adultos. En cada fecha de observación se seleccionaron al azar 20 plantas en la parcela, y se contó el número de huevos y ninfas por planta. En el momento que comenzaron a realizarse las aplicaciones con los diferentes insecticidas a evaluar, las plantas seleccionadas para la visualización de las formas inmaduras fueron aquellas de las parcelas testigo.

Para la evaluación de los diferentes insecticidas se utilizó un diseño en bloques al azar con 4 repeticiones. Cada parcela experimental consistió en 4 surcos, con una anchura de 3,2 m, y una longitud de 9 m. Se realizaron un total de 5 tratamientos, 4 insecticidas y un testigo. La selección de los insecticidas se hizo en base a su eficacia probada en otro tipo de psilas o insectos con aparato chupador del orden Hemíptera, como otras psilas,

mosca blanca, pulgones, etc., y en base a los resultados obtenidos en el ensayo realizado el año anterior.

Los tratamientos, correspondiente con el producto, materia activa, dosis, caldo y modo de acción, aparecen en la siguiente tabla:

**Tabla.** Tratamientos realizados.

PRODUCTO	MATERIA ACTIVA	DOSIS	CALDO	ACCIÓN	SISTÉMICO
Fastac	Alfacipermetrina 10%	0,15 l/ha	300 l/ha	Contacto e ingestión	SI
Karate Zeon + 1.5 CS	Lambda Cihalotrín 1.5%	1.3 l/ha	300 l/ha	Contacto e ingestión	NO
Movento Gold	Spirotetramat 10%	0,75 l/ha	300 l/ha	Ingestión	SI
NEEMAZAL®-T/S	Azadiractina A 1%	300 ml/hl	450 l/ha	Ingestión	SI
<b>Testigo sin tratar</b>					

La aplicación de los tratamientos se realizó con una empresa autorizada para realizar ensayos con productos fitosanitarios con acreditación de reconocimiento oficial (EOR). La primera aplicación se realizó cuando se observó que se producía un incremento generalizado de las formas inmaduras (6/8/2019) y la siguiente a los 14 días (20/8/2019):

Para la evaluación de los insecticidas se marcaron 10 plantas de los surcos centrales de cada parcela experimental, evaluando el número de huevos, ninfas N1-N2 y ninfas N3-N5, antes del momento del tratamiento (0 días), y a los 3, 7, 14 y 21 días después de cada aplicación.

Para el tratamiento de los datos se realizó el análisis de la varianza de las formas inmaduras mediante el programa R (<http://cran.r-project.org/>), estudiando el factor producto para cada día evaluado en cada una de las tres aplicaciones. La separación de medias entre los productos aplicados para cada día de evaluación se hizo mediante la prueba HSD de Tukey con un nivel de significación del 5%.

Para la valoración de la eficacia de cada producto se aplicó la fórmula de Henderson & Tilton (1955).

$$\% \text{ Eficacia} = \{1 - [(Nt \times N0') / (N0 \times Nt')] \} \times 100$$

Nt y N0 número inicial y final de formas inmaduras de la parcela del tratamiento

Nt' y N0' número inicial y final de formas inmaduras de la parcela testigo

El valor de la eficacia solo se valoró cuando existían diferencias significativas entre la población de las plantas tratadas y el testigo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Monitoreo de la población de adultos y de formas inmaduras en planta

En la Figura 1 aparece el número de huevos, ninfas N1-N2 y N3-N5 por planta (eje Y primario) y el número de capturas de adulto por cada mangueo (eje Y secundario). En el caso de las formas inmaduras, se puede observar un incremento generalizado a principios de agosto. A partir de este momento todas las formas inmaduras van permaneciendo en el cultivo en mayor o menor nivel, hasta finales del mes de octubre, momento en el que comienzan a descender. En el caso de los adultos, la población aparece durante el mes de julio, con un incremento importante a mediados de agosto, registrando dos picos a principios de septiembre y a principios de octubre.

### Evaluación de los tratamientos en las dos aplicaciones

En el año 2019, el número de formas inmaduras fue alto y estable a partir de primeros de agosto, lo que permitió un mejor tratamiento de los datos que en el año 2018.

**Primera aplicación:** En la primera aplicación las plantas tratadas con Movento partían de una población menor de huevos (Día 0), aunque no se diferenciaban significativamente del testigo (Tabla 1). A los 3, 7 y 14 días no se encontraron diferencias significativas con ningún producto respecto al testigo para este tipo de estadío del insecto.

En las ninfas N1-N2 se partía de una población homogénea, sin diferencias significativas entre tratamientos, al igual que en los huevos. A los 14 días de la aplicación la población de ninfas N1-N2 de las plantas tratadas con Movento fue significativamente diferente a la del testigo con una eficacia del 42,22, eficacia en principio baja.

En las ninfas de mayor tamaño N3-N5 también se partía de una población homogénea. Se encontraron diferencias significativas a los 14 días entre Movento y el resto de tratamientos, incluido el testigo. La eficacia en este caso fue del  $76,94 \pm 16,11\%$ .

**Segunda aplicación:** En el día 0 de la segunda aplicación se cumplían 14 días desde el momento de tratamiento de la primera aplicación (Tabla 2). En este caso Movento partía de una población de huevos menor, sin embargo, no había diferencias significativas con respecto al testigo. Ningún producto mostró diferencias con respecto al testigo para la forma inmadura de huevo en todos los días donde se procedió al conteo.

Al igual que ocurría con los huevos, al inicio de la segunda aplicación y 14 días posteriores al momento de realizar la primera aplicación, Movento tenía una población de ninfas N1-N2 significativamente menor al testigo. A partir de este momento, no se encontraron diferencias significativas en ningún producto respecto al testigo.

En el caso de las ninfas N3-N5, al inicio de la segunda aplicación y a los 14 días de la primera aplicación, la población de Movento era menor que el resto de tratamientos y el testigo. En todas las valoraciones realizadas para este tipo de forma del insecto a partir de la segunda aplicación, Movento presentó diferencias significativas con respecto al testigo,

con una eficacia que iba aumentando a medida que también aumentaban los días desde el momento de la aplicación. Esta eficacia fue del  $47,90 \pm 33,27$  a los 3 días  $55,9 \pm 37,15\%$  a los 7 días,  $76,53 \pm 16,86\%$  a los 14 días y  $82,12 \pm 15,82\%$  a los 21 días.

## CONCLUSIONES

No se encontró ningún producto eficaz para el estado de huevo, incluso en el caso de la alfacipermetrina, piretroide de la misma familia que la cipermetrina, producto que mostró eficacia para este estado en el ensayo realizado en 2018.

Al igual que en los resultados obtenidos en la campaña anterior, Movento fue el único producto eficaz en el control de ninfas, principalmente en las ninfas entre los estadios N3 y N5. Las diferencias de la población con respecto a la del testigo, se empezaron a observar a partir de los 14 días de la primera aplicación, y la eficacia fue incrementando paulatinamente desde ese momento. Se trata de un producto que actúa de forma sistémica por ingestión y su control no es inmediato, observando una mayor eficacia a medida que pasan los días desde el momento la aplicación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASENSIO-S.-MANZANERA, M. C.; SANTIAGO-CALVO, Y.; RUANO-ROSA, D.; VACAS-IZQUIERDO, R.; FLORES-PÉREZ, D. 2019. Evolución de las poblaciones de *Bactericera tremblayi* (Wagner, 1961) (Hemiptera: Psylloidea) en cultivos hortícolas de Castilla y León y su posible relación con los síntomas aparecidos. Presentación en panel. *XI Congreso Nacional de Entomología Aplicada*. Madrid, 4-8 noviembre de 2019.
- ASENSIO-S.-MANZANERA, M. C.; SANTIAGO-CALVO, Y.; RUANO-ROSA, D.; FLORES-PÉREZ, D.; VACAS-IZQUIERDO, R.; ALFARO-FERNÁNDEZ, A.; FONT-SAN AMBROSIO, M.I.; ASOPROFIT. 2018. Proyecto ITACyL-ASOPROFIT relativo a las enfermedades de puerro y zanahoria. Primer avance de resultados. *Tierras de Castilla y León*, 270: 16-23.
- HENDERSON, C. F.; TILTON, E. W. 1955. Tests with acaricides against the brown wheat mite. *Journal of economic entomology*, 48(2), 157-161.
- HODKINSON, I. D. 1981. Status and taxonomy of the *Trioza (Bactericera) nigricornis* Forster complex (Hemiptera: Triozidae). *Bulletin of Entomological Research*, 71(4), 671-679. doi: 10.1017/s0007485300010208
- MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACIÓN. Estadística agraria, 2020. Disponible en: <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/superficies-producciones-anuales-cultivos/>.
- OUVRARD, D.; BURCKHARDT, D. 2012. First record of the onion psyllid *Bactericera tremblayi* (Wagner, 1961) in France (Insecta: Hemiptera: Sternorrhyncha: Psylloidea), new symptoms on leek crops and reassessment of the *Bactericera nigricornis*-group distribution. *EPPO Bulletin* 42: 585-590.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado en el marco del proyecto: “Nuevas estrategias para mitigar los daños causados por las enfermedades de especies hortícolas de reciente aparición” financiado con cargo a la medida 16.2 del PDR de Castilla y León (2014-2020) y co-financiado con Fondos FEADER, que llevan a cabo ITACyL y ASOPROFIT.

## TABLAS

**Tabla 1.** Número de formas inmaduras (huevos, ninfas N1-N2, ninfas N3-N5) por planta en cada producto a los 0, 3, 7 y 14 días en la primera aplicación.

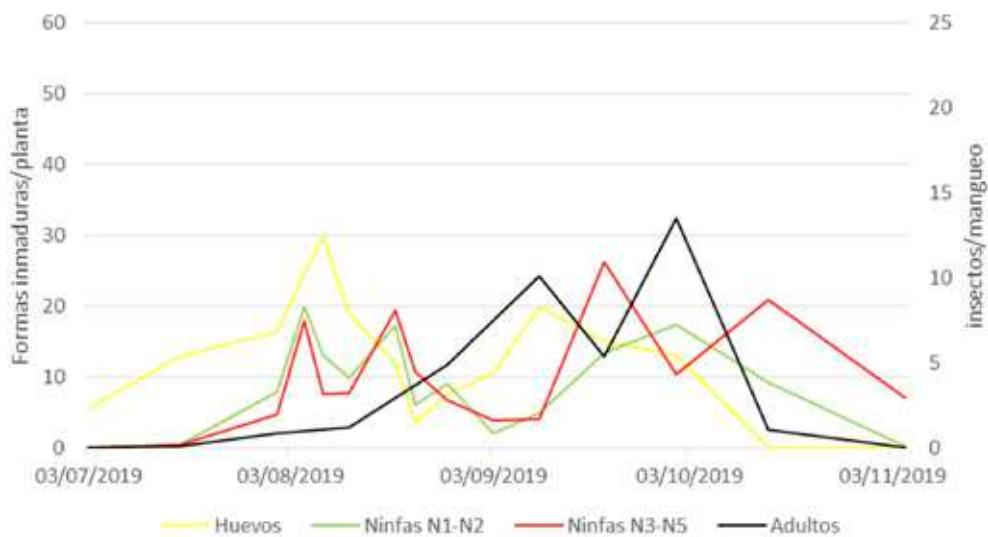
PRODUCTO	DÍA	HUEVOS	NINFAS N1-N2	NINFAS N3-N5	
Fastac	0	28,53	ab	20,88	a
Karate	0	29,10	ab	19,78	a
Movento	0	25,50	b	19,53	a
Neemazal	0	36,05	a	16,08	a
Testigo	0	29,93	ab	16,23	a
Fastac	3	20,55	a	17,83	a
Karate	3	25,45	a	18,88	a
Movento	3	20,55	a	21,20	a
Neemazal	3	26,55	a	15,10	a
Testigo	3	28,33	a	17,00	a
Fastac	7	12,33	ab	13,78	a
Karate	7	10,93	b	12,78	a
Movento	7	15,53	ab	12,68	a
Neemazal	7	20,23	a	16,08	a
Testigo	7	16,95	ab	14,23	a
Fastac	14	10,50	ab	9,10	ab
Karate	14	10,75	ab	11,45	ab
Movento	14	8,38	b	6,48	b
Neemazal	14	16,58	a	15,35	a
Testigo	14	10,53	ab	13,80	a

\*Letras diferentes indican diferencias significativas en la población (N/planta) según el test HSD de Tukey, p<0,05.

**Tabla 2.** Número de formas inmaduras (huevos, ninfas N1-N2, ninfas N3-N5) por planta en cada producto a los 0, 3, 7, 14 y 21 días en la segunda aplicación.

PRODUCTO	DÍA	HUEVOS	NINFAS N1-N2	NINFAS N3-N5	
Fastac	0	10,50	ab	9,10	ab
Karate	0	10,75	ab	11,45	ab
Movento	0	8,00	b	6,48	b
Neemazal	0	16,58	a	15,36	a
Testigo	0	10,53	ab	13,80	a
Fastac	3	5,60	b	5,48	b
Karate	3	7,63	b	5,40	b
Movento	3	7,50	b	5,40	b
Neemazal	3	16,33	a	10,45	a
Testigo	3	8,80	b	7,73	ab
Fastac	7	9,48	a	4,60	ab
Karate	7	10,53	a	7,05	ab
Movento	7	7,23	a	1,43	b
Neemazal	7	9,20	a	9,83	a
Testigo	7	5,93	a	5,95	ab
Fastac	14	14,70	a	5,13	ab
Karate	14	14,55	a	4,73	ab
Movento	14	16,13	a	2,58	b
Neemazal	14	10,40	a	9,03	a
Testigo	14	12,95	a	3,45	b
Fastac	21	20,33	a	5,23	a
Karate	21	22,00	a	3,58	a
Movento	21	25,20	a	4,60	a
Neemazal	21	26,83	a	8,63	a
Testigo	21	20,50	a	4,05	a
					ab

\*Letras diferentes indican diferencias significativas en la población (N/planta) según el test HSD de Tukey, p<0.05.

**FIGURAS**

**Figura 1.** Número de huevos, ninfas N1-N2 y N3-N5 por planta (eje Y primario) y número de adultos por mangueo (eje Y secundario) en la parcela donde fue realizado el ensayo.





# POSIBILIDADES DE BIOCONTROL DE LA PODREDUMBRE DE RAÍCES Y CORONA EN PLANTAS DE FRESA

**Arenas, C., Casanova, C., López, C.J. y Melero, J.M.**

Instituto de Agricultura Sostenible, CSIC, Córdoba.

---

## RESUMEN

A fin de controlar sosteniblemente la Podredumbre de Raíz y Corona de la Fresa (PRCF), causada por *Fusarium solani*, hemos realizado un estudio de biocontrol con aislados de *Trichoderma* spp. recuperados de suelo y plantas de fresa, así como de aguacate, para confirmar los posibles mecanismos involucrados y el potencial control de PRCF.

En un total de 32 aislados, se caracterizaron las especies *T. harzianum*, *T. virens* y *T. asperellum* como posibles agentes de biocontrol *in vitro* en cultivos duales (CD) o sobre discos de celofán estéril (DCE) que permiten flujo de metabolitos antagonistas al medio de cultivo PDA, donde se transfirieron a continuación cuatro aislados de *F. solani* patogénicos en plantas de fresa. *T. harzianum* formó un halo de inhibición frente al crecimiento dual con aislados de *F. solani*, pero no redujo el crecimiento del mismo en el ensayo con DCE. *T. virens* y *T. asperellum* redujeron el crecimiento de los *F. solani* en DCE y limitaron los síntomas de la enfermedad.

Las plantas de fresa vegetando durante 2 semanas a 25°C en sustrato inoculado con granos de trigo esterilizados y luego colonizados por los aislados de *Trichoderma*, se inocularon con los citados aislados de *F. solani*. En estos experimentos de patogenicidad evaluamos los síntomas en plantas (cv. Fortuna) incubadas a 25±3°C, óptimas para ambos, los agentes de biocontrol y los patógenos. Tras 3 meses de incubación, los pesos frescos medios de las plantas de fresa inoculadas con *F. solani*, así como de la parte aérea de las mismas, se incrementaron respecto a sus testigos, cuando se aportaron las *Trichoderma*. Así demostramos la eficacia de las antagonistas frente a la enfermedad.

En plantas no inoculadas, los aportes de *T. harzianum* y *T. virens* supusieron mejoras de los pesos de las plantas respecto a los observados tras el mero aporte de *T. asperellum*. Los efectos netos de las inoculaciones con los aislados de *F. solani* fueron escasos, aunque más acusados con uno de ellos.

**Palabras clave:** *Cultivos duales, Fragaria x ananassa, Fusarium solani, metabolitos fúngicos inhibidores del crecimiento micelial, Trichoderma asperellum, T. atroviride, T. harzianum, T. virens.*

## INTRODUCCIÓN

La Podredumbre de Raíz y Corona de las plantas de Fresa (PRCF) es una enfermedad emergente de los cultivos de fresa en España, causada por *Fusarium solani*. Afecta a los esquejes enraizados propagados vegetativamente en viveros de altura (provincias de Ávila, Segovia y Valladolid), así como a los cultivos de producción de frutos en túneles de plástico en el sur de la provincia de Huelva, donde se han detectado pérdidas importantes en cultivares como 'Fortuna' (Pastrana *et al.*, 2014).

Entre las 200 especies de *Trichoderma* reconocidas molecularmente (Atanovska *et al.*, 2013), hay muchas que producen metabolitos antibióticos y/o enzimas extracelulares que degradan celulosa y quitina, pudiendo así reducir la invasión de las plantas por los agentes fitopatógenos. Además, tienen capacidad de incrementar el desarrollo de las raíces y el crecimiento de las plantas. Así se lograría el control biológico de cultivos hortícolas y extensivos, y algunos efectos beneficiosos sobre ellos, habiéndose conseguido formulaciones de uso comercial común (Harman, 2000; Harman and Björman, 1998; Harman *et al.*, 2004; Howell, 2003).

Son muy útiles los aislados de *Trichoderma* que crecen en asociación con las raíces de plantas (competencia en la rizosfera). Otros mecanismos de biocontrol incluyen la inducción de resistencia sistémica en plantas (que implica al ácido salicílico y a la formación de proteínas PR) y el micoparasitismo mediante estructuras análogas a los apresorios (Harman, 2006; Zaidi and Singh, 2013).

Los aislados de *Trichoderma* suelen ser eficaces en el control de hongos (*Rhizoctonia*, *Botrytis*, *Colletotrichum*, *Fusarium*...), oomicetos (*Phytophthora*) y bacterias (*Pseudomonas* y *Xanthomonas*) fitopatógenos (Howell, 2003; Hjeljord and Tronsmo, 1998; Harman *et al.*, 2004; Harman, 2006; Zaidi and Singh, 2013). Los tratamientos de plántulas de fresa con un producto comercial basado en el aislado de T18 de *Trichoderma asperellum* logró un buen efecto frente a la enfermedad PRCF, análogo al que se obtuvo con un formulado comercial compuesto de dos especies de *Bacillus*, que resultaron también potenciales agentes de biocontrol respecto a la podredumbre carbonosa (cuyo agente causal es *Macrohomina phaseolina*), importante patógeno de fresa en las áreas de cultivo de fresa en España (Pastrana *et al.*, 2017).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Cultivos duales (CD)

Se transfieren discos de margen de colonias de cada uno de los cuatro aislados de *F. solani* con crecimiento activo en placas con medio de cultivo PDA que se incuban a 25°C. Tras 2 días, se transfieren cada uno de los diferentes aislados de *Trichoderma* enfrentándose a 3 cm de los discos anteriores de *Fusarium* y, cuando ambos se encuentran, se miden los radios de crecimiento y se anota el tipo de interacción entre las *Trichoderma* spp. y *F. solani*.

### Cultivos sobre Discos de Celofán Estériles (DCE)

Se cortan discos de celofán para cubrir toda la superficie de cada placa de PDA. Se sumergen estos en agua y se esterilizan en autoclave, depositándolos sobre el medio estéril. A continuación, se sitúan discos de colonias de los aislados de *Trichoderma* en el centro de las placas y se incuban durante 3 días a 25°C para que los metabolitos generados por el micelio fluyan al medio, retirando el celofán antes de que se inicie la esporulación. En el centro de dichas placas (sin celofán) se transfieren discos de colonias de los aislados de *F. solani*.

Se vuelven a incubar y, determinando la velocidad de su crecimiento lineal, se evalúa la inhibición atribuible a los metabolitos previamente generados por las *Trichoderma*.

Para los tres experimentos, con un total de 34 aislados de *Trichoderma*, se compararon estadísticamente las áreas bajo las curvas de crecimiento lineal de los cuatro aislados de *F. solani* evaluados.

### Inoculaciones de plantas de fresa

Para los experimentos de patogenicidad se incubaron los aislados de *F. solani* en hidrolizado de caseína + solución AZ estéril, en agitador orbital (137 rpm) durante una semana a 25°C. A partir de las 2 semanas de la inoculación se aportaron en torno a la corona de cada planta de fresa (cv. Fortuna) inoculada, 20 granos de trigo colonizados con los aislados de *Trichoderma* spp. (Foto. 3), que fueron cubiertos por el sustrato.

Este proceso de aporte de posibles agentes de control biológico se repitió al cabo de un mes, observando secuencialmente los síntomas hasta que las plantas se extrajeron a los 3 meses.

Los sistemas radicales se lavaron cuidadosamente para anotar síntomas y se determinaron los pesos frescos de las plantas completas, así como los de sus partes aéreas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Cultivos duales (CD)

Se observaron tres tipos de interacciones entre los aislados de *Trichoderma* spp. y *Fusarium solani*. Solapamiento de colonias: los micelios crecen sobre el espacio disponible en las placas, sin interacción entre ellos. Halo de inhibición: se muestra un espacio que separa ambas colonias, que frenan sus crecimientos y Línea de inhibición: los micelios llegan a contactar y crean una línea de mayor coloración con posible inhibición leve (Foto. 1).

### Cultivos sobre Discos de Celofán Estériles (DCE)

En el primer experimento de DCE, tres de los 12 aislados evaluados, procedentes de cultivos de fresa, T7 (*T. harzianum*), T19 y T23, no se diferenciaron significativamente del

testigo, para los aislados FsABG, Fs614 y Fs725 de *F. solani* transferidos a PDA con los metabolitos (Fig. 1). Por contra, T1 resultó muy efectivo en reducir el crecimiento micelial de Fs614 y Fs725, y T13 frente a los otros dos aislados de *F. solani*. Además, T10 y T11 solo resultaron efectivos frente a FsABG (Fig. 1).

En el segundo experimento se ensayaron 12 nuevos aislados de cultivos de fresa, y el aislado T30 (*T. asperellum*) redujo significativamente el crecimiento micelial de los aislados Fs614 y Fs725. El aislado T33 fue muy efectivo frente a Fs614, mientras que T36 y T41 fueron significativamente efectivos restringiendo el crecimiento de FsAGB y Fs393, respectivamente. Por contra, T24 se asemejaba más al testigo con cualquiera de los *F. solani* (Fig. 2).

En el tercer experimento se evaluaron 10 aislados de *Trichoderma* procedentes de cultivos de aguacate ubicados en las zonas costeras de Málaga y Granada. Los crecimientos lineares de colonias de Fs393 y FsAGB se redujeron cuando se realizaron en PDA con CH273 (*T. atroviride*) y CH303 (*T. virens*), en tanto que CH312 redujo el crecimiento de FsABG y Fs614, posiblemente por la difusión de metabolitos de estos aislados al medio de cultivo (Fig. 3).

En la Foto 4 se contrastan los síntomas en un testigo no inoculado y la severidad en plantas de fresa a los 3 meses de haberlas inoculado con *F. solani*.

Tras ese periodo de incubación, los respectivos promedios de los pesos total (PT) y de sus partes aéreas de las plantas de fresa inoculadas con los aislados de *F. solani* se incrementaron respecto a sus testigos sin *Trichoderma* (Tabla 1), mostrándose la eficacia antagonista frente a la enfermedad. En concordancia con el halo de inhibición entre colonias de *F. solani* y *Trichoderma* observado en CD (Foto 1), un efecto análogo ocurrió para el PT de plantas inoculadas con Fs174 y con *T. harzianum* (T7), pero no se mostró con *T. virens* (CH303).

Los testigos inoculados con *F. solani* que no tuvieron aportes de *Trichoderma* también disminuyeron PT y el peso de la parte aérea de las plantas (Ppa), aunque no significativamente, respecto al testigo no inoculado (Tabla 1).

En ausencia de *F. solani*, aumentó levemente el Ppa con los aportes de *T. harzianum* y *T. virens*, mientras que solo con *T. asperellum* observamos el efecto contrario para PT (Tabla 1).

Para un control sostenible de la enfermedad, hemos evaluado el biocontrol con aislados monoconídicos de *Trichoderma* spp., indagando los posibles mecanismos de acción, y el potencial control de PRCF. Se caracterizaron tres especies como posibles agentes de biocontrol *in vitro* en CD, o sobre DCE (que permite el flujo de metabolitos antagonistas al medio PDA), donde se transfirieron posteriormente cuatro aislados de *F. solani* patogénicos en plantas de fresa.

El aislado de *T. harzianum* formó un halo de inhibición (Foto 2) frente al crecimiento dual con *F. solani*, pero no redujo el crecimiento del mismo en el ensayo DCE. Por contra, los aislados de *T. asperellum* y *T. virens* redujeron el crecimiento de los *F. solani* en DCE.

La efectividad de biocontrol de estos aislados ha sido también demostrada previamente en el patosistema *Rosellinia necatrix*-aguacate (Ruano-Rosa y López-Herrera, 2009; Ruano-Rosa *et al.*, 2010; Arjona-Girona *et al.*, 2014).

## CONCLUSIONES

Con aislados de tres especies de *Trichoderma*, se ha mostrado control biológico de la PRCF ocasionada por *F. solani* en cultivos de fresa, tanto por los metabolitos liberados *in vitro* que restringen su crecimiento, como en pruebas de patogenicidad en plantas inoculadas con en sustratos a los que aportaban micelios de *T. harzianum*, *T. virens* y *T. asperellum*.

Parece oportuno continuar una línea de investigación para profundizar en el conocimiento de los mecanismos de actuación de las especies antagonistas (Howell, 2003).

Asimismo, habría que confirmar los resultados obtenidos y determinar la frecuencia de aislados con esa propiedad frente al patógeno y a la PRCF, así como en relación a otros importantes hongos patógenos de dicho cultivo, como la Podredumbre carbonosa, levemente

Cabría, posteriormente, optimizar las metodologías para su aplicación en cultivos de fresa en campo.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARJONA-GIRONA, I., VINALE, F., RUANO-ROSA, D, LORITO, M. AND LÓPEZ-HERRERA, C.J. 2014. Effect of metabolites from different *Trichoderma* strains on the growth of *Rosellinia necatrix*, the causal agent of avocado white root rot. European Journal of Plant Pathology 140. 385-397.
- ATANOSOVA, L.; DRUZHININA, I.S.; JAKLISTSCH, W.M. 2013. Two hundred *Trichoderma* species recognized on the basis of molecular phylogeny. Pp. 10-42 In: *Trichoderma: Biology and Applications*, CAB International. (eds P.K. Mukherjee *et al.*), 327 pp.
- HARMAN, G.E. 2000. Myths and dogmas of biocontrol. Changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T-22. Plant Dis 84, 377-393.
- HARMAN, G.E. 2006. Overview of mechanisms and uses of *Trichoderma* spp. Phytopathology 96:190-194.
- HARMAN, G.E., HOWELL, C.R., VITERBO, A., CHET, I., LORITO, M. 2004. *Trichoderma* species – Opportunistic, avirulent plant symbionts. Nat. Rev. Microbiol. 2, 43-56.

HJELJORD, L. AND TRONSMO, A. 1998. *Trichoderma* and *Gliocladium* in biological control: an overview. Pp. 131-151 In: *Trichoderma and Gliocladium*, Vol. 2 Taylor & Francis (eds G.E. Harman and C.P. Kubicek), 393 pp.

HOWELL, C.R. 2003. Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases: The History and evolution of current concepts. *Plant Dis* 87: 4-10.

PASTRANA A.M., M.J. BASALLOTE-UREBA1, A. AGUADO1, K. AKDI AND N. CAPOTE. 2017. Biological control of strawberry soil-borne pathogens *Macrophomina phaseolina* and *Fusarium solani*, using *Trichoderma asperellum* and *Bacillus* spp. *Phytopathol Mediterr* 55: 109-120.

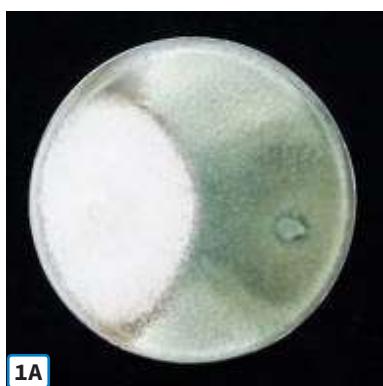
PASTRANA A.M., N. CAPOTE, B. DE LOS SANTOS, F. ROMERO AND M.J. BASALLOTE-UREBA, 2014. First report of *Fusarium solani* causing crown and root rot on strawberry crops in southwestern Spain. *Plant Disease* 98: 161.

RUANO ROSA, D. AND LÓPEZ-HERRERA, C.J. 2009. Evaluation of *Trichoderma* spp. as bio-control agents against avocado white root rot. *Biological Control* 51: 66-71. RUANO ROSA, D., DEL MORAL-NAVARRETE, L. AND LÓPEZ-HERRERA, C.J. 2010. Selection of *Trichoderma* spp. antagonistic to *Rosellinia necatrix* Spanish journal of Agricultural Research 8: 1084-1097.

ZAIKI, N.W. AND SINGH, U.S. 2013. *Trichoderma* in plant health management. Pp. 230-246 In: *Trichoderma: Biology and Applications*, CAB International. (eds P.K. Mukherjee et al.), 327 pp.

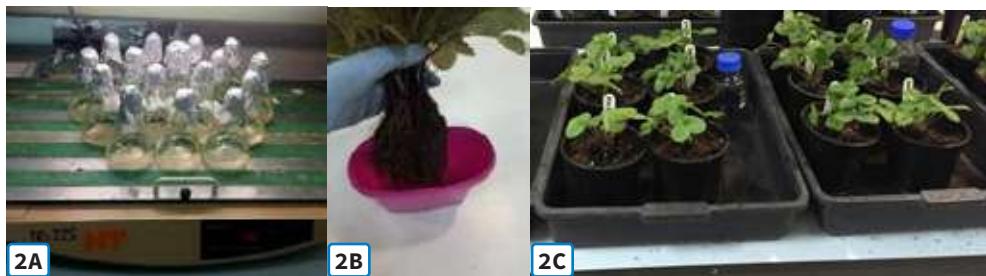
## AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido financiada dentro del Programa Estatal de I+D+I orientada a los Retos de la Sociedad. Proyecto RTA 2013-00062-C05-03.



## FOTOGRAFÍAS

**Fotografía 1:** 1A) Solapamiento de colonias (SC): Los micelios crecen sobre el espacio disponible en las placas, sin interacción entre ellos; 1B) Halo de inhibición (HI): Se muestra un espacio que separa ambas colonias, que frenan sus crecimientos; 1C) Línea de inhibición (LI): los micelios llegan a contactar y crean una línea de mayor coloración con posible inhibición leve.



**Fotografía 2.** 2A) Inoculación de esquejes enraizados de plantas de fresa con suspensiones de conidias de *F. solani*; 2B) tras lo que se prepararon suspensiones acuosas concentradas (a  $10^6$  conidias/ml) en las que se sumergían los sistemas radiculares de los esquejes, durante 30 min a temperatura ambiente; 2C) trasplantándolas luego en macetas con sustrato estéril que se regaba con dichas suspensiones inoculantes y se mantuvieron en invernadero climatizado ( $25\pm3^\circ\text{C}$ ).

**Fotografía 3.** Colonización de granos de trigo estériles con *Trichoderma* spp.

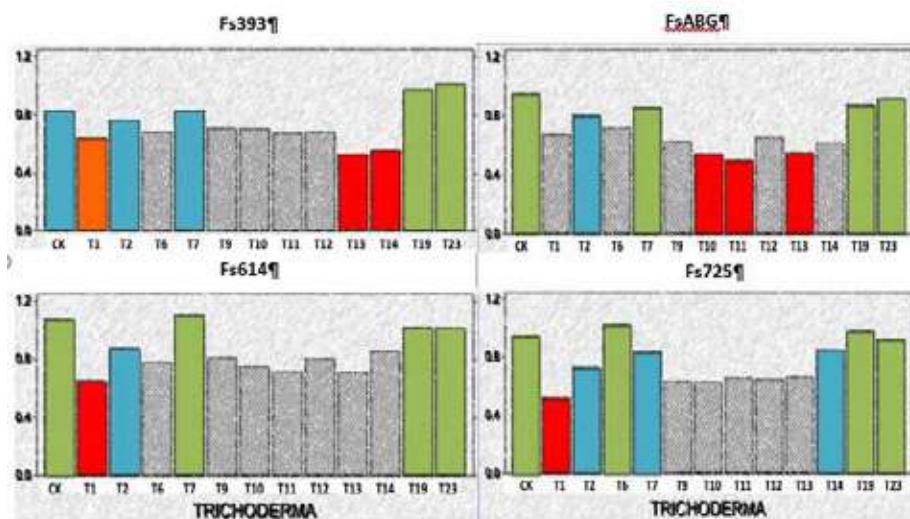
**Fotografía 4.** Síntomas en plantas testigo (izda) e inoculadas con *F. solani* (dcha).

## TABLAS

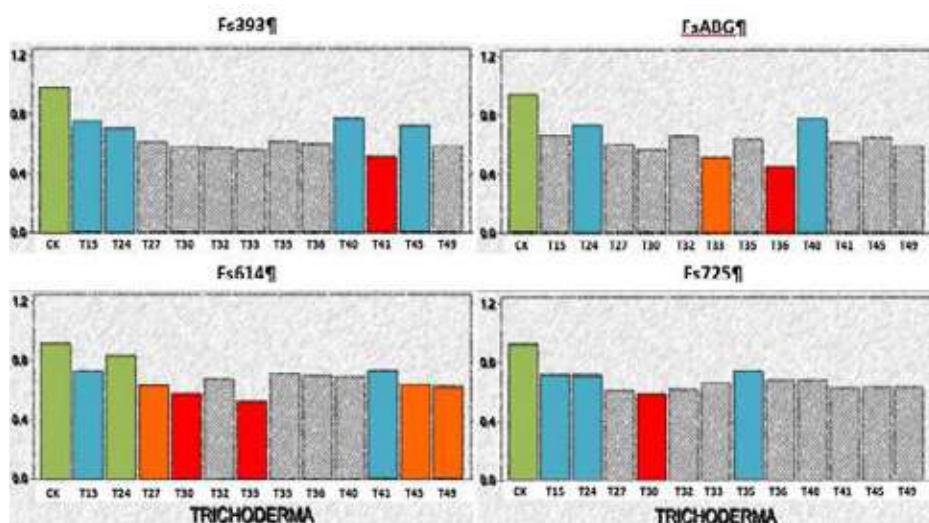
**TABLA 1.** Peso (g) total (PT) de las plantas y de sus partes aéreas (Ppa), inoculadas con dos aislados de *Fusarium solani* y aportes de *Trichoderma virens* (Tv), *T. harzianum* (Th) o *T. asperellum* (Ta).

A. Fúngicos (Fs+Tr)	Ppa	PT
• 0 + Th	16.61 A	23.39 ABCD
• ABG + Th	16.20 A	24.89 ABC
• 174 + Th	14.70 AB	29.96 A
• 0 + Tv	17.08 A	25.87 AB
• ABG + Tv	15.59 AB	23.56 ABCD
• 174 + Tv	11.21 BC	23.21 CD
• 0 + Ta	9.91 CD	17.13 DE
• ABG + Ta	16.28 A	26.20 AB
• 174 + Ta	17.07 A	27.81 AB
• 0 + 0	0.33 CD	23.84 ABCD
• ABG + 0	7.90 CD	18.93 CDE
• 174 + 0	5.35 D	16.19 E

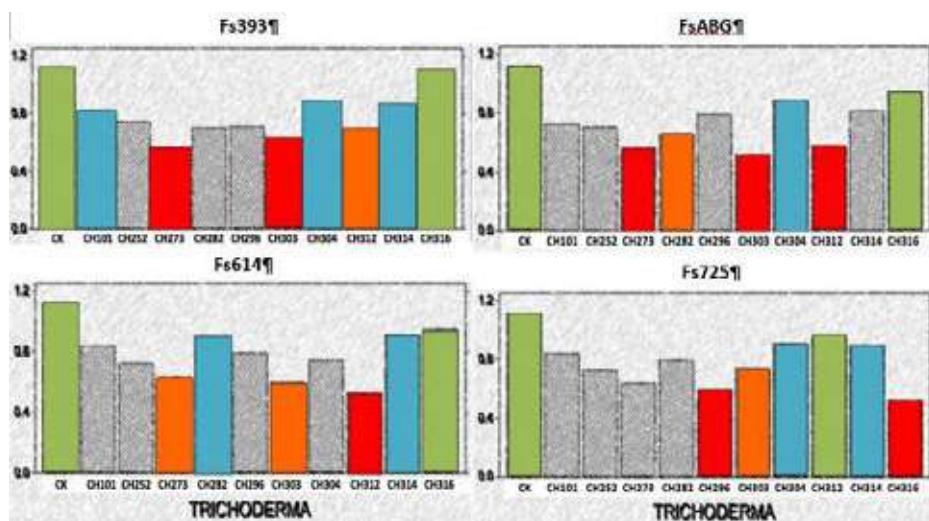
## FIGURAS



**Figura 1.** Áreas bajo la curva de crecimiento lineal de cuatro aislados de *F. solani*.



**Figura 2.** Áreas bajo la curva de crecimiento lineal de cuatro aislados de *F. solani*.



**Figura 3.** Áreas bajo la curva de crecimiento lineal de cuatro aislados de *F. solani*.

# VIRUS QUE INFECTAN HORTALIZAS A TRAVÉS DEL SUELO

**García-García, M.C.; Ruiz García, L.; de Cara García, M.; Janssen, D.**

Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA) La Mojonera (Almería). Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible de la Junta de Andalucía.

## RESUMEN

Los cultivos hortícolas bajo abrigo desarrollados en la provincia de Almería ocupan más de 30.000 ha., y se cultivan mayoritariamente en suelo. La desinfección de suelos es una práctica cultural generalizada y necesaria, sobre todo cuando en ciertas ocasiones, se practica el monocultivo. Un menor rendimiento e infecciones aisladas o mixtas de determinados patógenos de suelo son las causas fundamentales para acometer una desinfección de suelo. La solarización, pura o mixta con algún producto químico, es el método de desinfección más utilizado, siendo la frecuencia habitual de su práctica cada año o cada dos años. Algunos insectos, nematodos, hongos, bacterias y virus son fitoparásitos que afectan a la producción de nuestras hortalizas y pueden desarrollar su ciclo vital, total o parcialmente en el suelo. Este trabajo consiste en una recopilación descriptiva de los virus de hortalizas transmitidos por suelo y presentes en la horticultura de Almería, pudiéndose diferenciar, por su modo de transmisión, los virus por contacto con raíces infectadas o con la propia matriz del suelo y aquellos cuyo vector es un hongo, mayoritariamente del género *Olpidium*. Entre los virus que se transmiten por contacto con el suelo o con raíces enfermas se encuentra el género *Tobamovirus*, compuesto por virus que afectan fundamentalmente a solanáceas, tales como ToMV, ToBRFV, PMMoV, TMGMV y también a cucurbitáceas, como CGMMV; persiste en el suelo TBSV, del género *Tombusvirus*; SBMV, del género *Sobemovirus*, realizan su transmisión, además, por polen y PepMV, del género Potexvirus, cuya transmisión también está descrita a través de abejorros. Diferentes especies fúngicas de suelo del género *Olpidium* están descritas como vectores de virus de hortalizas, tales como *O. bornovanus* para MNSV y CLSV, *O. brassicae* para TNV. El uso de semillas exentas de virus y/o desinfectadas, el empleo de cultivares y patrones de hortalizas resistentes, la aplicación de soluciones desinfectantes para útiles de trabajo, sustratos sanitariamente aptos y la desinfección de suelo con técnicas respetuosas, son métodos de control indispensables para mantener la sanidad de nuestros cultivos respecto a enfermedades transmitidas por suelo.

**Palabras Clave:** virus, hortalizas, suelo, contacto, raíces, *Olpidium*

## INTRODUCCIÓN

Los cultivos hortícolas bajo abrigo desarrollados en la provincia de Almería ocupan unas 32000 ha., y se cultivan mayoritariamente en suelo. La desinfección de suelos es una práctica cultural generalizada y necesaria, sobre todo cuando en ciertas ocasiones, se practica el monocultivo. Un menor rendimiento e infecciones aisladas o mixtas de determinados patógenos de suelo son las causas fundamentales para acometer una desinfección de suelo. La solarización mixta con metam-sodio o dicloropropeno es el método de desinfección más utilizado, siendo la frecuencia habitual de su práctica cada año o cada dos años (García *et al.*, 2019).

En la actualidad están teniendo lugar tanto restricciones en el uso de desinfectantes de suelo de origen químico, como múltiples investigaciones con métodos biológicos de reducción de patógenos del mismo. Determinados patógenos, incluidos los virus, desarrollan su ciclo de vida total o parcialmente en el suelo, ejerciendo parasitismo en hortalizas. Este es el motivo de considerar interesante realizar una revisión de los virus transmitidos por suelo en hortalizas.

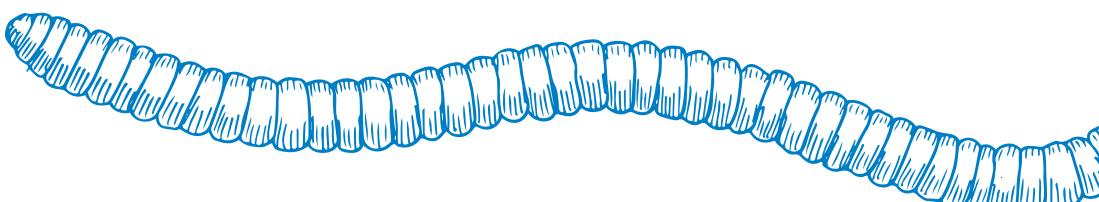
Aparte de los métodos de control químico tradicionalmente aplicados en la desinfección del suelo en cultivos hortícolas protegidos, actualmente se pueden destacar otras alternativas de desinfección de suelo como son la solarización, la biofumigación y la biosolarización.

El suelo constituye una de las principales fuentes de entrada de patógenos en cultivos hortícolas en invernadero, con el agravante de que la mayoría se conservan en éste durante prolongados períodos de tiempo, constituyendo una importante fuente de inóculo y/o diseminación de los mismos.

Algunos insectos, nematodos, hongos, bacterias y virus son fitoparásitos que afectan a la producción de nuestras hortalizas y pueden desarrollar su ciclo vital, total o parcialmente en el suelo.

Varios elementos contribuyen a la gravedad de estas enfermedades, existen múltiples factores agroclimáticos tales como las cálidas temperaturas, favorables tanto para el desarrollo de las plantas como para los insectos vectores, la humedad, los densos marcos de plantación que facilitan el contacto entre plantas sanas y enfermas y la repetición y coexistencia de monocultivos durante bastantes meses del año.

Desde inicios de la década de los 80 se conocían varias virosis afectando a las hortalizas de invernadero en Almería, tales como TMV, PVY, CMV, WMV-2 y ZYMV (Luis Arteaga M., comunicación personal y Cuadrado I.M. y Gómez J., 1983), pero ha sido en los últimos años cuando las virosis han llegado a ser un problema de primera magnitud, siendo con-



sideradas como los principales agentes productores de mermas económicas, tanto por el aumento en la incidencia de algunas de ellas, como por la llegada de nuevas virosis.

La epidemiología de las virosis es muy compleja, ya que los síntomas causados por los virus en los cultivos son muy diversos y fácilmente atribuibles a otros patógenos o desórdenes fisiológicos de la propia planta. Utilizan como vectores: el contacto suelo-raíces, semillas, insectos, nematodos, polen, lixiviados, así como ciertos hongos quitridiomicetos presentes en el suelo como *Olpidium bornovanus* y *Olpidium virulentus*.

En Almería se han descrito ToMV, PMMoV, TMGMV, ToBRFV y CGMMV (*Tobamovirus*), SBMV (*Sobemovirus*), MNSV (*Carmovirus*), CLSV (*Aureusvirus*), TBSV (*Tombusvirus*), TNV (*Necrovirus*) y PepMV (*Potexvirus*) como virus que pueden trasmitir enfermedades a través de suelo.

En general estos virus, tienen un relativamente amplio rango de hospedantes y son fáciles de transmitir mecánicamente. Para su control, es necesario actuar sobre los vectores, caso de ser ésta la vía de transmisión.

Los tobamovirus (el virus del mosaico del tomate (ToMV), el virus del moteado suave del pimiento (PMMoV), el virus del mosaico verde suave del tabaco (TMGMV), el virus del fruto rugoso marrón del tomate (ToBRFV), y el virus del mosaico verde jaspeado del pepino (CGMMV) son muy estables y pueden retener su capacidad infectiva en restos vegetales durante mucho tiempo. Son muy importantes las trasmisiones mecánicas durante las operaciones de cultivo. Su sintomatología es similar en todos ellos pudiendo variar en intensidad. Las hojas jóvenes presentan un moteado verde claro-amarillo. En hojas adultas aparece un ligero rizamiento y formas irregulares, enanismo de la planta además de manchas y deformaciones en los frutos. El virus del mosaico del sur de la judía (SBMV), se transmite por semilla y polen así como por coleópteros foliares, estando citados *Cerotoma trifurcata*, *Epilachna varivestis* y *Ootheca mutabilis*, dependiendo de la cepa del virus. Causa mosaico y moteado en judía, chícharo y soja. En judía, además puede desarrollar fruncido de hojas, necrosis de venas, defoliación y síntomas marcados en las vainas. El virus del cribado o de las manchas necróticas del melón (MNSV), se transmite por semilla, ligando su presencia y extensión a la presencia del hongo *Olpidium bornovanus*. Causa lesiones cloróticas que evolucionan hasta la necrosis, pudiendo ser internerviales, además de estrías en pecíolos y tallos. Puede originar un marchitamiento rápido que acaba en la muerte de la planta. El virus de la mancha de la hoja del pepino (CLSV), se transmite también por *Olpidium bornovanus* originando manchas cloróticas con el centro marrón necrótico sobre las hojas del pepino, un fuerte enanismo y retraso en la floración. Estos síntomas pueden acabar desapareciendo con el tiempo. El virus del enanismo ramificado del tomate (TBSV), se transmite mecánicamente causando necrosis en los ápices de los tallos, con desarrollo de necrosis secundarias, proliferación de tallos laterales, clorosis apical, necrosis de nervios foliares, pecíolos y tallos. El virus de la necrosis del tabaco (TNV), se transmite por el hongo *Olpidium brassicae* causando necrosis localizadas en las plantas afectadas. El virus del mosaico del pepino dulce (PepMV), se transmite por semilla y se expande rápidamente de forma mecánica. Puede provocar la “muerte súbita de la

planta”, normalmente se expresa mediante mosaicos de diversos tonos e intensidades, filiformismo de foliolos, rizado e abullonado internervial de hojas, estrías en tallos y cáliz, manchas y madurez irregular en fruto.

Este trabajo consiste en una recopilación de los virus de hortalizas transmitidos por suelo y descritos en la horticultura de Almería, pudiéndose diferenciar, por su modo de transmisión, los virus por contacto con raíces infectadas o con la propia solución del suelo y aquellos cuyo vector es un hongo del género *Olpidium*. Se procederá a la especificación de género, especie, vector y principales cultivos huéspedes de los virus relacionados. Igualmente, se aporta información sobre su primera cita en España.

### VIRUS CAUSANTES DE ENFERMEDADES A TRAVÉS DEL SUELO Y DESCritos EN LA PROVINCIA DE ALMERÍA QUE AFECTAN A HORTALIZAS

Entre los virus que se transmiten por contacto con el suelo o con raíces enfermas se encuentra el género *Tobamovirus*, compuesto por virus que afectan fundamentalmente a solanáceas, tales como ToMV, PMMoV, TMGMV, ToBRFV y también a cucurbitáceas, como CGMMV. Otros, como el SBMV, del género *Sobemovirus*, realizan su transmisión, además, por polen.

Diferentes especies del género *Olpidium* están descritas como vectores de virus de hortalizas, tales como *O. bornovanus* para MNSV y CLSV, *O. brassicae* para TNV y *O. virulentus* para PepMV. (*Olpidium bornovanus* se corresponde con el antiguo *Olpidium radicale*, asimismo *Olpidium brassicae* actualmente es denominado *Olpidium virulentus*, excepto si se asocia a crucíferas; (Campbell, 1988; Herrera-Vásquez y col., 2009)).

A nivel de campo, ToMV, PMMoV, TMGMV, ToBRFV, CGMMV, SBMV y PepMV son virus con una mayor incidencia en las últimas campañas, siendo menos frecuentes o prácticamente inexistentes MNSV, CLSV, TBSV y TNV.

La relación de virus causantes de enfermedades en suelo y descritos en la provincia de Almería que afectan a hortalizas se encuentra en la tabla 1. En la tabla 2 aparecen las primeras citas en España para estos virus.

El uso de semillas exentas de virus y/o desinfectadas, el empleo de cultivares y patrones de hortalizas resistentes y su alternancia, la rotación de cultivos, la aplicación de soluciones desinfectantes para útiles de trabajo, sustratos sanitariamente aptos y la desinfección de suelo con técnicas respetuosas, son métodos de control indispensables para mantener la sanidad de nuestros cultivos respecto a enfermedades transmitidas por suelo y se debe utilizar de forma integrada. Por todo ello, el asesoramiento de técnicos y especialistas resulta imprescindible.

La investigación agrícola continúa teniendo como reto encontrar alternativas eficientes, ambiental y económicamente sostenibles, para el control de patógenos presentes en el suelo.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFARO-FERNÁNDEZ, A., CASTILLO, P., SANAHUJA, E., RODRÍGUEZ-SALIDO, M.C., FONT, M.I. (2020) First Report of Tomato Brown Rugose Fruit Virus in Tomato in Spain 2020. *Plant Disease*, 105:515.
- ALONSO, E., GARCÍA LUQUE, I., ÁVILA RINCÓN, M.J., WICKE, B., SERRA, M.T., DÍAZ RUIZ, J.R. (1989). A tobamovirus causing heavy losses in protected pepper crops in Spain. *Journal of Phytopathology*, 125: 67-76.
- CAMPBELL, R.N. (1988). Cultural characteristics and manipulative methods, In: *Viruses with Fungal Vectors*, Cooper J.I., and Asher M.J.C. (Eds), Association of Applied Biologists, Wellesbourne, U.K, pp. 153-165.
- CÉLIX, A., LUIS-ARTEAGA, M., RODRÍGUEZ-CEREZO, E. (1996). First report of Cucumber green mottle mosaic tobamovirus infecting greenhouse-grown cucumber in Spain. *Plant Disease* 80: 1303.
- CÓRDOBA C., MARTÍNEZ LL., SAVAL P., LACASA A., JORDÁ C. (2004). Relación entre la infección con PepMV (Pepino mosaic virus) y la presencia de Olpidium brassicae, en raíces como causa del síndrome del “Colapso” del tomate. XII Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología. Lloret de Mar (Girona).
- CÓRDOBA M.C., GARCÍA A., ALFARO A., JORDÁ C., (2007). Seed transmission of Pepino mosaic virus and efficacy of tomato seed disinfection treatments. *Plant Disease* 91: 1250-1254.
- CÓRDOBA M.C., MARTÍNEZ-PRIEGO LL., JORDÁ C. (2004). New natural hosts of Pepino mosaic virus in Spain. *Plant Disease* 88: 906.
- CUADRADO, I.M., GÓMEZ, J., MORENO, P. (1993). El virus de las manchas necróticas del melón (MNSV) en Almería. I. Importancia del MNSV como causa de la muerte súbita del melón. *Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas*, 19: 93-106.
- CUADRADO GÓMEZ, I.M., (1994). Las virosis de las hortalizas en los cultivos de invernadero de Almería. Comunicación I+D Agroalimentaria 3/93. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Servicio de Publicaciones y Divulgación. I.S.B.N.: 84-87564-80-1.
- CUADRADO, I.M., GUERRA-SANZ, J.M., GARCÍA, C., AGUILAR, M.I., MORENO, P. (1995). First report of tomato bushy stunt virus in Almería (Spain). *Plant Disease* 79: 1186.
- FRAILE, A., MALPICA, J.M., ARANDA, M.A., RODRÍGUEZ-CEREZO, E., GARCÍA-ARENAL, F. (1996). Genetic diversity in tobacco mild green mosaic tobamovirus infecting the wild plant *Nicotiana glauca*. *Virology* 223: 148-155.
- GÓMEZ, J., CUADRADO, I., VELASCO, V. (1993). El virus de las manchas necróticas del melón (MNSV) en Almería. II. Eficacia de la desinfección del suelo frente a MNSV. *Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas* 19: 179-186.
- GÓMEZ, J., CUADRADO, I., VELASCO, V. (1993). El virus de las manchas necróticas del melón (MNSV) en Almería. III. Eficacia del injerto del melón para combatir el MNSV. *Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas* 19: 187-192.

HERRERA-VÁSQUEZ, J.A., CEBRIÁN, M.C., ALFARO-FERNÁNDEZ, A., CÓRDOBA-SELLÉS, M.C., JORDÁ, C. (2009). Multiplex PCR assay for the simultaneous detection and differentiation of Olpidium bornovanus, O. brassicae, and O. virulentus. Mycological Research, 113: 602-610.

JORDÁ C., LÁZARO A. MARTÍNEZ-CULEBRAS P., LACASA A. (2001). First report of Pepino mosaic virus on natural host. Plant Disease 85: 1292.

JORDÁ C., LÁZARO A., FONT, I., LACASA A., GUERRERO M.M., CANO A. (2000). Nueva enfermedad en el tomate. Phytoma nº 119: 23-28.

JORDÁ C., ALFARO A. (1977). La “goma” del tomate. Su relación con el TMV. Congreso Nacional Sociedad Española de Microbiología. Sección Fitopatología. Madrid.

JORDÁ, C., VICENTE, E., ALFARO, A. (1979). La “goma” del tomate, un grave problema del fruto. INIA, 295-301.

JUÁREZ, M., ORTEGA A., AUCEJO S., JORDÁ C. (2000). La situación del virus del cribado del melón en el Levante español. X Congreso de la S.E.F. Valencia 3-6 Octubre, p. 325

LÁZARO A., MARTÍNEZ-CULEBRAS P., LACASA A., HITA I., JORDÁ C. (2000). A new disease in tomato crops caused by Pepino mosaic virus (PepMV). Diagnosis by different techniques. Proceedings of the 5th Congress of the European Foundation for Plant Pathology. Taormina.

MARTE M., WETTER C. (1986). Occurrence of pepper mild mottle virus in pepper cultivars from Italy and Spain. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz 93: 37-43.

MOYA, A., RODRÍGUEZ-CEREZO, E., GARCÍA-ARENAL, F. (1993). Genetic structure of natural populations of the plant RNA virus tobacco mild green mosaic virus. Molecular Biology and Evolution 10: 449-456.

RODRÍGUEZ-CEREZO E, ELENA F, MOYA A, GARCÍA-ARENAL F (1991) High genetic stability in natural populations of the plant RNA virus tobacco mild green mosaic virus. Journal of Molecular Evolution, 32: 328-332.

SAEZ ALONSO, E., LUIS ARTEAGA, M., RODRÍGUEZ CEREZO, E., GARCÍA ARENAL, F. (1995). El virus del enanismo ramificado del tomate (TBSV): Un nuevo patógeno en los cultivos de tomate y berenjena de Almería. Phytoma-España 68: 28-30.

SAÉZ E ET AL. (SIN PUBLICAR) CITADO EN GÓMEZ J. (2004). La sanidad de los cultivos hortícolas sobre sustratos en el sur de España. Pp. 523-538, en: Tratado de cultivos sin suelo. M. Urrestarazu Gavilán (Ed.) Mundi Prensa Libros S.A. 914 páginas. ISBN: 84-8476-139-8.

SEGUNDO, E., GIL-SALAS, F.M., JANSEN, D., MARTÍN, G., CUADRADO, I.M. AND REMAH, A. (2004). First report of Southern bean mosaic virus infecting french bean in Morocco. Plant Disease 88: 1162.

SEGUNDO, E., JANSEN D., VELASCO L., RUIZ L., CUADRADO I. (2001). First report of Cucumber leaf spot virus in Spain. Plant Disease 85: 1123.

SOLER S., PROHENS J., NUEZ F. (2000). El virus del mosaico del pepino dulce en el cultivo del tomate. Vida Rural 119: 48-52.

VERHOEVEN, J.TH.J., ROENHORST, J.W., LESEMANN, D.E., SEGUNDO, E., VELASCO, I., RUIZ, L. JANSEN, D., CUADRADO, I.M. (2003). Southern bean mosaic virus the causal agent of a new disease of *Phaseolus vulgaris* in Spain. European Journal of Plant Pathology 109: 935-941.

## AGRADECIMIENTOS

Estudio soportado por el proyecto AVA2019.015.

## FOTOGRAFÍAS



**Fotografía 1.** Síntomas de tobamovirus en solanaceae. Pepper mild mottle virus en pimiento, hojas (a) y frutos (b); tomato brown rugose fruit virus en tomate, hoja (c) y fruto (d). Imágenes EPPO (c) y (d).



**Fotografía 2.** Síntomas de tobamovirus en *cucurbitaceae*. Cucumber green mottle mosaic virus en pepino, hojas (a) y frutos (b).

## TABLAS

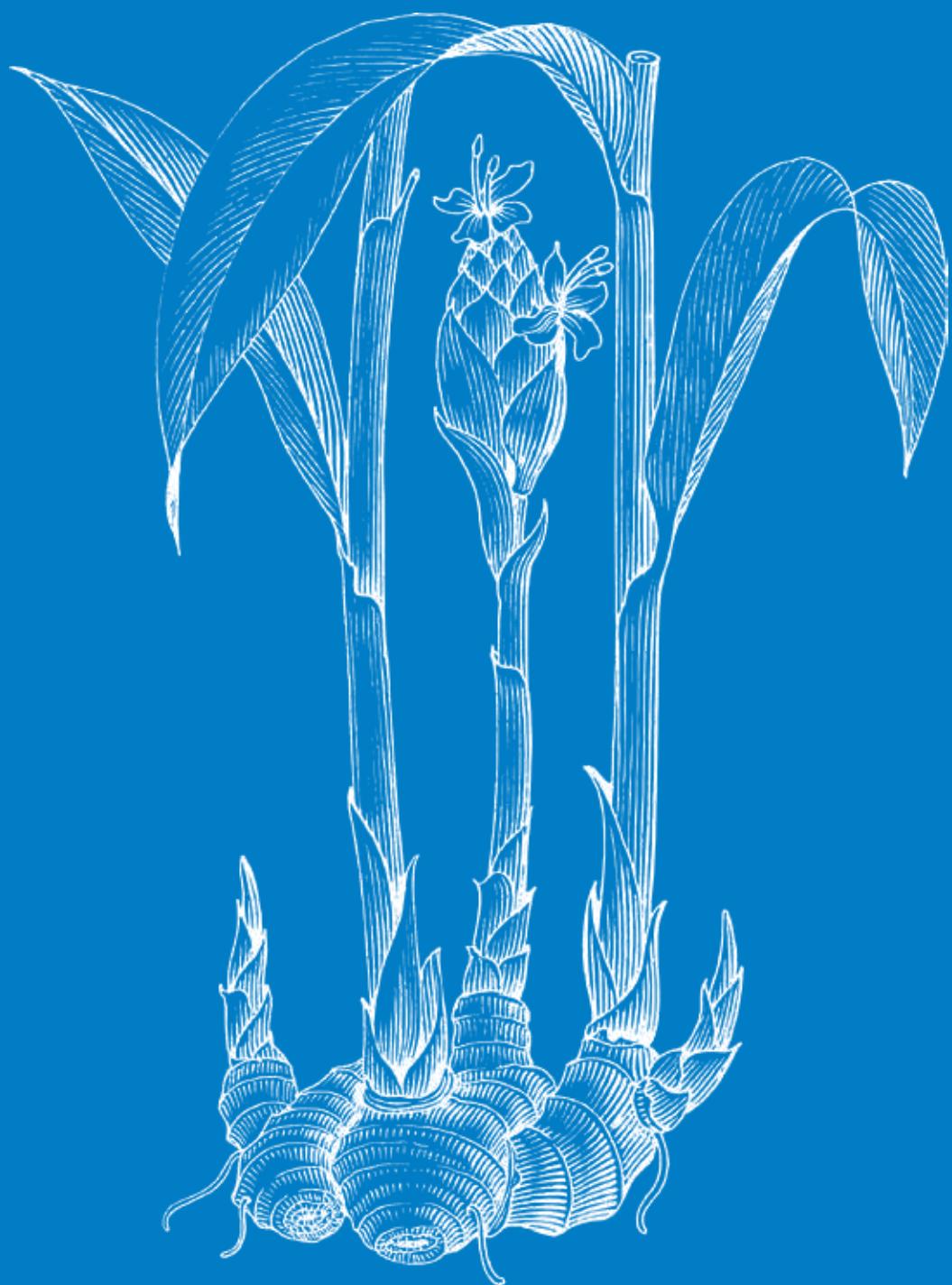
**Tabla 1.** Virus causantes de enfermedades en suelo y descritos en la provincia de Almería que afectan a hortalizas.

GÉNERO	ESPECIE	VECTOR	PRINCIPALES CULTIVOS HUÉSPEDES
TOBAMOVIRUS	<b>ToMV</b> , <i>Tomato mosaic virus</i>		pimiento, tomate, berenjena
	<b>PMMoV</b> , <i>Pepper mild mottle virus</i>	. Contacto aéreo . Contacto suelo-	pimiento
	<b>TMGMV</b> , <i>Tobacco mild green mosaic virus</i>	raíces . Semilla	pimiento
	<b>ToBRFV</b> , <i>Tomato brown rugose fruit virus</i>	. Ciertos insectos . Nematodos	tomate, pimiento
	<b>CGMMV</b> , <i>Cucumber green mottle mosaic virus</i>		pepino, sandía, melón
SOBEMOVIRUS		. Contacto aéreo . Contacto suelo-	
	<b>SBMV</b> , <i>Southern bean mosaic virus</i>	raíces . Polen . Semilla	judía
CARMOVIRUS	<b>MNSV</b> , <i>Melon necrotic spot virus</i>	Suelo- <i>O. bornovanus</i>	pepino, sandía, melón
AUREUSVIRUS	<b>CLSV</b> , <i>Cucumber leafspot virus</i>	Suelo- <i>O. bornovanus</i>	pepino
TOMBUSVIRUS	<b>TBSV</b> , <i>Tomato bushy stunt virus</i>	Suelo-lixiviado	pimiento, tomate, berenjena
NECROVIRUS	<b>TNV</b> , <i>Tobacco necrosis virus</i>	Suelo- <i>O. brassicae</i>	pepino
POTEXVIRUS	<b>PepMV</b> , <i>Pepino mosaic virus</i>	. Contacto aéreo . Contacto suelo-	
		raíces . Polen y Semilla	tomate
		. Suelo- <i>O. virulentus</i>	

**Tabla 2.** Primeras citas en España de virus descritos en suelo.

VIRUS	AÑO	CITA	AUTORES
ToMV	1977	La “goma” del tomate. Su relación con el TMV	Jordá C, Alfaro A
PMMoV	1989	A tobamovirus causing heavy losses in protected pepper crops in Spain	Alonso E, García Luque I, Avila-Rincón MJ, Wicke B, Serra MT, Díaz-Ruiz JR
TMGMV	1991	High genetic stability in natural populations of the plant RNA virus tobacco mild green mosaic virus	Rodríguez-Cerezo E, Elena F, Moya A, García-Arenal F
MNSV	1993	El virus de las manchas necróticas del melón (MNSV) en Almería. I. Importancia del MNSV como causa de la muerte súbita del melón	Cuadrado IM, Gómez J, Moreno P
TBSV	1995	First report of tomato bushy stunt virus in Almería (Spain)	Cuadrado IM, Guerra-Sanz JM, Garcia C, Aguilar MI, Moreno P
CGMMV	1996	First report of Cucumber green mottle mosaic Tobamovirus infecting greenhouse-grown cucumber in Spain	Celix A, Luis-Arteaga M, Rodriguez-Cerezo E
CLSV	2001	First Report of Cucumber leaf spot virus in Spain	Segundo E, Janssen D, Velasco L, Ruiz L, Cuadrado I M
PepMV	2001	First Report of Pepino mosaic virus on Tomato in Spain	Jordá C, Lázaro Pérez A, Martínez-Culebras P, Abad P, Lacasa A, Guerrero MM
SBMV	2003	Southern bean mosaic virus the causal agent of a new disease of Phaseolus vulgaris beans in Spain	Verhoeven JThJ, Roenhorst JW, Lesemann DE, Segundo E, Velasco L, Ruiz L, Janssen D, Cuadrado IM
TNV	2004	La sanidad de los cultivos hortícolas sobre sustratos en el sur de España	Saéz E et al. Citado por Gómez J (2004)
ToBRFV	2020	First report of tomato brown rugose fruit virus in tomato in Spain	Alfaro-Fernández A, Castillo P, Sanahuja E, Rodríguez-Salido MC, Font MI

# TÉCNICAS DE CULTIVO



# ESTRATEGIAS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DEL APORTE DE CO<sub>2</sub> EN INVERNADERO MEDITERRÁNEO

Sánchez-Guerrero M.C.<sup>1</sup>, Lorenzo, P<sup>1</sup>, Medrano E.<sup>1</sup>, Porras M.E.<sup>1</sup>, Alonso F.J.<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA). Centro IFAPA La Mojónera (Almería). Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible

\*<sup>2</sup> Ridder. Almería

## RESUMEN

El enriquecimiento carbónico del aire en los invernaderos, de uso generalizado en invernaderos del norte de Europa, se ha mostrado de interés agronómico también en condiciones mediterráneas con su aplicación vinculada a la ventilación, mejorando notablemente la producción de calidad y la eficiencia del uso del agua y de los fertilizantes. Sin embargo, la eficiencia de la aplicación de CO<sub>2</sub> es reducida debido en parte a la reducción de la estimulación fotosintética a largo plazo relacionada con el proceso de aclimatación. Por otra parte, el manejo empírico habitual de la dosificación de CO<sub>2</sub> podría mejorarse mediante el uso de una herramienta de optimización dinámica de la concentración, que permite una gestión activa basada en el proceso, teniendo en cuenta los costes y beneficios. El objetivo de este trabajo es evaluar la respuesta productiva de un cultivo de pimiento frente a dos estrategias encaminadas a la mejora en la eficiencia del aporte de CO<sub>2</sub> en condiciones mediterráneas: I) cese anticipado del enriquecimiento carbónico en base de la presencia de aclimatación, II) optimización dinámica de la concentración de CO<sub>2</sub>. El uso de una herramienta de optimización dinámica ha permitido constatar la adecuación en condiciones mediterráneas del aporte de CO<sub>2</sub> según la estrategia de referencia vinculada a la ventilación del invernadero. Así mismo, los resultados mostraron que la reducción del gasto de CO<sub>2</sub> mediante el cese anticipado de la aplicación mejoró notablemente su eficiencia respecto a la producción.

**Palabras clave:** Enriquecimiento carbónico, aclimatación, optimización dinámica, pimiento.

## INTRODUCCIÓN

El enriquecimiento carbónico del aire del invernadero permite aumentar la concentración de CO<sub>2</sub> con la finalidad de mejorar la productividad de los cultivos hortícolas. Diferentes estudios han permitido demostrar su interés agronómico en condiciones de clima mediterráneo cuando se aplica según una estrategia vinculada a la apertura de las ventanas de los invernaderos (Sánchez-Guerrero y col., 2005; Alonso, 2011; Lorenzo y col., 2013). No obstante, a largo plazo se produce una reducción en la respuesta productiva que disminuye la eficiencia de la aplicación y se ha relacionado con el proceso de aclimatación

fotosintética (Porras *et al.*, 2015); dicho estudio indica la fase del cultivo de pimiento en la que se produce aclimatación a alta concentración de CO<sub>2</sub> y, por tanto, el punto en el que el cese del suministro de CO<sub>2</sub> podría mejorar su eficiencia. Adicionalmente, hay estudios que indican la reversión del proceso de aclimatación a alta concentración de CO<sub>2</sub> mediante la exposición de las plantas durante días a la concentración ambiental (Sasek y col., 1985).

Por otra parte, el manejo empírico habitual de la dosificación de CO<sub>2</sub> podría mejorarse con una gestión activa basada en el proceso de asimilación, teniendo en cuenta también los costes y beneficios, mediante el uso de un algoritmo basado en modelos para calcular la tasa de ventilación, la fotosíntesis y el peso fresco esperado de la producción semanal (Stanghellini y col, 2012).

El objetivo de este trabajo es evaluar la respuesta de cultivos hortícolas frente a dos estrategias encaminadas a la mejora de la eficiencia del aporte de CO<sub>2</sub> en condiciones mediterráneas: I) cese anticipado del enriquecimiento carbónico en base de la presencia de aclimatación y II) optimización dinámica de la concentración de CO<sub>2</sub>.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Dos experimentos se llevaron a cabo en el Centro IFAPA “La Mojónera” de Almería, en los meses de agosto-marzo 2014/15 (I) y octubre-marzo 2019/20 (II). En cada uno se comparó la aplicación de enriquecimiento carbónico del aire según la estrategia de referencia (R), para mantener durante el periodo diurno una concentración en el aire de 800 µmol.mol<sup>-1</sup> cuando las ventanas permanecían cerradas y de 380 µmol.mol<sup>-1</sup> cuando su apertura era superior al 30%, frente a una estrategia alternativa:

El experimento I se desarrolló en dos invernaderos multitúnel (720 m<sup>2</sup> cada uno y orientación E-O) equipados con un controlador de clima (CDC, INTA S.L.) para gestionar la actuación de: ventilación lateral y cenital, calefacción, pantalla móvil exterior y aporte de CO<sub>2</sub> puro al aire. Así mismo disponía de un equipo de fertirrigación (CDN, INTA S.L.) para el control del aporte de la solución nutritiva. En los dos invernaderos se aportó CO<sub>2</sub> puro durante el periodo diurno, en uno de ellos según la estrategia de referencia (R) y en el otro se aplicó un enriquecimiento carbónico parcial (P) que se diferenció de R por su cese anticipado pasados 130 días de aporte de CO<sub>2</sub> (dC), de acuerdo con la fase en la que resultados previos indicaban la presencia de aclimatación a alta concentración de CO<sub>2</sub> (Porras *et al.*, 2015). Se estudió el efecto sobre un cultivo de pimiento, cultivar “Melchor”, en sustrato de perlita (2,5 plantas.m<sup>-2</sup>), con plantas podadas para mantener 2 tallos por planta que se guiaron verticalmente. La duración del cultivo fue de 223 días.

El experimento II se llevó a cabo en un invernadero multicapilla con orientación E-O, dividido en 2 compartimentos de 400 m<sup>2</sup> mediante doble pared, con cámara de aire entre ambas. Ambos compartimentos disponían de sistemas automatizados comunes de: ventilación lateral, pantalla móvil interior y calefacción. El sistema de aporte de CO<sub>2</sub> puro al aire fue independiente en cada compartimento. El control del funcionamiento de los

sistemas se realizó mediante un controlador de clima HortiMaX MultiMa (Ridder). El invernadero estaba conectado a un equipo de fertirrigación (HIMARCAN). En los dos compartimentos se aportó CO<sub>2</sub> puro, en uno según la estrategia de referencia (R) y en el otro de acuerdo a la optimización dinámica de la concentración de CO<sub>2</sub> (OD) en la que se establecieron dos fases: a) Durante el crecimiento vegetativo mantener la concentración exterior; b) En la fase de producción se programó el uso de la herramienta “CO<sub>2</sub> Optimizer” (Ridder), implementada en el controlador de clima para modificar continuamente y de manera automática la consigna de concentración calculada como óptima, estableciendo un límite superior de 1000 µmol.mol<sup>-1</sup>. El cultivo estudiado fue tomate tipo “cherry”, cultivar “Seychelle” injertado sobre “Arnold”, en fibra de coco (1,1 plantas.m<sup>-2</sup>); las plantas se tutoraron verticalmente con descuelgue manteniendo 2 tallos por planta. La duración del cultivo fue de 155 días.

Durante los dos experimentos se midió de manera continua la concentración de CO<sub>2</sub> en el interior de los invernaderos mediante sensores instalados en una posición central a una altura de 1,8 m: GMD-20 (Vaisala) en el experimento I y GMP222 (Vaisala) en el experimento II.

En el primer experimento se realizaron 2 muestreos del intercambio de gases a nivel de hoja mediante un equipo portátil (LI-6400; LI-COR Inc.), antes y un mes después del cese del enriquecimiento carbónico realizado en P (115dC y 160 dC respectivamente); se midieron la tasa de fotosíntesis neta (A) y la concentración intercelular de CO<sub>2</sub> (Ci) a alta concentración de CO<sub>2</sub> ambiental (800 µmol.mol<sup>-1</sup>) y a intensidad de radiación de saturación (PAR=1200 µmol.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>), en 6 hojas por tratamiento, jóvenes y completamente expandidas.

A lo largo de los dos cultivos se cuantificó la producción comercial de fruto en 6 repeticiones por tratamiento, formadas cada una por 12 plantas en el experimento I y por uno de los dos tallos de 15 plantas en el experimento II. Así mismo, se cuantificó el gasto total de CO<sub>2</sub> aportado en cada tratamiento.

El análisis de los datos obtenidos se realizó mediante el uso del programa informático Statistix v. 9.0. Para discriminar entre las medias se utilizó el método de la mínima diferencia significativa (LSD) con un nivel de confianza del 99 o 95%.

**Tabla.** Tratamientos.

<b>Experimento I</b>	<b>R:</b> Referencia, con aplicación de CO <sub>2</sub> durante todo el ciclo. <b>P:</b> Parcial, con cese anticipado de la aplicación de CO <sub>2</sub>
<b>Experimento II</b>	<b>R:</b> Referencia, con aplicación de CO <sub>2</sub> durante todo el ciclo. <b>OD:</b> Optimización dinámica de la concentración de CO <sub>2</sub>

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La evolución de la concentración media diurna de CO<sub>2</sub> medida en el aire de los invernaderos durante los experimentos se muestra en la Figura 1. En el experimento I, la concentración fue similar en los dos invernaderos durante el periodo de enriquecimiento carbónico común; la estrategia de cese anticipado del aporte aplicada en el invernadero P supuso una drástica reducción de la concentración que se mantuvo el resto del cultivo por término medio a 365 µmol.mol<sup>-1</sup>, inferior a la concentración ambiental. La estrategia OD evaluada en el segundo experimento, supuso solo diferencias en la fase a) correspondiente al desarrollo vegetativo en la que se programó mantener la concentración media diurna próxima a la ambiental (402 µmol.mol<sup>-1</sup>), por tanto inferior a la de R (514 µmol.mol<sup>-1</sup>). Sin embargo, el uso de la herramienta de optimización dinámica “CO<sub>2</sub> Optimizer” en OD (fase de producción) dio lugar a una evolución de la concentración media diurna similar al del invernadero con enriquecimiento carbónico de referencia R, con valores medios de 479 y 461 µmol.mol<sup>-1</sup> respectivamente.

La Tabla 1 muestra la actividad fotosintética foliar medida a elevada concentración de CO<sub>2</sub> a los 115 y 160 dC en el experimento I. Para obviar el posible efecto estomático, la tasa de fotosíntesis fue expresada en términos de eficiencia fotosintética, como la relación entre la fijación neta de CO<sub>2</sub> por unidad de área foliar y la concentración intercelular de CO<sub>2</sub> (Sasek y col., 1985). Inicialmente, A y A/Ci fueron similares en las hojas de cultivadas en los dos invernaderos de estudio, sometidas a las mismas condiciones; sin embargo, después de 160 dC las hojas en R presentaban una pérdida de su actividad fotosintética del 39%, mientras que esta reducción fue mucho menor (6%) en las hojas de P tras 28 días sin aporte de CO<sub>2</sub>. Este resultado indica que el cese anticipado del aporte de CO<sub>2</sub> permitió mitigar la pérdida de la eficiencia en la fijación fotosintética de CO<sub>2</sub> de las plantas enriquecidas a largo plazo (-36% en R y -4% en P). Estos resultados están en línea con los obtenidos en plantas de algodón por Sasek y col. (1985), que indican que la pérdida de tasa fotosintética tras un periodo de exposición a elevadas concentraciones de CO<sub>2</sub> puede ser revertida mediante la exposición a concentraciones ambientales de CO<sub>2</sub>.

Ninguna de las dos alternativas evaluadas de estrategia del enriquecimiento carbónico afectó significativamente a la producción comercial final, respecto a la de referencia (Tabla 2). En el caso del cese anticipado pudo estar relacionado con la menor capacidad fotosintética observada en las plantas que continuaron en condiciones enriquecidas con CO<sub>2</sub> y que se vincula al proceso de aclimatación fotosintética (Porras *et al.*, 2015). Sin embargo, el aporte total de CO<sub>2</sub> fue considerablemente menor en P que en R (-2,3 kg.m<sup>-2</sup>) lo que supuso una mejora de su eficiencia. Respecto a la optimización dinámica evaluada, la ausencia de efecto en producción está en línea con la reducida diferencia en la concentración de CO<sub>2</sub>, limitada a la fase inicial del cultivo; en este caso el





gasto de CO<sub>2</sub> fue algo superior en OD que en R (0,6 kg.m<sup>-2</sup>), lo que podría relacionarse con la mayor concentración máxima programada en OD.

### CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos muestran la posibilidad de mejorar la estrategia de aplicación del enriquecimiento carbónico en condiciones mediterráneas mediante el cese anticipado del aporte de CO<sub>2</sub>, en base al conocimiento de la fase en la que se reduce su efectividad debido al fenómeno de aclimatación.

El uso de una herramienta para la optimización dinámica de la concentración de CO<sub>2</sub> ha permitido confirmar la adecuación a las condiciones mediterráneas de la estrategia de enriquecimiento carbónico vinculada a la ventilación.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONSO, F. J. 2011. Efecto del enriquecimiento carbónico sobre la bioproductividad y la absorción hídrica y mineral del cultivo de pimiento. Tesis Doctoral. Universidad de Almería. Pp. 179.
- LORENZO, P.; SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, M.J.; SÁNCHEZ-GUERRERO, M.C.; MEDRANO, E.; CABEZAS, M.J. 2013. Influencia del enriquecimiento carbónico y la salinidad sobre la producción de tomate cv. Delizia (híbrido RAF). Actas del VII Congreso Ibérico de Agroingeniería y Ciencias Hortícolas, Madrid (Spain). 756-761.
- PORRAS, M.E., LORENZO, P., MEDRANO, E., SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, M.J., OTÁLORA-ALCÓN, G., PIÑERO, M.C., DEL AMOR, F.M., SÁNCHEZ-GUERRERO, M.C. 2015. Photosynthetic acclimation to elevated CO<sub>2</sub> concentration in a sweet pepper (*Capsicum annuum*) crop under Mediterranean greenhouse conditions: influence of the nitrogen source and salinity. Functional Plant Biology 44 (6): 573-586.
- SÁNCHEZ-GUERRERO, M.C.; LORENZO, P.; MEDRANO, E.; CASTILLA, N.; SORIANO, T.; BALLE, A. 2005. Effect of variable CO<sub>2</sub> enrichment on greenhouse production in mild winter climates. Agricultural and Forest Meteorology. 132. Pp. 244-252.
- SASEK, T.W.; DELUCIA, E.H.; STRAIN, B.R. 1985. Reversibility of photosynthetic inhibition in cotton after long-term exposure to elevated CO<sub>2</sub> concentrations. Plant Physiol 78: 619-622.
- STANGHELLINI, C.; BONTSEMA, J.; DE KONING, A.; BAEZA, E. (2012). An algorithm for optimal fertilization with pure carbon dioxide in greenhouses. Acta Hort. 952: 119-124.

## AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido financiada por los proyectos: INIA.RTA201I-00026-C02-02 y Proyecto IFAPA de investigación e innovación tecnológica, AVA.AVA2019.039, cofinanciado al 80 % por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional, dentro del Programa Operativo FEDER de Andalucía 2014-2020, así como por la empresa HortiMaX Growing Solutions S.L. a través del convenio IFAPA 179/2019, asociado al referido proyecto AVA.

Agradecemos a las empresas Carburos Metálicos, Zeraim Ibérica S.A. y Syngenta España S.A. su aportación de CO<sub>2</sub> y de semillas de pimiento “Melchor” y tomate “Seychelle”, respectivamente.

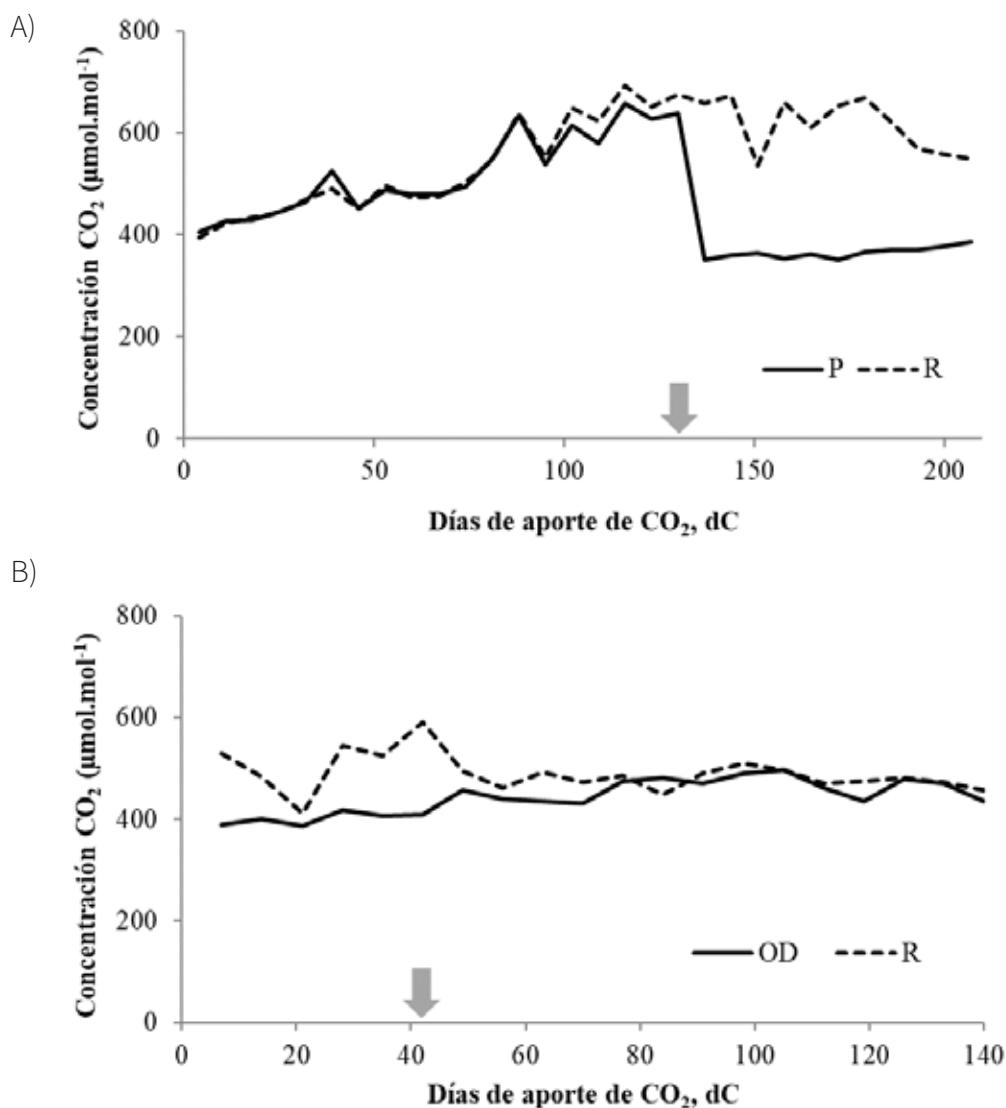
## TABLAS

**Tabla 1.** Fotosíntesis a nivel de hoja medida a una concentración de CO<sub>2</sub> en el aire de 800 µmol mol<sup>-1</sup> (A, µmol. m<sup>-2</sup>. s<sup>-1</sup>) en plantas de pimiento con enriquecimiento carbónico de referencia (R) y parcial (P), en diferente día desde inicio del aporte de CO<sub>2</sub> (dC), y su relación con la Ci resultante. Diferencias significativas se indican: \*\*, P<0,01; n.s., diferencias no significativas.

	115DC		160DC	
	A	A/CI	A	A/CI
R	30,68	0,047	18,85	0,030
P	30,55	0,046	28,78	0,044
	ns	ns	**	**

**Tabla 2.** Producción comercial de fruto obtenida (kg.m<sup>-2</sup>) y cantidad total de CO<sub>2</sub> aportado (kg.m<sup>-2</sup>) en cada experimento, en el cultivo de pimiento con enriquecimiento carbónico de referencia (R) y parcial (P) y en el cultivo de tomate con enriquecimiento de referencia (R) y con optimización dinámica (OD). Diferencias significativas se indican: \*, P<0,05; n.s., diferencias no significativas.

		PRODUCCIÓN COMERCIAL (KG.M <sup>-2</sup> )	GASTO DE CO <sub>2</sub> (KG.M <sup>-2</sup> )
Experimento I	R	9,50	7,1
	P	8,62	4,8
	n.s.		
Experimento II	R	4,45	2,0
	OD	4,89	2,6
	n.s.		

**FIGURAS**

**Figura 1.** Evolución de la concentración de  $\text{CO}_2$  media diurna medida a lo largo de los días desde el inicio del aporte de  $\text{CO}_2$  (dC): A) Experimento I, con enriquecimiento carbónico de referencia (R) y parcial (P) y B) Experimento II, con enriquecimiento de referencia (R) y optimización dinámica (OD). Las flechas indican el inicio de cambio en la estrategia de aporte de  $\text{CO}_2$  en P (Experimento I) y en OD (Experimento II).



# LA INTERACCIÓN ENTRE EL HIDROACOLCHADO Y LOS HONGOS MICORRÍCICOS MEJORA EL DESARROLLO VEGETATIVO Y LA PRODUCTIVIDAD EN EL CULTIVO DE LA ESCAROLA

**Romero-Muñoz, M., Gálvez, A., Albacete, A., del Amor, F.M., López-Marín, J.**

Departamento de Producción Vegetal y Agrotecnología. Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA), C/Mayor s/n, 30150 Murcia, SPAIN.

---

## RESUMEN

Para mejorar la productividad y la calidad de los cultivos hortícolas se han utilizado diferentes estrategias, tanto a nivel agrotecnológico como a nivel biológico. A nivel agrotecnológico, el hidroacolchado ha demostrado ser una alternativa ecológica al acolchado tradicional con plástico, para el ahorro de agua y el control de malas hierbas. A nivel biológico, se están utilizando hongos micorrícos que, a través de una simbiosis mutualista con las raíces de las plantas, se ha visto que incrementan la eficiencia en la captación de agua y nutrientes. Por tanto, el objetivo de este trabajo ha sido estudiar el efecto de la interacción entre el hidroacolchado ecológico y los hongos micorrícos arbusculares sobre el crecimiento y desarrollo vegetativo de la escarola (*Cichorium endivia L.*). Para ello, plantas de escarola de la variedad “Bekele” se cultivaron en una cámara de condiciones climáticas controladas, en macetas de 5 L rellenas con sustrato compuesto por una mezcla de fibra de coco y vermiculita (1:2). Justo antes del trasplante, se aplicaron tres tratamientos de hidroacolchado ecológico en la superficie libre de la maceta con diferentes aditivos reciclados: paja de trigo (PY), cascarilla de arroz (AY) y sustrato utilizado para el cultivo de champiñón (CHY), y dos tratamientos control: tratamiento sin recubrimiento (C) y acolchado con polietileno transparente de baja densidad (PE). Además, la mitad de las plantas fueron inoculadas con inóculo fresco de la endomicorriza *Rhizophagus irregularis*. El hidroacolchado CHY usado en combinación con la micorriza incrementó significativamente la biomasa tanto de la parte aérea como de la raíz en comparación con las plantas no micorrizadas y/o sin acolchar. El área foliar también incrementó en plantas acolchadas inoculadas con micorriza, siendo dicho incremento significativo en el tratamiento CHY. Los datos de este estudio indican que la interacción entre el hidroacolchado y los hongos micorrícos tiene un efecto positivo sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas de escarola, y podría utilizarse como una estrategia sostenible de mejora de la productividad en cultivos hortícolas.

**Palabras clave:** Agricultura sostenible, HMA, Acolchados ecológicos, Productividad

## INTRODUCCIÓN

Para hacer frente al aumento de la demanda de alimentos de calidad debido a una creciente población, la horticultura moderna depende de altos insumos y prácticas, tales como aplicación de fertilizantes minerales, agentes fitosanitarios y uso extensivo de irrigación. Una de las estrategias que podría aplicarse para reducir la necesidad de insumos externos, es la aplicación de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en la producción hortícola. Los HMA son microorganismos rizosféricos que establecen una simbiosis mutualista con las raíces de la mayoría de las plantas que ayuda a mejorar el crecimiento gracias al sistema de hifas que se desarrollan fuera de la raíz y que permiten una mayor exploración del suelo (Coleman-Derr *et al.*, 2014). La simbiosis entre plantas y HMA comúnmente tiene una influencia positiva en el rendimiento de los cultivos debido a la mayor absorción de nutrientes de las plantas, especialmente fósforo (Garcés-Ruiz *et al.*, 2017). Los HMA ayudan a las plantas a hacer frente al estrés abiótico y biótico, como la falta de nutrientes y deficiencia de agua, salinidad del suelo y toxicidad de metales pesados, lo que permite la mejora en la producción del cultivo (Dhalaria *et al.*, 2020). De esta manera, las plantas se adaptan mejor al estrés osmótico y tienen una mayor eficiencia fotosintética y de uso del agua (le Pioufle *et al.*, 2019) aumentando su productividad.

Además del uso de los HMA, una de las agrotecnologías comúnmente más utilizadas para mejorar la productividad y la calidad de los cultivos es el uso de acolchados plásticos. Sin embargo, la contaminación por plástico, derivada del uso continuado de los acolchados tradicionales en los cultivos, se ha convertido en uno de principales problemas medioambientales a nivel mundial (López-Marín *et al.*, 2012; Ren *et al.*, 2021). Es por ello por lo que la investigación está enfocada al descubrimiento de nuevas tecnologías de acolchado que sean sostenibles para el medio ambiente, garantizando la calidad y la productividad de los cultivos. El uso de hidroacolchados es una innovadora alternativa al uso del polietileno tradicional en los cultivos agrícolas, el cual está compuesto por aditivos vegetales reutilizados en combinación con una mezcla de agua con un polímero de tipo lignocelulósico, que en estudios realizados anteriormente ha demostrado ser una buena alternativa al acolchado plástico en los cultivos. Se trata de una alternativa sostenible con el medio ambiente que ha demostrado ser una estrategia eficiente para aumentar el rendimiento en cultivos hortícolas (López-Marín *et al.*, 2021). El objetivo de este trabajo ha sido estudiar el efecto sinérgico entre el hidroacolchado ecológico y el HMA *Rhizophagus irregularis* sobre el crecimiento y desarrollo vegetativo de la escarola (*Cichorium endivia* L.) en cámara de cultivo en condiciones controladas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en una cámara de cultivo con condiciones climáticas controladas, ubicada en las instalaciones del IMIDA, Murcia, España ( $37^{\circ} 56' 27,3''$  N,  $1^{\circ} 08' 01,8''$  O). Se trasplantaron semillas de escarola (*Cichorium endivia* L. var. *bekele*) a contenedores negros redondos de 5 L. Los contenedores se llenaron con fibra de coco y vermiculita (1:2) y los tratamientos de acolchado fueron instalados en la parte superior.

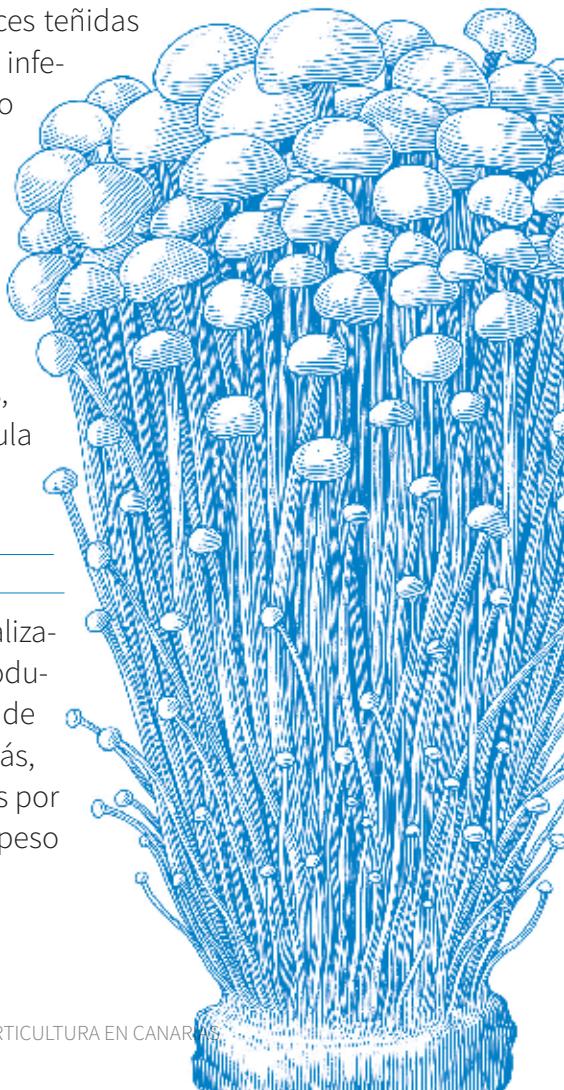
Se estudiaron tres tratamientos de hidroacolchado ecológico formulados con diferentes aditivos reciclados: paja de trigo (PY), cascarilla de arroz (AY), y sustrato utilizado para el cultivo de champiñón (CHY); y dos tratamientos control: plantas cubiertas con polietileno transparente de baja densidad (PE) y plantas sin cobertura (C).

El HMA empleado para la micorrización fue la endomicorriza comercial *Rhizophagus irregularis*. Para las plantas micorrizadas (M) se colocó en cada maceta una plántula de escarola con sus raíces en contacto con aproximadamente 100 esporas de un cultivo in vitro de *R. irregularis* en el momento del trasplante. Para las plantas no micorrizadas (NM) se usó el mismo sustrato, pero sin inóculo de HMA. Las escarolas se irrigaron con una solución de Hoagland modificada con la siguiente composición, en mM;  $\text{NO}_3^-$ : 12,0;  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ : 1,0;  $\text{SO}_4^{2-}$ : 3,5;  $\text{K}^+$ : 7,0;  $\text{Ca}^{2+}$ : 4,5;  $\text{Mg}^{2+}$ : 2,0. Se utilizó una solución de Hoagland con una reducción del 30% en fosfatos para irrigar las plantas micorrizadas. El riego se realizó con goteos autocompensantes ( $2 \text{ L h}^{-1}$ ) y se aplicó solución nutritiva fresca para evitar el desequilibrio de nutrientes. La cantidad de agua utilizada para regar las plantas se modificó con el tiempo, dependiendo de la demanda de las plantas. El experimento duró dos meses.

Se tomaron medidas relacionadas con la productividad del cultivo y muestras de raíces en plantas control (NM) y en plantas micorrizadas (M). Se determinó el peso fresco (PF) de brotes y raíces y se cuantificó el área foliar total (AF) usando un medidor de área foliar LI-COR (Modelo LI-3100C; LI-COR, Lincoln, Nebraska). El porcentaje de colonización micorrícica se cuantificó con base en la presencia de las estructuras fúngicas dentro de la raíz (hifas, arbúsculos y vesículas) a través del método propuesto por Giovannetti & Mosse (1980). La técnica consistió en colocar al azar las raíces teñidas dentro de cajas de Petri provistas de una cuadrícula en la parte inferior, con una distancia entre líneas de 1 cm. Bajo el microscopio estereoscópico se contaron solamente las raíces interceptadas con las líneas verticales y horizontales de la cuadrícula. Una raíz se consideró colonizada cuando al menos una de las estructuras fúngicas antes mencionadas se observó justo en la intersección de dicha raíz con una línea horizontal o vertical. El porcentaje de raíces colonizadas se obtuvo mediante la proporción número de intercepciones de raíces colonizadas, entre el número total de raíces interceptadas en la cuadrícula multiplicado por 100.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1A, B y C muestra los parámetros de crecimiento analizados en plantas de escarola. Los tratamientos de acolchado produjeron un aumento general en el peso fresco de la parte aérea de las plantas en comparación con las plantas sin cubrir. Además, es de destacar que tanto las plantas acolchadas y micorrizadas por *R. irregularis* presentaron un incremento significativo en el peso





**“Los resultados obtenidos indican un efecto directo entre el uso de acolchado y el uso de HMA en el aumento de la productividad del cultivo de escarola”.**

fresco de la parte aérea en comparación con el tratamiento micorrizados sin cubrir (Figura 1A). Es interesante destacar que las plantas hidroacolchadas con el tratamiento CHY presentaron un incremento de biomasa aérea del 11% y del 33% en condiciones no micorrizadas y micorrizadas con respecto al tratamiento micorrizado sin cubrir. En cuanto al peso fresco de la raíz y el peso fresco total (Figura 1B-C), los resultados indican una tendencia similar con el parámetro anterior, destacando el tratamiento CHY y el uso de *R. irregularis* en el incremento del desarrollo de las plantas de escarola. Otros indicadores de productividad analizados han sido el número de hojas y el área foliar. Es de destacar que, aunque no hubo diferencias significativas en relación con el número de hojas y el uso combinado de acolchados y HMA (Figura 1D), las plantas afectadas por el uso del hidroacolchado CHY y HMA presentaron un incremento del área foliar del 25% en comparación con las plantas micorrizadas sin cobertura (C) y del 42% en comparación con las plantas sin micorrizar y sin cobertura (Figura 1E). Por último, todas las plantas micorrizadas presentaron tasas de micorrización muy similares, sin diferencias significativas en los porcentajes de las estructuras fúngicas observadas (Figura 1F).

Los resultados obtenidos indican un efecto directo entre el uso de acolchado y el uso de HMA en el aumento de la productividad del cultivo de escarola. Varios estudios han reportado el efecto directo de la aplicación de HMA sobre el rendimiento y la calidad de los cultivos (Coleman-Derr *et al.*, 2014; Duan *et al.*, 2021), así como con el uso de acolchados plásticos (Sekara *et al.*, 2019). Sin embargo, aunque la aplicación de hidroacolchados sobre los cultivos hortícolas no es tan bien conocida, algunos autores han demostrado su eficacia en la mejora del rendimiento del cultivo y la calidad del producto (Cline *et al.*, 2011; López-Marín *et al.*, 2021). Este hecho podría estar explicado por las características internas de este material. El estudio de Verdú *et al.* (2020) afirmó que el uso de hidroacolchados influye en la disminución de la evaporación del suelo, el aumento de la capacidad de retención de agua del suelo y del contenido mineral mediante la descomposición de sus componentes, dando lugar a una mejora en la productividad agrícola. Los datos de este estudio indican que la interacción entre el hidroacolchado y los hongos micorrícicos tiene un efecto positivo sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas de escarola, y podría utilizarse como una estrategia sostenible de mejora de la productividad en cultivos hortícolas.

---

## CONCLUSIONES

---

En este estudio, hemos ensayado la variedad de escarola comercial ‘Bekele’ afectada por factores de hidroacolchado y por el uso del HMA *R. irregularis*. El crecimiento y la productividad mejoraron significativamente en plantas micorrizadas e hidroacolchadas en general, destacando el aumento de productividad en las plantas micorrizadas y acolchadas con CHY. Los resultados de este estudio son de especial interés ya que el hidroacolchado ha demostrado ser una alternativa sostenible al acolchado de plástico para el aumento de la productividad del cultivo de escarola.

---

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- CLINE, J., NEILSEN, G., HOGUE, E., KUCHTA, S., & NEILSEN, D. (2011). SPRAY-on-mulch technology for intensively grown irrigated apple orchards: Influence on tree establishment, early yields, and soil physical properties. *HortTechnology*, 21(4), 398–411. <https://doi.org/10.21273/horttech.21.4.398>.
- COLEMAN-DERR, D., TRINGE, S. G., & BERG, G. (2014). Building the crops of tomorrow: advantages of symbiont-based approaches to improving abiotic stress tolerance. *Frontiers in Microbiology*. Vol 5:283 <https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00283>.
- DHALARIA, R., KUMAR, D., KUMAR, H., NEPOVIMOVA, E., KUCA, K., ISLAM, M. T., & VERMA, R. (2020). Arbuscular mycorrhizal fungi as potential agents in ameliorating heavy metal stress in plants. In *Agronomy*. Vol. 10, Issue 6. <https://doi.org/10.3390/agronomy10060815>.
- DUAN, H.-X., LUO, C.-L., LI, J.-Y., WANG, B.-Z., NASEER, M., & XIONG, Y.-C. (2021). Improvement of wheat productivity and soil quality by arbuscular mycorrhizal fungi is density-and moisture-dependent. *Agronomy for Sustainable Development*, 41:3. <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00659-8/Published>.
- GARCÉS-RUIZ, M., CALONNE-SALMON, M., PLOUZNIKOFF, K., MISSON, C., NAVARRETE-MIER, M., CRANENBROUCK, S., & DECLERCK, S. (2017). Dynamics of Short-Term Phosphorus Uptake by Intact Mycorrhizal and Non-mycorrhizal Maize Plants Grown in a Circulatory Semi-Hydroponic Cultivation System. *Frontiers in Plant Science*. Vol 8:1471 <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01471>.
- GIOVANNETTI, M., & MOSSE, B. (1980). An Evaluation of Techniques for Measuring Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Infection in Roots. *New Phytologist*, 84, 489–500. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8137.1980.tb04556.x>.
- LE PIOUFLE, O., GANOUDI, M., CALONNE-SALMON, M., BEN DHAOU, F., & DECLERCK, S. (2019). Rhizophagus irregularis MUCL 41833 Improves Phosphorus Uptake and Water Use Efficiency in Maize Plants During Recovery From Drought Stress. *Frontiers in Plant Science*. Vol 10:893. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00897>.
- LÓPEZ-MARÍN, J., ABRUSCI, C., GONZÁLEZ, A., & FERNÁNDEZ, J. A. (2012). Study of degradable materials for soil mulching in greenhouse-grown lettuce. *Acta Horticulturae*, 952, 393–398. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.952.49>.

LÓPEZ-MARÍN, J., ROMERO, M., GÁLVEZ, A., DEL AMOR, F. M., PIÑERO, M. C., & BROTONS-MARTÍNEZ, J. M. (2021). The use of hydromulching as an alternative to plastic films in an Artichoke (*Cynara Cardunculus* cv. *symphony*) crop: A study of the economic viability. *Sustainability*. Vol 13(9). <https://doi.org/10.3390/su13095313>.

REN, X., TANG, J., WANG, L., & LIU, Q. (2021). Microplastics in soil-plant system: effects of nano/microplastics on plant photosynthesis, rhizosphere microbes and soil properties in soil with different residues. *Plant and Soil*. Vol 462(1–2), 561–576. <https://doi.org/10.1007/s11104-021-04869-1>.

SEKARA, A., POKLUDA, R., COZZOLINO, E., DEL PIANO, L., CUCINIELLO, A., & CARUSO, G. (2019). Plant growth, yield, and fruit quality of tomato affected by biodegradable and non-degradable mulches. *Horticultural Science* Vol 46(3), 138–145. <https://doi.org/10.17221/218/2017-HORTSCI>.

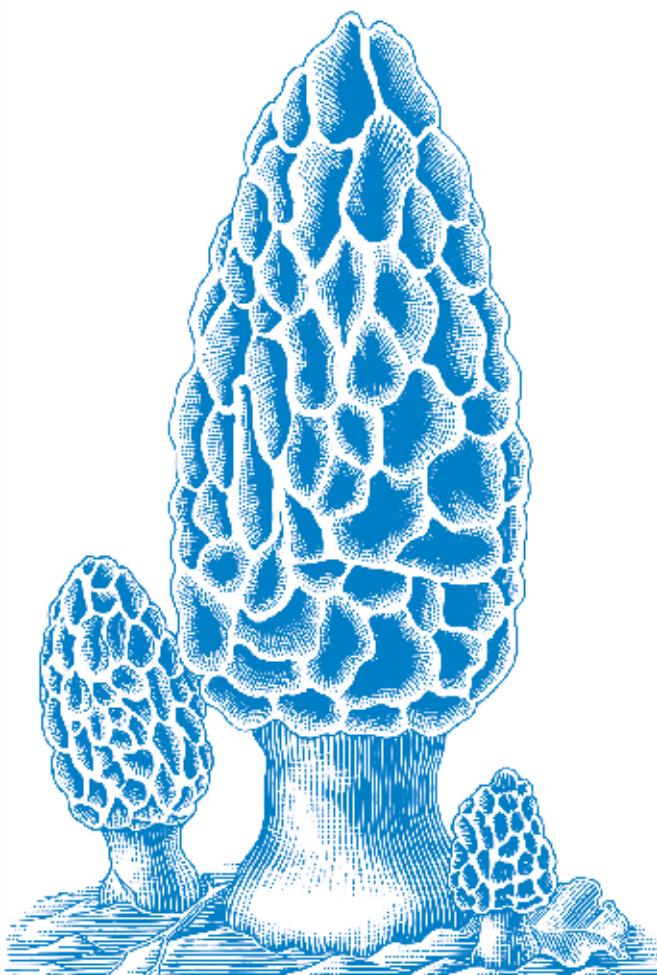
VERDÚ, A. M. C., MAS, M. T., JOSA, R., & GINOVART, M. (2020). The effect of a prototype hydromulch on soil water evaporation under controlled laboratory conditions. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*. Vol 68(4), 404–410. <https://doi.org/doi:10.2478/johh-2020-0018>.

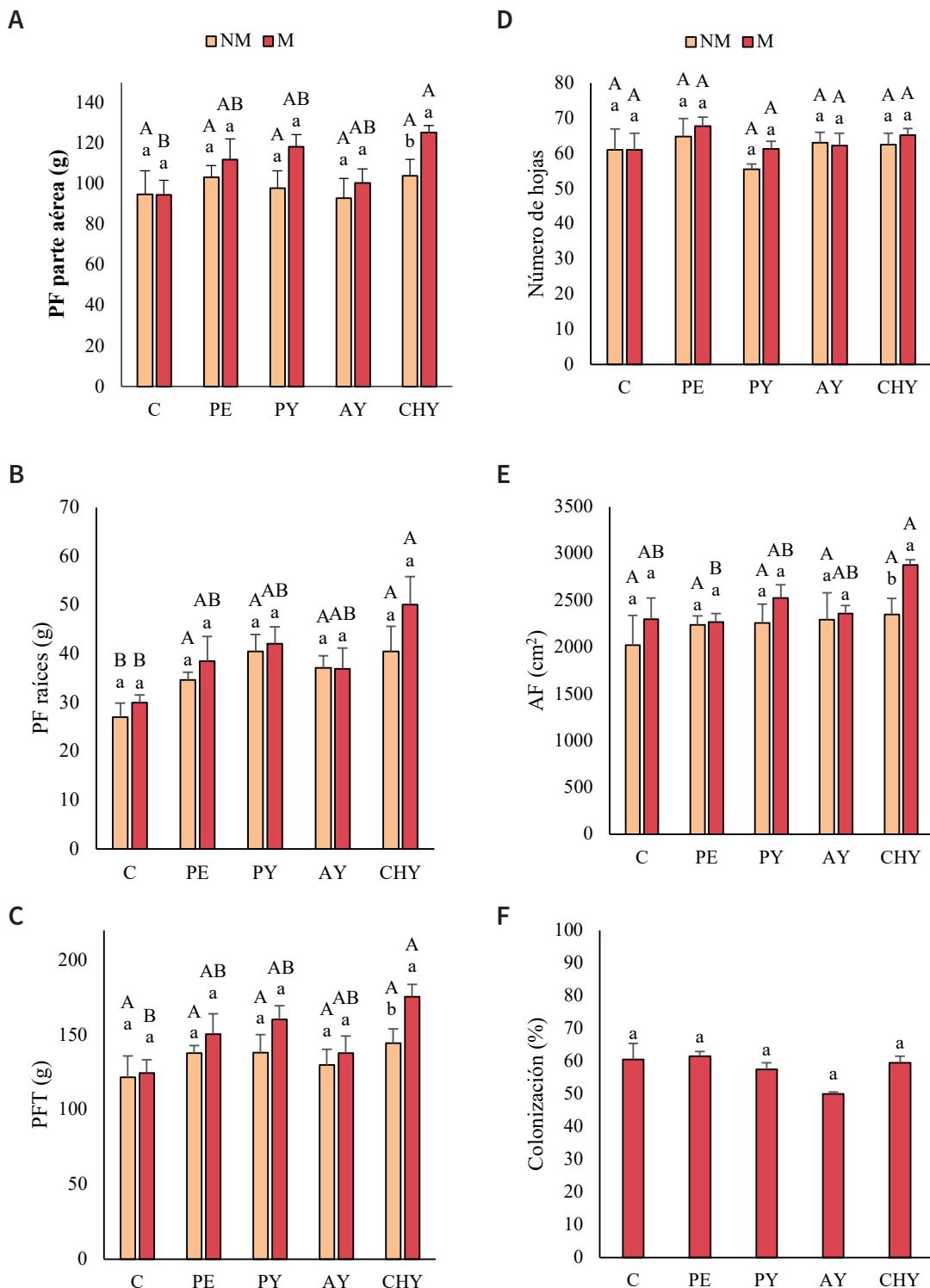
---

## AGRADECIMIENTOS

---

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto RTA2015-00047-C05-02. M. Romero agradece su contrato predoctoral al sistema INIA-CCAA (FPI-BES-2017-082758), bajo cofinanciación del Fondo Social Europeo.



**FIGURAS**

**Figura 1.** Efecto del uso de los tratamientos de acolchado y el uso de HMA en A. Peso fresco (PF) parte aérea; B. Peso fresco (PF) raíces; C. Peso fresco total (PFT); D. Número de hojas; E. Área foliar (AF) y F. Porcentaje de colonización.

# NUEVAS TÉCNICAS PARA OPTIMIZAR LA VELOCIDAD DE DEGRADACIÓN DE LOS MATERIALES BIODEGRADABLES DE ACOLCHADO

**López-Marín, J., Romero, M., Gálvez, A., Rizo, E., del Amor, F.M.**

Departamento de Producción Vegetal y Agrotecnología. Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Medioambiental (IMIDA)

## RESUMEN

La intensificación actual del uso de materiales plásticos en la agricultura, aunque ha aumentado significativamente la productividad, también está generando efectos adversos crecientes sobre el medio ambiente del agro-ecosistema. Al final de su vida útil los materiales plásticos utilizados para cubrir el suelo como los mulching del suelo, se convierten en una fuente de contaminación cuando se eliminan indebidamente, se dejan en el suelo o se queman. El uso de los acolchados degradables puede ser una solución, pero existe el problema de que, en la Región de Murcia y zonas del sureste español, no se degradan totalmente, debido a las condiciones climáticas y de cultivo que se dan, fundamentalmente por la falta de humedad en el suelo tras la finalización de los cultivos, lo que provoca que la actividad de los microorganismos del suelo se vea reducida, ralentizada o detenida por dificultades en su supervivencia, siendo éstos esenciales en el proceso de degradación. El objetivo de este trabajo ha sido acelerar el proceso de degradación de bioplásticos mediante el uso de material orgánica procedente de vaca, oveja y cabra. Los film plásticos fueron utilizados en cultivo de brócoli, y tras su utilización en estos cultivos, fueron troceados, clasificados según hubieran estado o no expuestos al sol en parte externa o interna, enterrados junto a suelo agrícola, materia orgánica (vaca, oveja y cabra), la mezcla se regó simulando un cultivo. Se realizó un seguimiento gravimétrico y visual (fotográfico) de los films enterrados, obteniéndose que las mezclas que contenían oveja se degradaron más rápidamente que el resto, a los 90 días la parte externa ya había desaparecido en un 92%, y la interna en un 85%. Sin embargo en el resto de mezclas los días necesarios para la degradación son el doble, es a los 187 días cuando se produce la desaparición en la parte externa e interna de un 95% y 85 %, respectivamente en la mezcla que contenía materia orgánica de cabra, y de un 65% y 54%, en la parte externa e interna en la mezcla con vaca.

**Palabras clave:** *biodegradabilidad, suelo, agricultura ecológica, brócoli, lechuga, melón*

## INTRODUCCION

El uso del acolchado es una técnica agraria ampliamente utilizada en agricultura, como promotor de la precocidad del cultivo, de efecto herbicida contra las malas hierbas, lo que supone una disminución del uso de fitosanitarios, y fundamentalmente, de agua, evitando la ETP del suelo (López-Marín et al 2009 a, b, 2011)

En un cultivo se emplean unos 250kg/ha de plástico de los que quedan como residuo unos 100 kg/ha (Lopez-Marin et al., 2012). La retirada de este plástico suponen 170 €/ha, siendo difícil su reciclaje ya que lleva adherida gran cantidad de tierra. En algunos casos en donde el acolchado empleado es de bajo espesor, no se puede retirar bien, quedando en el suelo parte de estos residuos.

En la actualidad se está fomentando el uso de plásticos degradables, pero en la Región de Murcia y zonas del sureste español, no se degradan totalmente, debido a las condiciones climáticas y de cultivo que se dan, fundamentalmente por la falta de humedad en el suelo tras la finalización de los cultivos.

Es conocido que los acolchados degradables, compuestos en su totalidad por mezclas de almidón y de algunos poliésteres alifáticos (Abrusci et al., 2008), o de las realizadas con policaprolactona, y otros polímeros de síntesis, establecen su mecanismo de degradación en la acción conjunta de las variables climáticas y la acción de los microorganismos, para mineralizarlos en CO<sub>2</sub>, agua y biomasa (Catalina et al., 2005). También hay numerosos estudios sobre la degradación de este tipo de acolchados usando procesos de compostaje (Degli Innocenti, 2005, van der Zee, 2005, Zhang et al., 2013). Por ello el objetivo de este trabajo ha sido estudiar técnicas de cultivo para acelerar el proceso de degradación de estos acolchados.

## MATERIAL Y METODOS

El estudio se realizó en la finca experimental “Torreblanca” del IMIDA en Murcia, SE España (lat. 37° 45' N, long. 0°59' W). El 1 de marzo se colocaron los acolchados y se trasplantaron las plantas de brócoli cv. Parthenon (Sákata Seeds) y lechuga tipo iceberg cv. Yucaipa (Vilmorín Ibérica). La densidad de plantación fue de 6 plantas/m<sup>2</sup> en ambos cultivo. Los ensayos se llevaron a cabo siguiendo las prácticas culturales comunes usadas por los productores de pimiento de esta zona.

Materiales de acolchado utilizados:

- B1: Biodegradable 1 (REYENVAS). Negro. 17 μ (70gg).
- B3: Biodegradable 2 (Serpbla). Negro. 17 μ (70 gg)
- B4: Plástico Biodegradable Enviroplast® (PLASTIAGRO). 12 μ (50 gg)
- B5: Plástico Biodegradable (Solplast). 17 μ (68 gg)
- B6: Biodegradable 2 (REYENVAS). Negro. 15 μ (60 gg).
- P: Film tradicional de Polietileno. Negro. 20 μ (90 gg).

Se realizaron dos recolecciones en el cultivo de brócoli, el 10 y 14 de mayo, y en el cultivo



**“Los materiales biodegradables están basados en polímeros naturales como son el almidón”.**

de lechuga solo se realizó una el 10 de mayo. En cultivo de lechuga y brócoli se estudió la degradación posterior en suelo de los materiales B1, B3 y Ba, y en el melón fue el B1, B3, B4 y B6.

Una vez finalizadas las cosechas, se cogieron muestras de los films utilizados en los cultivos, de un tamaño de 10 x 10 cm de cada uno de los materiales de acolchado, llevándose a cabo 3 tratamientos, los cuales contenían materia orgánica de ovino, vacuno y caprino, mezclándose con suelo hortícola, utilizando como testigo solo suelo hortícola. Las mezclas eran introducidas en contenedores de 450 L. Sobre las mezclas se colocó una manigua de gotero para humedecer.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los materiales biodegradables están basados en polímeros naturales como son el almidón (Abrusci *et al.*, 2008), o provienen de síntesis, como el copoliester, siendo su primera fase destructiva abiótica, por higro-biodegradación. Es conocido que los acolchados degradables establecen su mecanismo de degradación en la acción conjunta de variables climáticas y la acción de los microorganismos, para mineralizarlos en CO<sub>2</sub>, agua y biomasa (Catalina *et al.*, 2005). Sin embargo hasta la fecha no se han realizado trabajos en los que se muestre la acción de un aporte de

materia orgánica que favorezca la retención de humedad y la cantidad de la misma en suelo, mejorando su estado y favoreciendo la degradación por esa retención de agua y aumento de microbiota. Tampoco es conocida la cantidad de humedad necesaria para que los restos de acolchados puedan tener una mayor degradabilidad, lo que sí es conocido es que necesitan humedad, microorganismos, y temperatura, pero todo ello ha sido estudiado en condiciones controladas, usando procesos de compostaje (Degli Innocenti, 2005, van der Zee, 2005, Zhang *et al.*, 2013), y realizándose los test de degradabilidad por medio de los de compostaje (ASTM D6002-96, DIN 54900, ISO 14855-1, ASTM D6868, ASTM D6400).

El agua en la degradación de los acolchados biodegradables es fundamental, si sumergimos un biodegradable en agua con una temperatura de 25 °C, este se nos degradará en poco tiempo, pero ya que el agua es un bien escaso sobre todo en las zonas del sur, y que debido a que la disponibilidad es cada vez menor, hay que buscar un equilibrio en donde el agua utilizada y la degradación sean rentables. En este estudio en la Región de Murcia, se han conseguido conocer la profundidad en donde los restos de acolchado consiguen una mayor degradabilidad, a los 35 cm (Figura 1). Los trozos que queden muy en superficie entre 0-20 cm van a tener una baja degradabilidad, ya que la humedad en esa superficie no es retenida.

Lo que sí que se ha podido determinar es que la materia orgánica enterrada en suelo con los restos de acolchado (Tabla 1, 2 y 3), sí que ha acelerado la degradación de los acolchados, de las 3 materias orgánicas estudiadas (vacuno, ovino y caprino), la de vacuno es la que no ha proporcionado una degradación significativa, el caprino si ha sido superior al suelo solo, y con la de ovino es la que mejor resultados se han obtenido, siendo en este caso a los 3 meses de un 30% más que en suelo carente de materia orgánica.

Con respecto a la reducción de plagas y enfermedades por medio de esta técnica, no es posible, ya que alcanzar una biofumigación requiere que se consiguen altas temperaturas, para producir una reacción exotérmica, y para ello, tendríamos que aplicar tras finalizar un film de mayor espesor, lo que no sería técnicamente sostenible, y una mayor cantidad de materia orgánica, que tampoco se podría aplicar al estar actualmente limitados por ley (Ley 3/2020, BORM, 2020).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRUSCI, C., LOPEZ-VILLANOVA, L., CORRARLES, T., CATALINA, F., GONZÁLEZ, A., LÓPEZ-MARÍN, J. 2008. Fimes agrícolas basados en almidón: Descriptiva y mezclas. Revista de Plásticos Modernos. 62: 381-385.
- Catalina, F. Corales, T. Abrusci, C. 2005a. Biodegradación de Polímeros en el Medioambiente. Ed. Ephemera . MADRID. Vol. Único, Cap.14
- ASTM D6002-96.1996. Standard Guide for Assessing the Compostability of Environmentally Degradable Plastics, ASTM International, West Conshohocken, PA. . <http://www.astm.org>
- ASTM D6002-96.1996. Standard Guide for Assessing the Compostability of Environmentally Degradable Plastics, ASTM International, West Conshohocken, PA. . <http://www.astm.org>
- ASTM D6340-98.2007. Standard Test Methods for Determining Aerobic Biodegradation of Radiolabeled Plastic Materials in an Aqueous or Compost Environment, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM D6400-12. 2012. Standard Specification for Labeling of Plastics Designed to be Aerobically Composted in Municipal or Industrial Facilities, ASTM International, West Conshohocken, PA. <http://www.astm.org>.
- ASTM D6400-12. 2012. Standard Specification for Labeling of Plastics Designed to be Aerobically Composted in Municipal or Industrial Facilities, ASTM International, West Conshohocken, PA. <http://www.astm.org>
- ASTM D6691-01, 2001. Standard Test Method for Determining Aerobic Biodegradation of Plastic Materials in the Marine Environment by a Defined Microbial Consortium, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM D6868-11.2011. Standard Specification for Labeling of End Items that Incorporate Plastics and Polymers as Coatings or Additives with Paper and Other Substrates Designed to be -Aerobically Composted in Municipal or Industrial Facilities. <http://www.astm.org>

- BORM, 2020. Ley 3/2020, de 27 de julio, de recuperación y protección del Mar Menor.
- DEGLI INNOCENTI, F. 2005. Biodegradation behaviour of polymers in the soil. En: Handbook of Biodegradable polymers. Ed: Catia Bastioli. Rapra Technology Limited. UK. 534 PP-
- VAN DER ZEE, M. 2005. Biodegradability of polymers mechanisms and evaluation methods. En: Handbook of Biodegradable polymers. Ed: Catia Bastioli. Rapra Technology Limited. UK. 534 pp
- LÓPEZ-MARÍN, J., GONZÁLEZ, A., CATALINA, F., ABRUSCI, C. 2009A. Aspectos actuales de los materiales degradables de acolchado en la Región de Murcia. Plásticos Modernos.639 (98):182-190.
- López-Marin, J., González, A., Gálvez, A., Rodríguez, C. M., Fernández, J. A. 2009b. Valoración de acolchados biodegradables en un cultivo de brócoli. Actas de Horticultura. 54:593-597. ISBN: 978-84-8125-326-9.
- LÓPEZ-MARÍN, J., GONZÁLEZ, A., CATALINA, F., ABRUSCI, C. 2011. Posibilidad de reducción de los caudales de riego con el uso de acolchados biodegradables. Plásticos Modernos. 660(120):99-104.
- LÓPEZ-MARÍN, J., GONZÁLEZ, A. 2012. Tendencias y trabajos de campo con acolchados degradables. Vida Rural.344:28-32.
- ZHANG, X HUANG, Y, LI, D., WEN, Z., SUI, B., LIU, Z.. 2013. Biodegradability of degradable mulching film in a laboratory-controlled composting test. Turkish Journal of Chemistry. 37: 859-866.

---

## AGRADECIMIENTOS

---

Grupo Operativo “Nuevas técnicas para facilitar y acelerar la degradación de los materiales degradables de acolchado”, financiado por la medida 16.1. del programa de desarrollo rural de la Región de Murcia 2014-2020.

---

## TABLAS

---

**Tabla 1.** Porcentaje de degradación en los diferentes films tras cultivo de lechuga.

	90D			187D			284D			372D		
Trat.	Mix 3	Mix 4	Mix 5	Mix 3	Mix 4	Mix 5	Mix 3	Mix 4	Mix 5	Mix 3	Mix 4	Mix 5
<b>B1</b>	79	55	35	95	85	72.5	97.5	97.5	85	100	100	100
<b>B3</b>	37.5	38.5	6.5	65	65	60	70	75	62.5	82.5	80	85
<b>B4</b>	64	10	57.5	81.5	75	75	82.5	80	80	97.5	95	95

mix3: ovino, mix 4: caprino, mix 5: vacuno

**Tabla 2.** Porcentaje de degradación en los diferentes films tras cultivo de brócoli.

	90D			187D			284D			372D		
Trat	Mix 3	Mix 4	Mix 5	Mix 3	Mix 4	Mix 5	Mix 3	Mix 4	Mix 5	Mix 3	Mix 4	Mix 5
B1	82.5	52.5	42.5	95	82.5	70	99	100	73	100	100	87
B3	55	30	5	70	67.5	45	80	81	60	90	87.5	70
B4	50	70	32.5	75	80	52.5	80	85	60	87.5	95	65

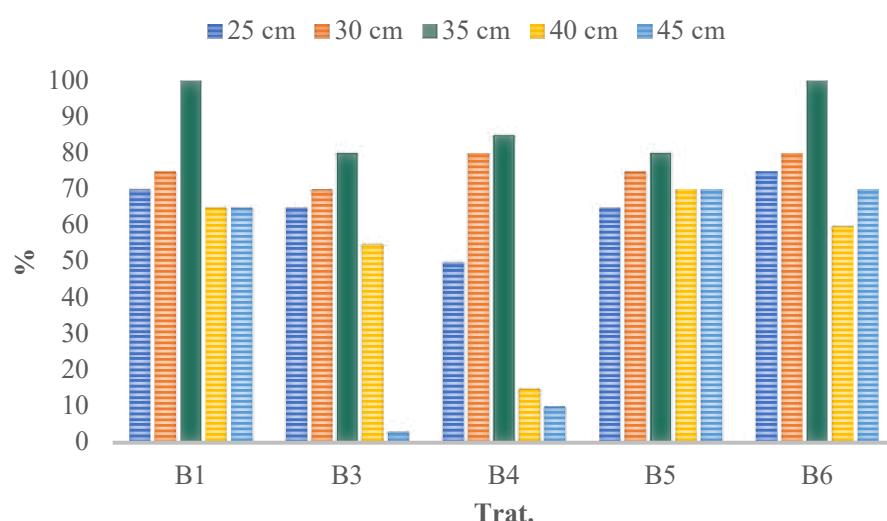
mix3: ovino, mix 4: caprino, mix 5: vacuno

**Tabla. 3.** Porcentaje de degradación en los diferentes films tras cultivo de melón.

	92 D				188 D				276 D				332 D			
Trat	Mix 6	Mix 7	Mix 8	Mix 9	Mix 6	Mix 7	Mix 8	Mix 9	Mix 6	Mix 7	Mix 8	Mix 9	Mix 6	Mix 7	Mix 8	Mix 9
B1	79	70	43.5	39	90	90	52.5	52.5	92.5	97.5	97.5	70	92.5	100	100	82.5
B3	65	60	32.5	60	77.5	77.5	65	75	82.5	80	71	77.5	90	80	73.5	80
B4	60	80	47.5	52.5	82.5	87.5	67.5	57.5	87.5	90	75	62.5	92.5	92.5	85	67.5
B5	62.5	60	55	70	75	85	72.5	85	80	90	75	85	80	90	77.5	85
B6	80	82.5	50	70	97.5	95	85	80	100	97.5	87.5	80	100	97.5	92.5	100

mix6: ovino, mix 7: caprino, mix 8: sin m.o, mix 9: vacuno

## FIGURAS

**Figura 1.** Porcentaje de degradación obtenida en los diferentes films a la profundidad de 25, 30, 35, 40 y 45 cm.

# MANEJO DE LA ACUAPONÍA EN DOS INSTALACIONES CON PLANTAS PRODUCIDAS EN TRES SISTEMAS DE HIDROPONÍA

**Varó, P., Gálvez, R., Navarro, J.**

Centro Integrado de Formación y Experiencias Agrarias de Torre Pacheco. (Murcia)

## RESUMEN

En este ensayo pretendemos dar a conocer el sistema de Acuaponía para la producción de cultivos y peces por sus ventajas al reducir la lixiviación en cultivos hidropónicos, a través de la reutilización de los efluentes cargados de minerales, sin el aporte de fertilizantes y hacer recircular el agua, con un sistema de producción sostenible medioambientalmente, aspecto este de gran importancia en el entorno del Mar Menor. Se pretende dar a conocer este sistema, de nueva implantación en la Región de Murcia, para su posible empleo en explotaciones agrícolas. Demostrando que se puede conseguir un mejor aprovechamiento del agua y reducir el empleo de fertilizantes, logrando minimizar la lixiviación de nitratos y obtener dos productos disponibles para su comercialización: peces (Tilapia) y vegetales.

Para este ensayo disponemos de la planta 1, para la cría de peces desde estado de larvas hasta 100 gramos de peso y la planta 2, con dos tanques de agua para finalizar el proceso de engorde, hasta conseguir peso comercial. En la planta 1, disponemos de un recipiente que hace de incubadora para los primeros 30 días de vida de los alevines.

Los sistemas de cultivo empleados para la producción hidropónica fueron: el NFT (Nutrient Film Technique), 4 tuberías en mesa plana en planta 1, y 8 tubos en trípode vertical, en planta 2, el sistema hidropónico con agua profunda (Deep Water Culture) en planta 1 y 2 y riego por goteo (Drip system) en planta 1.

Son tres los organismos involucrados en el rendimiento óptimo de los sistemas acuapónicos: plantas, peces y bacterias nitrificadoras.

Se estudia el comportamiento de distintas especies en los tres sistemas de cultivo, en esta campaña: iceberg, Batavia, Little gem, lechuga verde, Lollo rojo, hoja roble roja, coliflor verde, escarola, hoja roble roja, coliflor verde, romanesco y albahaca

Para la especie piscícola se ha utilizado la Tilapia (*Oreochromis spp*), ya que es la elección más popular en Acuaponía, por la facilidad en el manejo que éstos obtienen en el mercado, sus pocos requisitos de manutención, su facilidad de cría y la rapidez de crecimiento en altas densidades.

Se han obtenido buenos resultados en la cría de alevines, logrando 4 generaciones de ti-

lapias entre mayo y octubre, pudiendo autoabastecernos, para las cantidades que manejamos, lograr tilapias de calidad comercial en 8 meses de cría, y producir diversas plantas con recolecciones escalonadas, según especies entre abril y diciembre.

Se considera que la Acuaponía resulta adecuada para pequeños productores agrícolas con miras a aprovechar los mercados locales y el agroturismo, además de ser sostenible medioambientalmente.

## INTRODUCCIÓN

La acuaponía supone una innovación o alternativa a la actividad actual y tiene como prioridad la sostenibilidad y el respeto medioambiental, a la vez que, la reducción del agua de riego y fertilizantes.

La acuaponía consiste en combinar la cría de peces con el cultivo de plantas en sistemas de hidroponía, aprovechando las sinergias de ambos para lograr una optimización de los recursos y la comercialización de ambos productos, limitando y utilizando los desechos. En acuicultura, las secreciones de los animales cultivados pueden acumularse en el agua, aumentando su toxicidad, por lo que es necesario renovar periódicamente el agua. En un sistema de acuaponía en circuito cerrado, los desechos generados por los peces, se separan del agua y se utiliza como compost y el amoniaco es descompuesto en nitritos y posteriormente en nitratos por las bacterias de nitrificación. Estos nitratos son utilizados por las plantas como nutrientes, por lo que es posible que el agua retorne al tanque de los peces sin productos tóxicos y así, iniciar de nuevo el proceso.

Se han ensayado los sistemas de cultivo NFT (Nutrient Film Technique), el sistema hidropónico con agua profunda (Deep Water Culture) y el sistema hidropónico con sustrato y riego por goteo (Drip system). El pez elegido ha sido la tilapia.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Cultivos elegidos

Las especies vegetales que se han elegido son:

Aromáticas: albahaca.

Hortícolas: lechuga iceberg, batavia, little gem, lechuga verde, lollo rojo, hoja roble roja, coliflor verde, escarola, coliflor verde, bróculi y romesco.

### Especie de pez

Para la especie piscícola se ha utilizado la Tilapia (*Oreochromis spp*), por su facilidad de cría y la rapidez de crecimiento en altas densidades.



La planta 1, consta de un tanque, al cual denominamos tanque 1, con una capacidad de 200 litros de agua fabricado de metacrilato, pensado para la producción de peces entre 45 a 70 días de vida, con un número aproximado de 120 unidades (foto 1), decantador, biofiltro, tanque aireación y tanque acumulador.

Una Incubadora de fabricación casera, que consiste en dos contenedores, uno donde están los alevines de tilapia con una pequeña bomba de impulsión y otro contenedor de menor tamaño, situado sobre el anterior, donde está el biofiltro (botellín de plástico con biobolas) y una pequeña plancha de poliespan, donde hay plantas hortícolas. Las larvas de tilapias, suelen estar en la incubadora hasta los 40/45 días de su nacimiento (foto 2).

La planta 2, consta de un tanque T-1 (foto 3) y posteriormente se añade otro tanque T-2, con capacidad de 900 litros fabricado en PVC que pueden albergar entre 100 y 130 unidades de tilapias, según tamaño, tanque decantador, tanque biofiltro y tanque acumulador. En los tanques de peces se produce el engorde de la tilapia hasta conseguir el tamaño comercial, que se considera a partir de 400 gramos, aproximadamente.

### Sistemas de cultivo hidropónico

Se han empleado los siguientes:

- Sistema hidropónico NFT (Nutrient Film Technique): Se trata de la circulación continua o intermitente de una fina lámina de agua por un canal o tubería de cultivo donde se colocan cestillas con la planta a raíz desnuda en su interior, sostenido sobre una estructura horizontal, en la planta 1, y un soporte en forma de barraca de 3 metros de altura con dos caras y 4 tuberías horizontales en cada cara, en la planta 2, ambas plantas con un conducto de drenaje conectado a los tanques de impulsión y de peces para recircular el agua (sistema cerrado), (fotos 4 y 5).
- Sistema hidropónico con agua profunda (Deep Water Culture): Consiste en un cajón o mesa de cultivo impermeable (PVC, PE, EPDM) al que se coloca una lámina, bandejas de poliestireno o recipientes de plásticos con agujeros en el fondo que flota en la solución nutritiva, en la planta 1 con una altura del agua de 20 cm (foto 6), y en la planta 2, una mesa de cultivo de 4 x 1,5 m, que actúa como cama de agua de 5 cm de profundidad, utilizada como semillero y cultivo en bandeja, ambas conectadas al circuito para la recirculación del agua (foto 7).
- Sistema hidropónico con sustrato y riego por goteo (Drip system): Está compuesto por un conjunto de contenedores con sustrato, en este caso perlita, con una piqueta y microtubo que hace que el agua salga gota a gota y que drenan dentro de un cajón con una conexión al conducto de drenaje. Este sistema de cultivo está en la planta 1 (foto 8).

### Puesta en marcha

El ensayo continúa del año anterior, para este disponemos de dos plantas de producción, P-1 y P-2.

La DANA del mes de septiembre de 2019, interrumpió el proceso de cría, provocando la muerte de las tilapias adultas en un alto porcentaje (80 %), dejando solo 14 ejemplares y no en buenas condiciones, que finalizaron muriendo.

El 3 de marzo se compran 80 tilapias de 32,3 g. de media, que se colocan en T-1 de la P-1, hasta el 16 de marzo que se pasan al T-1 de la P-2, con un peso de 47,7 gr. de media.

A principio de mayo salen los primeros alevines del T-1 de la P-2, que se colocan en la incubadora P-1, a partir de esta fecha los alevines nacidos se van trasladando a la incubadora. Nos ha causado extrañeza el nacimiento de alevines en tilapia de tan corta edad.

El 8 de junio se pasan los alevines de la incubadora al T-1 de la P-1, para seguir su crecimiento y se introducen los alevines recién nacidos a la incubadora.

El 21 de julio se coloca en la P-2 el T-2, con las tilapias del T-1, P-1, unos 130 ejemplares, de diversos tamaños y pesos. Ha sido necesario incrementar el número de tanques de producción de tilapia por la cantidad de peces que han ido naciendo desde mayo.

Los alevines que van naciendo en la P-2 se van pasando a la incubadora y los de la incubadora al T-1, de la P-1.

El 24 de agosto se sacrifican parte de las tilapias más grandes del T-1, P-2, con un peso medio de 391,2 g.

En octubre se modifica la instalación de la P-2. Los diferentes sistemas de cultivo nos sirven para adaptar a cada uno de ellos la especie adecuada por su desarrollo radicular (fotos 9 a 12).

La alimentación de las tilapias se realiza con pienso comercial y pienso especial en escamas, para los alevines en la incubadora.

El aporte del pienso a las tilapias para el engorde, va variando, dependiendo del peso de las mismas, para lo que se toma como referencia la tabla de Hernández *et al.* (2014), (tabla 1).

A partir de octubre se le incorpora una pequeña cantidad de lenteja de agua (*Lenma minor*), en la alimentación, producida en el CIFEA.



Se controlaron los siguientes parámetros:

- Parámetros del agua de los peces.
- Parámetros de crecimiento de las tilapias.
- Parámetros de producción de plantas.
- Parámetros de calidad comercial de las plantas.

## RESULTADOS

### Parámetros del agua de los peces

Los parámetros de la calidad del agua analizados son la temperatura, pH, ión amonio, amoníaco, dióxido de nitrógeno, nitratos. Los datos de estos parámetros varían en función del tamaño/edad de las tilapias, numero de peces en el sistema, el estado de las plantas, climatología, temperatura del agua, etc. En la tabla 2, se indican los parámetros del agua.

### Parámetros de crecimiento de las tilapias.

Se realizaron varias pesadas durante el ensayo de los diferentes tanques para observar el crecimiento y determinar la cantidad de alimento suministrar a cada tanque.

La ración de alimento se preparaba según la biomasa y el tanto por ciento según la edad de las tilapias, para lo que se utiliza la tabla de Hernández et al (2014), tabla 1.

### Peso alevines de tilapias.

El tamaño de los alevines en el comienzo del ensayo, a 3 de marzo de 2020, estaba comprendido entre 19 y 51 gramos, peso medio de 32,3 g.

### Evolución del peso medio de las tilapias.

En la tabla 3, se puede ver que el peso medio de las tilapias, desde la puesta en marcha del ensayo, con los alevines de tilapia procedentes de Huerto Lazo, donde puede observarse el crecimiento y ganancia en peso hasta alcanzar los 735 g de media en octubre y en la tabla 4, el crecimiento de las tilapias nacidas en el ensayo.

### Parámetros de producción de plantas.

#### Resultados obtenidos en la planta 1.

**Cama de agua:** Las especies producidas han sido: lechuga iceberg, mini romanas, trocadero, little gem, lechuga verde, lollo rojo, coliflor verde y brócoli. Las plantaciones comenzaron en enero y finalizaron en noviembre, se han ido alternando las especies por filas. El ciclo de cultivo se acorta del tradicional al aire libre, por la temperatura y la recolección anticipada, sin llegar a la madurez, sobre todo en las especies que acogellan. Los ciclos

han ido desde los 35 días de la Little gem a los 90 de la coliflor. Las especies producidas cuya calidad comercial no ha sido adecuada, han sido: brócoli, coliflor y lechuga iceberg.

**Sistema NFT:** Las especies producidas han sido: lechuga iceberg, mini romanas, trocadero, little gem, lechuga verde rizada, lollo rojo, coliflor verde y brócoli. Las plantaciones comenzaron en enero y finalizaron en noviembre. El ciclo de cultivo se acorta del tradicional al aire libre, por la temperatura y la recolección anticipada. Los ciclos de cultivo han sido, 35 días de la Little gem y 90 para la coliflor. Las especies producidas cuya calidad comercial no ha sido adecuada, han sido: brócoli, coliflor y la lechuga iceberg.

**Contenedores:** Se han producido: lechuga iceberg, Mini romanas, little gem, lechuga verde, hoja de roble roja, coliflor verde, escarola, brócoli, judía de enrame, melón albahaca y romero. En los 8 contenedores, se iban alternando especies, plantando de 1 a 4 plantas según la especie. Los ciclos en las hortícolas similares a los anteriores sistemas.

**Comparación entre sistemas:** La calidad de las plantas en general ha sido buena, incluso en coliflor y brócoli, aunque con pellas de tamaño mini. Los pesos obtenidos en la lechuga trocadero han sido entre 128 y 172 g, con una media de 149 g y en Little gem entre 116 y 185 g, con medias de 145 g de cogollos comerciales. En las especies sin acogollar los pesos han estado entre 100 y 150 g. Las especies vegetales de ciclo largo no tienen calidad comercial aceptable, como brócoli, coliflor y melón.

Las plantas aromáticas, albahaca y romero tienen aceptable desarrollo y se adaptan bien al sistema de contenedores.

Se obtiene mayor peso para la misma especie en la cama de agua que en el NFT, sobre todo en los diferentes tipos de lechugas.

Muy importante controlar la densidad de plantación en las especies de mayor volumen, hemos observado este problema, en los contenedores y NFT.

### Resultados obtenidos en la planta 2.

Esta planta se compone de un tanque de 900 l para peces, depósito decantador, biofiltro y depósito acumulador. En octubre se coloca un segundo depósito de 900 l. Ha sido necesaria la ampliación de la planta para albergar, por tamaño, los peces que se han ido produciendo.

Para la producción de plantas está el sistema NFT y la mesa de agua que se utiliza como producción de planta en bandeja y alguna especie en maceta.

**Producción de la mesa de agua:** Se han sembrado en bandeja: melón verde, galia y amarillo, acelga, espinaca, perejil, iceberg, little gem, romana y mini romana, col, coliflor, escarola, berenjena y especies para cultivo de hoja (baby leaf). Para cultivar en la mesa mediante siembra en contenedores se sembraron: Escarola, lechuga batavía, lollo roso, eneldo, rúcula, cebollino y berros. La planta crece más lentamente por no llevar fertilizantes, aunque con buena calidad. El sistema radicular penetra en el agua de la mesa y no llega a formar un buen sistema radicular. El comportamiento de las especies en con-

tenedores para su cultivo en la mesa ha sido desigual, siendo fundamental conseguir la densidad adecuada. Las plantas se colocaban en contenedores de macetas con agujero en el fondo para la salida de raíces.

**Sistema NFT:** Se utilizó una estructura de madera de 3 metros de altura con 4 tubos de PVC, a cada lado separados 40 cm, de 3 metros de longitud con 14 orificios cada uno donde se colocan las plantas en contenedores con parte de la raíz desnuda en contacto con el agua que circula por el tubo. Las especies plantadas: coles, brócoli, mini romana, lechuga roja, melón verde, amarillo, galia, escarola, lechuga iceberg, romanesco y Little gem, La falta de tolerancia a determinadas enfermedades fúngicas, algunas especies no alcanzaban la calidad comercial, es el caso del melón, unido a la dificultad de su desarrollo por el volumen de vegetación, no haciéndolo aconsejable en este sistema. Las coles y romanesco, forman una pella pequeña y es necesario mayor separación, no siendo indicado tampoco en este sistema. En cambio, la calidad de los cultivos de hoja, salvo en los meses cálidos (mayo-septiembre), ha sido buena. En el ciclo sep./nov, la hoja de roble obtuvo un peso de cogollo de 170 g de media, romana de 300 g, little gem de 115 g y escarola lisa de 220 g. En cambio la lechuga iceberg, no tiene la calidad necesaria por la dificultad de producir un buen acogollado, podría utilizarse troceada para industria.

## CONCLUSIONES

El objetivo del ensayo es como producir tilapia en un circuito cerrado con calidad y rendimiento comercial, desde la cría de alevines a la venta de tilapias con un peso mínimo de unos 400 g pieza, en simbiosis con el cultivo hidropónico de especies vegetales, hortícolas, aromáticas, condimentarias y ornamentales, sin utilizar fertilizantes ni fitosanitarios.

Con ello conseguimos un sistema de producción de peces y plantas sostenible, medioambientalmente, de alta calidad sanitaria y adaptada a la normativa de la ley de protección y recuperación integral del Mar Menor.

Por ello consideramos que es una alternativa a tener en cuenta para la zona del Campo de Cartagena.

Es necesario incrementar la cantidad de peces y superficie de cultivo, para obtener datos que se puedan extraer a una pequeña o mediana explotación.

Se sigue constatando que se obtiene más calidad en especies sin acogollado, lechuga hoja verde, roja, little gem, lollos, hoja de roble, incluso lechuga trocadero que en la lechuga iceberg.

En brócoli y coliflor el crecimiento es lento y poco estable por la excesiva inclinación lateral y el pequeño tamaño de la pella, por lo que no es aconsejable este cultivo, salvo en el sistema de contenedores con la densidad adecuada.

Se deben utilizar variedades con las máximas tolerancias a plagas y enfermedades y en la fecha adecuada de plantación.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está dentro del proyecto 20TP-09, cofinanciado por la Región de Murcia y el FEDER a través de la medida 111 del PDR.

## FOTOGRAFÍAS

**1****2****3****4****5****6**

**Fotografía 1.** Tanque de peces (Planta 1).

**Fotografía 2.** Incubadora casera.

**Fotografía 3.** Tanques de peces (Planta 2).

**Fotografía 4.** NFT, Planta 1.

**Fotografía 5.** NFT (Planta 2).

**Fotografía 6.** Cama de agua (Planta 1).



7



8



9



10



11



12

**Fotografía 7.** Mesa de agua (Planta 2).

**Fotografía 8.** Contenedores.

**Fotografía 9.** Comportamiento plantas en NFT (Planta 2).

**Fotografía 10.** Cultivos en mesa de agua (Planta 2).

**Fotografía 11.** Cultivos en NFT (Planta 1).

**Fotografía 12.** Cultivo en contenedores (Planta 1).

**TABLAS****Tabla 1.** Tabla de alimentación para la tilapia. Fuente: Hernández et al. (2014).

	<b>PESO INICIAL (G)</b>	<b>BIOMASA (KG)</b>	<b>% ALIMENTO</b>	<b>% PROTEÍNA</b>
<b>1</b>	0,6	3	15	50
<b>2</b>	1,2	5,94	10	50
<b>3</b>	3	14,7	6	50
<b>4</b>	5	24,26	6,25	44
<b>5</b>	8	38,42	4,2	44
<b>6</b>	12	57,06	4,6	44
<b>7</b>	15	70,61	4	44
<b>8</b>	20	93,21	4,4	44
<b>9</b>	27	124,57	4	44
<b>10</b>	35	159,87	3,5	40
<b>11</b>	45	203,49	3,6	40
<b>12</b>	55	246,22	3,1	40
<b>13</b>	70	310,33	3,3	35
<b>14</b>	85	372,95	3	35
<b>15</b>	100	434,37	3,3	35
<b>16</b>	120	516,04	3,1	35
<b>17</b>	150	638,59	2,7	35
<b>18</b>	180	758,65	2,5	32
<b>19</b>	210	876,24	2,4	32
<b>20</b>	250	1032,71	2,3	32
<b>21</b>	290	1185,97	2	32
<b>22</b>	350	1417,02	1,8	32
<b>23</b>	400	1603,26	1,6	30
<b>24</b>	435	1726,11	1,5	30
<b>25</b>	470	1846,34	1,4	30
<b>26</b>	510	1983,44	1,3	30

**Tabla 2.** Parámetros del agua.

<b>PARÁMETRO</b>	<b>RANGO ppm</b>	<b>31/03/2020</b>	<b>08/09/2020</b>	<b>20/10/2020</b>
O <sub>2</sub>	> 4			3,7
T	23-32°C	22	24	25
pH	6,5-9	7,2	7,5	7,5
NH <sub>4</sub>	2	0,03	0,05	0,05
NH <sub>3</sub>	2	0,3	0,5	0,5
NO <sub>2</sub>	0,1	0,05-0,10	0,05-0,15	0,17
NO <sub>3</sub>	0,1	3	5	5
PO <sub>4</sub>	0,6-1,5	0,4	0,5-1	0,5
Fe	20	0	0	0

**Tabla 3.** Peso medio de las tilapias del ensayo.

<b>03-MAR</b>	<b>16-MAR</b>	<b>30-ABR</b>	<b>29-MAY</b>	<b>13-JUL</b>	<b>24-AGO</b>	<b>30-OCT</b>
32,3	47,7	90	195,5	326	391,2	735 gr

**Tabla 4.** Peso medio tilapias nacidas durante el ensayo

<b>08-JUN</b>	<b>21-JUL</b>	<b>25-SEP</b>	<b>20-OCT</b>	<b>28-DIC</b>
18	54	117,3	142	271,5

# EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN PASIVA EN EL CULTIVO DEL PIMENTO EN INVERNADERO. EFECTO SOBRE LA CALIDAD DE FRUTO.

Piñero, M.C.<sup>1</sup>; Lorenzo, P.<sup>2</sup>; Sánchez-Guerrero M.C.<sup>2</sup>; Medrano E.<sup>2</sup>; Granados M.R.<sup>2</sup>; Fernández, P.<sup>2</sup>; Hernández, J.<sup>3</sup>; Bonachela, S.<sup>3</sup>; López, J.C.<sup>3</sup>; Magán J.J.<sup>4</sup>; López-Marín, J.<sup>1</sup>; del Amor F.M.<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> Departamento de Producción Vegetal y Agrotecnología, IMIDA, Murcia.

\*<sup>2</sup> Centro IFAPA La Mojonera, Almería.

\*<sup>3</sup> Departamento de Agronomía, Universidad de Almería.

\*<sup>4</sup> Fundación CAJAMAR, Almería.

## RESUMEN

El desarrollo de una agricultura sostenible está ligada tanto a la protección del medioambiente como al desarrollo económico humano. El cambio climático y los cambios observados en la intensidad y frecuencia de eventos climáticos extremos, hace necesaria la búsqueda de soluciones de reducción de los impactos del clima en la horticultura. La atenuación de temperaturas extremas en el interior de los invernaderos es de vital importancia para el mantenimiento de la productividad y rentabilidad de los mismos, mediante el uso de técnicas de baja huella de carbono. El objetivo de este trabajo fue determinar cómo la implementación de una nueva tecnología que integra sistemas pasivos de calefacción y refrigeración, para mejorar las condiciones climáticas del invernadero mediterráneo, puede afectar a la calidad de los frutos de pimiento. Para ello, se realizó un experimento en IFAPA (Almería) en invernaderos multitunel con sistema de pantalla evaporativa hidrofílica así como acumuladores de calor consistentes en mangas flexibles de polietileno (absorción infrarroja) llenos de agua desionizada. El control solo disponía de encalado, el cual fue también aplicado en el sistema de climatización objeto del estudio. El pimiento tipo california cv. Numantia se cultivó en sacos de perlita. Los datos preliminares presentados corresponden a la primera recolección. En ella se observa que la climatización pasiva ensayada tuvo un efecto más notable en la concentración de glucosa y fructosa. La concentración de los aminoácidos cisteína, treonina, y arginina también aumentaron. El estudio demuestra la capacidad del sistema de clima pasivo en la mejora de la calidad de los frutos de pimento en invernadero.

**Palabras clave:** Aminoácidos, *Capsicum annuum L.*, carbohidratos, clima, cosecha, temperatura.

## INTRODUCCIÓN

La amenaza de la deriva climática es cada vez más patente en las producciones hortícolas donde el número, intensidad y frecuencia de los episodios de clima extremo en las regio-



**“La arginina fue el aminoácido que se encontró en mayor concentración en los frutos de pimiento”.**

nes de clima mediterráneo afectan de manera muy significativa a la calidad y cantidad de la producción. La evolución tecnológica de los invernaderos ha estado centrada en mantener las condiciones óptimas de cultivo con una reducción significativa de los costes por mantener tales condiciones. A diferencia de las producciones de invernadero del norte de Europa, donde el elevado uso de combustibles fósiles es común para mantener cierta competitividad, los invernaderos mediterráneos pueden hacer uso más fácilmente de tecnologías alternativas que requieran una menor huella de carbono.

La producción de pimiento y su calidad a menudo fluctúan debido a diversos factores ambientales como la temperatura, la salinidad y la sequía (Erickson y Markhart 2002), si bien presenta una marcada respuesta a calor, similar a otras especies de cultivo como el tomate (Hedhly *et al.* 2009; Zhou *et al.*, 2015). Su rango de temperatura óptimo para su cultivo oscila de 20 °C a 30 °C, pudiendo causar las temperaturas superiores a 32 °C problemas de polinización y fertilización, y provocar la caída de flores y frutos (Guo *et al.* 2014). Es especialmente durante la estación cálida donde pueden producirse disminuciones de hasta un 70% en la producción (Gajanayake *et al.* 2011; Kafizadeh *et al.* 2008). Por otra parte, temperaturas no óptimas afectan a la morfología y fisiología de los frutos causando notables daños en su calidad

comercial y nutricional.

De esta manera, los objetivos de este estudio fueron determinar la efectividad del sistema de clima pasiva en la obtención de frutos de pimiento de mayor calidad, analizando su respuesta en el contenido en licopeno y β-caroteno, compuestos fenólicos totales, azúcares y aminoácidos totales.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó con plantas de pimiento (*Capsicum annuum L.*) cv. Numancia (Zeraim ibérica, S.A.,) que fueron trasplantadas el 7 de agosto de 2019 en sacos de perlita, a una densidad de 2,53 plantas m<sup>-2</sup>. El experimento finalizó el 8 de marzo de 2020 (una duración de 215 días). El ensayo se llevó a cabo en dos invernaderos del IFAPA Centro de Investigación ‘La Mojonera’ (Almería). Los invernaderos utilizados fueron de tipo multitunel (orientación este-oeste, con una superficie útil de 720 m<sup>2</sup> y cubierta de polietileno). Ambos invernaderos tenían ventilación proporcionada por la apertura del techo y ventilaciones laterales, con controlador climático. En uno de los invernaderos, se instaló el sistema híbrido pasivo de control del clima (Fotografía 1) y el otro invernadero fue considerado como control en el que se colocó una malla sombreadora fija instalada en el techo durante el período cálido. Para este período cálido, el sistema híbrido pasivo disponía de pantallas textiles de material

hidrofílico (65% viscosa-rayón y 35% poliéster con una densidad de  $55 \text{ g m}^{-2}$ ) con una alta retención de agua capacidad (material ref. 4182; PGI Nonwovens B.V., Katwijk, Países Bajos). Este material se colgó paralelo a las líneas de cultivo y permitió que el agua se evaporara. Durante esto período, también se activó una mampara móvil 100% poliéster para sombra, con una densidad de  $57 \text{ g m}^{-2}$ , 36% sombra (Harmony 3647; AB Ludving Svensson, Kinna, Suecia). Para los meses de frío, el sistema contaba con bolsas de polietileno flexible llenos de agua, a razón de  $30 \text{ L m}^{-2}$ , para la liberación del calor acumulado durante el día.

El licopeno y  $\beta$ -caroteno se analizaron mediante espectrofotómetro (Shimadzu UV-1800) con las ecuaciones de Nagata and Yamashita (1992). La concentración en fenoles totales expresadas en equivalente de ácido gálico se determinó en espectrofotómetro con la metodología de Kakkonen *et al.*, (1999). Los azúcares (glucosa y fructosa) se analizaron con un cromatógrafo iónico (817 Bioscan, Metrohm® Ltd.) y columna Metrosep Carb 1–150 IC. Los aminoácidos totales se determinaron en UPLC (Waters) siguiendo la metodología de Piñero *et al.*, (2017). Un total de 18 frutos por tratamiento fueron analizados para cada parámetro, procedentes de la primera recolección.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La concentración en licopeno y  $\beta$ -caroteno de los frutos de pimiento (figuras 1 y 2) indican un mayor efecto del sistema de climatización para la concentración en licopeno ( $20.96$  frente a  $22.95 \text{ mg Kg}^{-1}$  PS) que al  $\beta$ -caroteno ( $40.05$  frente a  $40.39 \text{ mg Kg}^{-1}$  PS) para el que prácticamente no hubo modificación de su concentración en el fruto. Los compuestos fenólicos totales (figura 3) fueron afectados en mayor cuantía, disminuyendo un 17% ( $998.5$  frente a  $828.6 \text{ mg/100 g PF}$ ). La concentración de glucosa (figura 4) se incrementó de  $21,63$  del control a  $27,08 \text{ g Kg}^{-1}$  PS para la climatización pasiva, mientras que para la fructosa la variación en la concentración fue más notable (de  $12,28 \text{ g Kg}^{-1}$  PS frente a  $20,40 \text{ g Kg}^{-1}$  PS) (figura 5). El perfil de aminoácidos libres en el fruto (figura 6) mostró principalmente que cisteína, treonina y arginina también fueron afectadas por el sistema de climatización.

Los azúcares tienen un papel fundamental en el ajuste osmótico celular y en el mantenimiento de la integridad de la membrana. Nuestros datos indican una mayor concentración en frutos de invernadero con la climatización pasiva. Li *et al.*, 2015 observaron un aumento en los azúcares solubles totales en cultivares tolerantes al calor y un metabolismo alterado debido a un aumento en el daño oxidativo (Mittler, 2006). Por lo que también aquellos frutos sometidos a altas temperaturas pueden provocar un consumo rápido de hidratos de carbono para el mantenimiento de la respiración (Teskey *et al.*, 2015).

La arginina fue el aminoácido que se encontró en mayor concentración en los frutos de pimiento. Este aminoácido tiene un efecto protector frente a estreses bióticos y abiotícos (Chen *et al.* 2007)



siendo afectado significativamente en pimento y en especial en estrés por alta temperatura, lo cual concuerda con los efectos esperados de la climatización pasiva evaluada. Además, este aminoácido es el responsable del sabor dulce de los frutos del pimiento, y tiene efectos beneficiosos sobre la salud humana al ayudar con el mantenimiento de los músculos, la piel y el hígado, y también fortaleciendo el sistema inmunológico (Piñero et al., 2020).

## CONCLUSIONES

En este estudio preliminar, se observan ya importantes diferencias en los parámetros medidos de calidad de los frutos de pimiento atribuibles al sistema de clima pasivo. Posteriormente estudios interanuales que amplíen la influencia de este sistema con mayores variaciones climáticas nos permitirán asegurar, en mayor medida, la eficacia de este sistema en invernadero.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHEN Z., CUIN T.A., ZHOU M., TWOMEY A., NAIDU B.P., SHABALA, S. 2007. Compatible solute accumulation and stress-mitigating effects in barley genotypes contrasting in their salt tolerance. *J Exp Bot* 58:4245–4255
- ERICKSON, A.N., MARKHART, A.H. 2002. Flower developmental stage and organ sensitivity of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) to elevated temperature. *Plant Cell Environ* 25:123–130
- GAJANAYAKE, B., TRADER, B.W., REDDY, K.R., HARKESS, R.L. 2011. Screening ornamental pepper cultivars for temperature tolerance using pollen and physiological parameters. *Hort Sci* 46:878–884
- GUO, M., YIN, Y.X., JI, J.J., MA, B.P., LU, M.H., GONG, Z.H. 2014. Cloning and expression analysis of heat-shock transcription factor gene CaHsfA2 from pepper (*Capsicum annuum* L.). *Genet Mol Res* 13:1865–1875
- HEDHLY, A., HORMAZA, J.I., HERRERO, M. 2009. Global warming and sexual plant reproduction. *Trends Plant Sci* 14:30–36
- KAFIZADEH, N., CARAPETIAN, J., KALANTARI, K.M. 2008. Effects of heat stress on pollen viability and pollen tube growth in pepper. *Res J Biol Sci* 3:1159–1162
- KAHKONEN, M.P., HOPIA, A.I., VUORELA, H.J., RAUHA, J.P., PIHLAJA, K., KUJALA, T.S. ET AL., 1999. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *J Agric Food Chem* 47:3954–3962 (1999).
- LI, T., XU, X., LI, Y. ET AL. 2015. Comparative transcriptome analysis reveals differential transcription in heat-susceptible and heat-tolerant pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars under heat stress. *J. Plant Biol.* 58, 411–424

- MITTLER, R. 2006. Abiotic stress, the field environment and stress combination. Trends Plant Sci. 11, 15–19.
- NAGATA, M. AND YAMASHITA, I. 1992. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi 39:925–928
- PIÑERO, M.C., OTÁLORA, G., COLLADO-GONZÁLEZ, J., LÓPEZ-MARÍN, J. AND DEL AMOR, F.M. 2020. Differential effects of aquaponic production system on melon (*Cucumis melo* L.) fruit quality. J Agric Food Chem 68:6511– 6519
- PIÑERO, M.C., OTÁLORA, G., PORRAS, M.E., SÁNCHEZ-GUERRERO, M.C., LORENZO, P., MEDRANO, E. ET AL. 2017. The form in which nitrogen is supplied affects the polyamines, amino acids, and mineral composition of sweet pepper fruit under an elevated CO<sub>2</sub> concentration. J Agric Food Chem 65:711–717
- TESKEY, R., WERTIN, T., BAUWERAERTS, I., AMEYE, M., MCGUIRE, M.A., STEPPE, K. 2015. Responses of tree species to heat waves and extreme heat events. Plant Cell Environ. 38, 1699–1712.
- ZHOU, R., YU, X., KJÆR, K.H., ROSENQVIST, E., OTTOSEN, C.-O., WU, Z. 2015. Screening and validation of tomato genotypes under heat stress using Fv/Fm to reveal the physiological mechanism of heat tolerance. Environ. Exp. Bot. 118, 1–11.

---

### **AGRADECIMIENTOS.**

---

Trabajo financiado por la Agencia Estatal de Investigación-INIA-RTA2017-00028-C02-01.

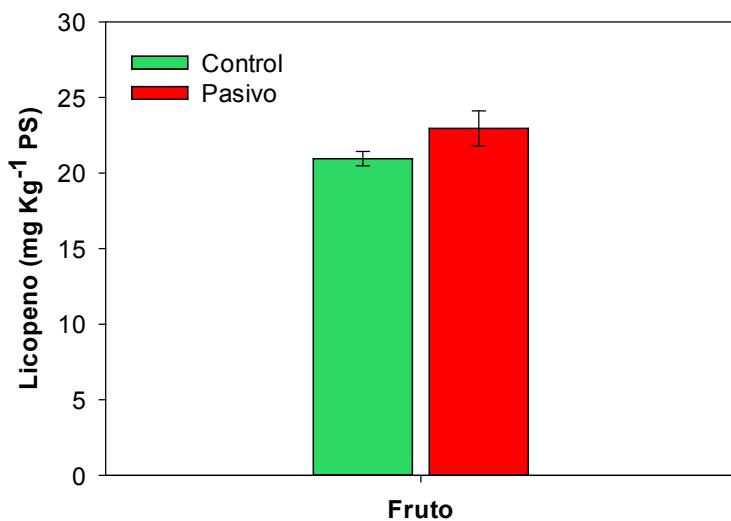
---

### **FOTOGRAFÍAS**

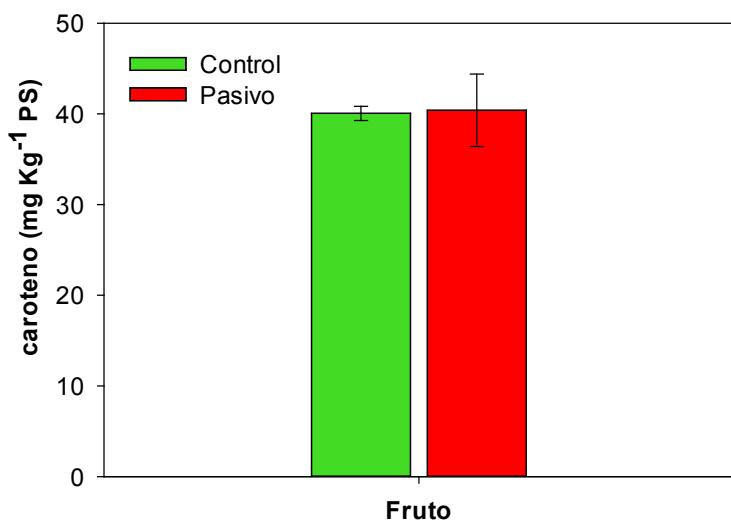
---



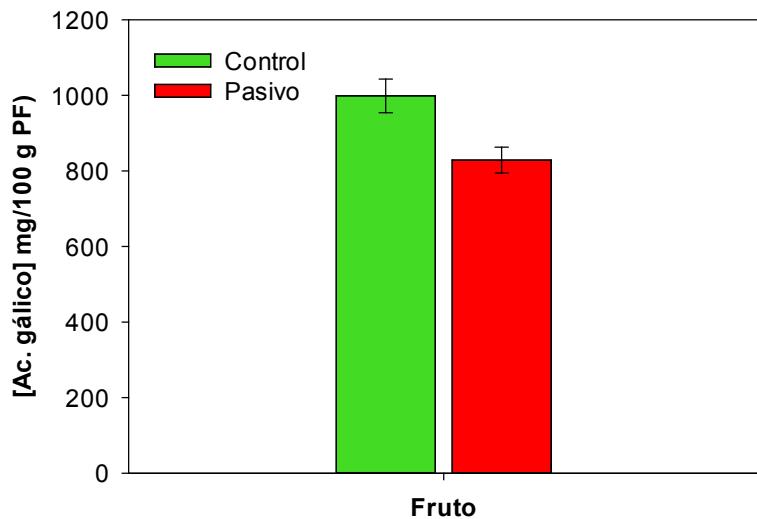
**Fotografía 1.** Invernadero con la disposición del sistema de climatización pasiva.

**FIGURAS**

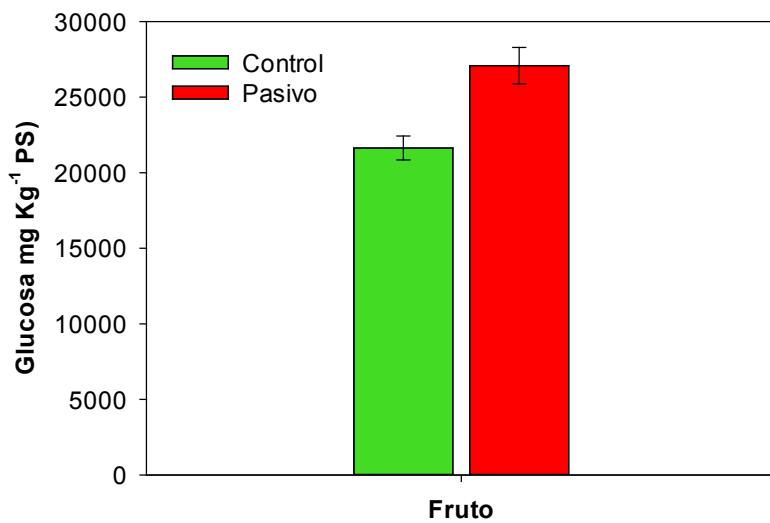
**Figura 1.** Contenido en licopeno de los frutos de pimento cultivados con dos sistemas de climatización (control y pasiva).



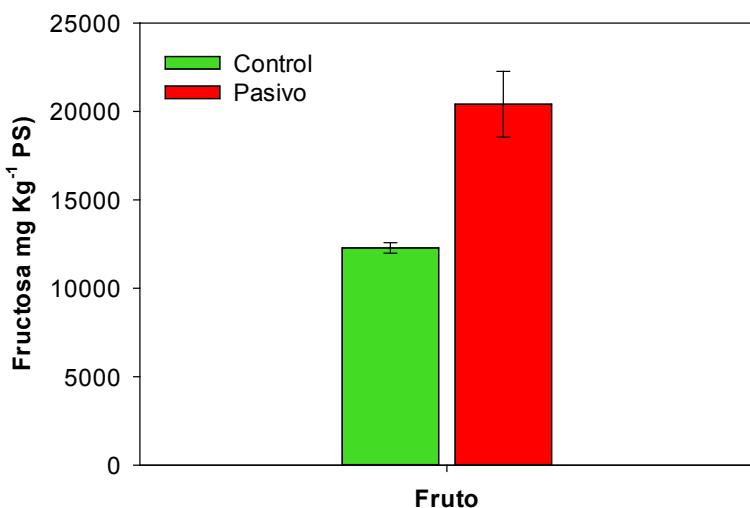
**Figura 2.** Contenido en β-caroteno de los frutos de pimento cultivados con dos sistemas de climatización (control y pasiva).



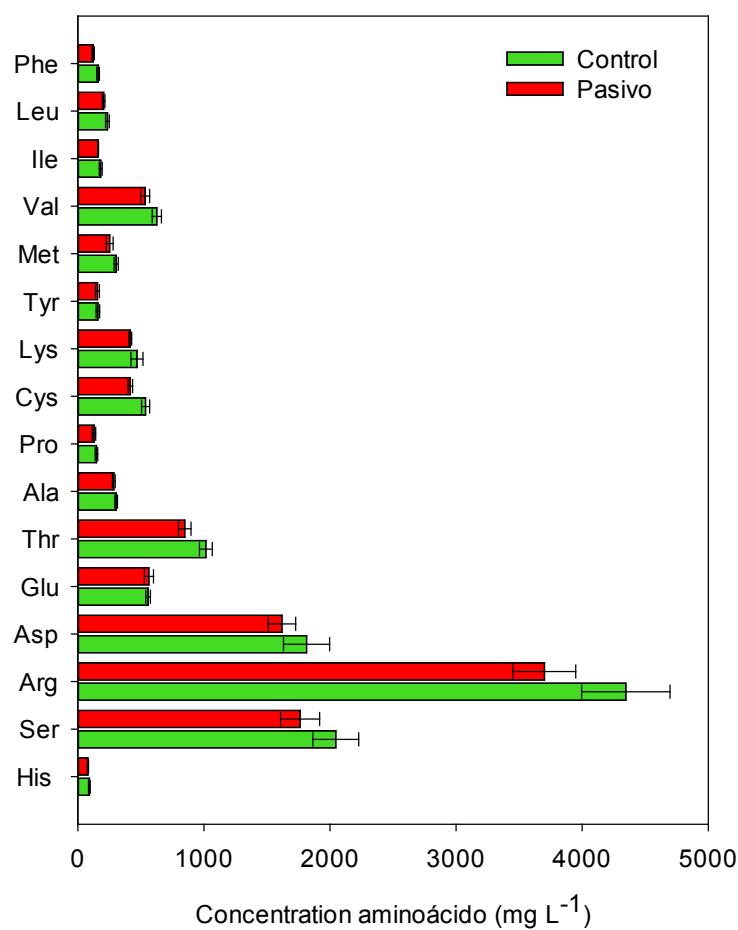
**Figura 3.** Contenido en fenoles totales (eq. Ac. Gálico) de los frutos de pimento cultivados con dos sistemas de climatización (control y pasiva).



**Figura 4.** Contenido en glucosa de los frutos de pimento cultivados con dos sistemas de climatización (control y pasiva).

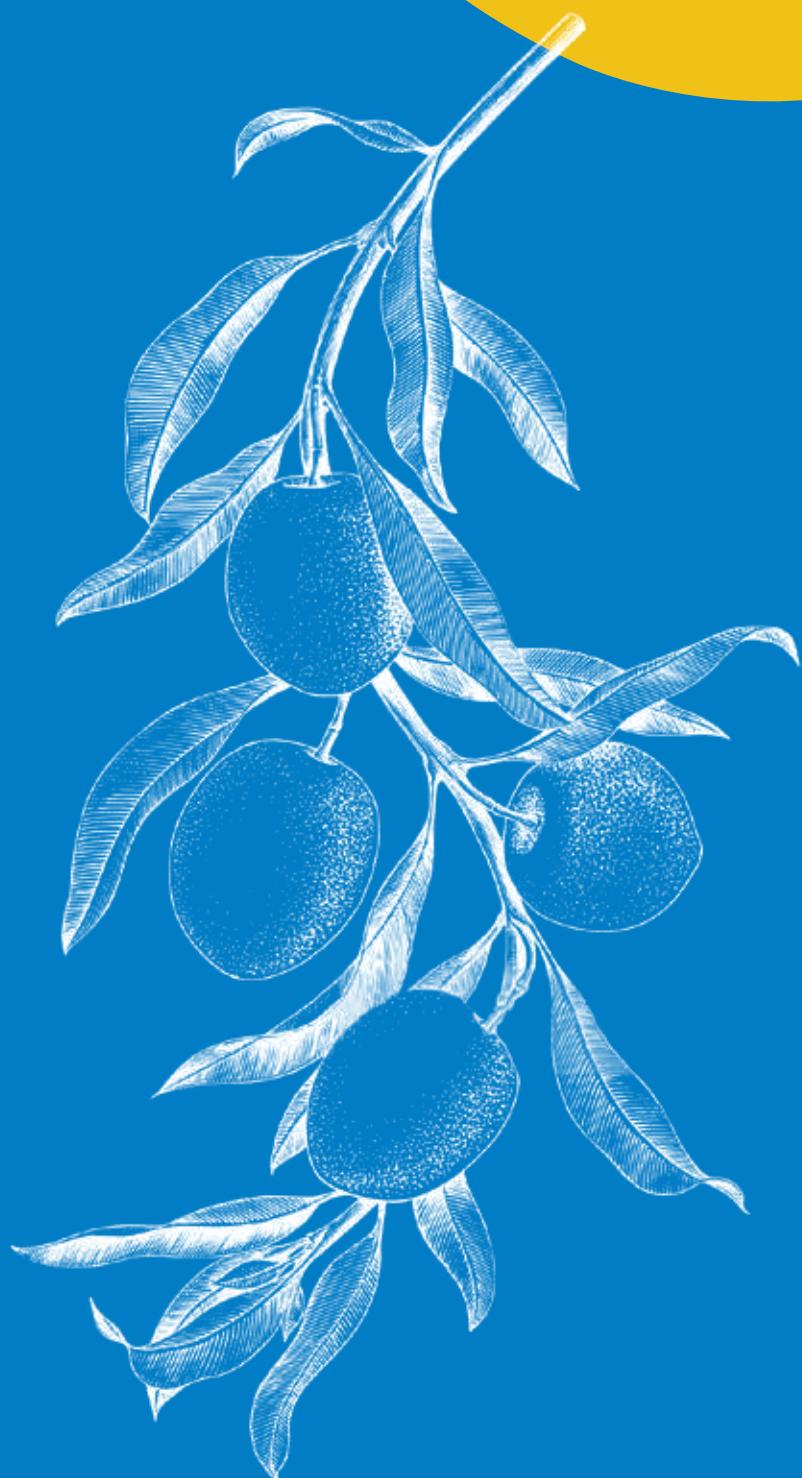


**Figura 5.** Contenido en fructosa de los frutos de pimiento cultivados con dos sistemas de climatización (control y pasiva).



**Figura 6.** Contenido en aminoácidos de los frutos de pimento cultivados con dos sistemas de climatización (control y pasiva).

# MATERIAL VEGETAL



# ENSAYO COMPARATIVO DE CINCO CULTIVARES DE BATATA ECOLÓGICA A DOS DENSIDADES DE PLANTACIÓN

**Monagas Rodríguez, J.; Guillén Rodríguez, B.; Gutiérrez Acuña, P.**

Cabildo de Gran Canaria - Granja Agrícola Experimental.

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo es mostrar los resultados de un ensayo comparativo de cultivos de batatas, plantadas a dos densidades diferentes y cultivadas de forma ecológica. Se ha evaluado la producción, la tara y el porcentaje de calibres según tres rangos de peso de los tubérculos.

## INTRODUCCIÓN

La batata (*Ipomoea batatas*), especie perteneciente a la familia Convolvulácea, es una planta de comportamiento rastbrero y perenne que se cultiva como planta anual. En Canarias es conocida por el nombre común de batata o boniato. Esta planta es originaria de la América tropical y su presencia en el archipiélago canario data del siglo XVI, donde fue traída por los navegantes españoles a la vuelta de sus viajes a América; de ahí, pasó posteriormente al resto de Europa y a otras partes del mundo.

La batata forma parte la gastronomía tradicional canaria, usándose como guarnición de carnes y pescado, tanto guisada como frita y, dado su sabor dulzón, es muy empleada en la repostería tradicional.

Este cultivo, aunque no ocupa una gran superficie en la Isla, mantiene unos precios muy estables a lo largo de todo el año ( $1,5\text{-}1,7 \text{ €.kg}^{-1}$  en Mercalaspalmas y de  $2,4\text{-}2,6 \text{ €.kg}^{-1}$  en las grandes superficies).

## MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en las instalaciones de la Granja Agrícola Experimental del Cabildo de Gran Canaria, ubicada en la vertiente Norte de la Isla y a una altitud de 85 m.s.n.m. La experiencia se desarrolló en una parcela al aire libre, de 300 m<sup>2</sup> de superficie, donde se plantaron los cinco cultivares a densidades sencilla y doble.

El material vegetal empleado para la plantación consistió en esquejes o ramas (trozos de la planta) de unos 35-40 cm de largo, procedentes de dos zonas tradicionales de plantación de la Isla. Los cultivares locales ensayados fueron los siguientes:

**Tabla:** cultivares ensayados

CULTIVARES	PROCEDENCIA	MUNICIPIO	COLOR DE LA PIEL
AMARILLA	LOS HOYOS	LAS PALMAS DE G.C.	AMARILLA
ROJA	LOS HOYOS	LAS PALMAS DE G.C.	ROJA
BLANCA	LOS HOYOS	LAS PALMAS DE G.C.	BLANCA
AYAGAURES	LOS HOYOS	LAS PALMAS DE G.C.	AMARILLA
YEMA DE HUEVO	LOS QUINTANA	GÁLDAR	AMARILLA

### Características agronómicas

- ✓ Suelo Franco-Arcilloso, de pH<sub>es</sub>: 7,5 y Conductividad Eléctrica (1:5): 1,69 dS.m<sup>-1</sup>, con un 3,21% de materia orgánica y niveles altos de algunos elementos, en especial de nitratos, potasio y sodio.
- ✓ Agua de riego de pH: 7,5 y Conductividad: 730 microS/cm, con niveles relativamente altos de sodio y cloruros.

El riego empleado fue por goteo, con gotero interlínea autocompensante de 2 L.h<sup>-1</sup> cada 50 cm.

Las labores preparatorias y culturales, se realizaron de acuerdo al Reglamento (CE) 834/2007 del Consejo, de 28 de junio de 2007, sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos. La plantación de todos los cultivares se realizó el 20/03/2019.

El ensayo constó de 10 tratamientos: cinco cultivares plantados a densidad sencilla (S) y los mismos cultivares a doble densidad (D).

El marco de plantación fue, en el caso de la densidad sencilla (S), de 50 cm entre plantas x 75 cm entre líneas, dando una densidad de plantación de 2,66 esquejes.m<sup>-2</sup> (26.667 esquejes.ha<sup>-1</sup>). Para la densidad doble (D), las plantas tenían una separación de 25 cm, por tanto, la densidad en este caso fue de 5,33 esquejes.m<sup>-2</sup> (53.333 esquejes.ha<sup>-1</sup>).

Se midieron los siguientes parámetros: rendimiento neto, porcentaje de tara y porcentaje de calibres agrupados en 3 rangos de peso: menos de 0,5 kg, entre 0,5-1,0 kg y mayor de 1,0 kg.

El diseño experimental del ensayo fue en bloques completos al azar, con tres repeticiones por tratamiento. La superficie de cada parcela experimental fue de 7,5 m<sup>2</sup>, conteniendo 2 líneas de 5,0 m de largo por 0,75 m de ancho. Para el tratamiento estadístico se empleó el programa Minitab 18.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La recolección se realizó en tres fechas: los días 9, 23 y 30 de agosto de 2019 (a los 142, 156 y 163 días), cosechándose cada uno de estos días un bloque completo con todos sus tratamientos.



### Rendimiento

En el ensayo hubo diferencias significativas entre los distintos cultivares. El tratamiento más productivo fue el cultivar Yema de huevo-D, seguido de Amarilla-D, Ayagaures-S, Ayagaures-D y Yema de huevo-S. Por el contrario, los tratamientos menos productivos fueron Roja-D, seguida de Roja-S y Blanca-D. (ver tabla 1 y gráfica 1).

### Porcentaje de Tara

Existen diferencias entre cultivares y entre densidades de plantación. El cultivar que presentó significativamente un % mayor de tara fue Roja (ver tabla 1). La casi totalidad de tratamientos plantados a doble densidad presentaron mayor porcentaje de tara que sus homónimos plantados a densidad sencilla (ver tabla 1).

Decir también que la causa principal de destrozo (> del 50%) fue por corte de tubérculos en la recolección y, mayormente, en aquellos cultivares cuyos tubérculos eran de forma más alargada.

### Calibre

Debido a la densidad de plantación practicada, todos los tratamientos plantados a doble densidad presentaron porcentajes mayores de tubérculos de calibre pequeño (< 0,5 kg). Por el contrario, los tratamientos plantados a una densidad sencilla dieron un porcentaje mayor de piezas de calibre superior a 1 kg (ver tabla 1 y gráfica 2).

## CONCLUSIONES

De forma general, el cultivo a densidades altas es más productivo, por unidad de superficie, pero también se produce mayor porcentaje de tara a la hora de la recolección manual, por corte de tubérculos al estar más juntos.

Además, y aunque conlleva más trabajo y material vegetal, la tendencia del mercado a demandar piezas de calibres pequeños puede hacer más interesante el cultivo a doble densidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

AGROLANZAROTE. 2012. Fichas técnicas de cultivo de Lanzarote: Batata. Servicio Insular Agrario. Cabildo de Lanzarote.

CUSUMANO, C.; ZAMUDIO, N. 2013. Manual técnico para el cultivo de la batata (Camote o

Boniato) en la provincia de Tucumán (Argentina).

LAGO CASTRO, L. 2.011. El cultivo de la batata. Una oportunidad alimentaria para pequeños productores de clima cálido. Sociedad de Agricultores de Colombia.

MEDINA, C.; PERERA, S. 2009. Enfermedades provocadas por virus en batatas. Cabildo de Tenerife.

MEDINA, F. 2014, Fertiliriego de la batata. Revista Agropecuaria GRANJA N°21. Cabildo de Gran Canaria.

## AGRADECIMIENTOS

- A los agricultores Dña. M<sup>a</sup>. Isabel Bolaños Mateos y D. Francisco Bolaños Cruz.
- A los agricultores Dña. Carmen Rosa Monzón Viera y a D. Ricardo Ruiz García.
- A Stefanía Valle Moreno y Serafín Macías Pérez (Ing. Téc. Agrícolas).
- A Productos Trabel, S.A.
- Al personal de la Sección de Horticultura.

## FOTOGRAFÍAS



**Fotografía 1:** Cultivares ensayados.

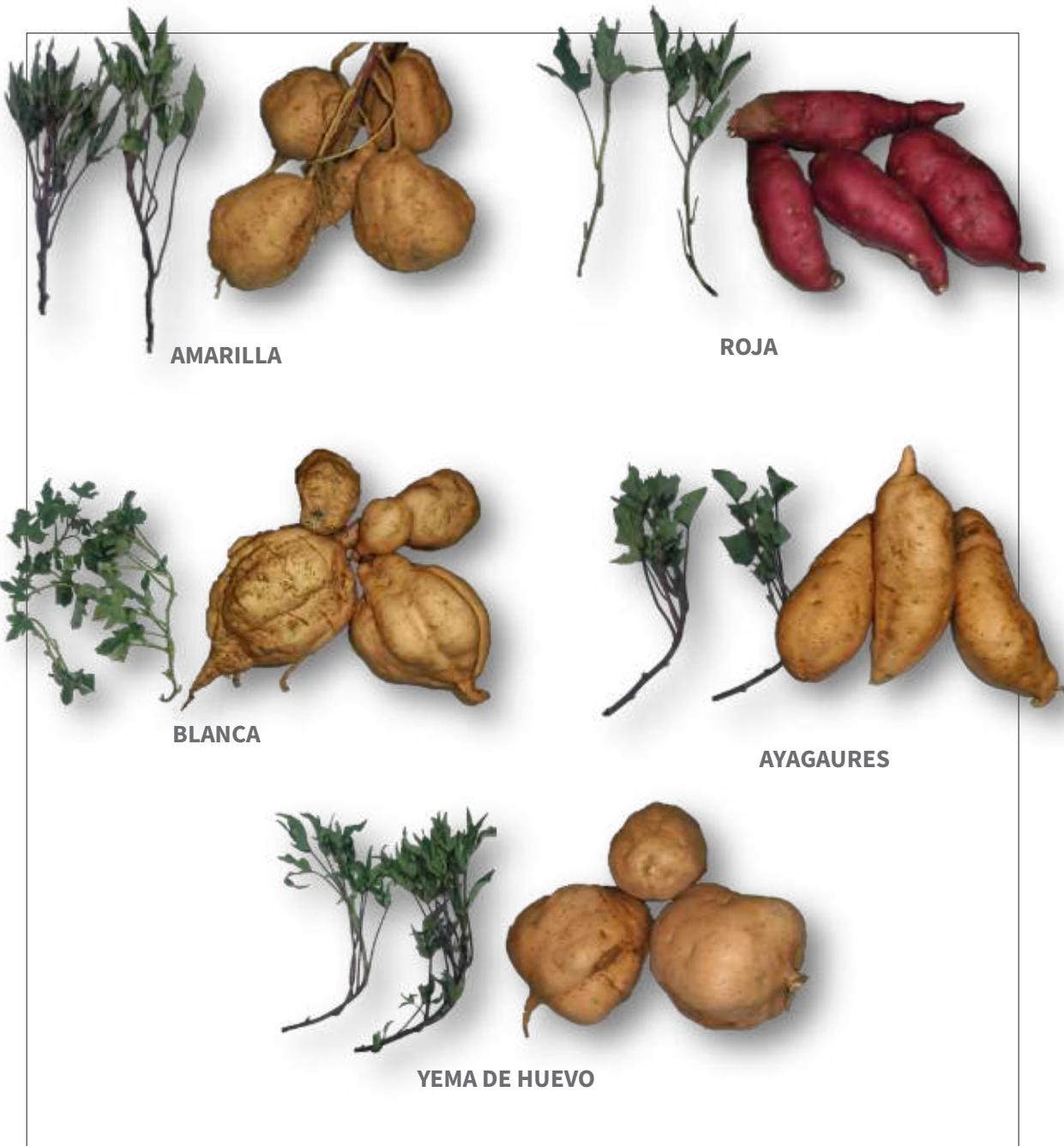
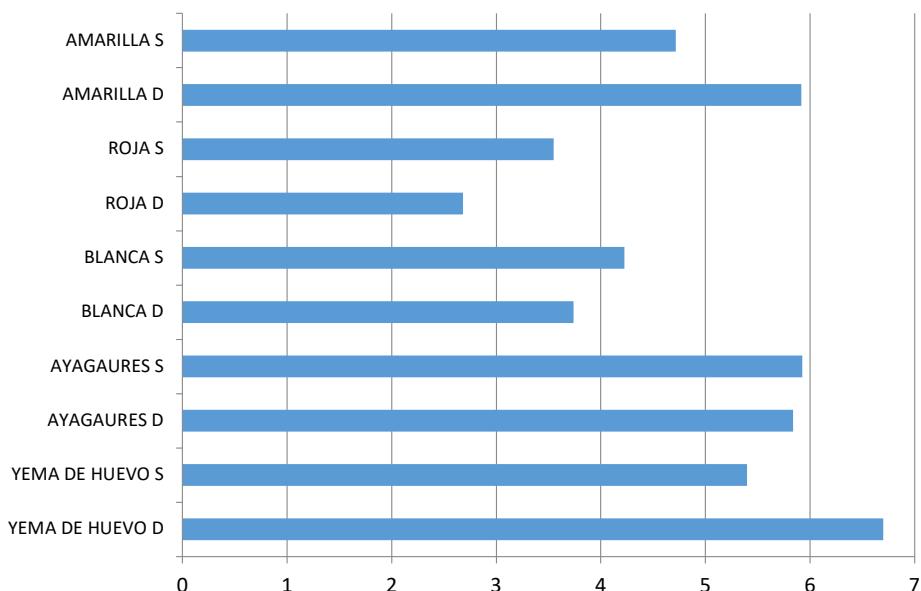


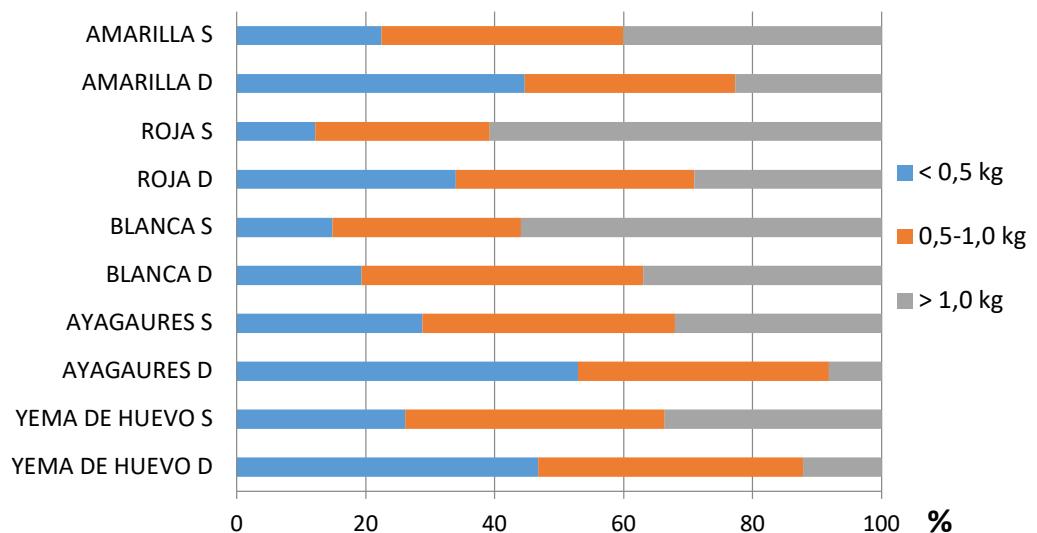
Foto 2: Cultivares ensayados. Batata y rama.

**TABLAS****Tabla 1.** Datos de rendimiento neto, % de tara y % de calibres.

TRATAMIENTO	RENDIMIENTO KG.M <sup>-2</sup>	%	CALIBRES (%)				
			TARA	< 0,5 KG	0,5-1,0 KG		
AMARILLA S	4,72	(± 0,52)	abc*	15,5	22,4	37,5	40,1
AMARILLA D	5,92	(± 0,15)	ab	11,4	44,6	32,7	22,7
ROJA S	3,55	(± 0,29)	bc	20,0	12,2	27,1	60,8
ROJA D	2,68	(± 0,32)	c	32,2	34,0	37,0	29,0
BLANCAS	4,23	(± 0,69)	abc	9,4	14,8	29,2	55,9
BLANCA D	3,74	(± 0,52)	bc	21,8	19,4	43,6	37,0
AYAGAURES S	5,92	(± 0,46)	ab	17,2	28,8	39,2	32,0
AYAGAURES D	5,84	(± 0,38)	ab	21,0	52,9	39,0	8,1
YEMA DE HUEVO S	5,40	(± 0,89)	ab	11,3	26,1	40,3	33,6
YEMA DE HUEVO D	6,70	(± 0,46)	a	12,7	46,7	41,1	12,2

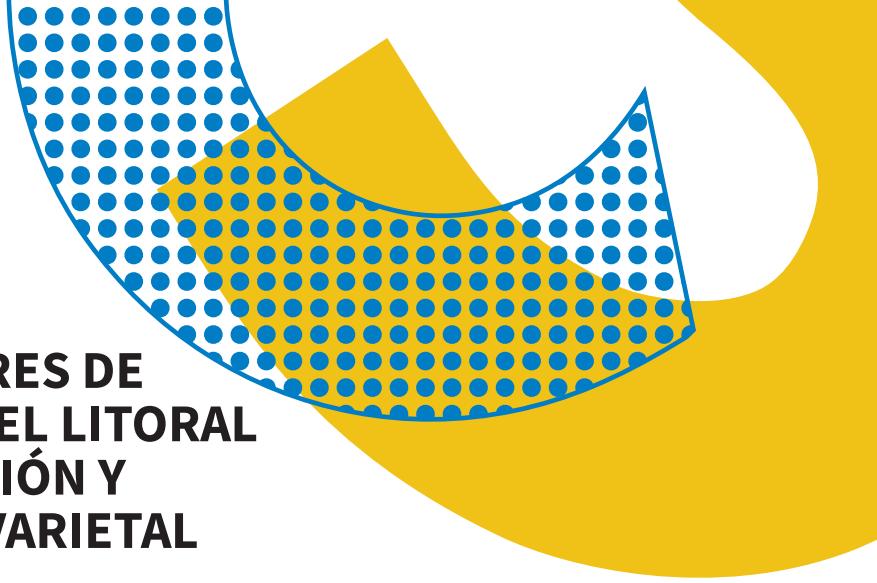
\* Valores con las mismas letras, son similares a efectos estadísticos. (Test de Tukey al 95%).

**FIGURAS****Figura 1.** Rendimiento neto (kg.m<sup>-2</sup>)



**Figura 2.** Porcentaje de calibres.





# ENSAYO DE CULTIVARES DE CUCURBITÁCEAS EN EL LITORAL GADITANO: ADAPTACIÓN Y COMPORTAMIENTO VARIETAL

**Vela-Delgado, M.D.<sup>1</sup>, Nieto-Valenzuela, A.<sup>2</sup> y Acosta-Rodríguez, V.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>IFAPA Rancho de la Merced, Chipiona, Cádiz. mdolores.vela@juntadeandalucia.es

<sup>2</sup>Mesa Rural Consultores Aut., Jerez de la Frontera, Cádiz.

<sup>3</sup>Asesor Independiente. Sanlúcar de Barrameda, Cádiz.

---

## RESUMEN

Las calabazas del género *Cucurbita* son hortícolas con alto grado de conservación, su versatilidad la hacen aptas tanto para consumo en fresco como en la industria con fines agroalimentarios, en sopas, cremas, base de pasteles, extracción de aceites o simplemente tostadas, además de otros aprovechamientos, cosméticos y ornamentales. A nivel europeo, España con 4.455 ha es la mayor productora (115.000 t.año<sup>-1</sup>, Statista 2017), exportando a Francia, Reino Unido, Países Bajos y Alemania. Por Comunidades Autónomas; Comunidad Valenciana, Canarias, Castilla-La Mancha y Andalucía, lideran el mercado con superficies de 1.288 ha., 555 ha., 518 ha., y 453 ha., respectivamente (MAPA, 2020).

El trabajo presentado tiene como finalidad evaluar las características agronómicas de seis cultivares de calabazas con diferentes aptitudes durante el ciclo de primavera-verano. Se ha estudiado la respuesta productiva mediante parámetros físicos (peso, calibre, relación peso fresco/peso seco) y químicos (azúcares, materia seca y nitratos). Los resultados obtenidos por los cultivos de luffas o esponjas vegetales, mostraron que *Luffa cylindrica*, registró los mayores pesos por unidad, 510 gr, presentando una mayor aptitud para la transformación en fibra vegetal, además de textura y consistencia. El cultivar ‘calabaza Roteña’ con pesos medios por unidad de 14 kilos, se considera una de las verduras protagonistas de la cocina tradicional de la zona por sus grandes cualidades y dimensiones. Los cultivares ‘Pluto’ y ‘Veenas’, del tipo *Butternut*, se caracterizaron por sus producciones elevadas y pesos medios por unidad que oscilaron de 1,4 a 1,1 kilos, carne anaranjada y alto contenido en azúcares, 8 °Brix, aptas para elaboración de sopas y purés o como base en alimentación de bebés. *Cucurbita ficifolia* conocida como cidra, cv. ‘Cabello de Ángel’ se destina localmente para la elaboración de confituras y gran cantidad de productos, dada su elevada relación pulpa/semillas y gran calibre con pesos medios de 2,4 kilos. Todos los niveles de nitratos registrados para los cultivares ‘Roteña’ ‘Veenas’ y ‘Pluto’, fueron menores a 200 ppm, siendo apto para el consumo de bebés.

Los resultados obtenidos, fueron analizados para las campañas 2.019 y 2021. En el primer año se realizó una adaptación del cultivo, siguiendo estándares de la zona productora

'Costa Noroeste de Cádiz', en parámetros como riego, abonado y manejo de los cultivos. En la campaña 2021, se introdujo la variable abonado de fondo con los productos Agrifem Soil® y BioAgenasol®, de origen orgánico animal, el primero, y vegetal, el segundo, certificados ecológicamente, en ambos casos con resultados positivos.

**Palabras clave:** *calabaza, luffa, cidra, tipo Butternut, abonos, ecológicos.*

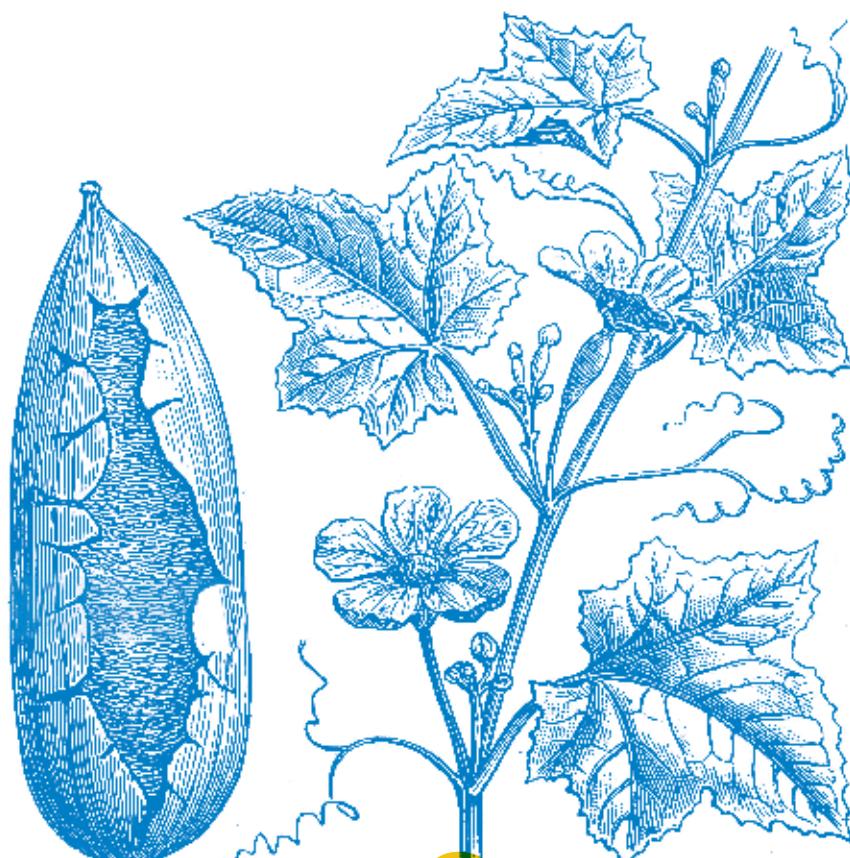
## INTRODUCCIÓN

Según las estadísticas publicadas por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, en 2020 la producción nacional de calabazas ascendió a 143.853 t., de las cuales 108.453 t. se destinan a la venta para consumo en fresco, 27.012 t. para la industria de transformación y 8.388 t. para autoconsumo y alimentación del ganado.

Por autonomías, Comunidad Valenciana (1.288 ha.), Canarias (555 ha.) y Andalucía (453 ha.) son las que más superficie destinaron a este cultivo. En Andalucía, las principales provincias fueron Sevilla (190 ha.), Granada (91 ha.) y Cádiz (61 ha.).

En la Provincia de Cádiz, el cultivo de calabaza alcanzó un rendimiento de 46.000 kg.ha<sup>-1</sup>, sólo superada por Sevilla (65.000 kg.ha<sup>-1</sup>) en el territorio andaluz, siendo el segundo cultivo hortícola en rendimiento en secano detrás de la berza (9.000 t.ha<sup>-1</sup>) y el tercero en regadío detrás de la zanahoria (59.950 t.ha<sup>-1</sup>) y de la remolacha de mesa (49.250 t.ha<sup>-1</sup>).

Aunque es un producto con alto rendimiento, la superficie provincial cultivada es mínima. A esto se suma la falta de información sobre los diferentes cultivares utilizados en la zona, por lo que se hace preciso realizar estudios de adaptación y comportamiento varietal.



El objetivo de este trabajo es evaluar las características agronómicas de seis cultivares de calabazas con diferentes aptitudes durante el ciclo de primavera-verano en la comarca “Costa Noroeste de Cádiz”. Los cultivares escogidos para realizar los ensayos se caracterizan por tener una buena adaptación a las condiciones climáticas y edáficas de la zona, alta productividad y un preciado valor en el mercado de cercanía. Otros cultivares utilizados en el ensayo se descartaron por no presentar interés económico en la zona.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Los ensayos se realizaron en un campo experimental localizado en el Centro IFAPA Rachón de la Merced, sede de Chipiona, Cádiz, en una parcela de 770 m<sup>2</sup>. de superficie, durante las campañas 2019 y 2021. Las características de los suelos cultivados corresponden a una textura franco-arenosa (arcilla: 10%; arena: 75%; limo: 15%); pH 7,5; conductividad eléctrica 3,6 dS m<sup>-1</sup>; contenido en materia orgánica 1,90% y capacidad de intercambio catiónico 12,6 meq.100 g<sup>-1</sup>.

Para el ensayo se seleccionaron seis cultivares de calabaza con diferentes aptitudes para el mercado, en las que se estudió la respuesta productiva mediante diferentes parámetros físicos y químicos. Los cultivares seleccionados fueron:

Del género *Luffa*:

- *L. cylindrica* y *L. acutangula*: las luffas o esponjas vegetales tienen interés debido a su red de fibras que, una vez madurado el fruto, permiten obtener esponjas de alta calidad y biodegradables, muy valoradas en el mercado de la cosmética natural.

Del género *Cucurbita*:

- *C. maxima*, cv. ‘calabaza Roteña’: produce frutos de grandes dimensiones, considerándose una de las verduras protagonistas de la huerta y de la cocina tradicional de la comarca (Foto 1).
- *C. ficifolia* conocida como cidra, cv. ‘Cabello de Ángel’, se destina a industria para la elaboración de confituras y mermeladas (Foto 2).
- *C. moschata* cv. ‘Pluto’ y ‘Veenas’: son calabazas tipo ‘Butternut’, destinadas tanto a industria como para su consumo en fresco, para la elaboración de cremas y purés (Foto 3).

Los ensayos se realizaron en dos campañas, 2019 y 2021, con manejo ‘convencional’ del cultivo, con el siguiente esquema:

Campaña 2019. Se realizó una adaptación del cultivo, siguiendo estándares de la zona productora ‘Costa Noroeste de Cádiz’, en parámetros como riego, abonado y manejo. El abonado de fondo se realizó con el producto BioFence®. La campaña se desarrolló entre el 25 de marzo y el 21 de septiembre, con un ciclo de cultivo de 180 días. Se establecieron dos líneas para cada cultivar, con una densidad de plantación de 1 planta.m<sup>-2</sup> con una separación de 1 metro entre líneas y 1 metro entre plántulas para cada cultivar.

Campaña 2021. Se realizaron dos ensayos con aplicación de abonado de fondo con los

productos Agrifem Soil® y BioAgenasol®, de origen orgánico animal, el primero, y vegetal, el segundo. La campaña se desarrolló entre el 25 de marzo y el 12 de agosto, con un ciclo de cultivo de 140 días. La distribución de las plántulas según cultivar y densidad de plantación fue la misma que en 2019.

Las características de los abonados se encuentran recogidas en la Tabla 1.

Tras la recolección (Foto 4), según las campañas 2019 y 2021, tipo de abonado Agrifem Soil® vs. BioAgenasol® y cultivar, se consideraron dos tipos de análisis: biométricos a partir de unidades enteras en las que se tomaron datos de producción: peso (g.) y calibre (cm.); y químicos a partir de porciones centrales en las que se analizaron parámetros de calidad: °Brix, con refractómetro digital ATAGO PAL-1 Brix 0-53%, nitratos ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ), con medidor de nitrato LAQUAtwin-NO3-11, y porcentaje de materia seca y humedad (Foto 5).

Los valores obtenidos fueron analizados mediante tratamiento estadístico LSD al 5%, con el programa Statgraphics Plus v5.1.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los ensayos realizados se muestran en las Tablas 2 y 3, por campaña y cultivar. El análisis estadístico muestra que, con aplicación de abonado de fondo con BioAgenasol®, se obtuvieron mayores niveles de °Brix en *L. cylindrica*, y nitratos en los cultivares ‘Pluto’ y ‘Cabello de Ángel’. En los cultivares Cabello de Ángel, Pluto y Veenas, con aplicación de Agrifem Soil® y BioAgenasol® se superaron los valores máximos permitidos en nitratos en hortícolas con fines alimentarios. Por otro lado, el contenido en materia seca resultó significativamente menor en los cultivares ‘Pluto’ y ‘Roteña’. No se detectaron diferencias significativas en el resto de análisis realizados en los cultivares ensayados.

## CONCLUSIONES

Aunque los cultivares de luffa mostraron una gran variabilidad en pesos y tamaños en los individuos recolectados, *L. cylindrica* presentó mayores pesos y calibres que *L. acutangula*, siendo ésta más rica en materia seca, debiendo profundizarse en la potencialidad productiva de estos cultivares para su uso en cosmética.

Sin embargo, comparados los valores promedios de los parámetros analizados en la campaña 2021, se comprobó que en el ensayo con Agrifem Soil® destacaron los cultivares Roteña, y Pluto, mientras que el ensayo con BioAgenasol® proporcionó mejores resultados en los cultivares Cabello de Ángel y Veenas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANUARIO DE ESTADÍSTICA AGRARIA. 2020. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.  
GINER, A., AGUILAR OLIVERT, J. M. Cultivos hortícolas al aire libre. Serie Agricultura 13. Cajamar Caja Rural. Pp 625-665.

GINER, A.; AGUILAR, J. M.; NÚÑEZ, A.; NÁJERA, I. Y BAIXAULI, C.. 2012: Memoria de actividades. Resultados de ensayos hortícolas. Generalitat Valenciana, Fundación Ruralcaja.

NUEZ, F., LLÁCER, G., Y COL. 2001. La Horticultura Española. Ediciones de Horticultura, S.L. Sociedad Española de Ciencias Hortícolas SECH. Pp. 212 – 214.

JAPÓN, J.. 1981. Cultivo de Calabazas. Hojas divulgadoras, Núm. 11-12181 HD. Ministerio de Agricultura.

## FOTOGRAFÍAS



**Fotografía 1.** Calabaza *Cucurbita maxima* cv. 'Roteña'.

**Fotografía 2.** Calabaza *Cucurbita ficifolia*, cv. 'Cabello de Ángel'.



**3**



**4**



**5**

Fotografía 3. Calabaza tipo 'Butternut', cv. 'Veenas'.  
Fotografía 4. Recolección de ejemplares de Cidra. Campaña 2021.  
Fotografía 5. Materiales y equipos de análisis químico.

**TABLAS****Tabla 1.** Abonado de fondo, según campañas 2019 y 2021.

CAMPAÑA	NOMBRE COMERCIAL	COMPOSICIÓN NPK	DOSIS RECOMENDADA	APLICACIÓN*
2019	BioFence®	6,2-3-1,6	300 g.m <sup>-2</sup>	35 kg
2021	Agrifem Soil®	4-5,5-8	300 g.m <sup>-2</sup>	35 kg
	Bioagenasol ®	5,5-2,5-1,5	40 g.m <sup>-2</sup>	10 kg

\*Localizado en el surco.

**Tabla 2.** Resultados obtenidos, según campaña 2019.

CULTIVAR	ANÁLISIS BIOMÉTRICOS			ANÁLISIS QUÍMICOS		
	PESO (G)	CALIBRE (CM)	°BRIX	NITRATOS (MG KG <sup>-1</sup> )	MATERIA SECA (%)	HUMEDAD (%)
Luffa acutangula	250	5	5,0	102	10,14	89,06
Luffa cylindrica	725	8	4,1	172	7,06	92,94
cv. 'Roteña'	8.636	31	2,5	125	4,53	95,47
cv. 'Cabello de Ángel'	1.648	15	3,6	90	7,67	92,33
cv. 'Pluto'	1.070	10	5,0	148	7,94	92,06
cv. 'Veenas'	993	10	7,4	133	8,21	91,79

Abonado: BioFence®.

**Tabla 3.** Resultados obtenidos, según campaña 2021.

CULTIVAR	ABONADO*	ANÁLISIS BIOMÉTRICOS			ANÁLISIS QUÍMICOS		
		PESO (G)	CALIBRE (CM)	°BRIX	NITRATOS (MG KG <sup>-1</sup> )	MATERIA SECA (%)	HUMEDAD (%)
Luffa acutangula	A	395 a	6 a	5,2 a	130 a	10,54 a	89,17 a
	B	190 a	5 a	5,2 a	140 a	10,53 a	89,66 a
Luffa cylindrica	A	1.165 a	9 a	4,4 a	123 a	5,50 a	94,50 a
	B	1.302 a	9 a	5,5 b	167 a	6,58 a	93,42 a
cv. 'Roteña'	A	9.386 a	31 a	3,7 a	147 a	9,14 a	90,86 a
	B	10.425 a	30 a	4,5 a	138 a	6,00 b	94,01 b
cv. 'Cabello de Ángel'	A	2.062 a	15 a	5,3 a	223 a	8,47 a	91,53 a
	B	2.202 a	16 a	5,3 a	270 b	8,55 a	91,45 a
cv. 'Pluto'	A	1.480 a	11 a	7,1 a	208 a	8,48 a	91,52 a
	B	1.355 a	11 a	6,3 a	340 b	5,49 b	94,51 b
cv. 'Veenas'	A	1.487 a	12 a	6,2 a	243 a	6,84 a	93,16 a
	B	1.556 a	12 a	6,7 a	323 a	8,12 a	91,88 a

\*Abonado: A: Agrifem Soil®, B: BioAgenasol®.

Se indican con la misma letra los tratamientos que no presentan diferencias significativas según el test de LSD al 5 %.

# **COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE CULTIVARES DE PAPA BLANCA EN LA ZONA NORESTE DE TENERIFE. CAMPANA 2021.**

**Ríos Mesa, D. J.<sup>1,2</sup>; Ravelo Martínez, B.J<sup>3</sup>; Santos Coello, B.<sup>1,2</sup>**

\*<sup>1</sup>: Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural. Cabildo de Tenerife.

\*<sup>2</sup>: Departamento de Ingeniería Agrícola y del Medio Natural. Universidad de La Laguna.

\*<sup>3</sup>: PEP Innovation SL.

## **RESUMEN**

El cultivo de la papa en Tenerife sigue teniendo una gran importancia al ser el tercero en importancia en cuanto a superficie, detrás del plátano y la viña, tratándose de la principal actividad agraria de las medianías altas de la isla. Como en otros sectores, continuamente aparece nuevo material vegetal que puede resultar interesante por su producción, su ciclo, sus características organolépticas y posible destino en consumo y su tolerancia a plagas y enfermedades.

En este ensayo se estudió el comportamiento del material vegetal proporcionado por la empresa PEP Innovation, actuando como testigo el cultivar Druid. Se ensayaron un total de 9 cultivares. El ensayo se realizó en la zona NE de Tenerife. Debido a que se realizó la recolección antes del final de ciclo de varios cultivares, no se puede poner números a los ciclos, aunque Java y Perdiz parecieron ser menos precoces (floración más tardía y presencia de tubérculos raspones durante la recolección). En lo referente a la producción comercial, Druid fue el cultivar más productivo, (65 t/ha), estadísticamente similar a Commando (58 t/ha). Harry, Perdiz y Sensation no alcanzaron 50 t/ha. En lo referente a calibres, se podrían establecer dos grupos: Buffalo, Harry y Gasby, por un lado, con una proporción de papa grandes y el resto de cultivares, por el otro, con un claro predominio del calibre 60- 80 mm. Todos los cultivares presentaron un porcentaje de materia seca superior al 20%, salvo los de ciclo más precoz, como es de esperar.

Se puede decir que ningún cultivar presentó ventajas significativas sobre el testigo, Druid. Commando, de piel blanca, tiene unas características de producción y calibre similares. Java, el otro cultivar de piel roja se comportó de forma similar a Druid, aunque se podría considerar algo más tardío.

**Palabras clave:** variedades comerciales, *Solanum tuberosum*, Canarias

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de la papa en Tenerife sigue teniendo una gran importancia al ser el tercer cultivo en importancia en cuanto a superficie, detrás del plátano y la viña en Tenerife, tratándose de la principal actividad agraria de las medianías altas de la isla, especialmente en la vertiente Norte y en San Miguel, Granadilla y Vilaflor en el Sur (ISTAC, 2021). El sector de la papa se ha visto afectado en los últimos años por la situación social que vive el mundo rural, existiendo una tendencia a la incorporación de nuevas explotaciones, aunque siguen existiendo problemas como la polilla guatemalteca (*Tecia solanivora*), los bajos precios de venta y la falta de relevo generacional.

El Departamento de Ingeniería Agraria, Náutica, Civil y Marítima de la Universidad de La Laguna ha realizado en la presente campaña un estudio de las variedades comerciales disponibles en Canarias, junto con la empresa PEP Innovation SL que permita a los agricultores y agricultoras conocer las nuevas variedades y su comportamiento en nuestras condiciones (afección de plagas y enfermedades, producción, etc.).

## MATERIAL Y MÉTODOS

En este ensayo se estudiaron 9 cultivares de papa blanca distribuidos en Canarias por la empresa Pep Innovation SL, teniendo como testigo a Druid, ya que es uno de los cultivares que en los últimos años ha tenido una mayor aceptación y distribución en Canarias.

**Tabla.** Principales características de los cultivares ensayados.

CULTIVAR	COLOR PIEL	CICLO*
Bermuda	Blanca	Tardío
Búffalo	Blanca	Tardío
Commando	Roja	Tardío
Druid	Roja	Tardío
Gatsby	Blanca	Medio tiempo
Harry	Blanca	Medio tiempo temprano
Java	Roja	Tardío
Perdiz	Particoloreada	Medio tiempo
Sensation	Blanca	Semitemprano

\*: Datos suministrados por la Casa Comercial.

La experiencia se llevó a cabo en las instalaciones de la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería, Sección de Ingeniería Agraria, en el municipio de La Laguna, a una altura de 554 msnm. La parcela utilizada está situada en la finca Tahonilla Baja.

Las labores de cultivo tales como riego, abonado y tratamientos fitosanitarios fueron los habituales en la zona, todos amparados bajo la normativa de Producción Integrada de Canarias (BOC nº 157 de 13.8.2004), recibiendo todos los cultivares el mismo trato agro-nómico.

En el ensayo se recurrió a un diseño estadístico en bloques al azar con tres repeticiones y 9 tratamientos, correspondientes a los cultivares. La unidad experimental constaba de 4 surcos de 4 m de longitud, lo que da una superficie de 10.7 m<sup>2</sup>. Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza y separación de medias mediante el Test de la diferencia significativa menor (LSD), utilizando el programa Stastitix 10.

La siembra se realizó el 24 de enero de 2021, usando un motocultor para el asurcado y el tapado. El marco empleado fue de 65 cm entre surcos y 30 cm entre plantas, con una profundidad media de 15 cm. Para realizar la siembra se utilizaron tubérculos sin trocear (“papa de a una”).

Se utilizó un sistema de riego por aspersión con aspersores de 800 L/h. Se realizó un control estándar de plagas y enfermedades. No se observaron plagas de consideración. La recolección se realizó de manera mecanizada, utilizando un motocultor con una recogedora de papas de un surco el día 24 de junio de 2021 (4 meses tras la plantación). Se recogieron todos los cultivares el mismo día. . Los controles de datos evaluados en el ensayo fueron:

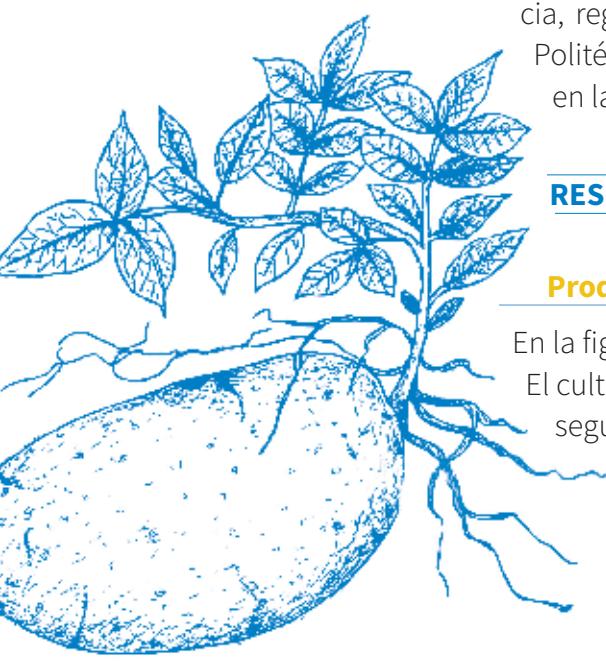
- Producción total y comercial. Se pesó la producción antes y después de determinar los destrios en cada parcela experimental.
- Destrios: Se determinó el destrio por daños mecánicos en la recolección, pudriciones y verdeo, que fueron los defectos observados en el proceso..
- Calibrado. Se calibraron las papas en función a sus diferentes diámetros con una tabla calibradora, tomando 20 kg, mezcla de los tres bloques. Las papas se clasificaron en 3 tamaños: entre 45 y 60 mm, entre 60 y 80 mm y mayor de 80 mm.
- **Porcentaje de materia seca**, secando una muestra de papas de 300 gramos por cultivar, finalmente cortadas en una estufa convectiva con aire forzado a 70°C durante 48 horas hasta peso constante. Se realizaron 3 repeticiones por cultivar.

Se tomaron datos de temperatura y humedad durante la experiencia, registrados en la estación agrometeorológica de la Escuela Politécnica Superior. Los datos de la temperatura se presentan en la figura 1.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Producciones

En la figura 2 se presentan las producciones totales y comerciales. El cultivar con la mejor producción total fue Druid, con 9.0 kg.m<sup>-2</sup>, seguido por Commando, con 7.8 kg.m<sup>-2</sup>. Por el contrario, sólo



Sensation no llegó a los 5.5 kg.m<sup>-2</sup>(Tabla 2). Desde el punto de vista estadístico, Druid tuvo una producción similar a Commando, Buffalo, Bermuda y Java. Harry, Perdiz y Sensation serían el conjunto de cultivares menos productivos.

En lo referido a la producción comercial (Tabla 2 y figura 3) Druid fue el cultivar más productivo, con 6.5 kg.m<sup>-2</sup>, seguido de Commando (5.8 kg.m<sup>-2</sup>). Java, Buffalo y Bermuda se movieron entre 5.3 y 5.4 kg.m<sup>-2</sup>. Harry y Perdiz alcanzaron los 4.6-4.7 kg.m<sup>-2</sup>. El cultivar menos productivo fue Sensation que obtuvo 3.8 kg.m<sup>-2</sup>. Desde el punto de vista estadístico, Druid tuvo una producción similar solo a Commando. En otro grupo, Commando, Java, Bermuda, Buffalo, Gatsby no presentan diferencias significativas entre ellas. Harry, Perdiz y Sensation serían el conjunto de cultivares menos productivos.

Los destíos encontrados en el ensayo, de mayor a menor importancia (los porcentajes se presentan en la tabla 2) fueron:

- **Papas con pudriciones.** En este sentido destacaron Sensation, Gatsby y Harry aunque todos los cultivares salvo Druid tuvieron papas con ese problema.
- **Papas verdes.** Buffalo tuvo una cantidad apreciable de tubérculos con verdeo.
- **Papas rasponas.** Java tuvo un porcentaje apreciable de este destío, debido a que era el cultivar menos precoz.
- **Papas pequeñas** (diámetro menor de 45 mm). Este destío se repartió de forma más o menos regular entre todos los cultivares, destacando en el caso de Druid.

## Calibres

En la figura 4 se presentan los calibres obtenidos durante el ensayo. Generalmente, se obtuvieron calibres de gran tamaño, predominando aquellos entre los 60 y 80 mm y muy poca presencia de “papa de arrugar”, (muy poca cantidad de papas con calibres en el entorno o por debajo de 40 mm). En lo referente a los calibres extremos, Buffalo y Harry tuvieron el mayor porcentaje de papas por encima de 80 mm, un 39 y un 36%, respectivamente, seguidas de Gatsby. Por el contrario, Sensation y Bermuda no llegaron al 10% de ese calibre. Bermuda, Sensation, Perdiz, Java, Druid tuvieron más del 60% de los tubérculos comerciales en el calibre 60 – 80 mm.

## Contenido en materia seca

Se suele relacionar la calidad organoléptica de una papa con el porcentaje de materia seca de los cultivares. En Canarias, se suele preferir material vegetal con altos contenidos en materia seca. Por lo general este parámetro está relacionado con el cultivar, aunque las condiciones edafoclimáticas y de cultivo también influyen en el contenido de materia seca de la papa.

En este ensayo, el mayor porcentaje de materia seca correspondió a Bermuda, con más de un 25% (Figura 5). Druid, el testigo obtuvo un 22.7%, valor muy similar a Java, Commando, Perdiz y Buffalo. Harry y Sensation obtuvieron porcentajes de materia seca menores del 20% (18.1 y 15.8%, respectivamente). En general, los contenidos de materia

seca coinciden con lo esperado, con mayores valores para los cultivares menos precoces y de acuerdo a los valores de referencia dados por las casas comerciales.

## CONCLUSIONES

A la luz de los resultados del ensayo, y para sus condiciones, se podría concluir:

- Debido a que se realizó la recolección antes del final de ciclo de varios cultivares, no se puede poner números a los ciclos, aunque Java y Perdiz parecieron ser menos precoces (floración más tardía y presencia de tubérculos raspones durante la recolección).
- En cuanto a la producción total, Druid, el testigo, fue el cultivar más productivo, con más de 90 t/ha, pero sin diferencias significativas con Commando, Buffalo, Bermuda y Java. Harry, Perdiz y Sensation, con menos de 25 t/ha fueron los cultivares menos productivos, probablemente por su sensibilidad varietal a los problemas fitopatológicos encontrados durante el ensayo.
- La producción comercial siguió un patrón parecido: Druid fue el cultivar más productivo, (65 t/ha), estadísticamente similar a Commando (58 t/ha). Harry, Perdiz y Sensation no alcanzaron 50 t/ha. Las producciones son bastante satisfactorias para variedades.
- El destrozo principal en Sensation, Gatsby y Harry se debió a pudriciones. En Buffalo, el destrozo principal fue el verdeo y en Java, la presencia de papas rasponas.
- En lo referente a calibres, se podrían establecer dos grupos: Buffalo, Harry y Gasby, por un lado, con una proporción de papa grandes con más tubérculos de 80 mm y el resto de cultivares, por el otro, con un claro predominio del calibre 60- 80 mm.
- Todos los cultivares presentaron un porcentaje de materia seca superior al 20%, destacando Bermuda, con más de un 25%, salvo los de ciclo más precoz, como es de esperar.

Se puede decir que ningún cultivar presentó ventajas significativas sobre el testigo, Druid. Commando, de piel blanca, tiene unas características de producción y calibre similares. Bermuda, con una producción aceptable, obtuvo un valor de materia seca bastante bueno. Java, el otro cultivar de piel roja se comportó de forma similar a Druid, aunque se podría considerar algo más tardío.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

INSTITUTO CANARIO DE ESTADÍSTICA ISTAC. 2021. Sector Primario. Disponible en línea en: [http://www.gobiernodecanarias.org/istac/temas\\_estadisticos/sectorprimario/](http://www.gobiernodecanarias.org/istac/temas_estadisticos/sectorprimario/)

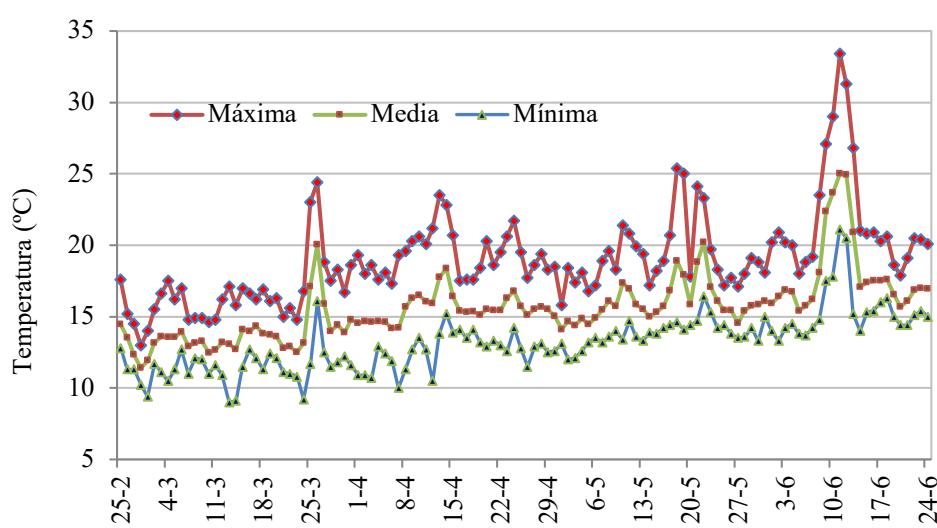
## AGRADECIMIENTOS

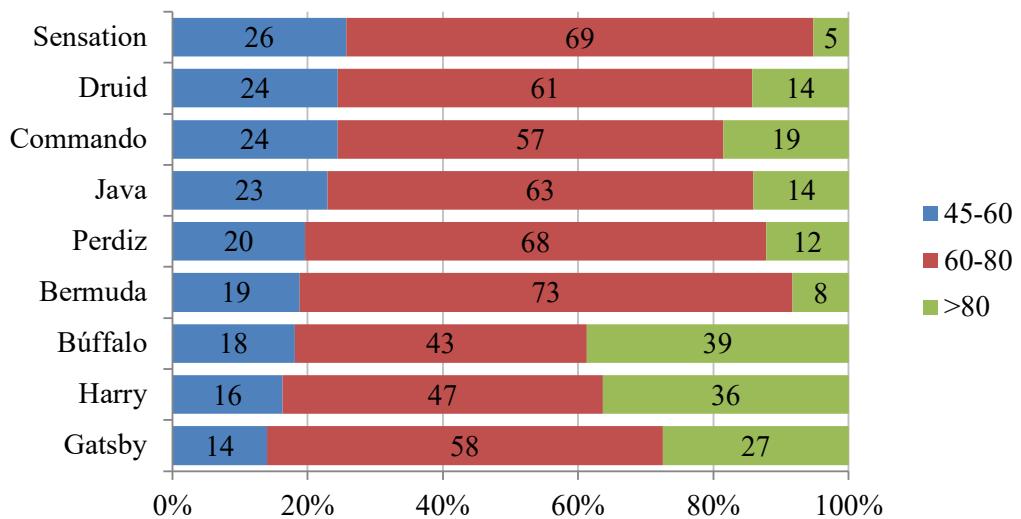
Los autores agradecen especialmente la colaboración del personal de la Sección de Ingeniería Agraria de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de La Laguna.

**TABLAS****Tabla 1.** Producciones.

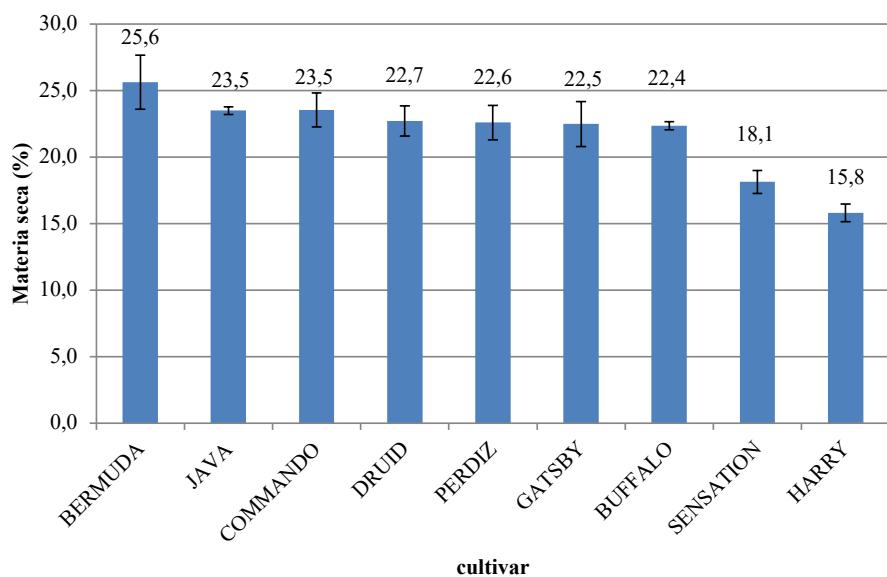
CULTIVAR	PRODUCCIÓN TOTAL		PRODUCCIÓN COMERCIAL		DESTRÍO (%)
	KG/HECTÁREA				
Bermuda	68991	ab*	62500	bcd*	9.4
Búffalo	67556	ab	61051	bcd	9.6
Commando	78221	ab	67532	ab	13.7
Druid	90467	a	75513	a	16.5
Gatsby	62075	bc	56792	bcd	8.5
Harry	60872	bc	53894	cd	11.5
Java	71068	ab	61327	bc	13.7
Perdiz	61211	bc	53490	cd	12.6
Sensation	53455	c	44442	d	16.9
CV estadístico (%)	14,0		14,6		

\*: Los cultivares con la misma letra son similares a efectos estadísticos (LSD 95%).

**FIGURAS****Figura 1.** Temperaturas diarias registradas.



**Figura 2.** Distribución de calibres de los cultivares ensayados (ordenados de menor a mayor porcentaje de papas < 60 mm).



**Figura 3.** Porcentaje de materia seca, ordenado de mayor a menor (se presenta la desviación estándar).

# ENSAYO DE VARIEDADES DE PAPA DE CICLO CORTO EN TENERIFE

Trujillo Díaz, L.<sup>1</sup>; Perera González, S.D.<sup>1</sup>; Santos Coello, B.<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup>: Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural. Cabildo de Tenerife.

## RESUMEN

El uso de variedades de ciclo corto de papa permite una entrada más pronta en el mercado de papa fresca, normalmente con mejores precios, disminuye algunos costos de producción y ayuda que haya una menor incidencia de plagas por las altas temperaturas, como la polilla. En la zona sur de Tenerife se ha observado en plantaciones tardías problemas de ennegrecimientos en tubérculos debidos a las altas temperaturas.

En este ensayo se estudió el comportamiento del material vegetal disponible en la isla de Tenerife, actuando como testigo el cultivar Spunta. Se ensayaron un total de 8 cultivares y un clon avanzado. El ensayo se realizó en la explotación de un agricultor colaborador en las medianías altas del SW de la isla de Tenerife. La plantación se realizó el 24 de enero de 2021 y la recolección entre el 22 de mayo y el 12 de junio.

En las condiciones del ensayo, los cultivares Harry y Sensation tuvieron un ataque severo de mildiu. Asimismo Safiyah, y en menor medida Spunta y Sagitta tuvieron problemas de marchiteces unilaterales. 02.6398.4 fue el cultivar más productivo, mientras que Spunta tuvo una producción similar a Sunlight, Kestrel y Divaa. Harry y Sensation tuvieron una producción baja, probablemente por su sensibilidad varietal a los problemas fitopatológicos encontrados durante el ensayo. En lo referente a calibres, 02.6398.4 obtuvo los calibres de mayor tamaño, con diferencia. Divaa, Sagitta y Safiyah concentraron más de la mitad de la producción en el calibre 60-80mm. Por otra parte, Sunlight obtuvo la mitad de las papas en el calibre 45 – 60 mm. Harry y Sensation también tuvieron calibres bajos, muy probablemente por el ataque de mildiu. Kestrel, Sunlight y Divaa presentaron un porcentaje de materia seca superior al 20%. Los bajos porcentajes de materia seca de Harry y Sensation pudieron deberse a la pérdida de superficie útil de hojas por el ataque de mildiu.

**Palabras clave:** variedades comerciales, *Solanum tuberosum*, Canarias

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de la papa en Tenerife sigue teniendo una gran importancia al ser en 2021 el tercer cultivo en importancia en cuanto a superficie, detrás del plátano y la viña en Tenerife, tratándose de la principal actividad agraria de las medianías altas de la isla, especialmente en la vertiente Norte y en San Miguel, Granadilla y Vilaflor en el Sur (ISTAC, 2021). El

sector de la papa se ha visto afectado en los últimos años por la situación social que vive el mundo rural, existiendo una tendencia a la incorporación de nuevas explotaciones, aunque siguen existiendo problemas como la polilla guatemalteca (*Tecia solanivora*), los bajos precios de venta, la falta de relevo generacional y en determinadas zonas, la dificultad en conseguir agua de riego, entre otros.

Una de las principales actuaciones de experimentación agraria del Servicio de Agricultura y Desarrollo Rural del Cabildo Insular de Tenerife es el estudio del comportamiento agronómico de las variedades existentes en el mercado y su adaptación a las condiciones de cada zona productora. Como en otros sectores, todos los años aparecen nuevos cultivares de papa en el mercado que pueden resultar interesantes por su producción, su ciclo, sus características organolépticas y posible destino en consumo y su tolerancia a plagas y enfermedades. Por ello se ha realizado en la presente campaña un estudio de las variedades comerciales de ciclo corto disponibles en Canarias, que pueda permitir a las personas interesadas conocer las nuevas variedades y su comportamiento de las mismas en nuestras condiciones.

El uso de variedades de ciclo corto permite una entrada más pronta en el mercado de papa fresca, normalmente con mejores precios, disminuye algunos costos de producción y ayuda que haya una menor incidencia de plagas por las altas temperaturas, como la polilla. En la zona sur de la isla se ha observado en plantaciones tardías problemas de ennegrecimientos en tubérculos debidos a las altas temperaturas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

En este ensayo se estudió el comportamiento del material vegetal disponible en la isla de Tenerife en el mes de diciembre de 2020 que tuviera un ciclo corto (temprano (“early”), semitemprano (“2º early”) y medio tiempo temprano (“early maincrop”)), actuando como testigo el cultivar Spunta. Los cultivares ensayados están listados en la siguiente tabla.

**Tabla.** Cultivares ensayados.

CULTIVAR	DISTRIBUCIÓN EN CANARIAS	OBTENTOR*	MADURACIÓN *
02.6398.4	PEP	Cullen Allen	Temprana
Divaa	COPACAN	Caithness	Semitemprana
Harry	PEP	Cullen Allen	Medio tiempo temprana
Kestrel	COPACAN	Caithness	Semitemprana
Sagitta	PEP	HZPC	Temprana
Safiyah	PEP	IPM	Semitemprana
Sensation	PEP	IPM	Semitemprana
Spunta	Masafruta	Oldenburger	Semitemprana
Sunlight	PEP	IPM	Medio tiempo temprana

\*: consultado en AHDB (2022)

El ensayo se realizó en el término municipal de Adeje, en el paraje conocido como Los Llanos a una cota de 940 msnm, en una finca colaboradora de un agricultor comercial. El suelo donde se enclavó el ensayo presentaba textura franca arcillo arenosa. Los valores analíticos fueron bastante correctos. El agua de riego utilizada fue de galería, con una CE de 0.3 mS/cm y un pH de 8.3.

Todos los cultivares recibieron el mismo trato agronómico (riego, aporcado, deshierbe, etc) siendo labores normales en el cultivo de la papa de la zona. La parcela donde se localizó el ensayo tiene una rotación papa/cereal. En preplantación se aportó estiércol mezcla de bovino-ovino-porcino a una dosis de 14 m<sup>3</sup>/1000 m<sup>2</sup>. No se realizaron aportes de fertilizante posteriores.

Para realizar la siembra se trocearon los tubérculos en 2 ó 3 porciones en función del número de ojos de cada pieza a uso y costumbre del agricultor, 3 días antes de la plantación para tener una cicatrización de los cortes. La siembra se realizó el 24 de enero de 2021. El marco empleado fue de 75 cm entre surcos y 30 cm entre plantas, con una profundidad media de 15 cm. Se utilizó un sistema de riego localizado tipo cinta con emisores cada 10 cm. No se realizaron riegos de preplantación por las lluvias ocurridas anteriormente.

Se realizó un control estándar de plagas y enfermedades. No se observaron plagas de consideración pero si un ataque de mildiu.

Para evitar la generalización del ataque se dio un tratamiento más de lo normal respecto a lo establecido por el agricultor, con un fungicida con diferente Modo de Acción.

La recolección se llevó a cabo en el estado fenológico de maduración del tubérculo. Se realizaron 3 recolecciones escalonadas:

22 de mayo (118 días tras la plantación dtp): Harry y Sensation.

5 de junio (132 dtp): Divaa, Kestrel, Sagitta, Safiyah, Spunta y Sunlight.

12 de junio (139 dtp): 02.6398.4.

La unidad experimental constaba de 2 surcos de 9 m de longitud, lo que da una superficie de 12.6 m<sup>2</sup>. El ensayo se dispuso en un diseño estadístico en bloques al azar con tres repeticiones por cultivar ensayado. Los parámetros que se han valorado fueron:

- **Nascencia:** Al principio del cultivo se determinó semanalmente la cantidad de plantas que iban emergiendo del suelo, por unidad experimental. Se consideró la fecha en la que se alcanzaba el 50% de nascencia en cada unidad experimental.
- **Senescencia:** Para determinar el final del ciclo de cultivo, se contaron las plantas que presentaban senescencia (amarilleamiento generalizado) por unidad experi-



**“El uso de variedades de ciclo corto permite una entrada más pronta en el mercado de papa fresca”.**

mental. Se consideró como final del ciclo de cultivo la fecha en que se alcanzaba el 50% de senescencia de las plantas de cada unidad experimental.

- **Incidencia de enfermedades:** La incidencia de mildiu (*Phytophthora infestans*) se realizó mediante la metodología propuesta por la EPPO, determinando el porcentaje de hoja con síntomas de todas las plantas siguiendo la clave de la figura 1 (EPPO, 2020). También se determinó el número de plantas con sintomatología. Ambas determinaciones se realizaron por cada unidad experimental.
- En el caso de la marchitez unilateral, se determinó el nº de plantas con sintomatología de cada unidad experimental.
- **Producciones totales y destrios** por diversas causas por cultivar y repetición.
- **Calibres:** Se calibraron las papas en función a sus diferentes diámetros con una tabla calibradora, por unidad experimental. Las papas se clasificaron en 4 tamaños: entre 20 y 45 mm, entre 45 y 60 mm, entre 60 y 80 mm y mayor de 80 mm.
- **Materia seca:** Se determinó el porcentaje de materia seca, secando una muestra de papas de 250 gramos por cultivar, finalmente cortadas en una estufa convectiva con aire forzado a 70°C durante 48 horas hasta peso constante

Se tomaron datos de temperatura y humedad durante la experiencia, registrados con un medidor OM-92 (Omega Engineering). Los datos de la temperatura se presentan en la figura 2.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Incidencia de enfermedades durante el cultivo

Durante el ensayo, no se observaron problemas debidos a plagas. En el caso de las enfermedades si se determinó la incidencia de mildiu (*Phytophthora infestans*) y de una marchitez unilateral.

En el caso del mildiu se observaron síntomas desde los 72 dtp, concentrándose en los cultivares Harry y Sensation. En la tabla 2 se observa la alta incidencia de estos dos cultivares, con casi el 75% de plantas afectadas y una cuarta parte del follaje afectado a los 94 días de la plantación (Tabla 1). Además de esos dos cultivares, solo Saggita tuvo algo de afección, pero en valores mucho más bajos. En la fotografía 1 se observa la diferencia de incidencia entre Harry y Sensation con respecto a los cultivares vecinos.

La marchitez observada tuvo un comportamiento bastante específico, con marchiteces unilaterales (sólo en un lado de la planta y en algunos casos, en los foliolos de una hoja). En la determinación pudo haber un cierto efecto del comienzo de la marchitez fisiológica del cultivo, al hacerse la evaluación a los 95 días de la plantación. Se observó un claro componente varietal: Safiyah presentó casi un 50% de plantas con síntomas, seguido muy de lejos por Sagitta y Spunta con un 25-30%. Kestrel, Divaa, 02.6398.4 y Sunlight mostraron una incidencia muy baja o nula (Tabla 1). En el caso de Harry y Sensation, la alta incidencia de mildiu hizo complicada la observación de una sintomatología clara de marchiteces, no observándose síntomas en las pocas plantas no atacadas por mildiu.

## Duración del ciclo de cultivo

En lo referido a la nascencia, los resultados fueron bastante buenos con unos valores finales de más del 95%. Se observó que Divaa y Sagitta fueron algo más lentas con un 50% de plantas nacidas a los 46 y 43 días desde la plantación, respectivamente, mientras que Safiyah ya tenía más de la mitad de las plantas nacidas a los 23 días. El resto de cultivares se movió entre 30 y 40 días (ver tabla 2).

La detección del momento de la senescencia se vio influido por las enfermedades detectadas. En el caso de Harry y Sensation, el ataque de mildiu hizo que hubieran un más de un 90% de plantas marchitas a los 110 días tras trasplante. Sin embargo, en la recolección se observaron algunos rebrotos en Harry desde el suelo, lo que podría indicar un ciclo más largo. En el caso de Safiyah, habría que tener en cuenta que la marchitez unilateral pudo adelantar también la marchitez de la planta.

Sin tener en cuenta esos tres cultivares anteriores, el 50% de senescencia se obtuvo entre los 118 días de Spunta y los 122 días de Sunlight (Tabla 2). Se observó un aumento muy alto de la senescencia desde los 110 hasta los 116 días, debido probablemente al golpe de calor de esa semana (Figura 2). Una vez pasado ese momento, la velocidad de ese marchitamiento bajó bastante.

Todos los cultivares serían tempranos (menos de 120 días), salvo Kestrel, 02.6398.4 y Sunlight. Desde un punto de vista cualitativo, 02.6398.4, Sunlight, y Divaa parecieron tardar más en comenzar el marchitamiento, mientras que Safiyah y Spunta fueron los que comenzaron primero. En la primera recolección (118 dtp), se observó que los tubérculos de los cultivares no recolectados estaban con la piel “raspona”. En la recolección a los 132 días, Divaa y Sunlight seguían mostrando papas “rasponas”.

## Producción

El cultivar con la mejor producción total fue 02.6398.4, con  $4.1 \text{ kg.m}^{-2}$ , significativamente superior al resto, incluso al testigo Spunta, con  $3.3 \text{ kg.m}^{-2}$ . Sunlight tuvo una producción similar al testigo. Sensation y Harry, obtuvieron las producciones más bajas,  $2.0$  y  $1.9 \text{ kg.m}^{-2}$ , respectivamente (Tabla 3). Las bajas producciones de Harry y Sensation pueden haber sido causadas por la alta incidencia de mildiu.

En lo referido a la producción comercial (Tabla 3), el comportamiento fue similar, siendo 02.6398.4 el más productivo, con  $3.7 \text{ kg.m}^{-2}$ , significativamente mayor que Spunta ( $3.0 \text{ kg.m}^{-2}$ ). Kestrel, Sunlight y Divaa con producciones superiores a  $2.7 \text{ kg.m}^{-2}$  tuvieron una producción similar al testigo. Harry y Sensation no alcanzaron los  $2.0 \text{ kg.m}^{-2}$ , teniendo Harry una producción significativamente menor que el resto de cultivares ensayados. Salvo estos dos últimos cultivares, se puede considerar que las producciones son bastante satisfactorias para variedades de ciclo corto (Diaz et al, 2013).

Los destriños encontrados en el ensayo, de mayor a menor importancia (Tabla 3) fueron:

- **Papas rajadas:** El rajado de papas suele ser un problema asociado a momentos en que el engorde del tubérculo es más rápido que el desarrollo de la piel. En la zona

sur de Tenerife, esto suele estar asociado a problemas en el riego. Este destío fue más recurrente en tubérculos de calibre superior a 80 mm.

- **Papas pequeñas** (diámetro menor de 20 mm). Este destío se repartió de forma más o menos regular entre todos los cultivares.
- **Papas con pudrición:** Este defecto fue casi exclusivo de Spunta.

### Calibres

Los calibres obtenidos en el ensayo se muestran en la figura 3. En general, los calibres obtenidos en el ensayo fueron bastante altos, con menos de un 10% de papas por debajo de 45 mm. El cultivar 02.6398.4 tuvo las papas de calibres más grandes con más de un 88% de tubérculos por encima de 60 mm (57% más de 80 mm). Por el contrario, Sensation y Sunlight tuvieron más de la mitad de las papas por debajo de 60 mm de calibre. Safiyah, Divaa y Kestrel tuvieron entre un 60 y un 80% de tubérculos mayores de 60 mm.

Además del casi 60% de tubérculos de más de 80 mm de 02.6398.4, Spunta y Kestrel tuvieron aproximadamente un 25% de las papas en ese calibre (Spunta es el cultivar con los tubérculos más alargados, con diferencia, lo que hace que tubérculos con pesos similares queden en calibres más bajos que otros cultivares). Divaa, Sagitta y Safiyah concentraron un 60% de las papas en el calibre 60-80 mm. Harry y Kestrel tuvieron aproximadamente la mitad de las papas en ese calibre. Sensation y Sunlight concentraron un 50% y un 60% de los tubérculos en el calibre 45-60 mm, seguida de Harry con casi un 40%.

En el caso de Harry y Sensation, los cultivares afectados por el ataque de mildiu, se observó una diferencia entre los calibres obtenidos en el bloque III, mucho menos afectado que los obtenidos en los bloques I y II, con mayor afección: En el caso de Sensation, la parcela del bloque III, tenía menos de un 34% de plantas con daños a los 96 días: el calibre 60 – 80 mm obtuvo un 62% del peso medido y el 45-60 un 34%. En el bloque II, con un 86% de plantas afectadas el resultado fue casi el opuesto (23% de papas entre 60-80 mm y 51% entre 45-60 mm) (Tabla 4). Esto sugiere que la pérdida de superficie foliar por el mildiu se produjo cuando ya los tubérculos estaban formados, pero estaban en el periodo de llenado, disminuyéndolo (Wiik, 2014; Wohleb et al, 2014). Esta bajada en los calibres pudo ser la causa directa de la baja producción de Harry y Sensation.

### Materia seca

Se suele relacionar la calidad organoléptica de una papa con el porcentaje de materia seca de los cultivares. Por lo general este parámetro está relacionado con el cultivar, aunque las condiciones edafoclimáticas y de cultivo también influyen en el contenido de materia seca de la papa

En este ensayo, el mayor porcentaje de materia seca correspondió a Kestrel, con un 21.3%, seguido de Sunlight y Divaa, con un 20.6 - 20.7% (Figura 4). Spunta, el testigo obtuvo un 17.7%. Sensation y Harry obtuvieron porcentajes de materia seca bastante bajos (16.3 y 13.1%, respectivamente). Estos valores bajos se pueden deber al ataque de mildiu. La

pérdida de superficie útil de hojas por el ataque de la enfermedad influye directamente en la acumulación de materia seca (Haverkort, 2018).

## CONCLUSIONES

A la luz de los resultados del ensayo, y para sus condiciones, se podría concluir:

- En las condiciones del ensayo, los cultivares Harry y Sensation tuvieron un ataque severo de mildiu. Asimismo Safiyah, y en menor medida Spunta y Sagitta tuvieron problemas de marchitez unilaterales. 02.6398.4, Sunlight, Divaa y Kestrel fueron los cultivares con menos problemas de enfermedades.
- En lo referente a la producción comercial, 02.6398.4 fue el cultivar más productivo, (37 t.ha<sup>-1</sup>), estadísticamente mejor que el resto de cultivares. Sunlight, Kestrel y Divaa tuvieron una producción estadísticamente similar al testigo. Harry y Sensation no alcanzaron 20 t.ha<sup>-1</sup>, probablemente por su sensibilidad varietal a los problemas fitopatológicos encontrados durante el ensayo.
- En lo referente a calibres, 02.6398.4 obtuvo los calibres de mayor tamaño, con diferencia. Divaa, Sagitta y Safiyah concentraron más de la mitad de la producción en el calibre 60-80 mm. Por otra parte, Sunlight obtuvo la mitad de las papas en el calibre 45 – 60 mm. Harry y Sensation también tuvieron calibres bajos, muy probablemente por el ataque de mildiu.
- Kestrel, Sunlight y Divaa presentaron un porcentaje de materia seca superior al 20%. Los bajos porcentajes de materia seca de Harry y Sensation pudieron deberse a la pérdida de superficie útil de hojas por el ataque de mildiu.

Se puede decir que tanto Harry como Sensation necesitarían un manejo muy cuidadoso del mildiu, no pareciendo ser recomendables para zonas con incidencia endémica de esta enfermedad. Productivamente los cultivares Sunlight y Divaa se podrían comparar sin problemas al testigo Spunta, aunque el primero tiene calibres más pequeños. El clon ensayado 02.6398.4 tuvo muy alta producción, calibres muy altos y un porcentaje de materia seca en el intervalo bajo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DÍAZ, C.; SANTOS, B. y RÍOS, D. 2013. Variedades de papa blanca. 2013. Información Técnica. Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural. Cabildo Insular de Tenerife.
- EUROPEAN AND MEDITERRANEAN PLANT PROTECTION ORGANIZATION EPPO. 2020. *Phytophthora infestans* on potato. EPPO Bulletin, 51: 79-82. Disponible en línea en: <https://doi.org/10.1111/epp.12708>
- HAVERKORT, A.J. 2018 Potato Handbook: crop of the future. Aardappelwereld BV. La Haya. Países Bajos. 592 p.
- INSTITUTO CANARIO DE ESTADÍSTICA ISTAC. 2021. Sector Primario. Disponible en línea en: [http://www.gobiernodecanarias.org/istac/temas\\_estadisticos/sectorprimario/](http://www.gobiernodecanarias.org/istac/temas_estadisticos/sectorprimario/)

AGRICULTURE AND HORTICULTURE DEVELOPMENT BOARD AHDB. 2022. Potato variety database. Disponible en línea en: <https://varieties.ahdb.org.uk>

WIIK, L. 2014. Potato Late blight and tuber yield: Results from 30 years of field trials. Potato Research, 57: 77–98.

WOHLEB, C.H.; KNOWLLES, N.R. y PAVEK, M.J. 2014. Plant growth and development. p. 64-82. En. NAVARRE, R. y PAVEK, M.J. The potato. Botany, production and uses. CABI Publishing.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está dentro del Plan Anual de Trabajo de Extensión Agraria del año 2021 del Servicio de Agricultura y Desarrollo Rural del Cabildo Insular de Tenerife. Los autores agradecen la colaboración de Pedro Antonio Díaz Rivero y Natalia López Romero, titulares de la parcela donde se ha realizado el ensayo, así como de D. Pedro Díaz Pérez. La participación de las empresas suministradoras del material vegetal, PEP Innovation y COPACAN, es imprescindible para la realización de los ensayos. Los autores agradecen especialmente la colaboración de Manuel González, Enrique Castro y Juan Manuel Mesa y del personal del CCBAT.

## FOTOGRAFÍAS



**Fotografía 1:** Síntomas de mildiu en los cultivares sensibles: Izquierda: Harry con Saggita a la derecha y Divaa a la izquierda. Derecha: Sensation con 02.6398.4 a la derecha y Sputna a la izquierda.

**TABLAS****Tabla 1.** Incidencia de enfermedades a los 94 días tras trasplante.

CULTIVAR	AFECCIÓN MILDIU		AFECCIÓN MARCHITEZ UNILATERAL	
	% PLANTAS CON SÍNTOMAS	% ÁREA FOLIAR AFECTADA	% PLANTAS CON SÍNTOMAS	
02,6398,4	0,0	0,0	1,1	$\pm 0,07^*$
Divaa	0,0	0,0	3,1	$\pm 2,40^*$
Kestrel	0,0	0,0	5,0	$\pm 1,68^*$
Harry	73,6	$\pm 22,47^*$	34,3	$\pm 2,74^*$
Safiyah	0,0	0,0	47,9	$\pm 11,46^*$
Sagitta	0,5	$\pm 0,01^*$	0,2	$\pm 0,01^*$
Sensation	74,4	$\pm 20,36^*$	36,8	$\pm 23,91^*$
Spunta	0,0	0,0	24,3	$\pm 16,98^*$
Sunlight	0,0	0,0	0,6	$\pm 0,01^*$

\*: Desviación estándar

**Tabla 2.** Duración del ciclo de cultivo.

CULTIVAR	DÍAS PARA 50% NASCENCIA	DÍAS PARA 50% MARCHITEZ
02.6398.4	40,3	$\pm 4,39^*$
Divaa	45,8	$\pm 0,96$
Harry	34,4	$\pm 1,64$
Kestrel	33,8	$\pm 6,22$
Safiyah	22,9	$\pm 1,85$
Sagitta	43,3	$\pm 3,94$
Sensation	30,5	$\pm 5,59$
Spunta	32,0	$\pm 2,91$
Sunlight	40,4	$\pm 4,13$

\*: Desviación estándar

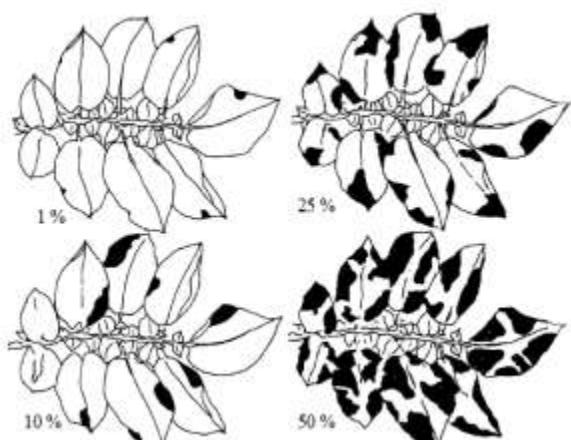
**Tabla 3.** Producciones y destríos.

CULTIVAR	PRODUCCIÓN TOTAL		PRODUCCIÓN COMERCIAL		DESTRÍO %
		KG/HECTÁREA			
02.6398.4	41326	a*	36747	a*	11,1
Divaa	26651	c	25089	bc	5,9
Harry	18996	d	16775	e	9,9
Kestrel	26455	c	25527	bc	3,3
Safiyah	24021	cd	22504	cd	5,9
Sagitta	26467	c	23927	cd	9,3
Sensation	19922	d	19247	de	3,3
Spunta	32656	b	29880	b	7,6
Sunlight	27985	bc	26532	bc	5,1
CV estadístico (%)	12,2		11,4		

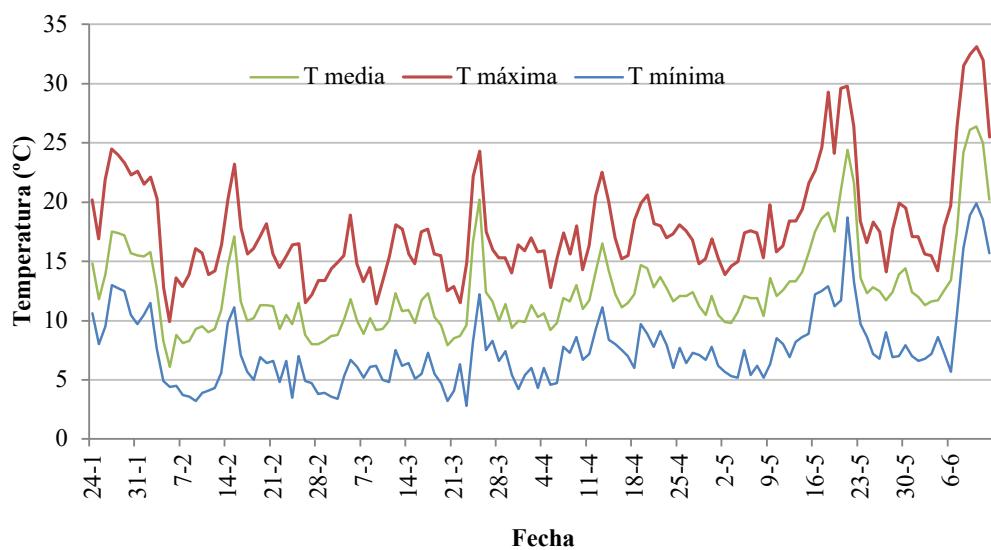
\*: Los cultivares con la misma letra son similares a efectos estadísticos con el test LSD 95%.

**Tabla 4.** Relación entre incidencia de mildiu y calibres en Harry y Sensation.

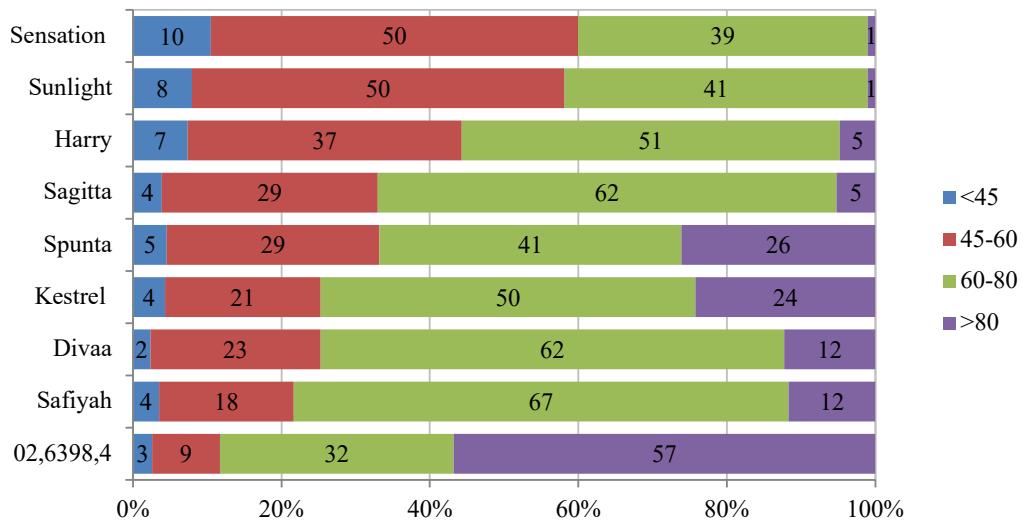
CULTIVAR	BLOQUE	INCIDENCIA MILDIU	PORCENTAJES PESO CON CALIBRE			
			< 45 MM	45 - 60	60 - 80	> 80 MM
Sensation	1	30	15,9	51,2	32,8	0,0
	2	64	10,9	63,5	22,6	3,1
	3	16	4,6	33,8	61,6	0,0
Harry	1	42	5,5	46,0	48,5	0,0
	2	38	6,5	37,8	55,7	0,0
	3	22	10,0	27,1	48,6	14,3

**FIGURAS**

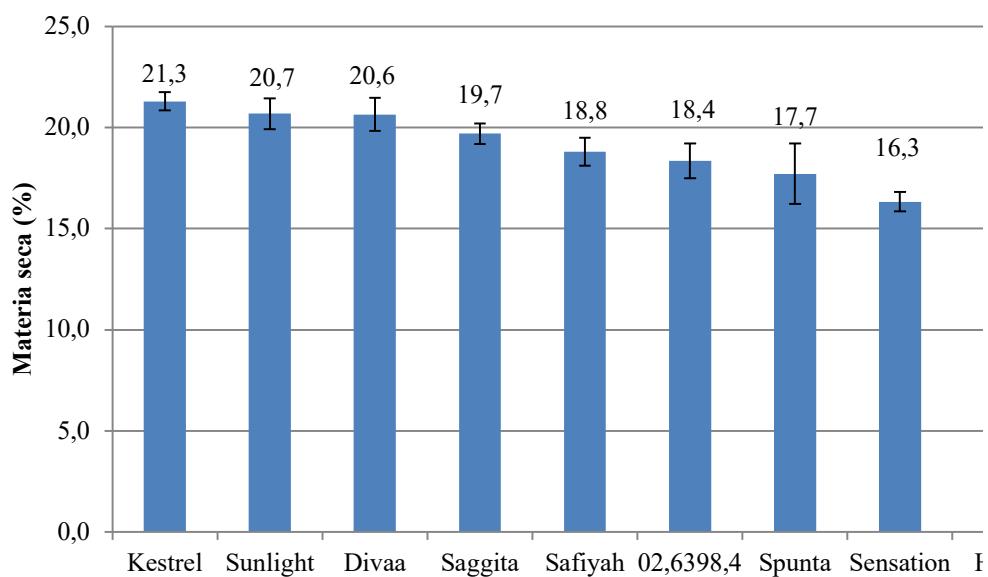
**Figura 1.** Clave para estimar porcentaje daños en hoja por mildiu (EPPO, 2020).



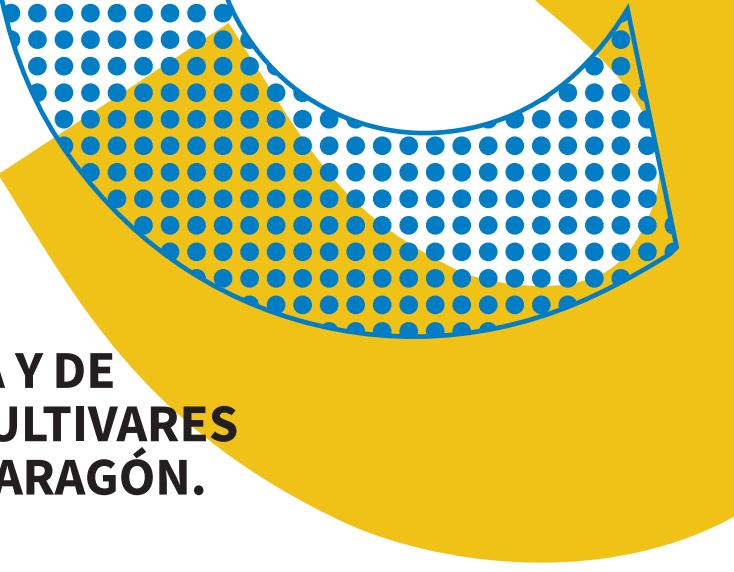
**Figura 3.** Temperaturas diarias registradas.



**Figura 3.** Distribución de calibres de los cultivares ensayados (ordenados de menor a mayor porcentaje de papas <60 mm).



**Figura 4.** Porcentaje de materia seca, ordenado de mayor a menor (se presenta la desviación estándar).



# **EVALUACIÓN AGRONÓMICA Y DE CALIDAD INDUSTRIAL DE CULTIVARES DE PATATA ENSAYADOS EN ARAGÓN. CAMPAÑA 2020.**

**Bruna Lavilla. P.<sup>1</sup>; Macua González, J.I.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Centro de Transferencia Agroalimentaria. Gobierno de Aragón

<sup>2</sup>Asesor agroalimentario Navarra

---

## **INTRODUCCIÓN**

En la campaña 2020 se realizaron tres microensayos de cultivares de patata en Aragón diferenciados según el destino, consumo o frito, y la época, temprano o tardío en frito. En estos ensayos se ha evaluado el comportamiento agronómico, la productividad y la adaptación de los cultivares en las distintas zonas, así como la aptitud y calidad de los cultivares para los distintos usos y utilizaciones industriales a los que se podrían destinar (patata lavada para comercializar en fresco, cocción, congelado y frito en chips). Los ensayos se realizaron en el municipio de La Almunia de doña Godina, Comarca de Valdejalón, y en el municipio de Villadoz en la Comarca Campo de Daroca.

Tras la recolección de los ensayos, se llevaron a cabo diferentes evaluaciones para valorar la aptitud y calidad de los cultivares para los distintos usos y utilizaciones industriales a los que se pueden destinar (fresco, cocción y frito en chips).

La realización de estos ensayos es fruto de la colaboración existente entre el Centro de Transferencia Agroalimentaria (Gobierno de Aragón) y los diferentes actores de la cadena agroalimentaria del sector, desde casas de semillas, cooperativas, agricultores, almacenistas e industrias del sector.

La intención de los ensayos es evaluar los nuevos cultivares que van apareciendo en el mercado, comparándolos con los cultivares tradicionalmente usados en la zona, testigos, usando las técnicas de cultivo empleadas por los agricultores. Para ello, los ensayos siempre se realizan en fincas de producción comercial de patata, lo más homogéneas posibles, con la intención de que los resultados sean lo más equiparables a un cultivo real de un agricultor.

Cada cultivar necesita unas condiciones concretas de prebrotación, densidad, fertilización, riego y tratamientos fitosanitarios, sin olvidar que cada cultivar puede tener un ciclo distinto de cultivo, más temprano o más tardío, que el testigo de referencia, para desarrollar todo su potencial. Pero, si no se realiza en unas condiciones homogéneas e iguales para todas, sería imposible poder compararlas y valorarlas con una referencia existente y conocida. Además, las referencias de los ensayos siempre hay que restringirlas a su zona agroclimática y a las condiciones ambientales de ese año en concreto, no siendo directa-

mente extrapolables a otras zonas ni a otros años

La elección de los cultivares a ensayar se acuerda conjuntamente con las casas comerciales de semillas en función de los años de estudio, resultados de años anteriores y número de cultivares por casa comercial, teniendo siempre en cuenta la limitación en número por ensayo para que sea manejable. La participación en los ensayos esta abierta a todas las casas comerciales presentes en España.

## MATERIAL Y MÉTODOS

**Tabla:** Cultivares ensayados.

CULTIVAR	PROCEDENCIA
BERNICE	AGROPLANT
BUFFALO	PEP
CORAZON	AGRICO
CORONADA	EUROPLANT
DECIBEL	GERMICOPA
JOLENE	AGRICO
LOTUS	AGROPLANT
NK11-001	NEIKER
NK11-193	NEIKER
RED PONTIAC	ALAVESA
RUDOLPH	AGRICO
SANIBEL	EUROPLANT
SEVERINA	AGRICO
VICENTA	PLANTERA
576.09.4	PEP
AGRIA	AGRICO
AGRIA NAL	ALAVESA
BABYLON	AGRICO
BERMUDA	PEP
LADY AMARILLA	MEIJER
LADY JANE	MEIJER
LUGANO	AGRICO
MADISON	EUROPLANT
MEERA	PLANTERA
NK00-024	NEIKER
PALACE	AGRICO
PRISKA	EUROPLANT
PUNCHY	GERMICOPA
RISSOLETO.	COMITEE NORD

FRITO  
TEMPRANO



CULTIVAR	PROCEDENCIA
576.09.4	PEP
AGRÍA	AGRICO
AGRÍA NAL	ALAVESA
BABYLON	AGRICO
ENDURO	COMITEE NORD
LADY ALICIA	MEIJER
LADY AMARILLA	MEIJER
LADY JANE	MEIJER
LUGANO	AGRICO
METRO	AGROPLANT
PALACE	AGRICO
RISOLETTO	COMITEE NORD
VENTANA	EUROPLANT
WW 10-204	AGROPLANT

**FRITO TARDIO**

\*En negrita cultivares testigo

Las principales fechas de cultivo de los ensayos fueron las siguientes:

ENSAYO	CONSUMO	FRITO TEMPRANO	FRITO TARDIO
<b>Localidad de siembra</b>	La Almunia (ZG)	La Almunia (ZG)	Villadoz (ZG)
<b>Fecha de siembra</b>	27-03-2020	27-03-2020	08/05/2020
<b>Fecha de recolección</b>	06/08/2020	06/08/2020	21/10/2020
<b>Densidad de siembra</b>	47.214 plantas/ha	47.214 plantas/ha	47.214 plantas/ha
<b>Marco de plantación</b>	0.75 m x 0,28 m	0.75 m x 0,28 m	0.75 m x 0,28 m

Los microensayos se llevaron a cabo siguiendo un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones y parcelas de dos surcos con 50 tubérculos. En estos ensayos se estudia el comportamiento agronómico (nascencia, floración, madurez, sensibilidad a enfermedades y agentes climáticos), se valora y cuantifica la producción (rendimiento, características y aspecto de los tubérculos) y el destío, comparándolos con el cultivar testigo que es el utilizado normalmente en la zona.

Se utiliza semilla certificada. A ser posible de calibre 35/50 que se planta entera (en el caso de ser de calibre mayor se trocea), y a ser posible, prebrotada. Se aplican las técnicas de cultivo usuales en la zona.

## Calidad de patata de consumo

Los controles de aptitud para la cocción han sido realizados por los técnicos de NEIKER – Tecnalia (Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario) en sus instalaciones de Arkaute (Álava).

<b>BAREMOS DE VALORACIÓN DE LA COCCIÓN</b>	
<b>Desintegración</b>	A nula; B ligera; C moderada; D completa.
<b>Consistencia</b>	A firme; B bastante firme; C bastante blanda; D blanda.
<b>Harinosidad</b>	A no harinosa; B ligeramente harinosa; C harinosa; D muy harinosa.
<b>Humedad</b>	1 húmedo; 2 ligeramente húmedo; 3 ligeramente seco; 4 seco.
<b>Estructura</b>	A fina; B bastante fina; C bastante basta; D basta.
<b>Oscurecimiento</b>	1,2,3 sin oscurecer; 4,5 ligeramente oscurecida; 6,7 moderadamente oscurecida; 8,9 muy oscura.
<b>Sabor</b>	A neutro; B algo pronunciado; C pronunciado; D fuerte.

Se consideran cultivares aptos para el hervido aquellos que presentan desintegración nula o ligera, consistencia firme o bastante firme, no harinosa o ligeramente harinosa, de estructura fina o bastante fina, sabor neutro o ligeramente pronunciado y sin oscurecimiento. Si se van a utilizar para ensalada los tubérculos deben tener desintegración nula, consistencia firme y no ser harinosos.

## Controles de aptitud para congelado

Los requisitos que debe reunir un cultivar con este destino son: tubérculos grandes, de forma regular, sin deformaciones ni ojos hundidos con el fin de minimizar las pérdidas de peso al lavar y pelar, color de la carne blanco o amarillo dependiendo de las preferencias del mercado al que vaya destinado, y por último, mantener sus características de sabor y consistencia después de su tratamiento. A las muestras, después de lavadas, peladas y troceadas, se les realiza una cocción durante 10 minutos. Posteriormente se sumergen en agua salada para evaluar su flotación.

Esta valoración se realizó en las instalaciones de la congeladora Saar Originia Foods de Ejea de los Caballeros.

## Calidad de frito, chips

La calidad del frito se valora aplicando una escala de 1 a 9, en la que los valores 7, 8 y 9 son los óptimos por el color y la limpieza de los chips, mientras que los valores entre 1 y 4 corresponden a chips quemados, no aptos para el consumo.

Estas pruebas se realizaron, por un lado, a nivel de Centro Tecnológico en NEIKER, y por otro lado con la empresa comercializadora de patata Almacenes Bonel.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el ensayo de cultivares de **consumo** (Tablas 1-3), la media en producción comercial, fue de mas de 90 t ha<sup>-1</sup>. Tomando como índice de referencia 100 del testigo de la zona, Rudolph, destacó en producción por encima del testigo Vicenta con un 109% de producción obtenida gracias a su alto peso medio. Otros cultivares como Bernice (98%) y Buffalo (95%) estuvieron al mismo nivel del testigo.

En cuanto a su aptitud para cocción, tal como se aprecia en la Tabla 2 la mayoría de los cultivares, ocho, resultaron aptos. La desintegración, consistencia y harinosidad de los tubérculos está en función del contenido en materia seca y almidón. Un bajo contenido en los mismos, proporciona una nula desintegración, alta consistencia y baja harinosidad. El mayor o menor contenido de almidón y de materia seca de los tubérculos en principio es una característica intrínseca de cada cultivar, pero que puede verse modificado, por un lado, por su estado de madurez en el momento de la recolección, y por otro, por factores externos como la fertilización y el aporte de agua. En las pruebas realizadas por la industria congeladora (Tabla 3) Corazon y Bernice fueron las mejor valoradas.

En el ensayo de cultivares de **frito temprano** (Tabla 4) la media en producción comercial, fue de casi 70 t ha<sup>-1</sup>. Tomando como índice de referencia 100 del testigo de la zona, Agria, solo Palace obtuvo similar producción. En cuanto a la calidad de frito, tal como se observa en la tabla 5, Palace y Priska, fueron las que obtuvieron la mejor puntuación, tomando como referencia ambas valoraciones.

En el ensayo de cultivares de **frito tardío** (Tabla 6) debido a una inundación con algo de pedrisco, la media en producción comercial fue de 33 t ha<sup>-1</sup>. El cultivar más productivo del ensayo fue Palace con un 130 % sobre el testigo. Otros cultivares como Lugano y Babylon su producción fue similar al testigo. En cuanto a las pruebas de frito, los cultivares se van evaluando durante su almacenamiento durante más de 7 meses. Algunos cultivares al principio funcionan bien pero posteriormente pierden su capacidad de frito, tal como se observa en la Tabla 7. Agria, Babylon, Lady Amarilla y Lady Alicia fueron los que obtuvieron las mejores puntuaciones y mejor aguantaron hasta el final de la conservación.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en los últimos años, confirman en general, que los cultivares testigo de las zonas de los diferentes ensayos siguen siendo recomendados para su cultivo, sin descartar otros cultivares para usos y mercados concretos. Varios de los nuevos cultivares que van apareciendo deben de seguir ensayándose por sus resultados prometedores.



Para patata de consumo y congelado, cultivares como Vicenta, Bernice o Buffalo han obtenido buenos resultados este primer año, tanto a nivel agronómico como industrial.

Para la industria de frito, Agria sigue siendo el cultivar referencia, aunque en los últimos años otros cultivares como Babylon o Palace, incluso en las condiciones difíciles que se dieron en el ensayo tardío, están dando resultados con buenas características. Este año, dadas las dificultades para la conservación y almacenamiento, debidas a la nueva legislación establecida por la prohibición del principal conservante, se ha estado más pendiente en la realización de las últimas pruebas de frito.

### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todas las casas comerciales por el interés mostrado en estos trabajos, aportando los cultivares, la información de cada una de ellas e interesándose por el desarrollo de los mismos.

Igualmente, expresamos nuestro agradecimiento a todos los colaboradores que participan, NEIKER, SAAR Originia Foods, Almacenes Bonel y Cooperativa Lacumaga por su aportación a estos ensayos.

### FOTOGRAFÍAS



Fotografía 1. Cultivares ensayo de frito tardío. Villadoz (Zaragoza).



Fotografía 2. Diferencias de frito a lo largo del almacenamiento en los cultivares estudiados. Villadoz (Zaragoza).

## TABLAS

**Tabla 1.** Datos productivos. Cultivares para consumo. La Almunia (Zaragoza).

CULTIVAR	PROD. COMERCIAL (KG./HA.)	% SOBRE TESTIGO	TUB. / PLANT	PROD / PLANTA	PESO MED. TUBERC. (1)
VICENTA	117.025	109	9	2,479	278
<b>RUDOLPH</b>	<b>107.176</b>	<b>100</b>	<b>11</b>	<b>2,270</b>	203
BERNICE	105.337	98	11	2,231	201
BUFFALO	102.171	95	9	2,164	250
DECIBEL	98.394	92	11	2,084	182
CORONADA	96.449	90	10	2,043	196
SEVERINA	92.823	87	8	1,966	237
LOTUS	84.777	79	8	1,796	238
CORAZON	84.258	79	11	1,785	167
NK11-001	82.549	77	9	1,748	204
RED PONTIAC	79.008	74	8	1,673	202
JOLENE	77.459	72	8	1,641	214
NK11-193	75.070	70	9	1,590	185
SANIBEL	64.910	61	7	1,375	202
<b>PROMEDIO</b>	<b>90.529</b>	<b>84</b>	<b>9</b>	<b>1,871</b>	<b>211</b>

Según muestra.

**Tabla 2.** Evaluación de la aptitud para cocción. La Almunia (Zaragoza).

CULTIVAR	VALORACIÓN	APTITUD
BERNICE	AAA4B2A	Apto
BUFFALO	AAB2A1A	Apto
CORAZON	BBA1A1A	Apto
CORONADA	BAC3A1A	No apto
DECIBEL	CCA1A1A	No apto
JOLENE	CCA3A1B	No apto
LOTUS	BAA1A1A	Apto
NK11-001	CBA1A1C	No apto
NK11-193	AAC4B1A	No apto
RED PONTIAC	ABB2A1A	Apto
<b>RUDOLPH</b>	<b>BAC2A1A</b>	No apto
SANIBEL	AAB2A1A	Apto
SEVERINA	AAA3A2B	Apto
VICENTA	BBA3B1A	Apto

**Tabla 3.** Evaluación de la calidad comercial para congelado. La Almunia (Zaragoza).

CULTIVAR	COLOR	° BRIX PATATA COCIDA	° BRIX AGUA PATATA	FLOTACIÓN (%)	VALORACIÓN
BERNICE	Amarilla	12,0	0,2	70	9
BUFFALO	Amarilla	12,0	0,0	70	8
CORAZON	Blanca	10,0	0,2	90	10
CORONADA	Amarilla	15,5	0,2	10	5
DECIBEL	Amarilla	15,0	0,3	40	6
JOLENE	Amarilla	11,0	0,2	10	5
LOTUS	Amarilla	11,0	0,2	60	7
NK11-001	Amarilla	10,7	0,1	10	5
NK11-193	Amarilla	12,0	0,1	10	5
RED PONTIAC	Blanca	5,0	0,2	50	6
<b>RUDOLPH</b>	<b>Amarilla</b>	<b>14,0</b>	<b>0,2</b>	<b>50</b>	<b>6</b>
SANIBEL	Blanca	11,0	0,0	90	8
SEVERINA	Amarilla	12,0	0,2	70	7
VICENTA	Amarilla	15,1	0,3	10	6

**Tabla 4.** Datos productivos. Cultivares para industria de frito. La Almunia (Zaragoza).

CULTIVAR	PROD. COMERCIAL (KG/HA)	% SOBRE TESTIGO	TUB. / PLANT	PROD / PLANTA	PESO MED. TUBERC. <sup>(1)</sup>
<b>AGRIA</b>	<b>85.863</b>	<b>100</b>	<b>9</b>	<b>1,819</b>	212
PALACE	84.801	99	9	1,796	211
BERMUDA	81.477	95	15	1,726	114
PUNCHY	78.328	91	6	1,659	295
LADY JANE	77.154	90	7	1,634	220
LUGANO	74.131	86	7	1,570	226
BABYLON	73.427	86	7	1,555	230
LADY AMARILLA	69.675	81	8	1,476	194
AGRIA NAL	68.796	80	10	1,457	147
T6223/04	68.533	80	9	1,452	161
MADISON	59.924	70	7	1,269	184
MEERA	59.542	69	8	1,261	153
NK00-024	55.911	65	6	1,184	193
PRISKA	54.306	63	8	1,150	151
576.09.4	53.830	63	5	1,140	209
RISOLETTO	51.798	60	6	1,097	182
<b>PROMEDIO</b>	<b>68.594</b>	<b>80</b>	<b>8</b>	<b>1,453</b>	<b>193</b>

<sup>(1)</sup>Según muestra.

**Tabla 5.** Evaluación del frito. La Almunia (Zaragoza).

CULTIVAR	NEIKER <sup>(1)</sup>		BONEL <sup>(1)</sup>
	25/10	03/09	
576.09.4	5	3	
<b>AGRIA</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	
AGRIA NAL	1	2	
BABYLON	6	1	
BERMUDA	5	1	
LADY AMARILLA	5	2	
LADY JANE	6	3	
LUGANO	5	1	
MADISON	7	4	
MEERA	6	4	
NK00-024	2	1	
PALACE	8	5	
PRISKA	8	4	
PUNCHY	6	4	
RISOLETTO	4	3	
T6223/04	5	3	

<sup>(1)</sup>Color de los chips. Color (1-9): Valoración de frito en chips a 180 °C ----1-4= No aceptable, color muy oscuro; ---5-6= Aceptable, color dorado fuerte; ---7-9 = Aceptable, color dorado pálido.

**Tabla 6.** Datos productivos. Ensayo de frito tardío. Villadoz (Zaragoza).

CULTIVAR	PROD. COMERCIAL (KG./HA.)	% SOBRE TESTIGO	TUB. / PLANT	PROD / PLANTA	PESO MED. TUBERC. <sup>(1)</sup>
PALACE	50.490	130	7	1,069	151
LUGANO	40.700	105	5	0,862	175
BABYLON	40.324	104	7	0,854	118
<b>AGRIA</b>	<b>38.919</b>	<b>100</b>	<b>6</b>	<b>0,824</b>	<b>144</b>
AGRIA NAL	37.929	97	8	0,803	106
METRO	34.267	88	7	0,726	100
LADY JANE	33.493	86	8	0,709	86
ENDURO	31.633	81	7	0,670	94
RISOLETTO	30.379	78	5	0,643	134
576.09.4	27.911	72	5	0,591	119
LADY ALICIA	27.824	71	5	0,589	111
WW 10-204	26.711	69	6	0,566	103
VENTANA	23.814	61	6	0,504	86
LADY AMARILLA	19.686	51	4	0,417	109
<b>PROMEDIO</b>	<b>33.148</b>	<b>85</b>	<b>6</b>	<b>0,702</b>	<b>117</b>

<sup>(1)</sup>Según muestra.

**Tabla 7.** Evaluación del frito. Villadoz (Zaragoza).

CULTIVAR	BONEL(1)			NEIKER(1)		
	09/11	12/03	31/05	01/12	16/02	01/06
576.09.4	6	7	3	6	8	7
AGRIA	6	7	6	8	8	6
AGRIA NAL	5	6	5	8	8	7
BABYLON	5	7	5	8	7	7
ENDURO	6	7	5	8	4	3
LADY ALICIA	5	8	6	7	9	7
LADY AMARILLA	5	7	6	7	8	7
LADY JANE	5	6	4	8	8	7
LUGANO	2	4	3	5	4	4
METRO	2	4	2	3	5	5
PALACE	3	5	2	7	6	6
RISOLETTO	5	5	5	8	8	7
VENTANA	6	6	4	8	7	6
WW 10-204	5	7	3	5	7	6

<sup>(1)</sup>Color de los chips. Color (1-9): Valoración de frito en chips a 180 °C ----1-4= No aceptable, color muy oscuro; ---5-6= Aceptable, color dorado fuerte; ---7-9 = Aceptable, color dorado pálido.

# **COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE CULTIVARES DE TOMATE DE ENSALADA EN TENERIFE BAJO UNA ALTA PRESIÓN VÍRICA. CAMPAÑA 2019 - 2020.**

**Santos Coello, B.<sup>1</sup>; Hinostroza González, B<sup>1</sup>; Trujillo Díaz, L.<sup>1</sup>**

\*<sup>1</sup>: Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural. Cabildo de Tenerife.

## **RESUMEN**

El tomate sigue siendo uno de los cultivos hortícolas más importantes de Canarias y de Tenerife, aunque la importancia de la exportación ha decaído mucho en los últimos 10 años, llegando a ser una parte muy pequeña del destino final de la producción que se destina en su casi totalidad al mercado insular.

Se compararon 12 cultivares de tomate liso tolerantes al virus de la cuchara del tomate (TYLCV) de calibre medio o grande, usándose como testigo a Roque. También se compararon en testaje sin repeticiones 4 cultivares. El ensayo se llevó a cabo en una explotación comercial colaboradora. En concreto se realizó en un invernadero tipo raspa y amagado con cubierta de plástico.. Los cultivares se injertaron sobre Arnold trasplantándose a terreno definitivo el 7 de agosto de 2019. La recolección comenzó el 17 de octubre de 2019 y finalizó el 27 de enero de 2020.

La alta incidencia de virosis (TYLCV, ToCV) incidió en la producción, los calibres y la postcosecha del ensayo. Desde el punto de vista productivo, ningún cultivar tuvo una producción mejor que Roque. Arano y Kabrera tuvieron una distribución de calibres algo mayor que el testigo mientras que Vayana presentó unos tamaños bastante más bajos. Todos los cultivares presentaron una dureza aceptable salvo 241063R. Calabardina e ISI62088 tuvieron un contenido en sólidos totales solubles superior al testigo. Como resumen, el material vegetal se comportó igual o peor que el testigo, Roque, con cultivares bastante interesantes para hacer pruebas a mayor escala por sus características de calibre o postcosecha.

**Palabras clave:** variedades comerciales, *Solanum lycopersicum*, Canarias

## **INTRODUCCIÓN**

El tomate sigue siendo uno de los cultivos hortícolas más importantes de Canarias (683 ha en 2020) y de Tenerife (189 ha), aunque la importancia de la exportación ha decaído mucho en los últimos 10 años, llegando a ser una parte muy pequeña del destino final de la producción que se destina en su casi totalidad al mercado insular (ISTAC, 2021). En Canarias se le piden tres características principales a una variedad de tomate de ensalada:



- Un alto porcentaje de calibres grandes (diámetro entre 67 y 102 mm),
- Una buena conservación en postcosecha. La venta en el mercado interior de calibres grandes de cultivares de exportación ha hecho que los comercializadores pierdan esta característica.
- Buena tolerancia a virus, en particular el de la cuchara (TYLCD) y el del bronceado (TSWV). La incidencia cada vez mayor de virosis (ToCV y reaparición de problemas por TYLCD en infecciones precoces (Hanssen et al., 2010) hacen muy importante la tolerancia del material vegetal a estos problemas.

La especificidad de nuestras características en lo referente a cultivo y de mercados dificulta que los resultados obtenidos en otras zonas productoras suelan ser aplicables. Por esto, el Servicio de Agricultura del Cabildo de Tenerife planteó en su Plan de Trabajo 2019 un ensayo de cultivares de tomate liso de ensalada tolerantes al virus de la cuchara en las condiciones de Tenerife en cultivo de otoño-invierno.

### **MATERIAL Y MÉTODOS**

Se llevó a cabo un ensayo con 12 cultivares de tomate de ensalada y cuello blanco en ciclo de invierno, ofrecidos por las casas comerciales (Tabla 1). Se solicitó que el material estuviera dentro de las características anteriores y que tuviera tolerancia a TYLCD. El testigo fue Roque. El ensayo se ubicó en un invernadero de raspa y amagado, con cubierta plástica, propiedad de la empresa colaboradora SAT Raymi, situado en la costa de Granadilla de Abona (SE de Tenerife) a 50 msnm. El suelo y el agua de riego estaban dentro de los niveles normales de parámetros químicos de la zona.

**Tabla.** Principales características de los cultivares ensayados.

CULTIVAR	C. COMERCIAL	RESISTENCIAS DECLARADAS POR LA C. COMERCIAL*
<b>214063R (Saulos)</b>	Syngenta	ToMV:0 / Va / Vd / Fol: 0-1 / TSWV / TYLCV
<b>Amaya</b>	Hazera	TomV / Vd / Fol: 1-2 / Mi, Mj / Ff / TYLCV
<b>Arano</b>	Clause	ToMV:0,1,2 / Va:0 / Vd:0 / Fol:0,1 / For / Pf / TSWV:0 / TYLCV / Ss
<b>Boing</b>	Nunhems	ToMV; 0,1,2 / Va / Vd / Fol 0,1 / For / / TSVW / Ma, Mi, Mj / TYLCV
<b>Calabardina</b>	Seminis	ToMV:0-2 / ToTV / Fol:0,1 / Sbl / Sl / Ss / Va:0 / Vd:0 / TYLCV / Ma, Mi, Mj
<b>B515</b>	Gautier	ToMV / Va / Vd / Fol:0,1/ For / Ff / Ma, Mi, Mj / TYLCV
<b>Don George</b>	Hazera	ToMV / Vd / Fol 1-2 / Mi, Mj / For / TYCLV
<b>ISI 62088 (Armadas)</b>	Isi Sementi	ToMV:0-2 / / Ff: A-E / Fol:0,1 / Va:0 / Vd:0 / TSWV / Ma, Mi, Mj / TYLCV

CULTIVAR	C. COMERCIAL	RESISTENCIAS DECLARADAS POR LA C. COMERCIAL*
Kabrera	Clause	ToMV:0,1,2 / Va:0 / Vd:0 / Fol:0,1 / For / Pf / TYLCV
Roque	Seminis	ToMV:0-2 / Ff: A-E / Fol:0,1 / Va:0 / Vd:0 / TYLCV / Lt / Ma, Mi, Mj
Vayana	Takii	ToMV:0-2 / Va:0 / Vd:0 / Fol:0,1 / Ma, Mi, Mj / TYLCV
Verlenza	Enza Zaden	ToMV:0-2 / ToANV / Va:0 / Vd:0 / Fol:0,1 / For / TSWV / TYLCV / Ma, Mi, Mj
Arnold (Patrón)	Syngenta	ToMV:0-2 / Va / Fol:1,2 / For / Ff: 1-5 / Ma, Mi, Mj / Pl

\*: Códigos de enfermedades según ISF (2021).

Los cultivares se sembraron en un semillero comercial el 14 de julio de 2019, injertándose sobre el patrón Arnold y trasplantándose a terreno definitivo el 7 de agosto. El marco de plantación fue de 2.4 plantas / m<sup>2</sup> a 1 tallo (0.4 m entre plantas y 2 m entre filas) Se realizó un entutorado holandés, con el alambre a una altura media de 2.2 m. El manejo del cultivo se realizó según el criterio técnico de la empresa. La recolección se efectuó dos veces por semana. Se recolectó entre el 17 de octubre y el 27 de enero de 2020 (102 días). Los controles realizados fueron:

- **Intensidad de síntomas de virosis.** Se intentó cuantificar la intensidad del ataque de virosis mediante sintomatología, utilizando una escala similar a la de Lapidot y Friedmann (2002), mediante un índice de 0 a 4, donde 0: plantas sin síntomas; 1: síntomas medios; 2: moderados; 3: acentuados; 4: graves.
- **Peso de la producción total** de cada cultivar en cada una de las recolecciones, pesando la cantidad total cosechada, sin incluir el destribo realizado en finca.
- **Calibrado** de cada cultivar, de forma semanal, en los calibres GGG (>102 mm), GG (102-82 mm), G (82-67 mm), M (67-57 mm) y MM (57-47 mm).
- **Evaluación de las causas de destribo de las frutas:** Se tomaron datos de forma semanal, por fruta dañada por TYLCD, fruta mucronada (“pico”), fruta deforme (no redonda), manchada y pequeña (menor de MM).
- **Simulación de postcosecha:** En la segunda semana de noviembre se seleccionaron 6 kg de fruta por cultivar en el calibre dominante (M) con un estado de maduración pintón (estado 5-6 Carta de colores Central de Subastas Holandesas). El material se dejó 1 día a temperatura ambiente, luego se colocó en una cámara frigorífica a 10-12°C durante 7 días. Se tomaron datos a los 1 y 8 días tras recolección. Los parámetros tomados fueron:
  - Sólidos totales disueltos: Se tomó la medida en 3 frutas por cultivar. Se utilizó un refractómetro digital Atago PAL 1 con compensación automática de temperatura.
  - Dureza del fruto: expresado como porcentaje de dureza, tomando 10 frutas por cada cultivar. Se usó un medidor de dureza Bareiss Fff con punta de 0.25 cm<sup>2</sup>, con 2 mediciones por fruta.

En el ensayo en campo, se asumió un diseño experimental en bloques al azar con 12 tratamientos (cada cultivar ensayado), con tres repeticiones. El tamaño de la unidad experimental fue de 5.4 m<sup>2</sup> (13 plantas en una fila). En el caso de la dureza en postcosecha se asumió un diseño experimental completamente al azar con 12 tratamientos (cada cultivar ensayado), con 10 repeticiones (cada fruta muestrada). Los datos de producción y dureza se sometieron a un análisis de varianza y separación de medias mediante el Test LSD.

Se tomaron datos de temperatura y humedad durante la experiencia, registrados con un termo higrómetro digital (Omega Instruments Plc) en el propio invernadero (figura 1).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Sensibilidad a problemas fitosanitarios

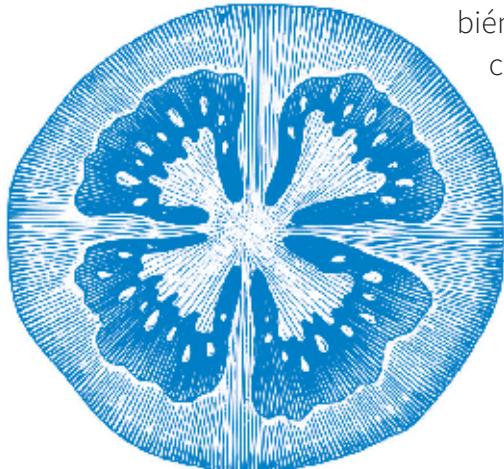
En el ensayo se detectaron poblaciones de mosca blanca en el invernadero desde el trasplante, apareciendo una infección precoz de TYLCD y ToCV con síntomas claramente visibles del último virus, desde el comienzo de la recolección, agravándose con el tiempo. Todos los cultivares tuvieron una incidencia alta de ToCV, entre 2.9 y 3.4. Verlenza, Vayana e ISI62088 tuvieron un valor más alto (más de 3.3). Solo Calabardina y B515 bajaron ligeramente de 3.0 (figura 2).

### Producción final

La producción total estuvo entre los 6.7 kg.m<sup>-2</sup> y los 5.3 kg.m<sup>-2</sup> de 214063R (Tabla 1). El testigo produjo 6.1 kg.m<sup>-2</sup>. Verlenza, Calabardina y Arano estuvieron bastante cerca de Kabrera, con más de 6.2 kg.m<sup>-2</sup>. Todos los cultivares obtuvieron una producción similar a la del testigo.

En lo referido a la producción comercial, ocurrió algo bastante parecido: Kabrera produjo 6.5 kg.m<sup>-2</sup>, seguido de cerca por Calabardina, Arano y Verlenza, con más de 5.9 kg.m<sup>-2</sup>. Roque produjo 5.7 kg.m<sup>-2</sup>. 214063R y Boing no alcanzaron 5 kg.m<sup>-2</sup>. Estadísticamente, todos los cultivares tuvieron una producción similar al testigo (Tabla 1).

Para interpretar los datos del ensayo hay que tener en cuenta la infección inicial de TYLCV seguida del ataque de ToCV desde el comienzo de la recolección. En el ensayo 2012 – 2013 (realizado en un ciclo muy parecido), la producción media fue un 40% menos que la del presente ensayo (Santos *et al.*, 2013). Mansilla *et al.* (2018) también encontraron bajas de producción debidas a la infección con ToCV entre el 20 y el 40%, debidas a una bajada del tamaño medio del fruto pero no siempre. Gul-Eker y Elibuyuk (2019) reportaron problemas graves en el caso de infecciones combinadas de TYLCV y ToCV.



## Producción estacional

La recolección comenzó 71 días tras el trasplante. Los cultivares alcanzaron 1 kg/planta entre 84 y 89 dtt (Calabardina, Verlenza, Boing, B515 y Cabrera), 89 – 92 dtt (Roque, Vayana y Arano), 92 – 96 dtt (Don George, ISI62088 y 214063R) y 96-99 dtt (Amaya). La producción obtenida en cada mes se presenta en la tabla 2. En la primera quincena de octubre, el cultivar más productivo fue Cabrera, seguido de B515, Calabardina y Verlenza. Por el contrario, Amaya, ISI62088, 210463R y Don George no llegaron a 1 kg.m<sup>-2</sup>. Cabrera, Calabardina y B515 tuvieron una producción significativamente más alta que Roque.

Noviembre fue el mes con más producción, antes que la afección por ToCV fuera alarmante, con un 34 y un 53% de todos los tomates recogidos. Don George, con 3 kg.m<sup>-2</sup>, seguido por Verlenza y Roque fueron los cultivares más productivos. Solo Boing tuvo una producción estadísticamente menor que Roque. En diciembre, las producciones cayeron a más de la mitad de lo recolectado en noviembre. Solo Don George tuvo una producción estadísticamente mayor que Roque. En enero, las producciones siguieron siendo bajas, tanto por la afección de ToCV como por la bajada de la temperatura (figura 1). Solo Arano y Calabardina superaron 1 kg.m<sup>-2</sup>, seguido muy de cerca por 210463R. Ningún cultivar tuvo diferencias estadísticas con Roque. Se observó que los cultivares con mayor intensidad de síntomas (figura 2) tuvieron una menor producción en diciembre y enero.

En las condiciones específicas de este ensayo no es sencillo decir si los cultivares que produjeron más al principio y menos al final fueron más precoces o simplemente se vieron más o menos afectados por los problemas iniciales de TYLCV y luego de ToCV. Teniendo en cuenta eso, pareciera que Cabrera es un cultivar más precoz, mientras que Amaya y 214063R se comportaron mejor al final del periodo de recolección. Calabardina tuvo una producción relativamente estable durante los 4 meses de recolección.

## CALIBRES

La afección por ToCV puede haber hecho que los calibres absolutos fueran algo pequeños, como señalan Navas *et al.* (2000) y Hanssen *et al.* (2010) y en bastante menor medida por la de TYLCV (Levy y Lapidot, 2008). Mansilla *et al.* (2018) cuantificaron la bajada de tamaño entre un 15 y un 49% del peso unitario del fruto, en función del cultivar. Comparando los datos de este ensayo con los obtenidos en el realizado en 2012 -2013 (Santos *et al.*, 2013), se observó una fuerte bajada de la fruta en calibre GGG+GG en la media de los cultivares. Por ello, la interpretación debe basarse en la comparación con el testigo, Roque.

**“Se debe incidir en la importancia de las medidas de control de vectores para disminuir las infecciones precoces de virosis”.**



Prácticamente no se recolectaron calibres en GGG, mientras que el porcentaje de GG osciló entre un 2 y un 17%, destacando Arano y Cabrera, con más de un 15% (figura 6). El calibre dominante fue G, con valores entre el 54% de Don George y el 40% de ISI 60288, salvo en el caso de Vayana, que tuvo una mayor proporción de calibre M que G. Si comparamos con Roque, Arano y Cabrera parecen tener una distribución de calibres algo mayor, mientras que Vayana claramente presentó unos tamaños menores al testigo.

En cultivares de ensalada, el mantenimiento de los calibres grandes durante la campaña es tan importante como la producción en sí. En la figura 5 se presenta la evolución mensual de la suma de calibres GGG+GG. En octubre, todos los cultivares tuvieron un porcentajes bastante alto de calibres grandes, con prácticamente toda la fruta en esos tamaños, salvo Verlenza e ISI 62088, con un 80 y un 87%, respectivamente. En noviembre se mantuvieron buenos valore, sobre todo con Arano, Don George, Cabrera, Boing y Calabardina con más de un 66% de calibres grandes.

En diciembre Don George y Calabardina tuvieron más de la mitad de la fruta en calibres grandes, seguida de 214063R, Roque, Arano y Cabrera con más de un 40%. En enero, destacaron Arano y Cabrera con un 37-38% de calibres grandes (todo en G). Por el contrario, Vayana no llegó a un 10% y Calabardina tuvo la bajada más bruscam, hasta un 18%.

### Características de postcosecha

**Evolución de la dureza en postcosecha:** En la tabla 5 se muestran los resultados de dureza. En este caso, los valores de dureza tras 1 día estuvieron entre el 91% de Calabardina y el 84% de Don George, teniendo Roque un 86%. En general, todos los cultivares mostraron una uniformidad aceptable, siendo Roque el que peor valor obtuvo, con un 8% de diferencia entre los tomates más duros y más blandos. Desde el punto de vista estadístico, ningún cultivar tuvo una dureza diferente a la del testigo, siendo la de Calabardina mayor que la de Don George y 214063R.

A los 8 días, los valores bajaron bastante en todos cultivares, quedándose en valores bastante discretos (56 – 69%). Roque, el testigo bajó a un 64%. Sólo Don George mantuvo un valor mayor al 70%, seguido de ISI62088 y Verlenza, con un 69%. 214063R cayó hasta valores inferiores al 60%. La uniformidad estuvo en valores entre el 9 y el 11%. Estadísticamente, todos los cultivares tuvieron una dureza similar al testigo salvo 214063R, que fue significativamente menor. Calabardina tuvo una dureza significativamente más alta que Cabrera y 214063R.

**Sólidos totales disueltos:** Se muestran los datos en la figura 8. Se observaron diferencias en sólidos totales disueltos a los 7 días de recolección: mientras que Calabardina llegó a 5.8ºBrix, Roque y 214063R se quedaron en 4.0 – 4.1º Brix.

---

## CONCLUSIONES

---

La alta incidencia de TYLCV y ToCV incidió en la producción, los calibres y la postcosecha del ensayo el material vegetal se comportó igual o peor que el testigo, Roque, con cultivares bastante interesantes para hacer pruebas a mayor escala por sus características de calibre o postcosecha.

A la vista de las pérdidas de producción y calibres, comparado con datos de la campaña 2012 – 2013 en el mismo invernadero con cultivares similares, en el mismo ciclo, se debe incidir en la importancia de las medidas de control de vectores para disminuir las infecciones precoces de virosis.

---

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- INSTITUTO CANARIO DE ESTADÍSTICA ISTAC. 2021. Sector Primario. Disponible en línea en: <http://www.gobiernodecanarias.org/istac/estadisticas/sectorprimario/>
- INTERNATIONAL SEED FEDERATION (ISF) 2021. Recommended codes for pest organisms in vegetable crops. Disponible en línea en: <https://worldseed.org/our-work/disease-resistance/pest-codes/>
- GUL-EKER, M. Y I. OZER ELIBUYUK. 2019. Ocurrence of Tomato Yellow leaf curl virus and Tomato Chlorosis Virus mixed infections in protected tomato plants, Antalya, Turkey, Phytoparasitica, 47(3): 441-449.
- HANSSEN, I.M., M. LAPIDOT Y P.H.J. THOMMA. 2010. Emerging viral diseases of tomato crops. Molecular Plant-Microbe Interactions, 23(5): 539-548
- LAPIDOT, M. Y F. FRIEDMANN. 2002. Breeding for resistance to whitefly-transmitted geminivirus. Annals of Applied Biology, 140: 109-127.
- MANSILLA, P.J., D. BAMPI. N.V. RONDINEL, P.C.T. MELO, A.L. LOURENCAO Y J.A.M. REZENDE. 2018. Screening tomato genotypes for resistance and tolerance to Tomato chlorosis virus. Plant Pathology, 67(5): 1231-1237.
- NAVAS CASTILLO, J., R. CAMERO, M. BUENO Y E. MORIONES. 2000. Severe yellowing outbreaks in tomato in Spain associated with infections of Tomato chlorosis virus. Plant Disease, 84(8): 835-837
- SANTOS, B., C. RODRÍGUEZ Y L. TRUJILLO. 2013. Variedades de tomate de ensalada. Campaña 2012-13. Información Técnica. Servicio de Agricultura. Cabildo de Tenerife. 10 p.

---

## AGRADECIMIENTOS

---

Los autores quieren agradecer la colaboración de todo el personal de SAT Raymi, que ha sido imprescindible para poder llevar a cabo este trabajo. Por último, estos ensayos no serían posibles sin la participación de las casas comerciales.

**TABLAS****Tabla 1.** Producciones finales y mensuales.

CULTIVAR	PRODUCCIÓN FINAL		PRODUCCIONES TOTALES MENSUALES			
	TOTAL	COMERCIAL	OCTUBRE*	NOV.	DIC.	ENERO
			KG.M <sup>-2</sup>			
214063R	5,26	4,91	0,71	2,76	0,81	0,98
Amaya	5,62	5,16	0,65	2,75	1,33	0,90
Arano	6,19	6,00	1,34	2,68	1,16	1,01
B515	6,09	5,79	1,85	2,62	0,99	0,64
Boing	5,41	4,99	1,46	2,20	0,97	0,78
Calabardina	6,63	6,28	1,84	2,29	1,41	1,09
Don George	6,07	5,69	0,79	3,08	1,51	0,69
ISI 62088	5,53	4,99	2,02	2,92	1,06	0,69
Kabrera	6,69	6,49	0,92	2,71	1,09	0,81
Roque	6,10	5,75	1,16	2,98	1,09	0,86
Vayana	5,39	5,00	1,51	2,39	0,94	0,55
DSM***	1.496	1.495	0.605	0.749	0.352	0.348
CV est. (%)	14.9	14.8	29.1	17.7	20.3	27.4

\*: La recolección comenzó el 17 de octubre.

\*\*: Los cultivares con la misma letra son similares a efectos estadísticos con el test LSD 95%

\*\*\*: Diferencia que debe haber entre producciones de dos cvs. para ser diferentes a efectos estadísticos (Test LSD, 95%)

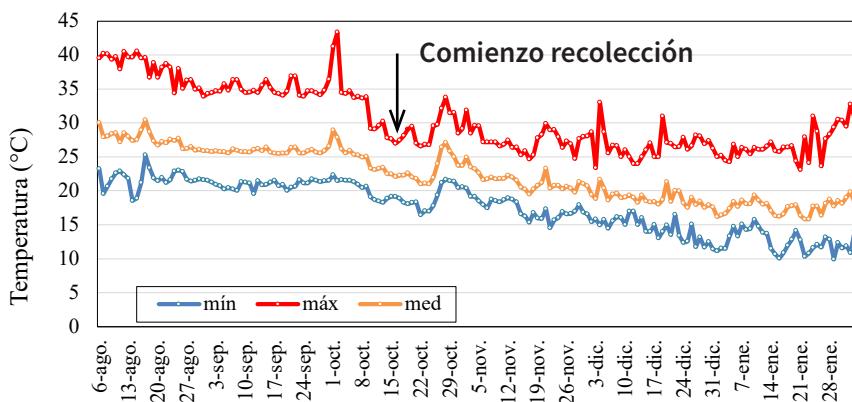
**Tabla 2.** Evolución de la dureza en postcosecha.

CULTIVAR	PORCENTAJE DE DUREZA					
	1 DÍAS TRAS RECOLECCIÓN		8 DÍAS TRAS RECOLECCIÓN			
214063R	84,3	±5,6*	c**	56,5	±11,2	c**
Amaya	87,0	±3,9	abc	64,6	±11,2	ab
Arano	89,0	±5,2	abc	66,7	±9,7	ab
B515	87,1	±5,7	abc	65,8	±10,1	ab
Boing	85,4	±5,0	bc	65,1	±9,1	ab
Calabardina	90,6	±4,6	a	70,2	±9,4	a
Don George	84,0	±5,4	bc	64,4	±10,6	abc
ISI 62088	88,6	±6,4	abc	69,1	±10,7	ab
Kabrera	88,6	±5,6	ab	62,1	±10,2	bc
Roque	85,9	±8,0	abc	64,4	±9,2	abc
Vayana	87,3	±4,8	abc	66,7	±11,2	ab
Verlenza	89,1	±5,3	ab	69,0	±10,5	ab
CV est. (%)		6,4			13,6	

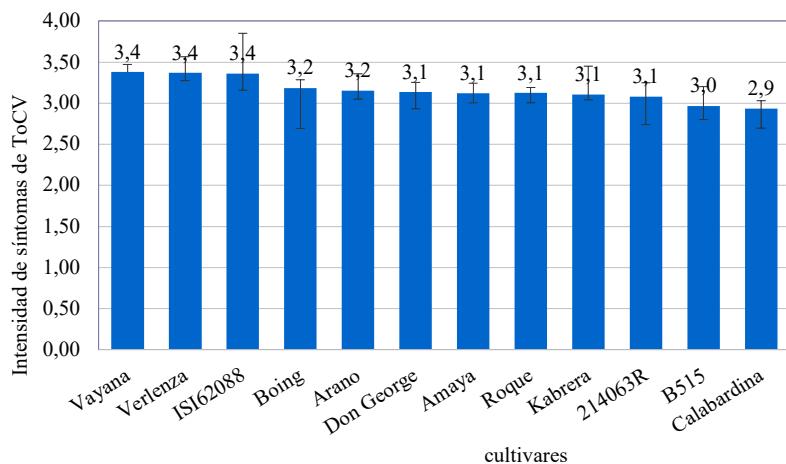
\*: Se muestran los datos medios ± coeficiente variación entre tomates

\*\*: Los cultivares con la misma letra son similares a efectos estadísticos con el test LSD 95%

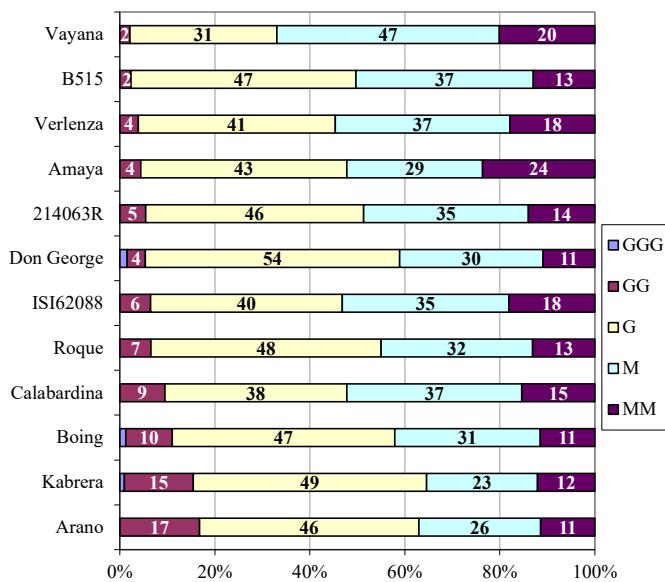
## FIGURAS



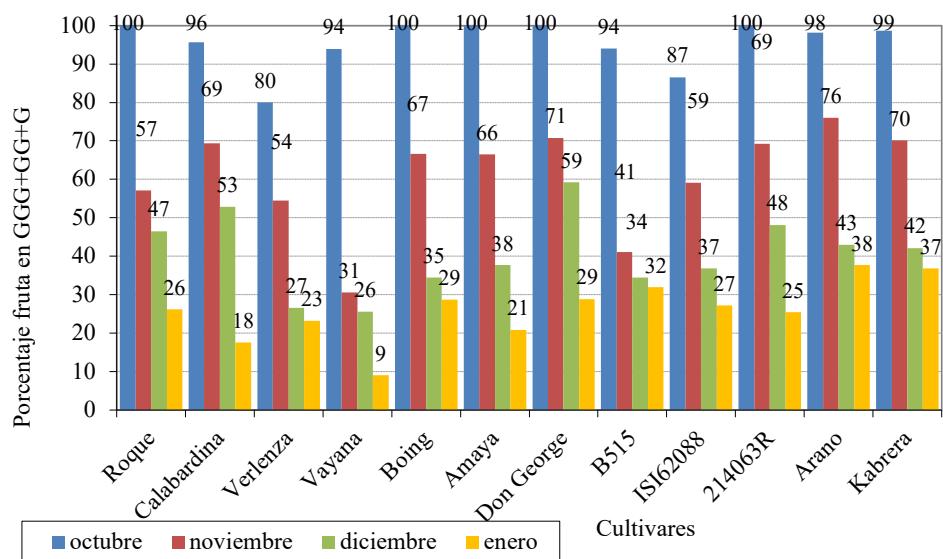
**Figura 1.** Temperaturas diarias registradas en el invernadero.



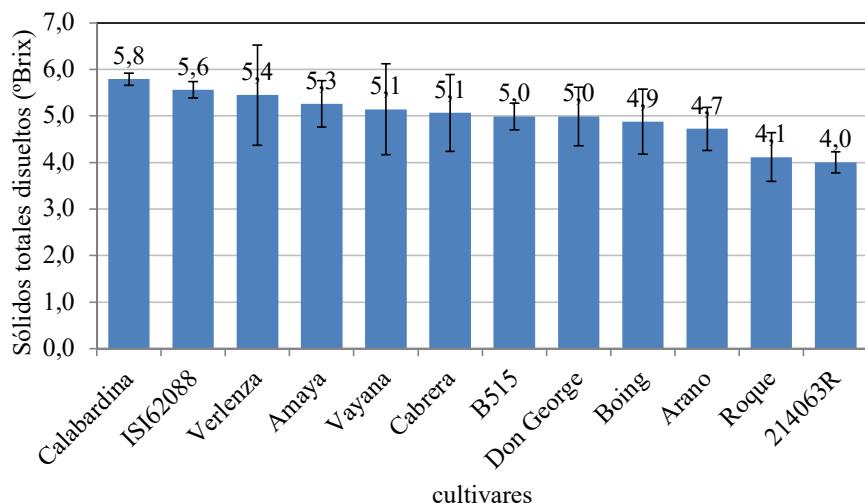
**Figura 2.** Intensidad de síntomas de ToCV al final del ensayo.



**Figura 3.** Calibres finales obtenidos en el ensayo.



**Figura 4.** Comportamiento mensual de los calibres grandes (GGG+GG). El testigo se remarca en otro color.



**Figura 5.** Sólidos totales disueltos de los cultívares del ensayo en postcosecha, de mayor a menor.

# **COMPORTAMIENTO DE VARIEDADES AUTÓCTONAS DE TOMATE EN FIBRA DE COCO CULTIVADO EN INVERNADERO**

**Varó, P. Gálvez, R. J. Navarro**

Centro Integrado de Formación y Experiencias Agrarias de Torre Pacheco. Av. Gerardo Molina, 30700. Torre Pacheco (Murcia)

## **RESUMEN**

En este ensayo se pretende conocer el comportamiento de diferentes tipos de tomate autóctono, procedente del banco de germoplasma del IMIDA (BAGERIM) y de la selección realizada en el CIFEA, para consumo en fresco, cultivados sobre fibra de coco en invernadero sin calefacción, entre los meses de enero y julio. Para la realización del ensayo se utilizó un invernadero de 23 x 16 m, multitunel de 4 m de altura a la canal con cubierta de polietileno térmico de 800 galgas. Se sembró a mediados de noviembre de 2019 y se trasplantó el 9 de enero de 2020, sobre tablas de fibras de coco reutilizadas, provenientes de un cultivo anterior de melón. El suelo estaba cubierto por malla anti hierbas de color verde. Para el aporte de la fertirrigación, se utilizan goteros de botón autocompensantes netafin de 4 lt.h<sup>-1</sup>, con micro tubo y piqueta a cada planta. Se evaluó el comportamiento de 16 cultivares de tomate de diferentes tipos: cherry, pera, redondos y acostillados. Todos los cultivares eran de porte indeterminado y se podaron a una guía, entutorándolas con carretes de hilo de rafia a un emparrillado de alambre dispuesto a 3,5 m de altura. Para la toma de datos se muestrearon 10 frutos de 5 plantas de cada variedad, de los que se determinó: peso, forma, color, grados brix, número de frutos por racimo, número de carpelos, textura de la pulpa y sabor. Así como las características vegetativas de los cultivares: vigor, foliolos, racimos, fisiopatías y aspecto general de la planta. La recolección comenzó a finales de abril, de forma escalonada, dada la diversidad de cultivares, siendo los tipos cherry los más precoces. Se dio por finalizada la recolección a finales de junio. Destacamos entre los cultivares tipo cherry, el tomate amarillo (Lyco 220) por su vigor y dulzor de los frutos 9,4 °Bx, pero poco firme, seguido del Huevo de Paloma pequeño (Lyco 58), por su firmeza y sabor. Del tipo aperado destacó por su tamaño Corazón de Buey (CIFEA) y el tomate de la Vega (Lyco 213) por su sabor. En cuanto a los cultivares gruesos asurcados, destacaron por sabor Muchamiel CIFEA y Rosa de la Arboleja (Lyco 190). Entre los cultivares lisos, destacaron Flor de Baladre de Espinardo (Lyco 168) y CIFEA, así como el tomate de la Vega (Lyco 204), por su tamaño, peso y sabor. De los cultivares lisos redondos, destacó Bola Negra (Lyco 125) por tamaño, color y sabor, aunque mostro ligero blossom. Los cultivares mostraron mostrando buena adaptación a los condiciones de cultivo sin suelo e invernadero, por lo que nos anima a seguir con futuros ensayos, repitiendo los cultivares con mejores resultados e incorporando nuevos cultivares, procedentes del banco de germoplasma BAGERIM.

## INTRODUCCIÓN

El tomate es un cultivo de gran importancia para la Región de Murcia, siendo la zona de Mazarrón y Águilas las principales productoras de esta hortaliza. En el resto de la Región es poco cultivado, tanto al aire libre como bajo invernadero.

Consideramos conveniente realizar este ensayo demostrativo, del comportamiento de 16 cultivares de tomate de variedades autóctonas de diferentes tipos, en cultivo semihidropónico de fibra de coco, en las condiciones climáticas del Campo de Cartagena, con el fin de que los alumnos, técnicos y agricultores puedan comprobar el comportamiento y calidad de diferentes cultivares de tomate autóctono, a la vez, que pueden realizar prácticas de las labores de cultivo.

Para la toma de datos se muestrean cinco plantas por cultivar, de las cuales se recolectan 10 frutos para determinar: peso, forma, color, grados brix, número de frutos por racimo, número de carpelos, textura de la pulpa y sabor. Se determinan también las características vegetativas: vigor, foliolos, racimos, fisiopatías y aspecto general de la planta.

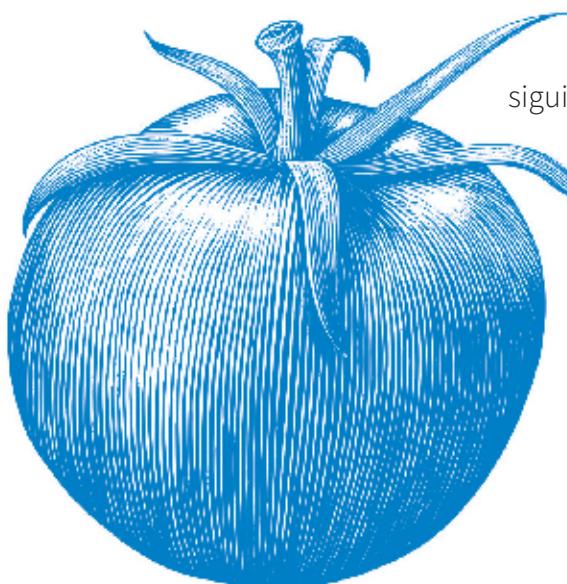
Se trata de dar información sobre el comportamiento agronómico, productivo y calidad del fruto de los diferentes cultivares de tomate, procedente de semilla autóctona, del banco de germoplasma del IMIDA (BAGENIM), para evitar su desaparición y comprobar sus cualidades. Al ser el Campo de Cartagena una zona con bajo índice de superficie cultivada de tomate, la producción podría tener cabida en los mercados locales.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El cultivo se ha realizado en un invernadero frío, tipo multitúnel de 23 x 16 m, con altura lateral bajo canal de 4 metros y máxima cenital de 4,5 metros. Ventilación cenital y lateral. Paramentos laterales de policarbonato y cubierta de polietileno de 800 galgas. La superficie total del suelo estaba cubierta de malla anti hierbas de color verde opaca a la luz y permeable al agua.

El substrato empleado en semihidroponia fue fibra de coco reutilizada, utilizadas el año anterior para un cultivo de pimiento. Las tablas se colocaron sobre canales de poliespan, recubiertos de una lámina de polietileno que conduce el agua del drenaje sobrante que no aprovechan las plantas a un canal de desague que desemboca en un depósito acumulador. La disposición de las tablas de fibra de coco, de 1 metro de longitud, en la superficie del invernadero es la siguiente: filas pareadas con separación de 0,5 m entre ellas, y pasillos de 1,25 m., entre filas, completándose un total de 10 filas.

El semillero se realizó en Semilleros El Jimenado a mediados de noviembre de 2019. La heterogeneidad de las variedades, provocó mermas en algunos cultivares, aunque hubo representación de todas aunque con diferencias en el



tamaño y sistema radicular. Una vez trasplantadas, el enraizamiento fue bien y el crecimiento, normal.

El trasplante se realiza el 9 de enero de 2020 (con 3 plantas por tabla de fibra de coco) quedando los cultivares de tomate dispuestos según croquis (Tabla 1).

Para el aporte de la fertirrigación, se utilizaron goteros de botón autocompensantes de 4 lt/h<sup>-1</sup>, con micro tubo y piqueta a cada planta. Se hidrataron las tablas antes de la plantación y los riegos comenzaron con el trasplante, al principio 2 riegos diarios de 3 minutos, que fueron incrementando hasta llegar a 24 riegos de 5 minutos. El aporte de agua diario dependió del drenaje (agua de riego no utilizada por la planta y que es drenada), manteniendo un valor entre el 12 y 30%. La CE de salida se ha mantenido entre 2,05 mmhos.cm<sup>-2</sup> al principio a 2,99 durante la recolección y el pH entre 5,53 y 6,12.

Se utilizó un cabezal de riego con programador y control de pH y CE, utilizando cuatro tanques para soluciones nutritivas y micro elementos. Los fertilizantes empleados han sido: Fosfato mono potásico, Innitro fluid 27-0-0 + DCD, Innitro fluid DMPP Calcium 15-0-0 + 9,5 CaO., Nitrato potásico, Ácido nítrico y micro elementos. Las soluciones se concentrarán un 5 %.

Las plantas se condujeron a una guía, entutorándolas mediante carrete de hilo de rafia a un emparrillado de alambre dispuesto a 3,5 metros de altura. Las plantas se despuntaron al llegar al emparrillado de alambre que sujeta el hilo de entutorar, sobre los 3,5 metros de altura y entre 7 y 11 racimos por planta, según cultivar.

Para la polinización se utilizaron abejorros solitarios, utilizando una colmena, el 22 de febrero.

Se han utilizado dos sublimadores de azufre durante 3 horas al día, entre la 1 y las 4 horas, durante los meses de abril y mayo. El único tratamiento fitosanitario fue una aplicación de oxamilo al cuello de la planta con mochila (7 de febrero). Los insectos útiles utilizados, han sido:

- Suelta de *Nesidiocoris*, el 25 de marzo
- Colocación de 3 trampas de agua para *Tuta revoluta*, desde el 13 de abril

Se evaluó el comportamiento de 17 cultivares de tomate, tomando muestras de 5 plantas. Para realizar la descripción de los cultivares, se han tenido en cuenta, la planta, hoja, racimo y frutos. Se recolectaron muestras de frutos entre 3 y 4 racimo, para determinar las características de los frutos. El tamaño de la muestra para sacar los diámetros y el peso, ha sido de 10 frutos por cultivar.

## RESULTADOS

La descripción de las variedades se ha realizado de forma visual. En la foto 1, se muestran los frutos de los diferentes cultivares. En la tabla 1, se describe la planta de cada cultivar, teniendo en cuenta el vigor de la misma y su aspecto, en cuanto a la disposición de las hojas y volumen de las mismas. Esto nos indica el grado de aireación por la proximidad

y cantidad de las hojas, parámetro de importancia para la aireación y entrada de luz a la planta. En la tabla 2, se describe la hoja, teniendo en cuenta el número de foliolos, color, tacto y posibles incidencias fisiológicas o de otro tipo. En la tabla 3, se describen los racimos, en cuanto a su forma, número de frutos, bifurcaciones, que aparecen principalmente en los cultivares cherry. En la tabla 4, se describe el aspecto del fruto, color, forma, peso, presencia de hombros, diámetro ecuatorial y cenital. En la tabla 5, se describen las características de los frutos, grados brix, textura, semillas, número de carpelos, fisiopatías y sabor.

La recolección comenzó a mediados de abril, de forma escalonada, por los diversos tipos y cultivares, siendo los tipos cherry los más precoces, dando por finalizada la recolección a finales de junio. La calidad de los frutos en cuanto a su sabor, forma y producción, ha sido en general buena. La adaptación al sistema de cultivo hidropónico sobre fibra de coco, ha sido desigual, las necesidades de fertirrigación son diferentes entre los cultivares, pudiendo obtener mejor calidad y producción con los aportes específicos para cada cultivar.

**En los tipos cherry**, el cultivar **Amarillo**, destaca por su sabor y dulzor, con 9,4 °Bx, aunque poco firme de piel, lo que adelanta la madurez en postrecolección. El resto de cultivares han tenido buen sabor (entre 7,4 y 8,6 °Brix) con diferentes formas y colores lo que le hacen atractivos al consumidor,

**En los tipos aperados**, ha destacado **Corazón de Buey CIFEA** por tamaño y sabor, y **el tomate de mesa (Lyc 213)**, por su consistencia, actitud para conserva y sabor.

**Entre los tipos gruesos/acostillados**, destaca **Rosa de la Arboleja (Lyc 190)**, por su color rosado, tamaño y buen sabor, así como **Muchamiel CIFEA** por tamaño y sabor, aunque con ligero blossom.

**Los de tipo grueso/lisos**, como **Flor de Baladre Espinardo (Lyc 168) y CIFEA** por el color rosado, sabor y tamaño, así como el **tomate de la Vega (Lyc 204)**, por su color rojo intenso, tamaño y sabor.

De los cultivares lisos redondos, destaca el **Bola Negra (Lyc 125)** por tamaño, color y sabor, aunque muestra ligero blossom y el **Flormu (Lyc 44)**, por su sabor, con 7,4 y 7,7 °Bx, respectivamente .

## CONCLUSIONES

Los resultados de producción y calidad, han sido buenos en recolecciones hasta final de mayo, a partir de aquí, se van produciendo anomalías foliares y pérdida en la calidad de los frutos con la aparición de *blossom*, ocasionados posiblemente, por una fertilización inadecuada, al utilizar los fertilizantes de los que desconocíamos la forma de actuar en la planta, que aconsejaba la Ley de Protección del Mar Menor, la cual prohibía la utilización de algunos fertilizantes como nitrato cálcico y amónico. También ha coincidido con la pandemia del COVID19, lo que ha ocasionado que algunas labores no se desarrollaran en

el periodo adecuado. Los datos obtenidos en la calidad de los frutos, han sido por apreciación visual del grupo de trabajo.

Destacamos entre los cultivares tipo cherry, el tomate Amarillo (Lyco 220) por su vigor y dulzor de los frutos 9,4 °Bx, pero es poco firme, seguido del Huevo de paloma pequeño (Lyco 58), por su firmeza y sabor.

Del tipo aperado destaca por su tamaño corazón de Buey (CIFEA) y el tomate de Mesa (Lyco 213) por su sabor.

En cuanto a los cultivares gruesos asurcados, destaca por sabor el Muchamiel CIFEA y Rosa de la Arboleja (Lyco 190), por su sabor.

Entre los cultivares lisos, destaca el Flor de Baladre de Espinardo (Lyco 168) y CIFEA, así como el tomate de la Vega (Lyco 204), por su tamaño, peso y sabor.

De los cultivares lisos redondos, destaca el bola negra (Lyco 125) por tamaño, color y sabor, aunque muestra ligero blossom.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está englobado dentro del Proyecto 20CTP1\_10, cofinanciado por La Región de Murcia y el FEADER, a través de la medida 111 del PDR.

## FOTOGRAFÍAS



**Fotografía 1.** Diferentes tipologías de los frutos.

**TABLAS****Tabla 1.** Descripción de la planta por cultivares.

<b>CHERRY</b>	<b>VIGOR</b>	<b>ASPECTO</b>
HUEVO PALOMA PEQUEÑO	Alto	Denso
AMARILLO L 220	Muy alto	Menos denso
NARANJA	Alto	Aireado
CEBRALIN	Medio-alto	Aireado
<b>APERADAS</b>		
LYCO 254	Alto	Aireado
T. DE MESA L 213	Alto	Denso, muy compacto
CORAZON DE BUEY CIFEA	Alto	Menos denso y compacto
<b>GRUESAS ACOSTILLADAS</b>		
MUCHAMIEL CIFEA	Alto	Menos denso
LYCO 282	Medio	Aireado
ROSA DE LA ARBOLEJA	Alto	Denso
<b>LISAS</b>		
FLOR DE BALADRE CIFEA	Alto	Denso
FLOR DE BALADRE DE ESPINARDO L 168	Medio-alto	1º Tercio denso
DE LA VEGA L 204	Medio	Denso
BOLA NEGRA L 125	Medio	Aireado
DE COLGAR	Alto	Compacto
FLORMU L 44	Alto	Aireado

**Tabla 2.** Descripción de las hojas.

<b>CHERRY</b>	<b>TAMAÑO</b>	<b>TACTO</b>	<b>COLOR</b>	<b>FOLIOLOS</b>	<b>FISIOPATÍAS</b>
HUEVO DE PALOMA PEQUEÑO	Grande	Coriáceo	Verde oscuro	Peciolados	Ligera
AMARILLO L 220	Grande	Suaves	Verde claro	Subdivididos	Moteado
NARANJA L 85	Mediana	Menos suave	Verde	Muy peciolado	No
CEBRALIN	Pequeña	Coriáceo	Verde oscuro	Peciolado y subdivididos	Epinastia
<b>APERADAS</b>					
CORAZÓN DE BUEY CIFEA	Grandes	Suaves	Verde claro	Muy peciolados	No
LYCO 254	Mediana	Suaves	Verde	Peciolados	No
DE MESA L 213	Mediana	Suaves	Verde	Poco peciolados	No
<b>ACOSTILLADAS</b>					
MUCHAMIEL CIFEA	Grande	Algo coriácea	Verde claro	Abundantes y subdivididos	Epinastia
LYCO 282	Pequeño	Suave	Verde	Subdivididos	No
ROSA DE LA ARBOLEJA L 190	Mediana	Suave	Verde	Peciolados y subdivididos	No

<b>LISAS</b>					
FLOR DE BALADRE CIFEA	Grande	Suaves	Verde claro	Peciolados	Ligera
FLOR DE BALADRE DE ESPINARDO L 168	Grande	Suaves	Verde claro	Muy peciolados, subdivididos y abundantes	No
BOLA NEGRA L 125	Mediana	Suave	Verde oscuro	Peciolado y subdividido	No
DE COLGAR	Grande	Suave	Verde claro	Peciolado	No
DE LA VEGA L 204	Pequeño	Suaves	Verde claro	Peciolados	No
FLORMU L 44	Grande	Suave	Verde claro	Peciolada	No

**Tabla 3.** Descripción del racimo.

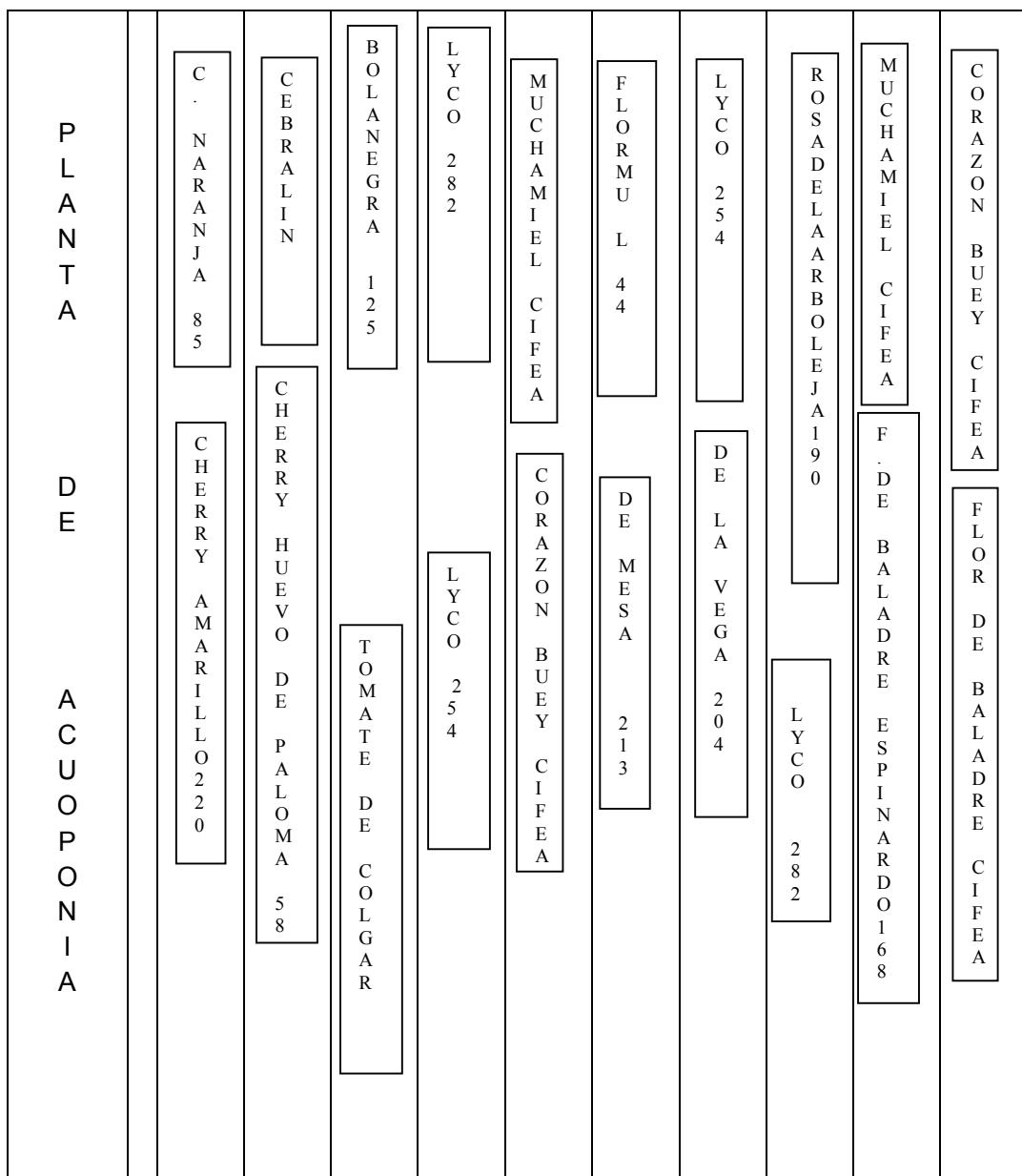
<b>CHERRY</b>	<b>FORMA</b>	<b>BIFURCACIONES</b>	<b>FRUTOS RACIMO</b>
HUEVO PALOMA PEQUEÑO L 58	Espiga ramificada	2-3	35-40
AMARILLO L 220	Espiga ramificada	3-4	35-45
NARANJA L 85	Espiga ramificada	1-2	12-15
CEBRALIN L 124	Espiga	No	10-15
<b>APERADAS</b>			
CORAZÓN DE BUEY CIFEA	Racimo	2-3	8-10
DE MESA L 213	Espiga	No	5-8
LYCO 254	Espiga	No	5-7
<b>ACOSTILLADAS</b>			
MUCHAMIEL CIFEA	Racimo	2-3	4-6
LYCO 282	Racimo	No	5-6
ROSA DE LA ARBOLEJA L 190	Racimo	2-3	3-5
<b>LISAS</b>			
FLOR DE BALADRE CIFEA	Racimo	2-3	4-5
FLOR DE BALADRE DE ESPINARDO L 168	Racimo	1-2	3-4
BOLA NEGRA L 125	Espiga	No	8-10
DE COLGAR	Racimo	No	5-6
DE LA VEGA L 204	Racimo	No	4-6
FLORMU L 44	Racimo	1-2	6-9

**Tabla 4.** Descripción del aspecto del fruto.

CHERRY	COLOR	HOMBROS	FORMA	PESO	Φ	Φ	Φ
				FRUTA G	ECUATORIAL MM	CENITAL MM	ΦE/ΦC
HUEVO DE PALOMA PEQUEÑO L 58	Rojo intenso	No	Cilíndrico alargado	13,7	24,5	33	1,34
AMARILLO L 220	Amarillo dorado	Si	Esférica	19,2	29,3	30,2	1,03
NARANJA L 85	Amarillo yema	No	Alargado-mucronado	20,0	22,7	35,4	1,56
CEBRALIN L 124	Verde dorado	No	Esférico	32,0	35,8	36,9	1,03
<b>APERADAS</b>							
CORAZÓN DE BUEY	Rojo pálido	Si	Aperado acostillada	218	64,9	65,7	1,01
LYCO 254	Rojo vivo	Si	Aperado	129	54,4	72,5	1,33
DE MESA L 213	Rojo pálido	Si	Aperado	149	63,9	68,8	1,07
<b>GRUESAS ACOSTILLADAS</b>							
MUCHAMIEL CIFEA	Rojo Pálido	Si	Aplastada, acostillada	243	78	61,5	0,78
LYCO 282	Rojo verdoso	Si	Aplastada	140	74,2	43,8	0,59
ROSA DE LA ARBOLEJA	Rojo rosado	No	Aplastada	304	90,5	63,3	0,69
<b>GRUESAS LISAS</b>							
FLOR DE BALADRE CIFEA	Rosado rosado	No	Aplastada	271	83,1	65	0,78
DE COLGAR	Rojo pálido	Si	Aplastada	126	71,5	52,1	0,72
FLOR DE BALADRE DE ESPINARDO L168	Rosado rosado	No	Aplastada	343	114	69,6	0,61
DE LA VEGA L 204	Rojo intenso	No	Aplastada	254	87,1	59,2	0,68
<b>MEDIANO NEGRO LISO</b>							
BOLA NEGRA L 125	Verde oscuro	No	Esférica	81	45	42,8	0,95
FLOMU LYCO 44	Rojo intenso	No	Esférica aplastada	36	41,1	35,6	0,86

**Tabla 5.** Descripción de las características del fruto.

CHERRY	GRADOS BRIX	TEXTURA PULPA	SEMILLA	Nº CARPELOS	GROSOR CARPELAR MM	FISIO-PATÍAS	FIRMEZA KG	SABOR
HUEVO DE PALOMA PEQUEÑO L 58	8,6	Firme, crujiente, densidad media	Patentes	Bicarpelar	3-4	No	3	Agridulce equilibrado
AMARILLO L 220	9,4	Menos crujiente, densidad baja	Patentes	Bicarpelar	4-5	No	2,5	Muy dulce
NARANJA L 85	7,3	Poco firme, crujiente, denso	Patentes	Bicarpelar	5-6	No	2,5	Dulce, algo insulso
CEBRALIN L 124	8,4	Muy crujiente, densidad media	Patentes	Bicarpelar	4-5	No	3,3	Agridulce muy equilibrado
<b>APERADAS</b>								
CORAZÓN DE BUEY	6,2	Poco firme, densidad media	Poco patentes	Multicarpelar	7-8	No	3,8	Muy agradable
LYCO 254	4,6	Poco firme	Poco patentes	Tricarpelar	7-8	No	3,0	Algo insípido
DE MESA L 213	6,2	Firme, densa	Poco patentes	Tricarpelar	9-10	No	4,4	Agradable equilibrado
<b>GRUESAS ACOSTILLADAS</b>								
MUCHAMIEL CIFEA	6,0	Firme	Poco patentes	Múltiple	7-8	Ligero Blossom	3,7	Equilibrado, dulce
LYCO 282	4,8	Firme	Patentes	Múltiple	4-5	Blossom	3,6	Equilibrado
ROSA DE LA ARBOLEJA	5,7	Firme y abundante	Patentes	Múltiple	8-9	No	3,2	Equilibrado, dulce
<b>GRUESAS LISAS</b>								
FLOR DE BALADRE CIFEA	6,1	Firme y densa	Poco patentes	Múltiple	9-10	No	3,4	Dulce y equilibrado
DE COLGAR	4,4	Firme	Poco patentes	Tricarpelar	8-9	No	3,9	Algo insípido
FLOR DE BALADRE DE ESPINARDO L168	6,3	Firme y densa	Poco patentes	Múltiple	8-9	No	3,4	Dulce y equilibrado
DE LA VEGA L204	57,1	Firme y muy densa	Poco patentes	Múltiple	7-8	No	4,1	Dulce y equilibrado
<b>PERA</b>								
BOLA NEGRA L 125	7,4	Firme, crujiente, muy densa	Patentes	Tricarpelar	7-8	Algo de blossom	3,8	Muy dulce
FLORMU LYCO 44	7,7	Poco firme	Patentes	Bicarpelar	4-5	No	2,3	Muy dulce



**Figura 1:** Croquis de la plantación con los cultivares ensayados.

# **COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE VARIEDADES DE TOMATE PARA INDUSTRIA EN EL VALLE DEL GUADALQUIVIR**

**P. Cermeño-Sacristán<sup>1</sup>, M. A. Sánchez Moreno<sup>2</sup> V.H. Durán-Zuazo<sup>3</sup>, L. Andreu-Cáceres<sup>4</sup>, R. Bocanegra-Caro<sup>1</sup>, M.J. Romero-Solís<sup>1</sup>, García-Rodríguez P<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup>IFAPA Las Torres. Alcalá del Río. Sevilla.

<sup>2</sup>S.C.A. Las Marismas. Lebrija. Sevilla.

<sup>3</sup>IFAPA Camino de Purchil. Granada

<sup>4</sup>Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica. Universidad de Sevilla.

## **RESUMEN**

La evolución del tomate de industria ha sido importante en los últimos treinta años con importantes cambios en su sistema de producción (cambio del sistema riego inicialmente a manta a localizado, mecanización total del cultivo, disponibilidad de cultivares más productivos y de mejor calidad). El bajo Guadalquivir es la segunda zona productora de España, experimentando un aumento los rendimientos desde las 50 t.ha<sup>-1</sup> en 1986 a cifras superiores a las 100 t.ha<sup>-1</sup> actuales. La amplia oferta de cultivares que tienen las casas comerciales en sus catálogos da lugar a la necesidad de seleccionar cada año las mejores variedades adaptadas a las condiciones del sur de España. El tomate y productos derivados son fuente de compuestos bioactivos para la salud, no solo por su concentración, también por el alto consumo de este tipo de alimentos en el mundo, segundo alimento en el ranking de productos consumidos. En este trabajo se estudió el comportamiento agronómico de dieciocho variedades de tomate para industria (9 en periodo temprano y 9 en periodo medio de cultivo), incluyendo parámetros de calidad y compuestos funcionales (vitamina C). Se realizó en el año 2020, con diseño estadístico de bloques completos al azar. El cultivo en el Bajo Guadalquivir está completamente mecanizado. Para que los resultados reflejaran los datos de la situación real el tamaño de la parcela elemental fue de 360 m<sup>2</sup>. Superficie neta total (sin bordes) de ambos ensayos 19440 m<sup>2</sup>. Los máximos rendimientos se obtuvieron con UG-1357 y H-1301 en plantación temprana y H-1879 en tardía. Sportium y H-1301 en cultivo temprano y Enotrio en cultivo tardío obtuvieron los máximos contenidos en sólidos solubles totales. Gong y Enotrio obtuvieron los máximos concentraciones en vitamina C para plantaciones temprana y media, respectivamente.

**Palabras clave:** *rendimiento, calidad, precocidad, licopeno, acidez*

## INTRODUCCIÓN

El tomate es la principal hortaliza cultivada en el mundo. Se producen anualmente más de 150 millones de toneladas, de las cuales alrededor del 25% se destina a la industria. De esta fracción, más del 70% se destina a pasta de tomate y el resto a otras conservas, salsas, jugos y deshidratados. El principal país productor es Estados Unidos, seguido de China, Italia, Irán, España, Turquía, Brasil y Portugal (Tapia, 2013)

La producción de tomate para industria en España está concentrada principalmente en tres zonas del país, áreas en las que se localizan las empresas transformadoras: Extremadura (Vegas del Guadiana), Andalucía (Bajo Guadalquivir) y en Navarra-Aragón (Valle del Ebro). Destacando Extremadura con el 65% (22.778 ha) de la superficie y producción de toda España en 2020. Las variaciones climáticas entre las distintas regiones españolas hacen que sea el país mediterráneo con mayor amplitud de campaña. Comenzando a mediados de julio y finalizando a finales de octubre/principios de noviembre. (MAGRAMA, 2008)

En Andalucía se dedica una superficie de 8777 ha al cultivo del tomate de industria de las cuales 73 ha son en sistema de cultivo en secano y 8704 ha en regadío. (Seoane *et al.*, 2015)

En este cultivo el incremento de rendimientos ha sido importante, de ser inferior a 50.000 kg/ha en los primeros años a sobrepasar los 130.000 Kg/ha en estas últimas campañas. Ello se ha debido a diferentes factores, uno a destacar son las nuevas variedades que aparecen en el mercado. Lo normal es que variedades con éxito en una campaña, no se mantengan y sean sustituidas por otras nuevas. Al evaluar las variedades de tomate para concentrado hay que considerar los índices sobre los cuales se va a hacer la caracterización de la variedad. Debido a la elevada capacidad de producción de las variedades existentes en el mercado, no es fácil establecer diferencias entre ellas, siendo aconsejable tener en cuenta el resto de los índices estudiados (Rodríguez *et al.*, 1995).

El objetivo de este ensayo es evaluar el rendimiento y la calidad de dieciocho cultivares de tomate de industria en la zona del Bajo Guadalquivir.

## MATERIAL Y MÉTODOS



Se han elegido 18 cultivares de tomate de industria (9 tempranos y 9 medios) procedentes de diferentes casas comerciales que se presentan en la siguiente tabla. Las plantas se han obtenido en semillero aprovechando las instalaciones del semillero de la S.C.A. Las Marismas.

**Tabla:** Cultivares ensayados.

<b>CV TEMPRANOS</b>	<b>C COMERCIAL</b>	<b>TRASPLANTE</b>	<b>RECOLECCIÓN</b>
Pumatis	Clause	11/03/2020 -	16/07/2020
Sipontium	Clause		
UG-11239	Unigen Seeds		
UG-1357	Unigen Seeds		
Gong	ISI Seminis		
H-1301	Heinz		
Jag-8810	Unigen-Seeds		
H-1879	Heinz		
Jag-8810	Unigen-Seeds		

<b>CV MEDIOS</b>	<b>C COMERCIAL</b>	<b>TRASPLANTE</b>	<b>RECOLECCIÓN</b>
TP-284	Intersemillas	27/03/2020 -	27/07/2020
UG-14014	Unigen Seeds		
UG-4014	Unigen Seeds		
Enotrio	Clause		
Sailor	ISI Sementis		
N-00296	Nunhems		
H-1879	Heinz		
H-1015	Heinz		
Faber	ISI Sementis		

El ensayo siguió el diseño experimental de bloques al azar con 3 repeticiones. Las parcelas experimentales fueron de 360 m<sup>2</sup>, la superficie total del ensayo 11.880 m<sup>2</sup>, y el marco de plantación de 0,22m x 1,50m.

El ensayo se ha realizado en el Sector BXII del Bajo Guadalquivir, propiedad de la S.C.A. Las Marismas, en el término municipal de Lebrija (Sevilla). El suelo de textura arcillosa con riesgo medio de compactación.

Con fecha del 11 y 27 de marzo se realiza una plantación de 9 cultivares tempranos y 9 cultivares medios, respectivamente. La densidad de plantación fue 29.500 plantas·ha<sup>-1</sup>. La fecha de recolección fue el 16 de julio (cultivares tempranos) y 27 de julio (cultivares medios). Ciclo del cultivo comprendió 121 días en ambos casos.

Los parámetros medidos fueron: Producción total, porcentaje de tomates rojos buenos, rojos podridos y verdes, porcentaje de humedad mediante método de secado en estufa ; calibre mediante pie de rey marca Electronic Miltutoyo digital ABSOLUTE DIGIMATIC; sólidos solubles totales mediante refractómetro digital ATAGO.Co.LTD; pH mediante pH-metro checker HANNA INSTRUMENTS; acidez titulable mediante volumetría ácido-base ; índice de color mediante colorímetro Spectrophotometer CM-2600 KONICA MINOLTA;

Firmeza mediante penetrómetro 53025 Digital fruit firmness tester Turoni, Italy.

Se realizó un análisis de varianza ANOVA al 95% de nivel de confianza y estudio de la mínima diferencia significativa LSD, mediante el software Statistix 8.0.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Si observamos la figura 1, la mayor producción alcanzada fue de  $82.228 \text{ kg ha}^{-1}$  en el cultivar de temporada media H-1879, seguida de Faber con  $79539 \text{ kg ha}^{-1}$  unos datos que están en consonancia con los datos medios obtenidos por otros autores (Campillo, 2015). Las bajas temperaturas y las precipitaciones de marzo, abril y mayo mermaron las producciones de este año, obteniéndose producciones inferiores a lo esperado.

En la figura 2 se observa el estado de maduración del fruto de los cultivares en el momento de la recolección. De este modo se observó que el cultivar Faber fue el de mayor precocidad ya que obtuvo un mayor porcentaje de tomates rojos (93% rojos buenos y 2,47% rojos podridos). El cultivar H-1879 el más tardío con el mayor porcentaje de frutos verdes (29,99%).

Se estudió el grado de humedad del fruto, obteniéndose así información sobre el contenido en materia seca. El cultivar de menor porcentaje de humedad (84,35%) y por consiguiente mayor porcentaje de materia seca fue N-00296. El cultivar de mayor humedad (94,04%) fue Faber presentando el menor porcentaje de materia seca del ensayo (figura 3). Respecto al calibre el cultivar que corresponde con el de mayor calibre fue Jag-8810 (Figura 4) con 52,83 mm. Los cultivares de menor calibre fueron TP-284 con 41,6 mm aproximadamente Estos datos son similares a los obtenidos por otros autores (García, 2008)

La figura 5 muestra el contenido de sólidos solubles totales que presentaron los cultivares ensayados. H-1879 fue el de menor contenido en azúcares con 5,11 °Brix mientras que Enotrio alcanzó el valor máximo con 6,51 °Brix, valores similares a los considerados óptimos por otros autores (Campillo, 2015; Alarcón, 2013)

La figura 6 representa la medida de firmeza de los frutos con piel y sin ella. Las variedades de mayor firmeza con piel son Faber y Sipontium con 26,47 y 25,42 N. El cultivar de mayor firmeza sin piel fue H-1015 con 8,58 N.

Si observamos la figura 7, el índice de acidez (pH) lo marcan Faber y Gong con 4,23 y 5,70 respectivamente. Como son valores ligeramente altos será necesario tenerlo en cuenta para que no se produzcan problemas en el procesado de actividad microbiológica (Campillo, 2015). La acidez titulable (figura 8) alcanza el máximo valor en el cultivar Faber con 0,49% y el mínimo valor para este parámetro se obtiene en el cultivar Pumatis con 0,34 %.

En la figura 9 se muestran los valores que determinan el índice color del fruto: a, b y L. Apenas se encontraron diferencias significativas debido a que en el momento de la recolección tiene lugar cuando el mayor número de frutos adquieren color rojo. El índice de color osciló entre los cultivares Sipontium y H-1015 con valores 35,5 y 27,1 respectivamente.

La figura 10 el intervalo de variación de la vitamina C es 202,2-384,2 ppm; el cultivar N-00296 obtuvo el valor más alto.

## CONCLUSIONES

- La elección del cultivar apropiado se realizará en función del carácter que se considere de mayor interés, puesto que no existe ningún cultivar con el que se obtenga el valor máximo para los diferentes parámetros estudiados.
- Dado que los cultivares de tomates utilizados tenían como destino la industria se debe atender para su selección a tres parámetros en primera instancia: una alta producción (mayor a 80.000 Kg/ha), un alto contenido en sólidos solubles en torno a 4,5- 5,5 y un pH entorno a 4,4; por ello dentro de los cultivares de nuestro estudio seleccionaremos el cultivar H-1879 (5,64 °Brix, 82.228 Kg ha<sup>-1</sup> y pH 4,8).
- Enotrio, H-1015 y Faber son los cultivares que presentan mayor firmeza por lo que posee buenas cualidades para la recolección y el transporte, así como resistencia a la sobremaduración y daños mecánicos y ataques fúngicos.
- Todos los cultivares ensayados excepto Faber (4,23) poseen pH superiores a 4,5 por lo que será aconsejable hacer un mayor énfasis a la industria en el análisis de las distintas partidas para acidular el zumo si fuera necesario.



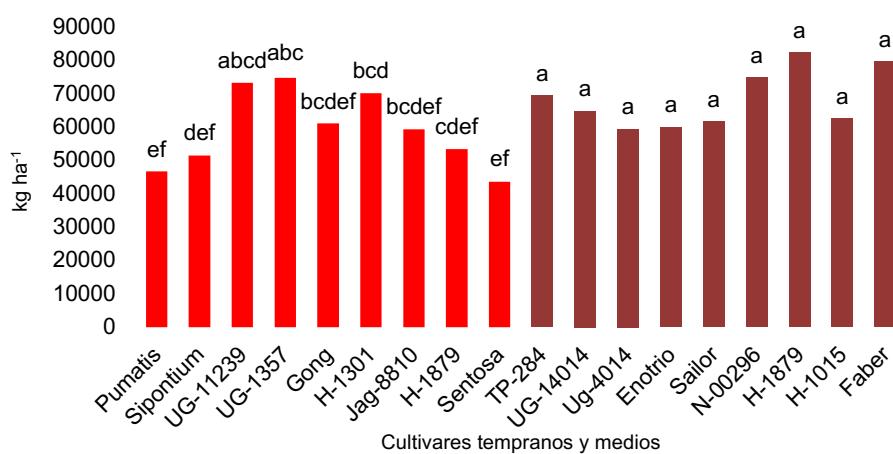
## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALARCON, A. 2013. Calidad poscosecha del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Cultivado en sistemas ecológicos de fertilización. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid.
- CAMPILLO, C. ET AL. 2015. Manual práctico de riego para tomates de industria. Grupo de Riego y Nutrición. Departamento de Hortofruticultura. Instituto de Investigación Agraria Finca “La Orden-Valdesequera”.
- GARCÍA, J. P. y GARCÍA, A. P. 2009. Tomate para industria Campaña 2008. Red Andaluza de Experimentación Agraria, pp 9-16.
- MAGRAMA, 2008. Tomate para industria en España. Plataforma de conocimiento para el medio rural y pesquero. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- RODRÍGUEZ, A. ET AL. 1995. Evaluación de variedades de tomate para concentrado en Extremadura. Junta de Extremadura, pp: 9-11.
- TAPIA, B. 2013. La industria de la pasta de tomate. Oficina de estudios y políticas agrarias. ODEPA, ministerio de agricultura. Gobierno de Chile.

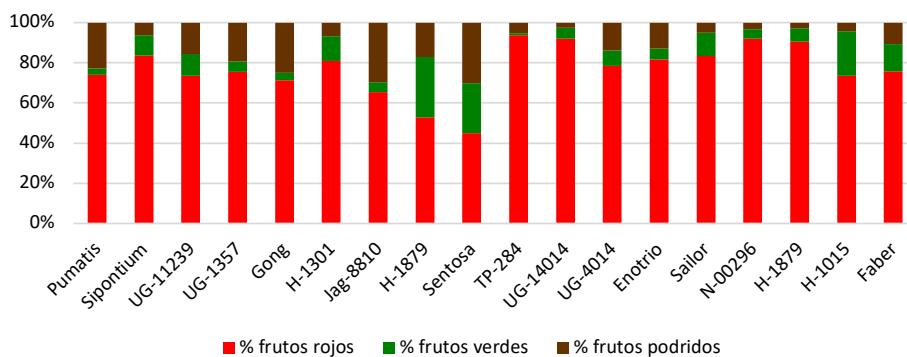
## AGRADECIMIENTOS

Estos ensayos pertenecen al proyecto “Horticultura al aire libre” desarrollado por el Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA), de la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, está cofinanciado al 80% por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional, dentro del Programa Operativo FEDER de Andalucía 2014-2020.

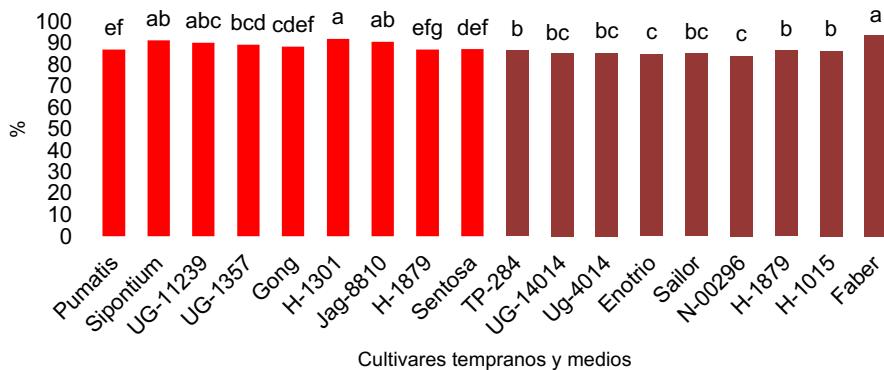
## FIGURAS



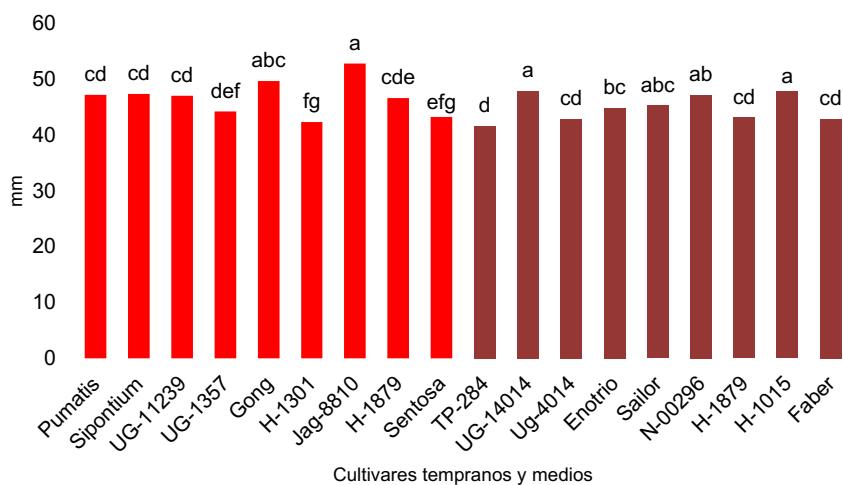
**Figura 1.** Rendimiento total de los cultivares ensayados.



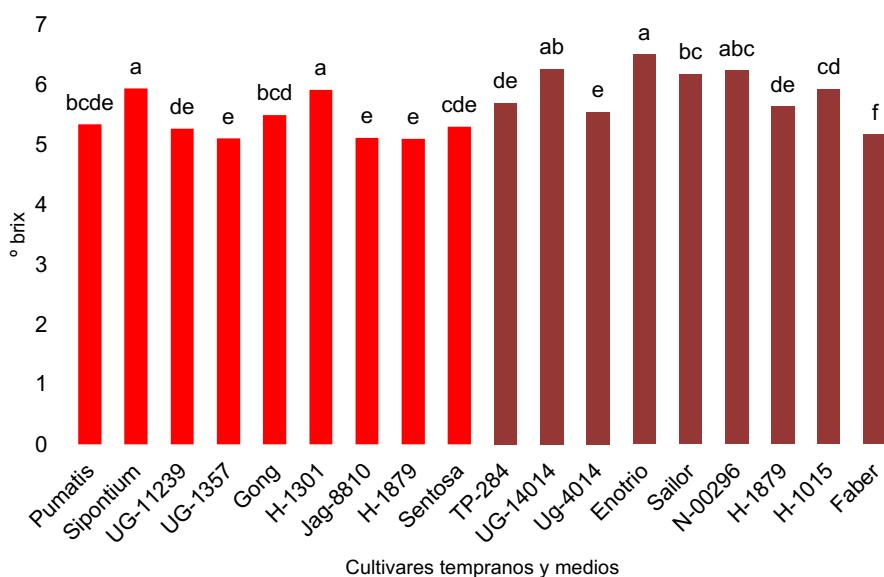
**Figura 2.** Porcentaje de frutos rojos, verdes y podridos.



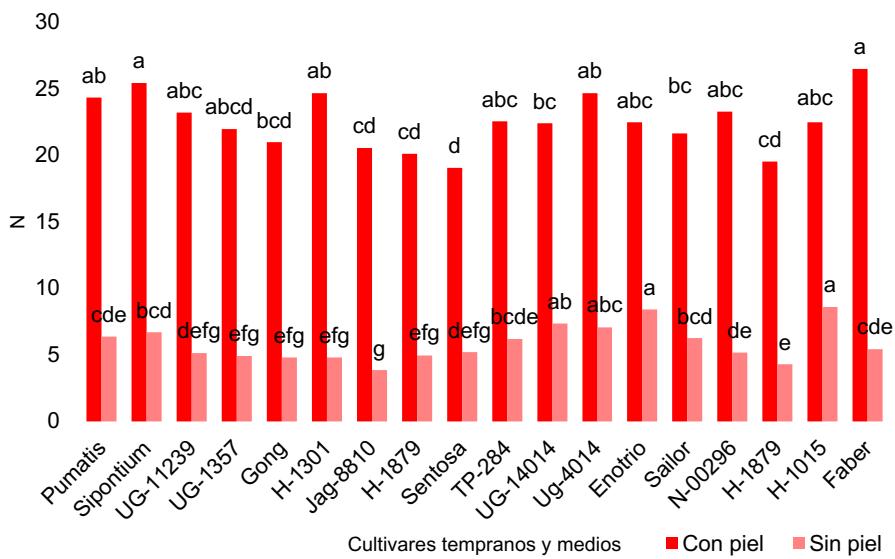
**Figura 3.** Porcentaje de humedad en fruto.



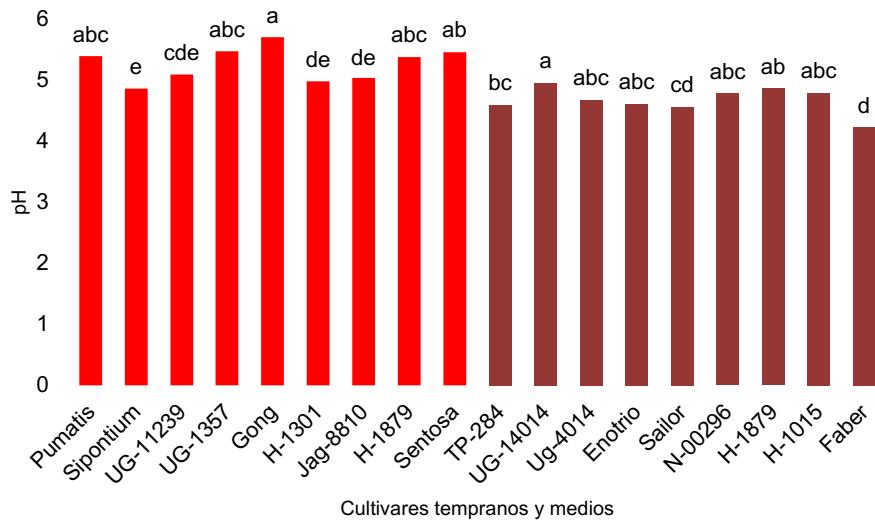
**Figura 4.** Calibre del fruto.



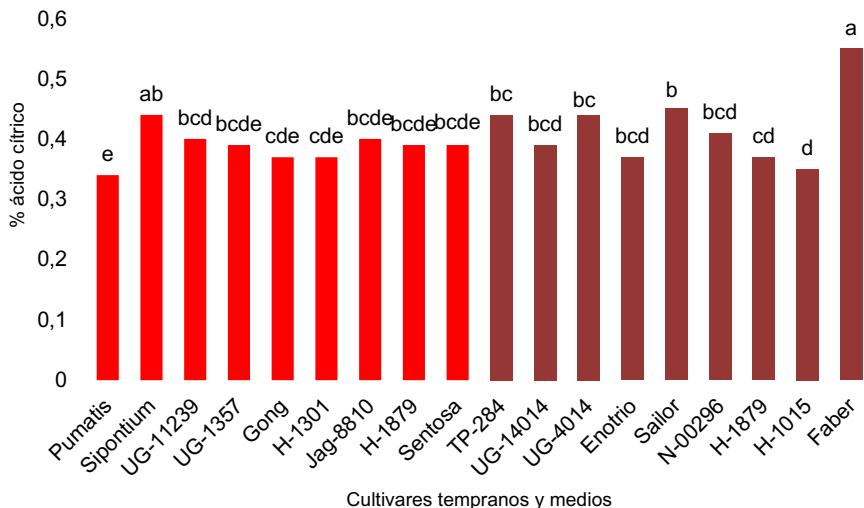
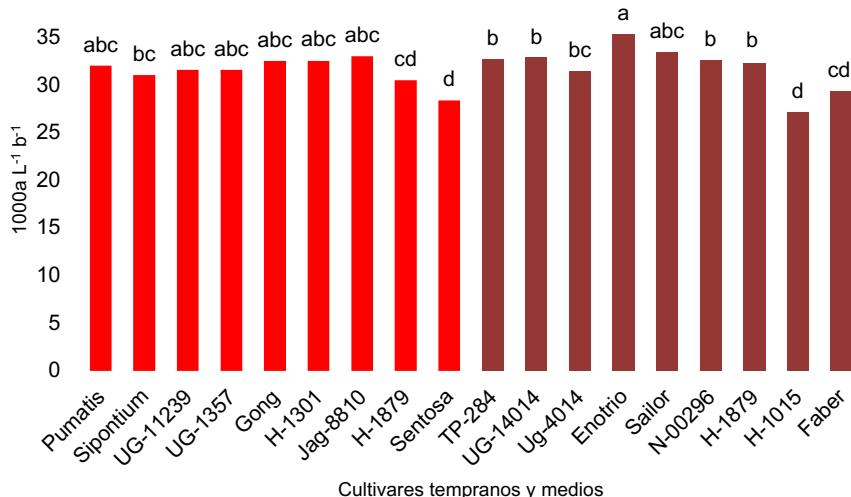
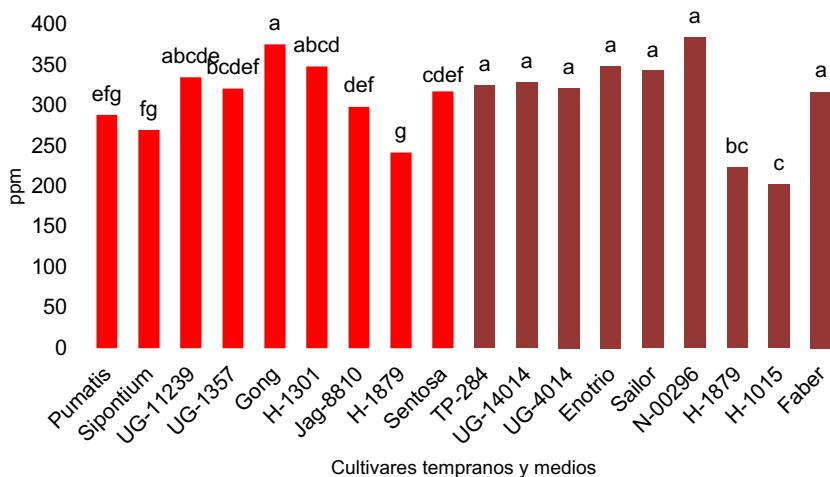
**Figura 5.** Sólidos solubles totales.



**Figura 6.** Firmeza del fruto con y sin piel.



**Figura 7.** pH del jugo del fruto.

**Figura 8.** Acidez titulable.**Figura 9.** Índice de color.**Figura 10.** Contenido en vitamina C.

# **ENSAYO DE CULTIVARES DE ALCACHOFA (*CYNARA SCOLYMUS L.*) EN DOS CICLOS DE CULTIVO**

**Parra J.; García, J.; Bartual, J.**

Estación Experimental Agraria de Elche (EEA), S.T.T.

Ctra. Dolores, km. 1, 03290 ELCHE (Alicante), E-mail: parra\_joa@gva.es

## **RESUMEN**

La aparición en el mercado de nuevos cultivares de alcachofa reproducidos mediante semilla hace necesario el análisis de las características agronómicas de cada uno de ellos, así como la adaptación de estos materiales a nuestra zona de cultivo.

En este trabajo estudiamos 10 cultivares de alcachofa procedentes de semilla por campaña, durante dos campañas, 2018-19 y 2019-20. De estos, 7 cultivares se repitieron en los dos ensayos y tres se cambiaron, por lo que finalmente analizamos un total de 13 cultivares diferentes. Como testigos empleamos Blanca de Tudela y Calicó, multiplicados por zueca, que son los cultivares empleados tradicionalmente por nuestros agricultores. También estudiamos la influencia que ejerce sobre su ciclo productivo la aplicación de ácido giberélico (AG3), ya que sabemos por trabajos previos que sin el empleo de dicha hormona se retrasa mucho la entrada en producción. Para este trabajo diseñamos un ensayo de bloques al azar con dos repeticiones por tratamiento con aplicación de ácido giberélico y otras dos repeticiones sin tratamiento como testigo.

El cultivo se realizó en una parcela al aire libre, con riego por goteo, en la Estación Experimental Agraria de Elche, dentro de un terreno desinfectado previamente mediante solarización. Estudiamos el comportamiento agronómico, controlando la producción total, producción comercial, destri y peso medio de los capítulos, así como las características de los mismos.

Analizados los resultados, el cv Green Queen F1, muy productivo, de gran calibre y calidad sería el más interesante para el mercado de exportación, mientras que los cv. Num 4011 F1, de gran precocidad y Num 7010 F1, con una apariencia similar a Blanca de Tudela y buen calibre, serían más apropiados para mercado interior.

Capriccio F1 y Green Triumph F1, son alcachofas para bouquet y baby respectivamente. Con escasos calibres, menor producción y mayores costes de recolección-manipulación, precisan de un mercado especializado que rentabilice su cultivo.

De los cv tipo Imperial Star, el cv Tupac nos pareció, por su precocidad, interesante para mercado interior, aunque con el inconveniente de un importante descenso en el calibre tras el primer corte y un capítulo excesivamente redondeado. Por último, el cv. Olympus

F1 resultó ser un híbrido con la apariencia de una Imperial Star, muy productivo y precoz, siendo por su calibre y apariencia más apropiado para el mercado interior en el cultivo que se realiza para el ciclo de primavera-verano.

**Palabras clave:** diversidad, fatiga suelo, vigor híbrido.

## INTRODUCCIÓN

La aparición en el mercado de nuevas variedades de alcachofa, hacen necesario el estudio de su comportamiento agronómico en nuestras condiciones de cultivo, así como las técnicas culturales más apropiadas para el manejo del mismo.

Este trabajo expone los resultados de dos ciclos de cultivo, donde comparamos diversos cultivares de alcachofa procedentes de semilla, con los cvs. Blanca de Tudela y Calicó, reproducidos vegetativamente por estaca y analizamos la influencia de la aplicación de ácido giberélico (AG3) sobre su ciclo productivo.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Ambas campañas se desarrollaron en un mismo terreno, donde llevamos plantando alcachofa desde el año 2000, con renovación anual del material vegetal y desinfección previa del terreno mediante biosolarización.

En la parcela se empleó riego localizado, con goteros de 2,2 litros a 0,33 metros, y agua de buena calidad, procedente del transvase Tajo-Segura.

Realizamos un diseño estadístico, en bloques al azar, con 3 repeticiones por cultivar tratadas con ácido giberélico. Este mismo diseño se repitió con 3 repeticiones sin tratamiento hormonal.

El marco de plantación fue de 0,8 metros entre plantas y 1,67 m entre filas, lo que representaba aproximadamente 7.500 plantas/ha, y una parcela elemental de 12 m<sup>2</sup>, con 9 plantas por repetición

La campaña 2018-2019 se sembró el 11/06/2018 y se plantó el 27/07/2018 y la campaña 2019-2020 se sembró el 07/06/2019, plantándose el 31/07/2019.

En las siguientes tablas resumimos los materiales cultivados objeto de estudio en cada campaña.

**Tabla.** Cultivares ensayados en la campaña 2018-19.

Nº	NOMBRE	PROPAGACIÓN	CASA COMERCIAL	TIPO
1	Symphony F1	Híbrido	Numhens	Blanca
2	Tupac	Polinización abierta	Ramiro Arnedo	Imperial Star
3	Artemisa F1	Híbrido	Numhens	Romanesco
4	Calicó	Zueca o estaca	Frutas y Hortalizas Mas Serrano S.L.	Calicó
5	Olympus F1	Híbrido	Graines Voltz	Imperial Star
6	Blanca de Tudela	Zueca o estaca	SAT Olé	Blanca
7	Madrigal F1	Híbrido	Numhens	Blanca
8	Num 4455 F1 (Green Triumph F1)	Híbrido	Numhens	Blanca
9	Sambo F1	Híbrido	Numhens	Calicó
10	Lorca	Polinización abierta	Ramiro Arnedo	Imperial Star
11	Num 4011 F1	Híbrido	Numhens	Blanca
12	Num 7010 F1	Híbrido	Numhens	Blanca

**Tabla.** Cultivares ensayados en la campaña 2019-20.

Nº	NOMBRE	PROPAGACIÓN	CASA COMERCIAL	TIPO
1	Green Triumph F1	Híbrido	Numhens	Blanca
2	Madrigal F1	Híbrido	Numhens	Blanca
3	Nun 4011 F1	Híbrido	Numhens	Blanca
4	Lorca	Polinización abierta	Ramiro Arnedo	Imperial Star
5	Nun 7010 F1	Híbrido	Numhens	Blanca
6	Symphony F1	Híbrido	Numhens	Blanca
7	Green Queen F1	Híbrido	Numhens	Blanca
8	Capriccio F1	Híbrido	Numhens	Violeta
9	Blanca de Tudela	Zueca o estaca	Hortofruticola 3 Puentes, SL	Blanca
10	Imperial Star	Polinización abierta	Agriseeds	Imperial Star
11	Tupac	Polinización abierta	Ramiro Arnedo	Imperial Star

Para adelantar la entrada en producción, a todos los cultivares, excepto a Blanca de Tudela, se les aplicaron tres tratamientos hormonales con ácido giberélico (un pase cada 14 días), cuando la planta alcanzó las 7-8 hojas verdaderas, empleando un producto comercial en forma de concentrado soluble [SL] con un contenido en ácido giberélico del 2% [SL] P/V. En Blanca no es necesario porque es precoz de manera natural.

Siguiendo los resultados de ensayos de otros años, la dosis de giberélico en la campaña 2018/19, fue de 60 ppm para los cvs. considerados como tardíos-media estación, Sym-

phony F1, Madrigal F1, Sambo F1 y Calicó y 30 ppm para el resto, considerados tempranos. Mientras que en la campaña 2019/20, por indicación de la casa comercial, aplicamos 50 ppm en Symphony F1 y Num 7010 F1. El consumo de caldo (agua + hormona) fue de alrededor de 25-30 cc/planta por aplicación.

En la campaña 2018/19, el primer tratamiento con AG3 fue el 17/09/18, el segundo el 01/10/18 y el último el 15/10/18 y en la 2019/20, se trató el 19/9/19, 03/10/19 y 17/10/19.

Lo que buscábamos con estos tratamientos era influir en el inicio de las recolecciones. Para determinar el alcance de dicho adelanto en los cultivares, repetimos todo el ensayo sin tratar con la hormona, analizando si se veía afectada la producción final, el tamaño y número de los capítulos, así como la influencia sobre el calendario de recolección en cada caso.

En las recolecciones seguimos el criterio de exportación, según el cual se corta el capítulo cuando detiene su crecimiento al alcanzar su máximo tamaño. Al mercado de exportación se destinan los capítulos de mayor calibre, de 250 a 500 gramos siempre que los mismos sean tiernos.

Realizamos controles semanales de las producciones y de las características más destacables de cada uno de los cultivares, en cuanto a forma, tamaño, color, presencia o ausencia de espinas, etc.

Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza y separación de medias mediante el Test de la menor diferencia significativa (LSD) para un alfa de 0,05, utilizando el software para análisis estadístico “InfoStat”.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la campaña 2018/19 se iniciaron las recolecciones el 14/11/18 en los cultivares tratados con giberélico, y el 04/12/18 en los cvs. testigos sin tratar. En ambos casos se recolectó por última vez el 09/05/19, con 24 recolecciones en los cvs con hormona y 22 recolecciones en los testigos.

En la campaña 2019/20 se empezó el 14/11/19 en los tratados y el 19/12/19 en los testigos, siendo la última recolección el 28/04/20 para todos. En total se recolectó en 23 ocasiones los cvs. con giberélico y 19 los no tratados.

Hay que reseñar que en la campaña 2019/20 se produjo una temporal de lluvias histórico en nuestra comarca, con una DANA en septiembre que con toda seguridad influyó en los resultados de ese año. Además, en ambas campañas, se dieron temperaturas bastante altas durante el otoño-invierno, muy por debajo de las necesidades de horas-frío ideales para el cultivo, las cuales se estiman en unas 250 horas con temperatura por debajo de 7°C (Trigo y López, 1984; Maroto, 2002 y 2007).

Los datos climáticos más destacables de las dos campañas se resumen en las tablas 1 y 2.



Los resultados productivos por campaña de los cultivares, se muestran en las tablas 3,4,5 y 6 y las gráficas 1, 2, 3 y 4 reflejan la evolución de la producción comercial en cada ciclo de cultivo. A partir de las gráficas y las tablas se observa la gran influencia que tiene la aplicación del ácido giberélico sobre la precocidad de los cultivares de semilla.

En las tablas 7 y 8 comparamos el tamaño medio de los cultivares en cada campaña y en las tablas 9 y 10 analizamos la influencia del giberélico sobre los cultivares. Viendo los resultados, comprobamos que prácticamente se mantiene el orden en los pesos medios entre los cv tratados y testigos, con ligeras variaciones sobre todo en los cultivares más precoces. Mientras que la aplicación de giberélico tan solo arroja diferencias estadísticas en la producción comercial final de la campaña 2018/19.

## CONCLUSIONES

---

Olympus F1 es un híbrido con la apariencia de una Imperial Star. Resultó muy productivo y precoz. Su calibre y tipología lo hacen más apropiado para el ciclo de primavera-verano.

En los cultivares del tipo Calicó, el cv. Sambo F1, tratado con ácido giberélico, destacó por mayor precocidad y producción frente al procedente de estaca, aunque con algo menos de tamaño.

Del tipo Romanesco, Artemisa F1 no alcanzó una buena producción, aunque sí que tuvo un buen calibre y color. Con el AG3 conseguimos adelantar su recolección a enero-febrero, mientras que el testigo sin tratar produjo en marzo.

Capriccio F1 es una alcachofa para bouquet. Con escasos calibres, menor producción (en la campaña 2019/20, la producción se redujo mucho, debido probablemente a la DANA y la falta de horas frío) y mayores costes de recolección-manipulación, precisa de un mercado especializado que rentabilice su cultivo.

Green Triumph F1 (Num 4455 F1), es un cultivar que debe cosecharse sobre 50 gramos de peso medio, como alcachofa baby y para rentabilizar su cultivo debe comercializarse por piezas para poder cubrir el sobrecoste de la recolección.

Green Queen F1 sería el más interesante como cultivar destinado al mercado de exportación, es tan productivo como Madrigal F1 pero bastante más precoz, de gran calibre y calidad, los calibres de menor tamaño serían muy apropiados para el mercado interior por su buen tamaño y mayor tiempo de conservación que Blanca de Tudela.

Num 4011 F1, muy precoz y Num 7010 F1, con una apariencia similar a Blanca y buen calibre también serían interesantes para mercado interior.

En general se observó una buena respuesta de los cultivares a las condiciones climatológicas adversas y se confirmó la gran influencia de la aplicación de giberélico sobre la entrada en producción de los cultivares.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MAROTO, J. V. 2002. Horticultura Herbácea Especial. Madrid, Mundi-Prensa. 5.<sup>a</sup> edición.
- MAROTO, J. V. 2002. Principales problemas y soluciones para el cultivo de la alcachofa. Vida Rural 146, 26-28.
- TRIGO, M. L. y LÓPEZ, B. .1984. Influencia del frío en la floración de la variedad de alcachofa 'Blanca de España' en relación con la síntesis de sustancias de tipo giberelina»; Anales INIA, Serie Agrícola 25, 87-105.

## AGRADECIMIENTOS

A las empresas Agriseeds, Graines Voltz, Hortofruticola 3 Puentes SL, Frutas y Hortalizas Mas Serrano, Numhens, Ramiro Arnedo S.L. y SAT Olé por su colaboración en estos ensayos.

## FOTOGRAFÍAS



**Fotografía 1.** Cultivares ensayados en la campaña 2018-19 (excepto Calicó).

**Fotografía 2.** Calicó versus Sambo F1. Campaña 2018-19.

**Fotografía 3.** Cultivares ensayados en la campaña 2019-20.

**TABLAS****Tabla 1.** Horas frío, campaña 2018/19.

Mes	Año	*Horas-frío
8	2018	0
9	2018	0
10	2018	0
11	2018	7,5
12	2018	12
1	2019	103
2	2019	39
3	2019	2
4	2019	1,5
5	2019	0
<b>165</b>		

\*Horas-frío, horas por debajo de 7 °C.

**Tabla 2.** Horas frío y pluviometría, campaña 2019/20.

Mes	Año	*Horas-frío	PRECIPITACIÓN (mm)	
			Máxima diaria	Total
8	2019	0	28	45,4
9	2019	0	128,4	163,54
10	2019	0	25,1	30,6
11	2019	7,5	10,9	20,6
12	2019	13,5	24,2	50,4
1	2020	103	39,7	71,9
2	2020	19	0,3	0,7
3	2020	0	45	96,9
4	2020	0	8,6	28,8
<b>143</b>				<b>508,84</b>

\*Horas-frío, horas por debajo de 7 °C.

**Tabla 3.** Campaña 2018/19. Producción final por cv. tratado con ácido giberélico, en kg.m<sup>-2</sup>, ordenada siguiendo el criterio de mayor producción comercial.

CULTIVAR	TOTAL		COMERCIAL		DESTRÍO	
	kg.m <sup>-2</sup>	capítulos.m <sup>-2</sup>	kg.m <sup>-2</sup>	capítulos.m <sup>-2</sup>	kg.m <sup>-2</sup>	capítulos.m <sup>-2</sup>
NUN 7010 F1	3,40 a	26,10 b c	3,11 a	21,30 b	0,29 c	4,90 b
OLYMPUS F1	3,46 a	27,70 b	3,02 a b	22,30 b	0,44 b	5,40 b
MADRIGAL F1	3,10 a b	23,30 c d	2,84 a b	19,30 b c	0,25 c	4,10 b c d
SAMBO F1	2,83 b c	10,40 f g	2,70 b	9,40 f	0,13 d	1,00 e
LORCA	2,68 c	25,20 b c	2,18 c	16,90 c d	0,50 b	8,30 a
NUN 4011 F1	2,45 c d	20,40 d e	2,16 c	16,00 d	0,28 c	4,40 b c
TUPAC	2,72 b c	26,40 b c	2,11 c d	15,70 d	0,61 a	10,70 a
CALICÓ	2,06 d e	6,50 g	1,96 c d e	5,80 g	0,10 d	0,70 e
NUN 4455 F1	2,01 e	38,00 a	1,76 d e	34,10 a	0,25 c	3,90 b c d
B. TUDELA	1,99 e	18,30 e	1,75 d e	14,60 d e	0,24 c	3,60 b c d
ARTEMISA F1	1,80 e	11,90 f	1,68 e	10,20 f	0,11 d	1,70 d e
SYMPHONY F1	1,74 e	13,40 f	1,62 e	11,50 e f	0,12 d	1,90 c d e
MDS	0,53	5,36	0,52	4,39	0,15	3,43
CV	7,11	8,83	7,86	9,09	18,14	27,60

\*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

**Tabla 4.** Campaña 2019/20. Producción final por cv. tratado con ácido giberélico, en kg.m<sup>-2</sup>, ordenada siguiendo el criterio de mayor producción comercial.

CULTIVAR	TOTAL		COMERCIAL		DESTRÍO	
	kg.m <sup>-2</sup>	capítulos.m <sup>-2</sup>	kg.m <sup>-2</sup>	capítulos.m <sup>-2</sup>	kg.m <sup>-2</sup>	capítulos.m <sup>-2</sup>
<b>MADRIGAL F1</b>	2,910 a	13,8 d e f	2,770 a	12,1 b c d e	0,140 c d e	1,8 c d
<b>GREEN QUEEN F1</b>	2,640 a b	11,1 e f	2,580 a b	10,2 d e f	0,060 e 0,9 d	
<b>NUM 7010 F1</b>	2,430 b	14,5 c d e	2,280 b c	12,2 b c d e	0,150 b c d e	2,3 b c d
<b>TUPAC</b>	2,620 a b	20,5 b	2,100 c d	13,1 b c	0,510 a	7,3 a
<b>NUM 4011 F1</b>	2,200 b c	16,9 b c d	1,910 d	12,5 b c d	0,290 b c	4,4 b
<b>SYMPHONY F1</b>	1,950 c d	10,2 f	1,850 d e	9,4 f	0,100 e	0,8 d
<b>IMPERIAL STAR</b>	2,390 b	18,2 b c	1,800 d e	11,7 b c d e f	0,590 a	6,5 a
<b>BLANCA DE TUDELA</b>	1,780 c d e	13,8 d e f	1,520 e f	10,5 c d e f	0,260 b c d	3,3 b c
<b>GREEN TRIUMPH F1</b>	1,450 e	30,7 a	1,330 f	26,6 a	0,120 d e	4,2 b
<b>LORCA</b>	1,620 d e	13,9 d e f	1,320 f	9,6 e f	0,300 b	4,3 b
<b>CAPRICCIO F1</b>	1,400 e	15,7 c d	1,250 f	13,3 b	0,150 b c d e	2,4 b c d
CV	12,13	14,05	11,39	12,19	36,71	35,56
MDS	0,44	3,9	0,37	2,66	0,15	2,1

\*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

**Tabla 5.** Campaña 2018/19. Producción final por cv. testigos sin tratamiento con ácido giberélico, en kg.m<sup>-2</sup>, ordenada siguiendo el criterio de mayor producción comercial.

Cultivar	TOTAL		COMERCIAL		DESTRÍO	
	Total kg	Total cap.	kg.m <sup>-2</sup>	capítulos.m <sup>-2</sup>	kg.m <sup>-2</sup>	capítulos.m <sup>-2</sup>
<b>NUN 7010 F1</b>	2,85 a	22,00 b c	2,32 a	16,00 b	0,53 a b	6,00 b c
<b>OLYMPUS F1</b>	2,39 a b	17,00 c d	2,20 a	14,00 b c	0,20 c d	3,00 c d e
<b>NUN 4011 F1</b>	2,34 a b	17,00 c d	2,07 a	13,00 b c	0,26 b c d	4,00 b c d e
<b>LORCA</b>	2,25 a b c	22,00 b c	1,80 a b	14,00 b c	0,45 a b c	7,00 b
<b>SYMPHONY F1</b>	1,90 b c d	14,00 d e	1,79 a b	11,00 c d	0,11 d	2,00 c d e
<b>MADRIGAL F1</b>	1,88 b c d	10,00 e f	1,77 a b	9,00 d	0,11 d	2,00 d e
<b>SAMBO F1</b>	1,75 b c d	5,00 f g	1,71 a b	5,00 e	0,04 d	0,00 e
<b>ARTEMISA F1</b>	1,77 b c d	10,00 e f g	1,68 a b	9,00 d	0,09 d	1,00 d e
<b>TUPAC</b>	2,30 a b c	26,00 b	1,67 a b	14,00 b c	0,63 a	12,00 a
<b>NUN 4455 F1</b>	1,94 b c d	43,00 a	1,65 a b	38,00 a	0,28 b c d	4,00 b c d
<b>B. TUDELA</b>	1,60 c d	15,00 d e	1,32 b	12,00 c d	0,27 b c d	4,00 b c d e
<b>CALICÓ</b>	1,30 d	4,00 g	1,26 b	4,00 e	0,04 d	0,00 d e
CV	16,10	15,90	17,47	11,76	50,49	49,00
MDS	0,72	5,99	0,68	3,44	0,28	4,14

\*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

**Tabla 6.** Campaña 2019/20. Producción final por cv. testigos sin tratamiento con ácido giberélico, en kg.m<sup>-2</sup>, ordenada siguiendo el criterio de mayor producción comercial.

CULTIVAR	TOTAL		COMERCIAL		DESTRÍO	
	kg.m <sup>-2</sup>	capítulos.m <sup>-2</sup>	kg.m <sup>-2</sup>	capítulos.m <sup>-2</sup>	kg.m <sup>-2</sup>	capítulos.m <sup>-2</sup>
<b>MADRIGAL F1</b>	3,040 a	16,7 b c	2,920 a	15,4 b	0,110 d e	1,3 e
<b>GREEN QUEEN F1</b>	3,010 a b	13,0 b c d	2,900 a	11,6 b c	0,110 d e	1,3 e
<b>SYMPHONY F1</b>	2,190 b c	12,1 d	2,100 a b	10,4 c	0,090 e	1,6 d e
<b>NUM 4011 F1</b>	2,300 a b c	16,0 b c d	2,030 b	12,3 b c	0,270 c d	3,7 b c
<b>NUM 7010 F1</b>	2,200 b c	12,9 c d	2,030 b	10,2 c	0,160 d e	2,7 c d e
<b>IMPERIAL STAR</b>	2,260 a b c	17,5 b	1,680 b c	10,2 c	0,580 a	7,3 a
<b>BLANCA DE TUDELA</b>	1,720 c d	13,2 b c d	1,470 b c	9,9 c	0,250 c d e	3,3 c d
<b>TUPAC</b>	1,960 c d	17,5 b	1,440 b c	9,2 c	0,520 a b	8,3 a
<b>LORCA</b>	1,810 c d	15,2 b c d	1,420 b c	9,8 c	0,390 b c	5,4 b
<b>CAPRICCIO F1</b>	1,340 d	15,0 b c d	1,240 b c	12,1 b c	0,100 e	2,9 c d e
<b>GREEN TRIUMPH F1</b>	1,250 d	30,2 a	1,140 c	26,5 a	0,110 d e	3,6 b c
CV	17,93	12,49	21,00	16,97	30,86	21,62
MDS	0,838	4,533	0,867	4,728	0,169	1,817

\*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

**Tabla 7.** Campaña 2018/19. Peso medio en gramos del capítulo comercial por cultivar y tratamiento.

CULTIVAR	CON AG3		TESTIGO	
	Gr/cap. comercial		Gr/cap. comercial	
CALICÓ	339	a	341	a
SAMBO F1	290	b	341	a
ARTEMISA F1	165	c	198	b
MADRIGAL F1	148	c d	201	b
NUN 7010 F1	146	d	144	c d
SYMPHONY F1	141	d e	157	c
NUN 4011 F1	136	d e f	153	c
OLYMPUS F1	135	d e f	154	c
TUPAC	135	d e f	122	d e
LORCA	129	e f	125	d e
B. TUDELA	120	f	113	e
NUN 4455 F1	52	g	43	f
MDS	17,46		26,24	
CV	4,92		6,84	

\*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

**Tabla 8.** Campaña 2019/20. Peso medio en gramos del capítulo comercial por cultivar y tratamiento.

CULTIVAR	CON AG3		TESTIGO	
	Gr/cap. comercial		Gr/cap. comercial	
GREEN QUEEN F1	252	a	248,1	a
MADRIGAL F1	230	b	190,6	b
SYMPHONY F1	197	c	201,3	b
NUM 7010 F1	188	c	199,6	b
TUPAC	160	d	157,4	c d
IMPERIAL STAR	155	d e	165,5	c
NUM 4011 F1	153	d e f	164,5	c
BLANCA DE TUDELA	144	e f	147,6	d
LORCA	138	f	144,5	d
CAPRICCIO F1	94	g	101,9	e
GREEN TRIUMPH F1	50	h	42,9	f
CV	5,53		4,19	
MDS	15,11		14,952	

\*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

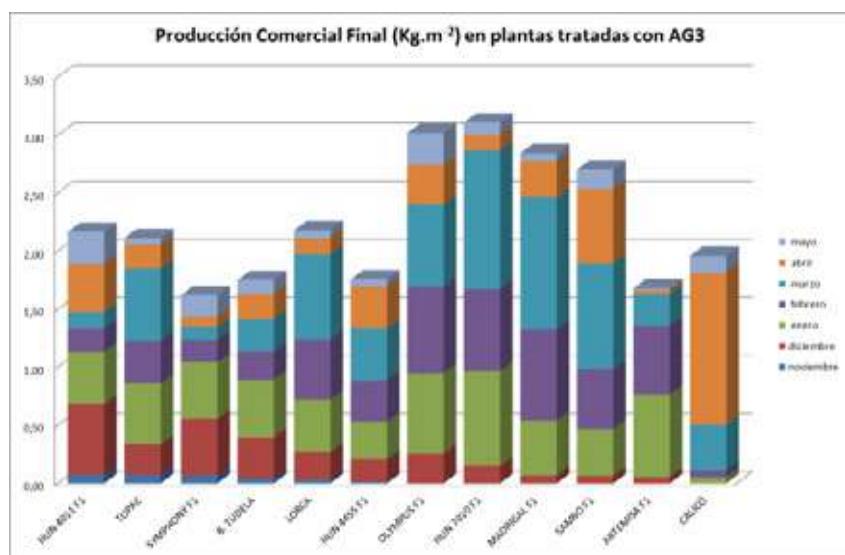
**Tabla 9.** Campaña 2018/19. Efecto de la aplicación de ácido giberélico sobre la producción.

TRATAMIENTO	COMERCIAL			DESTRÍO	
	kg.m <sup>-2</sup>	capítulos.m <sup>-2</sup>	peso medio(g)	kg.m <sup>-2</sup>	capítulos.m <sup>-2</sup>
CON AG3	2,2	a	16,4	161,3	0,3
TESTIGO	1,8	b	13,3	174,4	0,25
MDS	0,27		N.S.	N.S.	N.S.
CV	23,46				

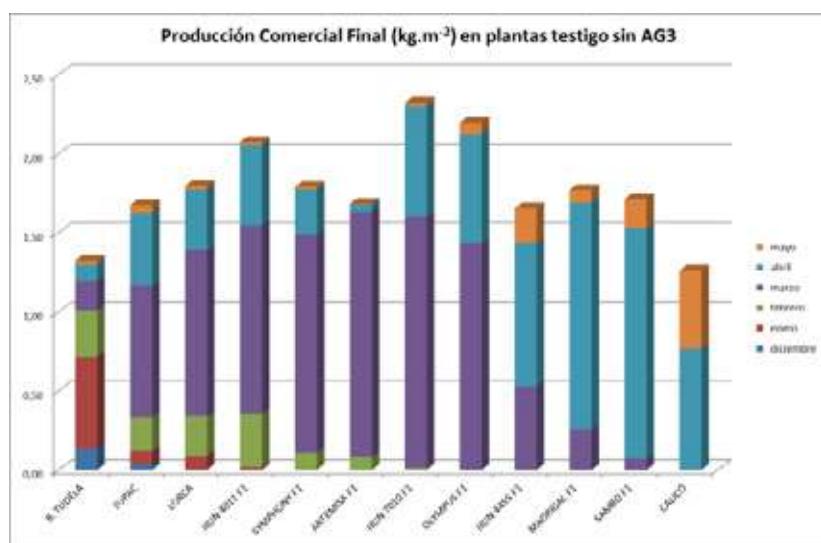
**Tabla 10.** Campaña 2019/20. Efecto de la aplicación de ácido giberélico sobre la producción.

---

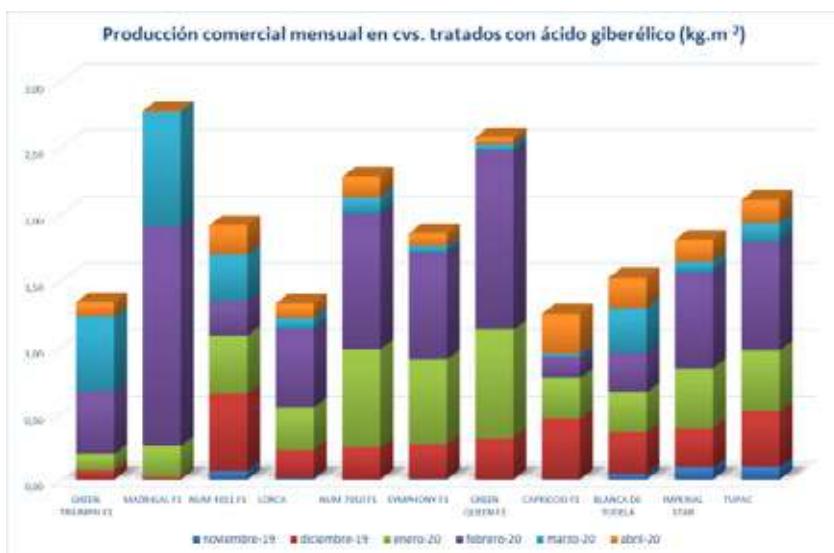
## FIGURAS



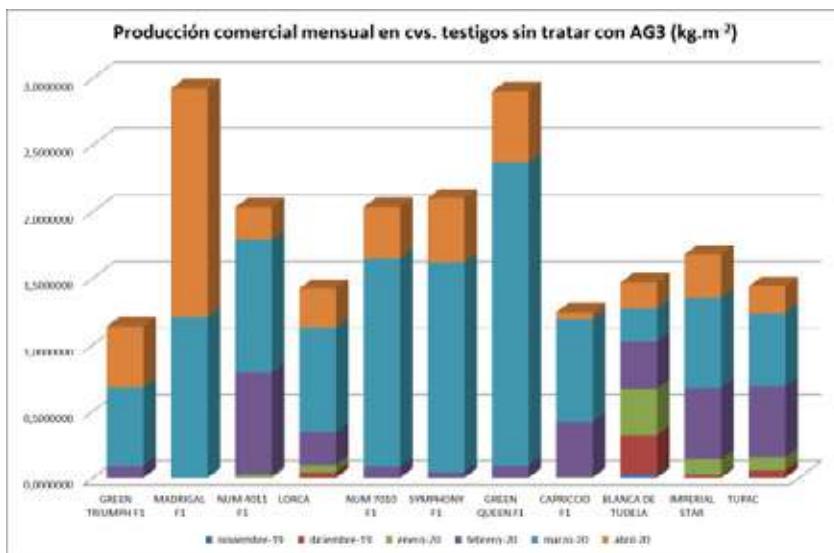
**Figura 1.** Campaña 2018/19. Producción Comercial mensual en cultivares tratados con ácido giberélico.



**Figura 2.** Campaña 2018/19. Producción Comercial mensual en cultívares testigos sin tratar con ácido giberélico



**Figura 3.** Campaña 2019/20. Producción Comercial mensual en cultivares tratados con ácido giberélico.



**Figura 4.** Campaña 2019/20. Producción Comercial mensual en cultivares testigos sin tratar con ácido giberélico.

# EVALUACIÓN DE CULTIVARES TRADICIONALES DE GUISANTE DE CANTABRIA PARA SU CONSUMO EN FRESCO BAJO UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN ECOLÓGICA

García-Méndez, E.<sup>1</sup>; Miguel-Pérez, V.<sup>2</sup>; Bermúdez, D.<sup>2</sup>; Cuartas, R.<sup>2</sup>; Tordesillas, E.<sup>2</sup>; Rodríguez, A.<sup>3</sup>; González, J. L.<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup>Área Hortofruticultura, Centro de Investigación y Formación Agrarias de Cantabria

\*<sup>2</sup>Laboratorio Agrícola-CIFA (Gobierno Cantabria)

\*<sup>3</sup>Red de Semillas de Cantabria

## RESUMEN

Con objeto de estudiar alternativas hortícolas agronómicamente viables, favorecer la diversificación de cultivos en invernadero y contribuir a la mejora de la competitividad de los productores ecológicos de Cantabria, se llevó a cabo un ensayo durante la campaña 2020-2021 de tres cultivares tradicionales de guisante para su consumo en fresco y procedentes de los municipios de Peñarrubia, Los Tojos y Polaciones. Se estudiaron tanto sus características morfológicas como su comportamiento agronómico y físico-químico.

Los resultados mostraron diferencias entre los cultivares en características morfológicas de la planta, longitud y anchura de la vaina, número de semillas por vaina, peso medio de las vainas y peso de 100 semillas. Considerando el peso de la vaina y semillas, en el rendimiento también existieron diferencias estadísticamente significativas, siendo el cultivar procedente de los Tojos el más productivo, con un rendimiento medio de 5.377,5 Kg.m<sup>-2</sup>. Por otro lado, los análisis físico-químicos realizados durante el ciclo de cultivo, también revelaron diferencias en el contenido de compuestos fenólicos, presentando los cultivares de Peñarrubia y Polaciones los mayores valores medios con 37,6 y 39,6 mg en 100 g de peso fresco respectivamente.

**Palabras clave:** *Pisum sativum*, cultivo ecológico, caracterización morfológica, producción, análisis físico-químico

## INTRODUCCIÓN

En Cantabria, la producción ecológica ha experimentado hasta ahora un lento desarrollo en comparación con otras regiones de España y Europa. Sin embargo, existe un creciente interés de la sociedad por la producción y el consumo de productos ecológicos, pudiendo ser una oportunidad de crecimiento económico sostenible en nuestra región.

Dentro de este contexto, el cultivo del tomate en Cantabria (al igual que en el sistema de cultivo convencional) se ha consolidado como uno de los cultivos más importantes y

rentables dentro de los horticultores profesionales, seguido por el cultivo de la lechuga, pimiento y cebolla. Sin embargo, no existe actualmente ninguna investigación relacionada con la búsqueda y optimización de cultivos complementarios (fundamentalmente de cultivo de invierno), que por su producción, crecimiento y venta puedan ser viables para el sector ecológico.

Mediante esta línea de investigación, iniciada en el año 2019 y con apoyo de la Asociación por la producción Ecológica de Cantabria (PROECO) y la Red de Semillas de Cantabria, se plantea el estudio de alternativas hortícolas agronómicamente viables e interesantes desde el punto de vista económico, con el propósito fundamental de contribuir a la mejora de la competitividad de los productores ecológicos de Cantabria, favorecer la diversificación de cultivos en invernadero y la recuperación y uso de cultivares localmente adaptados.

En el presente trabajo se evalúan tres cultivares locales de guisante (*Pisum sativum L.*) para su consumo en fresco suministradas por el Centro de Recursos Fitogenéticos CRF INIA.

Los objetivos específicos planteados han sido los siguientes:

- 1) Caracterización de los cultivares mediante la utilización de descriptores internacionales.
- 2) Evaluar el comportamiento agronómico bajo un sistema de producción ecológica.
- 3) Estudiar las características físico-químicas de los tres cultivares ensayados.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Material vegetal

Para la realización de los ensayos los cultivares empleados y su procedencia fueron los siguientes:

**Tabla:** Cultivares ensayados.

Cultivares	Procedencia/Municipio	Localidad
‘Peñarrubia’	BGE024375 / Peñarrubia	Caldas
‘Polaciones’	BGE024377 / Polaciones	Pejanda
‘Los Tojos’	BGE024378 / Los Tojos	El Tojo

### Características de los ensayos

Los ensayos se llevaron a cabo durante la campaña 2020-2021 tanto en las instalaciones del CIFA (ensayo de rendimiento y caracterización físico-química) como en una finca colaboradora ubicada en Lamadrid (ensayo de caracterización morfológica), ambos bajo un sistema de producción ecológica.

Los semilleros se realizaron el 19 de octubre en bandejas de alveolo de polietileno de 3 x 3 cm con sustrato de 45% de fibra de coco, 45% de humus de lombriz y 10% de perlita.

El trasplante del ensayo de caracterización (fotografía 1) se llevó a cabo el 2 de noviembre de 2020 en parcelas individuales y aisladas entre sí aproximadamente 150-300 m ('Peñarrubia' y 'Polaciones' al aire libre y 'Los Tojos' en invernadero). El marco de plantación fue de 0,15 x 0,80 m, con 50 plantas de cada cultivar. El entutorado se realizó con red de malla plástica y se utilizó riego y acolchado vegetal con hierba.

El ensayo de rendimiento y evaluación físico-química (fotografía 2) se realizó dentro de un invernadero de placa semirrígida de policarbonato con ventilación automática, riego automatizado (fertilriego) y en una superficie aproximada de 120 m<sup>2</sup>. El trasplante se realizó el 12 de noviembre de 2020 utilizando un marco de plantación de 1 m entre líneas y 0,40 m entre plantas, con dos plantas por golpe (5 plantas.m<sup>-2</sup>).

La unidad experimental estuvo formada por 20 plantas y el diseño estadístico adoptado fue de bloques al azar con tres repeticiones. El entutorado se realizó con malla de nylon y se utilizó manta antihierba para cubrir los pasillos, dejando sin cubrir las líneas de plantación. Para la eliminación de malas hierbas, se realizaron varias escardas manuales y para aumentar la biodiversidad a nivel de cultivo se introdujeron plantas acompañantes (compuestas).

Para el control fitosanitario del ensayo de rendimiento, se aplicaron tratamientos fundamentalmente para el control de trips y oidio y en el control biológico, se utilizó el depredador *Orius laevigatus* tanto en el mes diciembre como en el mes de marzo. El ensayo finalizó el 7 de junio de 2021.

## Determinaciones

### a) Caracterización de los cultivares

La caracterización de los cultivares (fotografía 3) fue llevada a cabo mediante la utilización de 18 descriptores internacionales (UPOV, 2009; Centro de Recursos Fitogenéticos, s. f), donde se evaluaron caracteres de morfología de la planta, la precocidad, cualidades de la vaina y cualidades de la semilla. Los parámetros evaluados fueron los siguientes:

- Porcentaje de nascencia.
- Ritmo de crecimiento (1 inapreciable; 2 lento; 3 intermedio; 4 rápido).
- Días a inicio de floración (días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas tienen flores).
- Días al final de la floración (días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas están sin flores).
- Días a maduración de la primera vaina (días transcurridos desde la siembra hasta que el 50 % de las plantas tienen la primera vaina madura).



- Duración de la maduración. Maduración total-maduración de la 1<sup>a</sup> vaina.
- Altura de la planta estimado en el ensayo del CIFA (cm).
- Tipo de porte (1 rastrero; 2 intermedio; 3 erguido).
- Forma de la hoja (1 convencional; 2 semiafila; 3 afila).
- Anillo antociánico (1 ausencia; 2 simple; 3 doble).
- Color de la flor (1 blanco; 2 rosa, 3 morada; 4 otros).
- Longitud de la vaina (cm) y número de semillas por vaina.
- Superficie de la semilla (1 lisa; 2 rugosa).
- Homogeneidad de la semilla (1 un tipo de semilla; 2 con dos o tres tipos de semilla; 3 con más de tres tipos de semilla).
- Color del cotiledón (1 amarillo; 2 verde).
- Color primario y secundario de la cubierta seminal.
- Color del hilum.
- Peso de 100 semillas.

### b) Análisis de la producción

El control de la producción se llevó a cabo desde el 24 de febrero hasta el 7 de junio de 2021 con aproximadamente dos recolecciones semanales y separando la categoría comercial y de destriño. Paralelamente en tres recolecciones, se desgranaron 15 vainas por cultivar de la mezcla de las repeticiones y se estimaron el peso total, el peso de las vainas, el peso de los guisantes, el porcentaje de grano con respecto al peso total y el número de granos por vaina.

### c) Análisis físico-químico

El análisis físico-químico se realizó tres veces a lo largo del ciclo de cultivo. Para ello, se desgranaron vainas de la mezcla de las repeticiones de un mismo cultivar. Los parámetros estimados fueron los siguientes:

- Morfometría. Se determinó mediante la medición de longitud y anchura de las vainas con calibre digital. Los resultados se expresaron en cm.
- Color. Se determinó visualmente mediante tablas de color Munsell de muestras de vegetales (Munsell, 1977), presentando cada color 3 cualidades o atributos: matiz o tono, intensidad o valor y croma o saturación. Para el matiz, atributo de un color, con una graduación de 0 a 10, por el cual distinguimos el rojo del verde, el azul del amarillo etc, se designaron 10 sectores de matices (principales e intermedios), que se representan por las iniciales de su nombre en inglés: R, YR, Y, GY, G, BG, B, PB, P y RP. Para la Intensidad, que indica la claridad de un color, la escala oscila entre el 0 (negro) y 10 (blanco), mientras que para el croma, o saturación, indica el grado de pureza que tiene un color perteneciente a

un mismo tono y un mismo valor. La notación de un color en el sistema de Munsell se escribe de la siguiente forma: Tono Valor/Saturación.

-Firmeza. Para la medida de firmeza del guisante se utilizó un tex- turómetro TA-XT2. Plus Texture Analyzer con sonda cilíndrica de aluminio de 7,95 mm de diámetro siguiendo el protocolo des- crito por García-García en 2017, modificado. Las muestras se colo- caron en la base del analizador de textura a una velocidad de 1mm/seg y un recorrido de 3mm. La firmeza fue medida como la máxima fuerza ejercida por el producto durante el corte (Fmax) expresada en Kg.

-Contenido de sólidos solubles. Expresado en °Brix, se determi- nó directamente sobre el zumo mediante un refractómetro digi- tal ATAGO Pal-1.

-Materia seca. Expresada en porcentaje, se obtuvo secando una parte del triturado en una estufa a 65 °C durante 72 horas.

-pH. Se determinó en zumo usando un pH-metro HACH Sens Ion 4.

-Acidez titulable (AT). Se calculó por valoración con NaOH hasta pH 8,1 con bureta, fue expresada como porcentaje de ácido cítrico.

-Contenido en compuestos fenólicos totales. Para su cálculo se utilizó el método analítico propuesto por Ali *et al.* (2011) y me- diante un espectrofotómetro ZUZI, para el análisis de las mues- tras, midiendo la absorbancia a una longitud de onda de 760 nm. Los resultados se expre- saron en mg GAE (equivalentes de ácido gálico) 100g<sup>-1</sup> de peso fresco.

**“Existe un creciente interés de la sociedad por la producción y el consumo de productos ecológicos”.**



## Análisis estadístico

Con los resultados obtenidos en el rendimiento, análisis de la morfometría y los pará- metros físico-químicos medidos instrumentalmente, se realizó un análisis de varianza mediante el programa estadístico SPSS. Cuando se apreciaron diferencias significativas se llevó a cabo una separación de medias mediante el test de Duncan con un nivel de significación del 5%.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caracterización de los cultivares

En relación con los resultados obtenidos en la caracterización mediante la utilización de descriptores internacionales, se observaron diferencias entre los cultivares en el peso de 100 semillas y en algunas características de planta, como los días a inicio y final de flora- ción, los días a madurez de la primera vaina, la duración de la maduración y la altura de

la planta (tabla 1). Como se puede observar, el cultivar procedente de Peñarrubia tuvo el menor número de días a inicio de floración, final de floración y madurez de la primera vaina, mientras que la duración de la maduración y el peso de 100 semillas, fue superior que en los otros dos cultivares con 47 días y un peso de 33 g respectivamente. En la altura de la planta destacó el cultivar procedente de Los Tojos con una altura media de 4m.

### Análisis de la producción

En la tabla 2 se muestra se muestra la producción ( $\text{g.m}^{-2}$ ), número de granos, el porcentaje del peso del grano con respecto al peso total, y el peso medio de las vainas vacías de cada cultivar ensayado. El análisis estadístico realizado mostró que existían diferencias estadísticamente significativas entre los cultivares en todos los parámetros, excepto en el porcentaje del peso del grano.

El cultivar procedente de Los Tojos fue el más productivo ( $5377,5 \text{ g.m}^{-2}$ ), con el mayor peso medio de vainas vacías (87,65 g) pero sin embargo, obtuvo el menor número de granos con un valor medio de 7,04. Por otro lado, como se puede observar en la tabla, los cultivares procedentes de Polaciones y Peñarrubia no se diferenciaron entre sí en ningún parámetro de producción evaluado.

### Análisis físico-químico

El análisis de la morfometría de las vainas también reveló diferencias estadísticamente significativas entre los cultivares (tabla 3, figura 1). El cultivar procedente de Los Tojos presentó una longitud media de las vainas inferior a los otros dos cultivares con un valor de 9,11 cm, mientras que en los cultivares de Polaciones y Peñarrubia se obtuvieron valores medios de 11,2 y 11,3 cm respectivamente. Por el contrario, la anchura de la vaina fue significativamente mayor en el cultivar de Los tojos (1,72 cm) que en los cultivares procedentes de Polaciones (1,28 cm) y Peñarrubia (1,29 cm). Los valores de longitud y anchura de la vaina observados en el cultivar de Los Tojos son similares a los obtenidos por Amurio *et al.* en 1995 en un trabajo realizado con cultivares de guisante para su consumo como vaina inmadura.

En relación con el análisis de color (datos no mostrados) y utilizando como referencia las tablas de color Munsell de muestras de vegetales, todos los cultivares tuvieron una notación de 5 GY 7/6 ó 5 GY 6/6.

En cuanto al análisis de varianza obtenido en los parámetros físico-químicos medidos instrumentalmente (tabla 4), solamente se observaron diferencias significativas entre los cultivares en el contenido de compuestos fenólicos (figura 2). Los compuestos fenólicos o polifenoles constituyen un amplio grupo de sustancias químicas, considerados metabolitos secundarios de las plantas. Sus principales funciones en las células vegetales son las de actuar como metabolitos esenciales para el crecimiento y reproducción de las plantas, como agentes frente a la acción de patógenos y también son importantes en la determinación de las propiedades organolépticas (color, sabor y aroma), como por ejem-

plo el sabor astringente. Aunque no existe ninguna recomendación dietética oficial para el consumo de compuestos fenólicos, se han llevado a cabo numerosos estudios con el objetivo de determinar recomendaciones de consumo para los diferentes grupos de población, como el de Ovaskainen *et al.*, en 2008, que propuso una RDA (Recommended Dietary Allowances) para la ingesta de compuestos fenólicos totales de entre 461-1377 mg·día<sup>-1</sup> para hombres y entre 449-1185 mg·día<sup>-1</sup> para mujeres.

En nuestros resultados, los valores medios fueron significativamente más bajos en el cultivar procedente de Los Tojos con 30,35 mg GAE 100g<sup>-1</sup>, que los valores obtenidos en los cultivares procedentes de Peñarrubia y Polaciones con 37,63 y 39,59 mg GAE 100g<sup>-1</sup> respectivamente. El contenido observado en estos dos cultivares es similar a los obtenidos por García-García en 2017, en muestras de tirabeque donde se observaron valores entre 30-40 mg GAE 100g<sup>-1</sup> y superiores a los valores que obtuvo en guisante comercial (20-30 mg GAE 100g<sup>-1</sup>).

## **CONCLUSIONES**

Los resultados obtenidos en la caracterización de los cultivares de guisante mostraron que existieron diferencias a nivel morfológico fundamentalmente en las características de la planta y en caracteres relacionados con la precocidad, duración de la maduración y altura. El cultivar más precoz fue Peñarrubia, mientras que el de mayor altura fue el procedente de Los Tojos.

En el rendimiento, el cultivar procedente de los Tojos fue el más productivo, aunque este cultivar presentó menor número de granos por vaina y un mayor peso de las vainas vacías.

El análisis de los datos morfométricos de las vainas revelaron diferencias entre cultivares especialmente el cultivar de Los Tojos por presentar menor longitud de vaina y más anchura que los otros dos cultivares estudiados. Estas características físicas pueden ser la base para su consumo como vaina inmadura, aunque hay que profundizar en otros factores, como la ausencia de pergamino, alto contenido en azúcares solubles y su calidad sensorial.

Los resultados obtenidos en los análisis físico químicos fueron similares en los tres cultivares estudiados a excepción del contenido en compuestos fenólicos. Los valores obtenidos en este parámetro, puede suponer un valor añadido para fomentar el cultivo y uso de los cultivares tradicionales estudiados.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ALI, L.; SVENSSON, B.; ALSANIUS, B.W.; OLSSON, M.E. 2011. Late season harvest and storage of Rubus berries Major antioxidant and sugar levels. *Sciencia Horticulturae* 129 376-381.
- AMURIO, J. M.; VARELA VARELA, M.; HERNÁNDEZ-DISTAL, J. 1995. El tirabeque: Posibles alternativas en los cultivos hortícolas de Galicia. *Agricultura: Revista agropecuaria*, 755: 470-472.

CENTRO DE RECURSOS FITOGENÉTICOS CRF-INIA. Descriptores de *Pisum sativum* L. <http://wwwx.inia.es/ColeccionesCRF/CaracterizacionCRF.asp>.

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

MUNSELL, 1977. MUNSELL® Color charts for plant tissues. Munsell color. GretagMacbeth LLC, New York 12553-6148. Edition.1977.

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.

UPOV, 2009. Unión Internacional para la protección de las obtenciones vegetales. Ginebra 2009. 52 pp.

### FOTOGRAFÍAS



1



2



3



BGE 024377 POLACIONES



BGE 024378 LOS TOJOS

**Fotografía 1.** Cultivar ‘Los Tojos’ (ensayo caracterización, Lamadrid 14-3-2021).

**Fotografía 2.** Detalle general del ensayo de rendimiento, CIFA (8-3-2021).

**Fotografía 3.** Características de las vainas y el grano inmaduro de los cultivares.

**TABLAS****Tabla 1.** Caracterización de los cultivares. Descriptores de planta y peso 100 semillas.

CULTIVAR	INICIO FLORACIÓN (DÍAS)	FINAL FLORACIÓN (DÍAS)	MADUREZ 1ª VAINA (DÍAS)	DURACIÓN MADURACIÓN (DÍAS)	ALTURA PLANTA (M)	PESO 100 SEMILLAS (G)
Peñarrubia	89	166	149	47	2	33
Los Tojos	110	183	166	35	4	31,5
Polaciones	108	189	179	33	2,1	30,5

**Tabla 2.** Producción total (vaina y grano) g.m<sup>-2</sup>, número de granos, porcentaje del peso del grano y el peso de las vainas vacías de cada cultivar ensayado.

CULTIVAR	G.M <sup>-2</sup>	Nº GRANOS	% PESO GRANO	PESO VAINAS
Peñarrubia	4642,6	a	9,42	b
Los Tojos	5377,5	b	7,04	a
Polaciones	4145,3	a	8,95	b

Separaciones de medias llevadas a cabo por el test de Duncan al nivel del 5%.

El número de granos, el porcentaje del peso del grano y el peso de las vainas se calcularon tres veces a lo largo del ciclo de cultivo y sobre 15 vainas.

**Tabla 3.** Separaciones de medias obtenidas en la longitud y anchura de las vainas.

CULTIVAR	LONGITUD VAINA (CM)	ANCHURA VAINA (CM)
Peñarrubia	11,31	b
Los Tojos	9,11	a
Polaciones	11,22	b

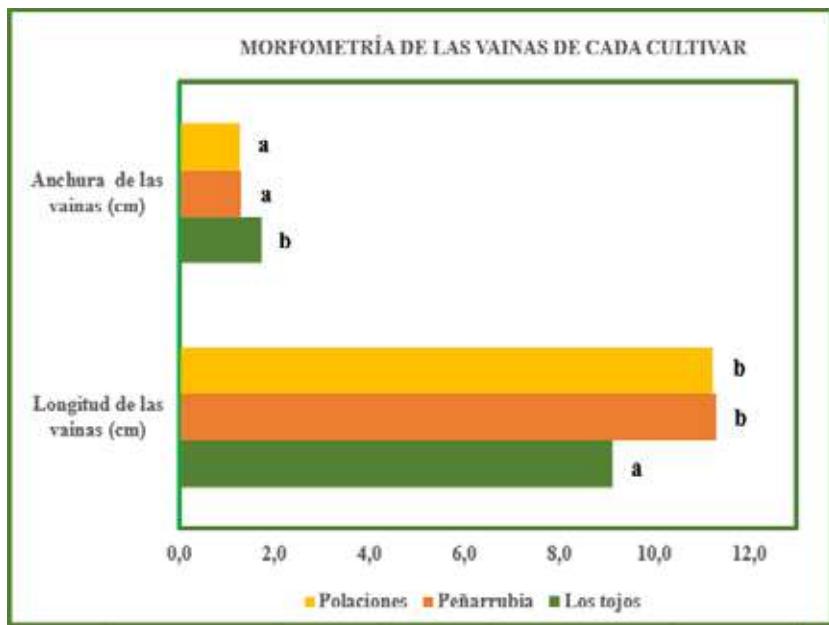
Separaciones de medias llevadas a cabo por el test de Duncan al nivel del 5%.

Mediciones calculadas tres veces a lo largo del ciclo de cultivo y sobre 15 vainas

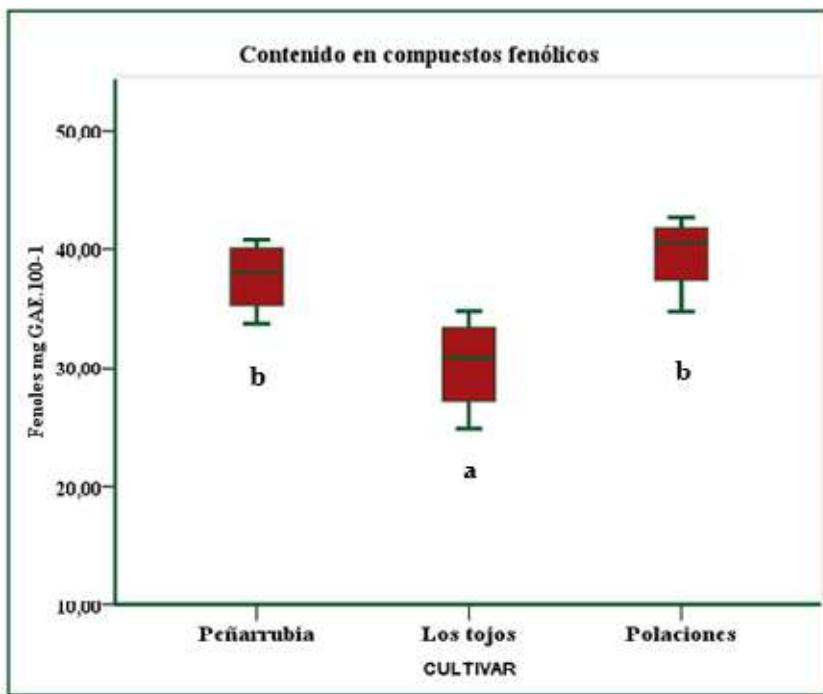
**Tabla 4.** Parámetros físico-químicos. Contenido en materia seca, firmeza, acidez titulable, °Brix y pH de cada cultivar.

CULTIVAR	MS (%)	FMAX (KG)	A. TITULABLE (% ÁCIDO CÍTRICO)	° BRIX	pH
Peñarrubia	22,00	2,46	0,10	16,13	7,09
Los Tojos	22,19	2,35	0,11	16,28	6,94
Polaciones	22,14	2,18	0,11	15,95	7,01

## FIGURAS



**Figura 1.** Longitud y anchura (cm) de las vainas obtenidas en cada cultivar. Separaciones de medias llevadas a cabo por el test de Duncan al nivel del 5%.



**Figura 2.** Diagrama de cajas del contenido en compuestos fenólicos (mg GAE.100g<sup>-1</sup>) en cada uno de los cultivares ensayados. Datos representados en cajas donde se muestra la mediana, cuartiles y los valores extremos y atípicos. Separaciones de medias llevadas a cabo por el test de Duncan al nivel del 5%.

# ESTUDIO AGRONÓMICO Y DE CALIDAD DE FRUTO DE 33 CULTIVARES DE JUDÍAS

Gómez-Jiménez de Cisneros, P., Martín-Expósito E., Cano-Banderas, M., Pascual-Asso, F., Felipe-Hermoso, A., García-García M.C.

Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera (IFAPA).

La Mojonera, Almería. Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible.

## RESUMEN

Las judías de colores, además de ser una alternativa para la diversificación de los cultivos hortícolas protegidos, pueden promover el desarrollo de nuevos formatos de consumo que diversifique los productos comercializados en ecológico. Como principal objetivo de innovación se buscó detectar cultivares de judía de diferentes colores entre materiales tradicionales del Banco de Germoplasma de la Misión Biológica de Galicia, del Centro Nacional de Recursos Fitogenéticos, y de los materiales comerciales disponibles.

Se realizó un ensayo en invernadero de 1000 m<sup>2</sup>, certificado en producción ecológica, en el que se evaluó el rendimiento de 33 cultivares de judía de diferentes colores. Los 5 más productivos durante las 7 recolecciones comprendidas entre el 14/05/2019 y el 24/06/2019, y que mejor se adaptaron a las condiciones invernadas, ordenados de mayor a menor productividad, fueron: Vitalis (verde; 0,88 kg m<sup>-2</sup>), BGE025142 (verde jaspeado; 0,86 kg m<sup>-2</sup>), BGE003997 (amarillo; 0,78 kg m<sup>-2</sup>), BGE022204 (amarillo; 0,75 kg m<sup>-2</sup>) y Buenos Aires (verde jaspeado; 0,69 kg m<sup>-2</sup>).

En cuanto al análisis sensorial, se evaluaron parámetros descriptivos como sabor, textura, presencia de hebra en la vaina y color de la vaina. El correspondiente estudio hedónico de aceptabilidad o rechazo, relaciona directamente la aceptabilidad con el sabor y textura del cultivar, y de forma inversa el contenido de hebra. A partir de este análisis se seleccionaron por su aceptabilidad 5 accesiones con vaina de color verde, otras 5 con vaina de color amarillo, y 1 con vaina jaspeada. A todas ellas se les aplicó un primer análisis de caracteres que definieron la calidad de la vaina, tales como peso, longitud, anchura, color, acidez, textura, pH, contenido en sólidos solubles y en ácido ascórbico.

Los análisis mostraron valores muy homogéneos entre todos los cultivares para acidez (en torno a 0,1%) o pH (en torno a 6,76). Sin embargo, la mayor parte de los caracteres medidos presentaron una gran variabilidad, como es el caso del contenido en ácido ascórbico (desde 7,73 mg AA/100 ml a 22,86 mg AA/100 ml) o la firmeza (desde 49,51 N a 90,28 N), lo que define una amplia gama de valores que permitirán adaptar estos cultivares a nuevas exigencias de los consumidores, principalmente de consumidores de hortícolas ecológicas.

**Palabras clave:** banco germoplasma, invernadero, productividad, calidad, catas de judías, *Phaseolus vulgaris*.

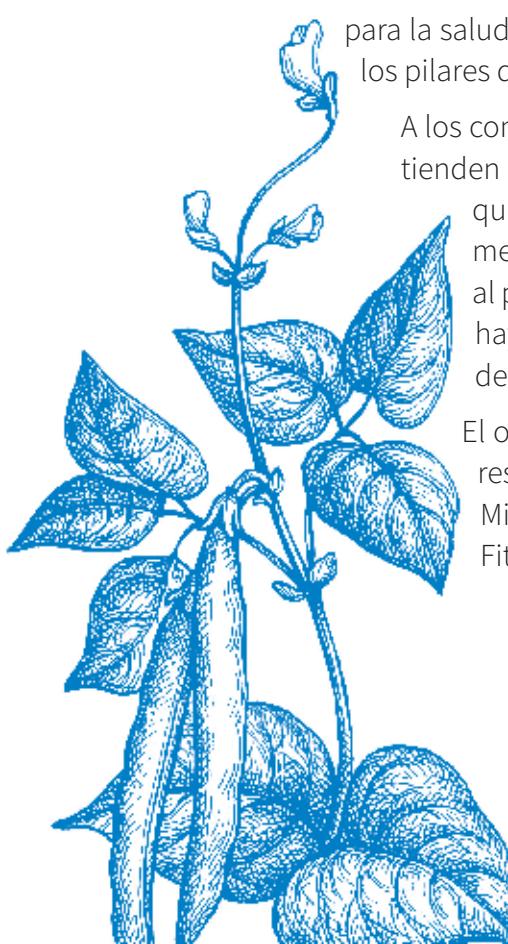
## INTRODUCCIÓN

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 (Méjico 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.

En España se cultivan un total de 149 ha de judía verde en secano, 5.933 ha en regadío al aire libre y 1.489 ha en invernadero, cuya producción global asciende a 148.016t. Del total de la superficie invernada, la mayor superficie se sitúa en la provincia de Almería, correspondiendo a 140ha de judía. (MAPA, 2020).

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.



A los consumidores les gusta innovar en sus compras y cada vez los gustos tienden hacia productos más sanos a la par que atractivos, por lo que se quieren ensayar judías frescas de diferentes colores con objeto de comercializarlas de forma segmentada o en un paquete tricolor, similar al pimiento tricolor, que tan bien funciona en el mercado. Además, no hay que olvidar que para la población vegana, vegetariana, etc. es una de las principales fuentes proteicas de consumo.

El objetivo principal de este trabajo fue detectar y caracterizar cultivares de judía de diferentes colores del Banco de Germoplasma de la Misión Biológica de Galicia (PHA), del Centro Nacional de Recursos Fitogenéticos (BGE), y de los materiales comerciales disponibles.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo tuvo lugar en el Centro IFAPA La Mojonería, en invernadero “raspa y amagado” con estructura metálica y cubierta de polietileno, suelo enarenado y con una superficie de 800 m<sup>2</sup>, en el que se evaluó el rendimiento de 33 cultivares de judía de diferentes colores (Tabla 1), con cuatro repeticiones por cultivar. La plantación se realizó el 14/03/2019 con un marco de plantación de 1x0,5 m entre cepellones y dos semillas por cepellón. Se efectuaron siete recolecciones, una cada semana, comprendidas entre el 14/05/2019 y el 24/06/2019, determinando la producción de fruto. Este corto periodo de recolección fue debido a un posterior uso del cultivo como abono verde. Las técnicas culturales, fitosanitarias (con preferencia de control biológico) y de fertirrigación que se realizaron, cumplían las directivas europeas de producción ecológica y se certificó por el Comité Andaluz de Agricultura Ecológica (CAAE).

La fertirrigación se realizó en función del nivel de humedad del suelo medido mediante tensímetros, fertirrigando cuando se alcanzaba una tensión de aproximadamente -20 kPa, con un volumen de fertirriego de 3 L m<sup>-2</sup>. El cabezal de riego estaba compuesto por un programador con inyectores venturis, tres tanques de abonado y una inyectora. Los fertilizantes utilizados fueron: calcio quelatado, microelementos, ácidos húmicos, sulfato potásico, sulfato magnésico y aminoácidos.

**Tabla.** Cultivares ensayados.

CULTIVARES	COLOR VAINA	CULTIVARES	COLOR VAINA
Buenos Aires	Verde-púrpura	PHA0025	Amarilla-púrpura
GEA	Verde	PHA0084	Verde-púrpura
Maravilla de Piamonte	Amarilla-púrpura	PHA0148	Verde-púrpura
Maravilla de Venecia	Amarilla	PHA0168	Verde-púrpura
Vitalis	Verde	PHA0212	Verde-púrpura
BGE002204	Amarilla	PHA0216	Verde-púrpura
BGE003043	Amarilla	PHA0242	Verde-púrpura
BGE003121	Amarilla	PHA0266	Amarilla-púrpura
BGE003997	Amarilla	PHA0272	Amarilla-púrpura
BGE004673	Amarilla	PHA0303	Verde-púrpura
BGE011735	Amarilla	PHA0393	Verde-púrpura
BGE025142	Verde-púrpura	PHA0538	Verde-púrpura
BGE026163	Amarilla	PHA0655	Verde-púrpura
BGE026172	Amarilla	PHA0663	Púrpura
BGE027085	Verde-púrpura	PHA0926	Verde-púrpura
BGE030453	Amarilla		
BGE036492	Verde-púrpura		
BGE039982	Amarilla		

\* BGE = Centro Nacional de Recursos Fitogenéticos.

\*\* PHA = Banco de Germoplasma de la Misión Biológica de Galicia

Se realizó un análisis sensorial de los 33 cultivares de judía mediante la valoración de 30 personas a las que se les dio a probar vainas de judías cocidas durante 2 minutos y se les pidió que evaluaran los parámetros descriptivos de sabor, textura, y color de la vaina en función de 5 valores (1=muy malo, 2=malo, 3=indiferente, 4=bueno y 5=muy bueno) y la presencia de hebra en la vaina (nada, poca o mucha).

El correspondiente estudio hedónico de aceptabilidad o rechazo, relaciona directamente la aceptabilidad con el sabor y textura del cultivar, y de forma inversa con el contenido de hebra.

A los cultivares seleccionados en el estudio hedónico se les realizó un análisis de caracteres que definen la calidad de la vaina, tales como peso, longitud, anchura, color, acidez, textura, pH, contenido en sólidos solubles y en ácido ascórbico.

## RESULTADOS

### Producción

Dentro de las cultivares seleccionadas del Banco de Germoplasma de la Misión Biológica de Galicia (PHA), las más productivas fueron PHA0212, PHA0025, PHA0148, PHA0663 y PHA0303, respectivamente (Figura 1).

De las cultivares elegidas del Centro Nacional de Recursos Fitogenéticos fueron las más productivas BGE025142, BGE003997, BGE002204, BGE02172 y BGE003121, por este orden (Figura 2).

Con respecto a las cultivares comerciales, de mayor a menor producción, aparecen: Vitalis, Buenos Aires, Gea, Maravilla de Venecia y Maravilla de Piamonte (Figura 3).

Los cultivares que mejor se adaptaron a las condiciones invernadas ordenados de mayor a menor productividad fueron: Vitalis ( $0,88 \text{ kg m}^{-2}$ ), BGE025142 ( $0,86 \text{ kg m}^{-2}$ ), BGE003997 ( $0,78 \text{ kg m}^{-2}$ ), BGE002204 ( $0,75 \text{ Kg m}^{-2}$ ) y Buenos Aires ( $0,69 \text{ kg m}^{-2}$ ) (Figura 4).

### Estudio hedónico

En la tabla 1 se muestran la selección por su aceptabilidad 5 accesiones con vaina de color verde (BGE027085, PHA0025, PHA0148, PHA0168, PHA0212), otras 5 con vaina de color amarillo (BGE039982, BGE026163, BGE003997, BGE002204, BGE026172), y 1 con vaina de coloración en mosaico o pintón (BGE025142).

### Parámetros físicos

En la tabla 2 se muestran los valores de peso, longitud y anchura de vaina, así como el tono obtenidos en los frutos de cada cultivar. El peso medio de vainas osciló entre 9,29 y 18,97 gramos, mostrando diferencias significativas con el resto de cultivares. También se aprecian diferencias significativas entre los diferentes cultivares en los parámetros de longitud y anchura de vaina.

La firmeza de las vainas en los distintos cultivares mostraron diferencias significativas entre ellos (Tabla 3), oscilando entre 49,51 Newton (cv. PHA0168) y 91,96 Newton (cv. BGE003997).

### Parámetros químicos y nutricionales

En la tabla 3 se muestran los valores de acidez, pH, sólidos solubles y ácido ascórbico. El contenido en sólidos solubles, expresado en °Brix, de los distintos cultivares osciló entre 4,49 °Brix (cv. BGE027085) y 5,84 °Brix (cv. BGE025142), mostrando diferencias significativas entre los cultivares ensayados. El pH osciló entre 6,65 (BGE002204) y 6,84 (cv. PHA0148), sin diferencias significativas entre cultivares. Los valores de acidez titulable se mostraron homogéneos, en torno a 0,1 % ácido cítrico sin diferencias significativas entre cultivares.

En cuanto al contenido en ácido ascórbico, principal componente de la vitamina C, se observan diferencias significativas entre los diferentes cultivares de judía evaluados oscilando entre 7,73 mg ácido ascórbico 100 ml zumo<sup>-1</sup> (BGE027085) y 22,86 mg ácido ascórbico 100 ml zumo<sup>-1</sup> (BGE039982).

### CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta el corto periodo de tiempo que se estuvo recolectando (siete semanas) y la producción alcanzada, se estima que si se hubiera realizado ese mismo cultivo durante el ciclo normal de recolección (tres meses) se alcanzarían los rendimientos medios esperados para un cultivo estándar de judía, lo cual convierten a las judías de colores en una alternativa viable para los agricultores de cara a la diversificación de los cultivos hortícolas, a la vez que se introducen productos novedosos y saludables en los mercados.

Los análisis muestran valores muy homogéneos entre todas las cultivares para acidez (en torno a 0,1%) y pH (en torno a 6,76). Sin embargo, la mayor parte de los caracteres medidos presentaron una gran variabilidad, como es el caso del contenido en ácido ascórbico (desde 7,73 mg AA/100 ml a 22,86 mg AA/100 ml) o la firmeza (desde 49,51 N a 90,28 N), lo que define una amplia gama de valores que permitirán adaptar estos cultivares a nuevas exigencias de los consumidores.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARNOLDI, A.; ZANONI, 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.



DE LA ROSA, L.; GARCÍA, R. M.; MARCOS, T.; FAJARDO, J. 2016. Agrobiodiversidad de legumbres en Galicia. Mol (16): 60-69.

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.

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.

MAPA 2020. Análisis provincial de superficie, rendimiento y producción. Estadísticas agrarias: Agricultura, del MAPA.

RAMÍREZ-BAHENA, M. H.; PEIX, A.; VELÁZQUES, 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.

## AGRADECIMIENTOS

Trabajo realizado dentro del proyecto TRANSFORMA PP.TRA.TRA2019.003, cofinanciado al 80% del Fondo Europeo de Desarrollo Regional dentro del Programa Operativo FEDER de Andalucía 2014-2020

## TABLAS

**Tabla 1.** Listado de cultivares seleccionadas por su aceptabilidad.

CULTIVARES	SABOR	TEXTURA	COLOR	CONTENIDO DE HEBRA	ACEPTABILIDAD
BGE002204	Bueno	Indiferente	Indiferente	Nada	Buena
BGE003997	Bueno	Buena	Indiferente	Poca	Muy buena
BGE025142	Indiferente	Indiferente	Bueno	Nada	Buena
BGE026163	Bueno	Buena	Indiferente	Nada	Buena
BGE026172	Indiferente	Indiferente	Indiferente	Nada	Indiferente
BGE027085	Bueno	Buena	Bueno	Nada	Buena
BGE039982	Indiferente	Indiferente	Indiferente	Nada	Indiferente
PHA0025	Indiferente	Indiferente	Indiferente	Nada	Indiferente
PHA0148	Indiferente	Indiferente	Bueno	Mucha	Buena
PHA0168	Bueno	Buena	Bueno	Nada	Buena
PHA0212	Bueno	Buena	Muy bueno	Nada	Muy buena

**Tabla 2.** Parámetros físicos (peso, longitud y anchura de vaina, textura y tono) obtenidos en cada uno de los cultivares seleccionados en el estudio hedónico

CULTIVARES	PESO (G)	LONGITUD (CM)	ANCHURA (MM)	TEXTURA (N)	TONO
BGE039982	11,15 ef	12,51 d	18,07 ab	86,54 ab	Verde-amarillo
BGE027085	9,29 f	16,44 b	9,78 g	53,67 bcd	Verde
BGE026163	12,31 cde	16,59 b	13,13 ef	70,97 bc	Amarillo
BGE003997	18,97 a	20,43 a	15,91 cd	91,96 a	Verde-amarillo
BGE025142	14,55 bc	17,80 ab	16,76 bc	85,22 ab	Verde-púrpura
BGE002204	14,12 bcd	20,25 a	12,93 f	72,13 ab	Verde
BGE026172	16,55 ab	21,73 a	14,53 de	79,07 ab	Amarillo
PHA0212	12,44 cde	13,40 d	18,86 a	83,41 ab	Amarillo
PHA0025	11,63 def	13,31 d	19,29 a	90,28 a	Verde
PHA0148	-	-	-	70,23 bc	Verde
PHA0168	-	-	-	49,51 d	Verde

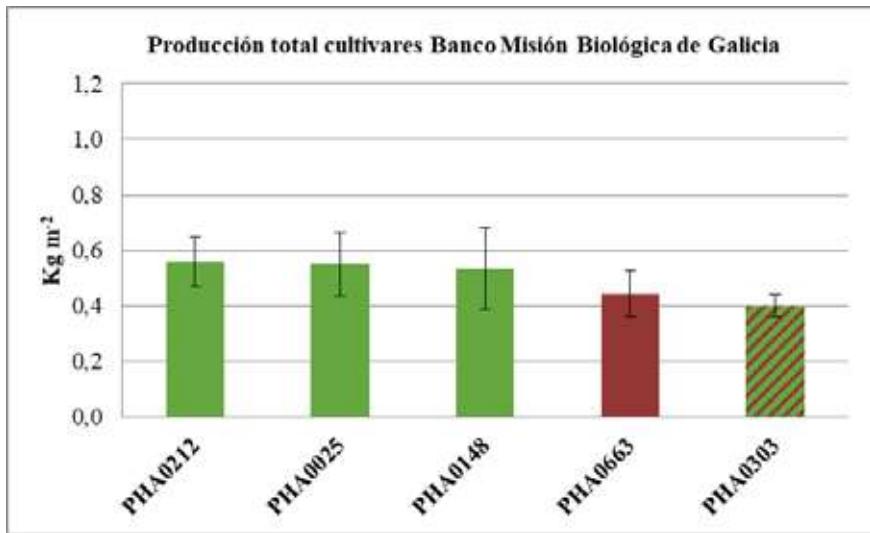
Letras distintas en la misma columna reflejan diferencias significativas para un  $p \leq 0,05$  (Test LSD).

**Tabla 3.** Parámetros químicos y nutricionales (acidez, pH, sólidos solubles y ácido ascórbico) obtenidos en cada uno de los cultivares seleccionados en el estudio hedónico.

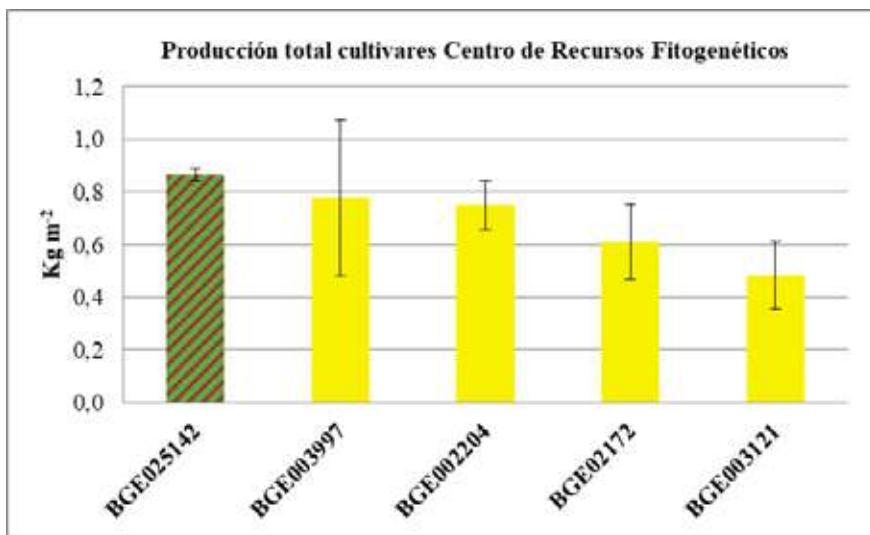
CULTIVARES	ACIDEZ (%)	PH	SÓLIDOS SOLUBLES (°BRIX)	ÁCIDO ASCÓRBICO (MG AA/100ML)
BGE039982	0,11 a	6,78 a	4,66 c	22,86 a
BGE027085	0,14 a	6,77 a	4,49 c	7,73 d
BGE026163	0,12 a	6,79 a	4,65 c	14,73 bc
BGE003997	0,11 a	6,81 a	4,59 c	13,11 cd
BGE025142	0,13 a	6,78 a	5,84 a	20,57 ab
BGE002204	0,12 a	6,65 a	4,63 c	12,43 cd
BGE026172	0,13 a	6,79 a	4,67 c	12,03 cd
PHA0212	0,12 a	6,71 a	5,35 b	13,23 cd
PHA0025	0,13 a	6,78 a	5,76 a	11,88 cd
PHA0148	0,11 a	6,84 a	-	13,34 cd
PHA0168	0,12 a	6,69 a	-	12,19 cd

Letras distintas en la misma columna reflejan diferencias significativas para un  $p \leq 0,05$  (Test LSD).

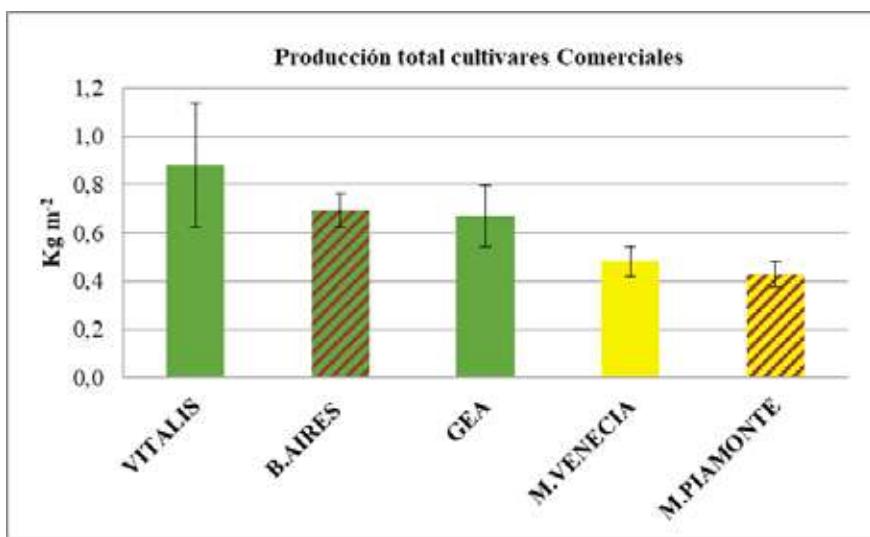
## FIGURAS



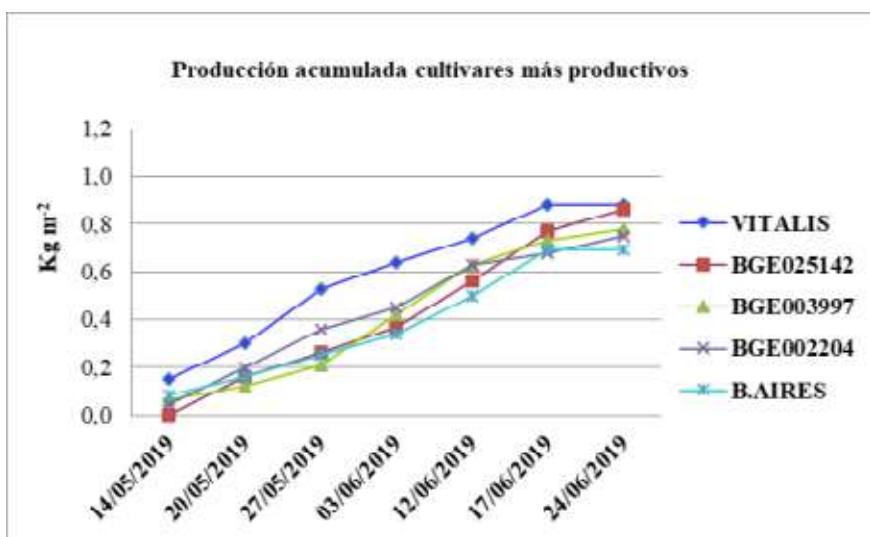
**Figura 1.** Producción total ( $\text{kg m}^{-2}$ ) obtenida en cada uno de las cultivares del Banco Misión Biológica de Galicia evaluados. Letras distintas en las columnas reflejan diferencias significativas para un  $p \leq 0,05$  (Test LSD).



**Figura 2.** Producción total ( $\text{kg m}^{-2}$ ) obtenida en cada uno de las cultivares del Centro de Recursos Fitogenéticos evaluados. Letras distintas en las columnas reflejan diferencias significativas para un  $p \leq 0,05$  (Test LSD).



**Figura 3.** Producción total ( $\text{kg m}^{-2}$ ) obtenida en cada una de las cultivares Comerciales evaluados. Letras distintas en las columnas reflejan diferencias significativas para un  $p \leq 0,05$  (Test LSD).



**Figura 4.** Producción total ( $\text{kg m}^{-2}$ ) obtenida en las cultivares más productivos.

# INFLUENCIA DE LA PROFUNDIDAD DE PLANTACIÓN EN LA AGRONOMÍA DEL CULTIVO DE ESPÁRRAGO EN EL VALLE DEL GUADALQUIVIR

P. Cermeño-Sacristán<sup>1</sup>; V.H. Durán-Zuazo<sup>2</sup>, L. Andreu-Cáceres<sup>3</sup>; R. Bocanegra-Caro<sup>1</sup>; P. García-Rodríguez; M.J. Romero-Solís<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>IFAPA Las Torres. Alcalá del Río. Sevilla.

<sup>2</sup>IFAPA Camino de Purchil. Granada

<sup>3</sup>Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica. Universidad de Sevilla.

## RESUMEN

El cultivo de espárragos en el sur de España (Andalucía) ha alcanzado grandes extensiones que superan las diez mil hectáreas. La profundidad de plantación en el cultivo del espárrago parece afectar al tiempo de emergencia de los turiones, el número de turiones y su diámetro. Para evaluar el efecto de la profundidad de plantación se ha realizado un ensayo en suelo fértil de tipo fluvisol en la región de la Vega del Guadalquivir, Alcalá del Río, Sevilla. Se plantaron en marzo de 2016 las garras a diferentes profundidades: 10, 20, 30, 40, y 50 cm. El cultivar evaluado fue Darzilla. Los parámetros que se han estudiado han sido parámetros morfológicos, de rendimiento agronómico y de calidad. El mayor rendimiento fue obtenido en garras plantadas a 20 cm. El número de tallos fue significativo en profundidades de 10, 20 y 30 cm. El mayor crecimiento en altura fue en las garras plantadas a 30cm de profundidad. No hubo diferencia significativa en altura de las plantas de profundidades de 10, 20 y 40. El crecimiento fue significativamente menor en las garras plantadas a 50 cm de profundidad. El mayor calibre fue 12,9 cm en profundidad de 40cm. La profundidad de siembra ofrece la posibilidad de comercializar turiones de diferentes calibres, producto de calidad para satisfacer las exigencias del mercado.

## INTRODUCCIÓN

El espárrago producido en España es una de las principales hortalizas de exportación como producto fresco y congelado. Hoy en día continúa aumentando la superficie cultivada de espárrago alcanzándose 14500 ha, de las cuales 10155 ha se cultivan en Andalucía (MAPA, 2019). A nivel nacional las perspectivas de mercado se han visto afectada por el incremento de superficie productiva de algunos países como Perú y China.

Para incrementar la sostenibilidad en el tiempo y la competencia con nuevas zonas productivas, es necesario optimizar el sistema de producción. La profundidad de plantación del rizoma influye en los rendimientos y en la calidad del espárrago. El tipo de suelo y el clima son factores a tener en cuenta, pues están interrelacionados con la profundidad de plantación.

En la Vega del Guadalquivir se ha establecido este cultivo desde hace varias décadas, actualmente el cultivo se ha desplazado al Bajo Guadalquivir, para optimizar el sistema productivo en esta zona es necesario determinar el comportamiento del cultivo frente a la variación de la profundidad del rizoma.

El objetivo de estudio es evaluar el crecimiento, desarrollo y calidad del espárrago verde en el cuarto año de cultivo en función de la profundidad de plantación de la garra.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se ha utilizado el cultivar de espárrago verde ‘Darzilla’. La plantación de la garra se realizó a diferentes profundidades: 10, 20, 30, 40 y 50 cm en la región de regadío de la Vega del Guadalquivir. La parcela elemental era de 30 m<sup>2</sup>. La distancia entre plantas era de 33 cm y la distancia entre líneas del cultivo era de 1,50 cm. La plantación se efectuó manualmente el 18 marzo de 2016.

Se han medido, durante el año 2020, los siguientes parámetros morfológicos (altura de la planta y altura de la primera ramificación), de rendimiento agronómico (producción comercial, destío, número de turiones) y de calidad (calibre, grados brix, apertura de la yema apical).

El diseño experimental empleado ha sido bloques al azar con 3 repeticiones. Posteriormente se ha realizado un análisis estadístico ANOVA y Test LSD mediante el software Statistix 9.0.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el cuarto año de cultivo revelaron que la profundidad de plantación del rizoma ha repercutido de manera diferente en los parámetros morfológicos, de rendimiento y calidad. Desde 10 cm a 40 cm se promovió un desarrollo creciente de la altura de la planta viéndose limitado a profundidad 50 cm (Figura 1). En cuanto a la altura de la primera ramificación se obtuvo mayor resultado en las plantaciones de 30 y 40 cm (Figura 2), coincidiendo con las profundidades de mayor porte alcanzado con 1,66 y 1,85 m respectivamente. Al aumentar la profundidad hubo un efecto relevante sobre el rendimiento, el número de turiones y el calibre. El mayor rendimiento se obtuvo de manera significativa en profundidad 20 cm con 5409 Kg ha<sup>-1</sup> (Figura 3). Las bajas temperaturas y precipitaciones de finales de marzo-abril propusieron una parada en la producción de las garras más superficiales (10 cm), lo que supuso una bajada inesperada en el rendimiento en cuanto Kg ha<sup>-1</sup> y número de turiones. (Figuras 3 y 4). Respecto al número de turiones McCormick y Thomsen (1990) determinaron que al aumentar la profundidad de plantación se redujo el número de turiones, efecto notorio que observamos en este ensayo (Figura 4). Al igual que González y del Pozo (2003) hubo un efecto destacado de la profundidad sobre la producción de calibres delgados, siendo estos más abundantes en las plantaciones más superficiales (10-20 cm) (Figura 5). El mayor calibre se alcanzó a profundidad de 40 cm. Profundidades superiores a 40 cm no implicaron un mayor calibre del turión (Figura 5).

En la calidad del turión no hubo diferencia significativa en el contenido de sólidos solubles (Figura 6) fluctuando entre 5 y 6 grados brix, independiente de la profundidad de plantación. En la Figura 7 hemos observado que a mayor profundidad (40 y 50 cm) la apertura del turión se ve afectada negativamente, perjudicando la textura de este al desarrollo del turión. Este efecto se comparó con los ensayos de Liao et al (1999) donde una capa arenosa superficial benefició la calidad en la emergencia del turión, mientras que los turiones sometidos a texturas más pesadas vieron su calidad deteriorada. Los turiones clasificados del 1 al 4 pertenecieron al porcentaje de turiones comerciales (75-80%) donde no se apreciaba apertura de las brácteas apicales del turión. Los valores de 5 al 7 englobaron el porcentaje de turiones de destrozo (20-25%) que presentaron una apertura temprana de la punta acorde con la longitud esperada para ser recolectado.

## CONCLUSIONES

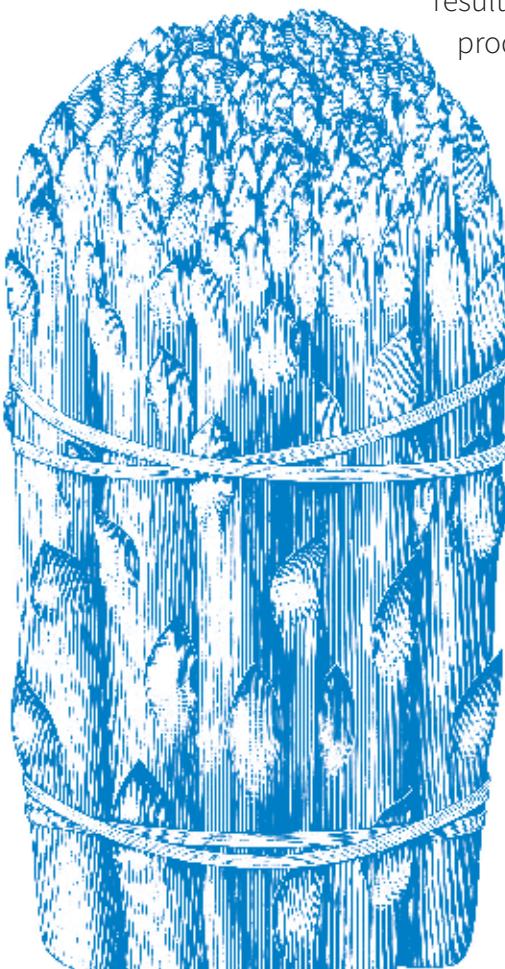
El rendimiento del cultivo se ve influido por la profundidad de plantación de la garra, siendo mayor el rendimiento en las plantaciones más superficiales 10, 20 y 30 cm.

El calibre aumenta con la profundidad hasta 40 cm. Profundidades mayores de 30 cm no se recomiendan debido a que experimentan una disminución notable del rendimiento.

Los sólidos solubles totales en el turión no varían con la profundidad de plantación del rizoma.

La apertura del extremo apical del turión se ve afectada negativamente con profundidades de plantación superiores a 30 cm.

Debido a la interrelación entre edafología, climatología y profundidad del rizoma, estos resultados pueden aportar luz en los cultivos de espárrago verde producidos en condiciones similares.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GONZÁLEZ, M.I; DEL POZO, A. 2003, Effect of planting depth and plant population on quality and yield of green asparagus. *Agricultura Técnica (Chile)* 63 (3): 223-230.

LIAO, M.T., M. A. NICHOLS Y K.J. FISHER. 1999. Effects of soil type and depth on spear yield and quality os asparagus (*Asparagus officinalis* L.) N. Z. J. Crop Horticultural Science.27: 43-46. DOI: 10.1080/01140671.1999.951407

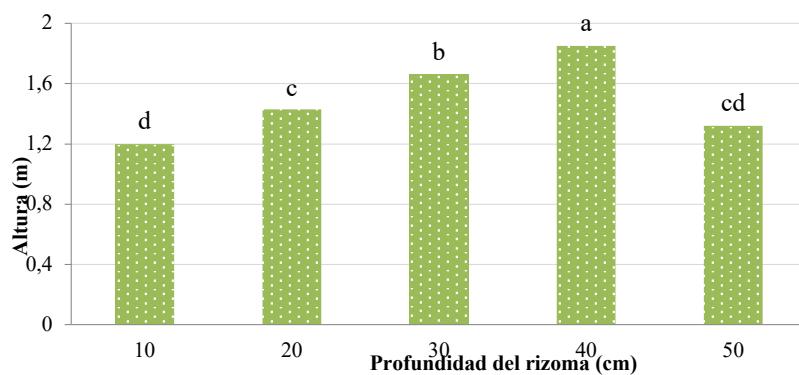
MAPA .2019. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Avances: Superficies y producciones de cultivo 2019. Page 7.

MCCORMICK, S.J. Y D.L.THOMSEN.1990. Managemente of spear number, size, quality and yield in green asparagus through crown depth and population. *Acta Horticulturae.*271:151-157

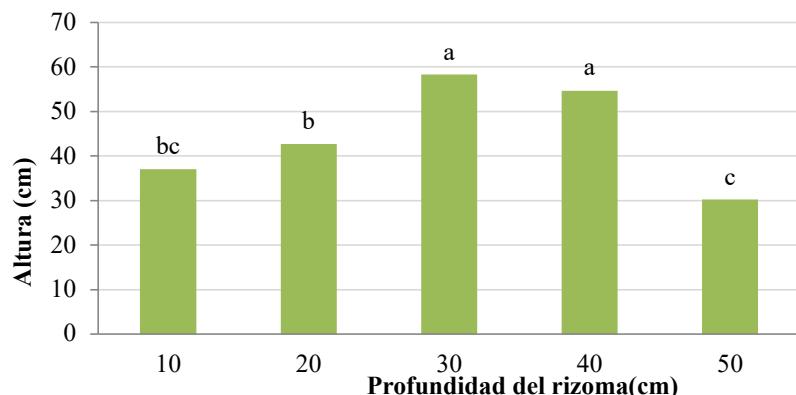
## AGRADECIMIENTOS

Estos ensayos pertenecen al proyecto “Horticultura al aire libre” desarrollado por el Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria y Pesquera de Andalucía (IFAPA), de la Consejería de Agricultura y Pesca y Desarrollo Rural, está cofinanciado al 80% por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional, dentro del Programa Operativo FEDER de Andalucía 2014-2020.

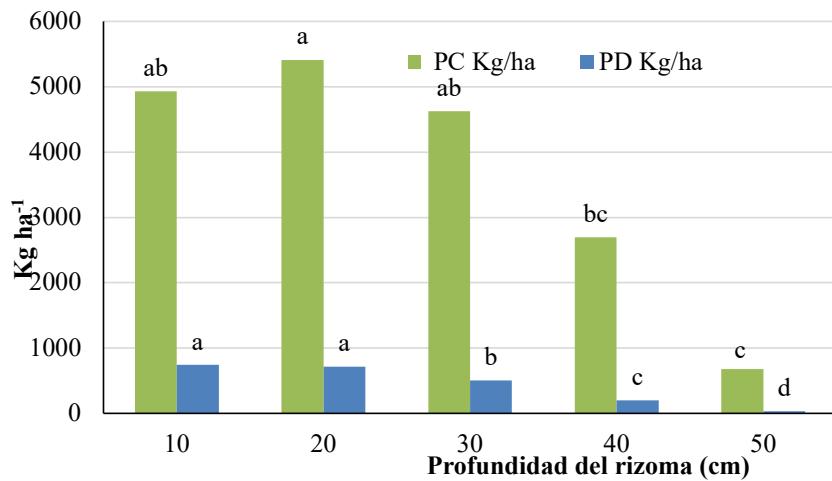
## FIGURAS



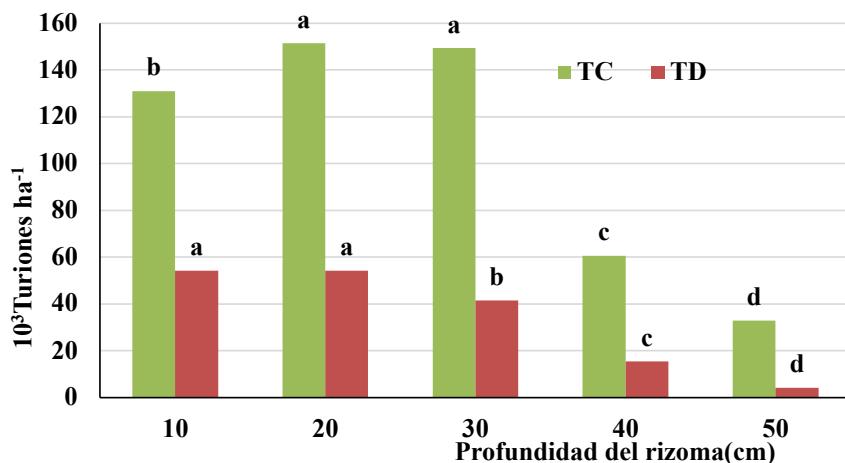
**Figura 1.** Altura alcanzada por la planta.



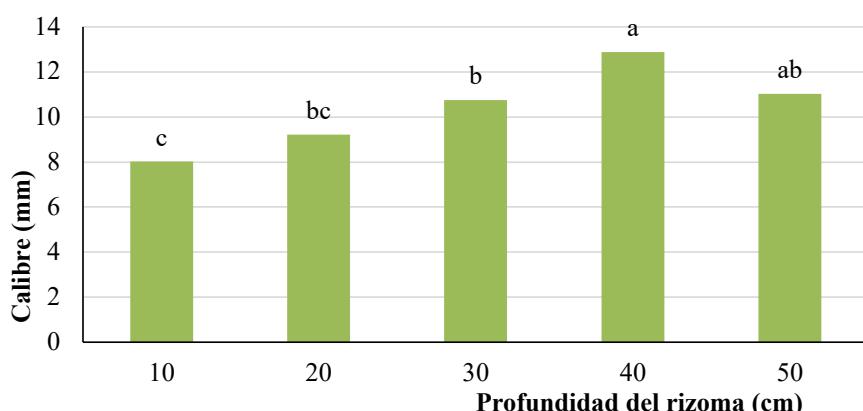
**Figura 2.** Altura de la primera ramificación.



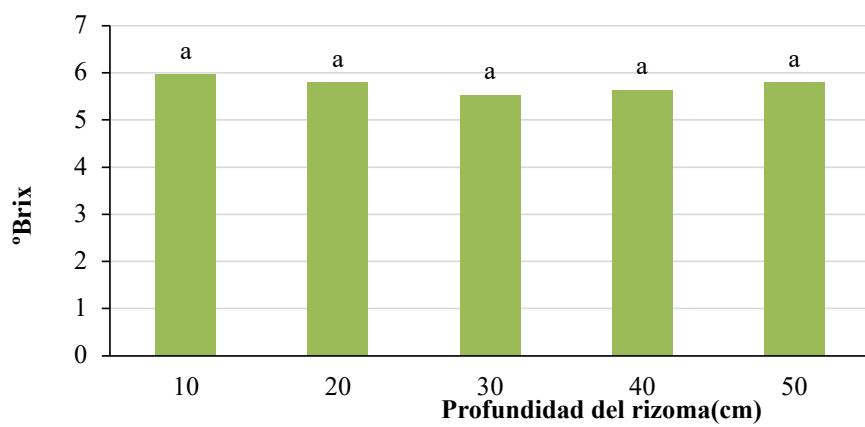
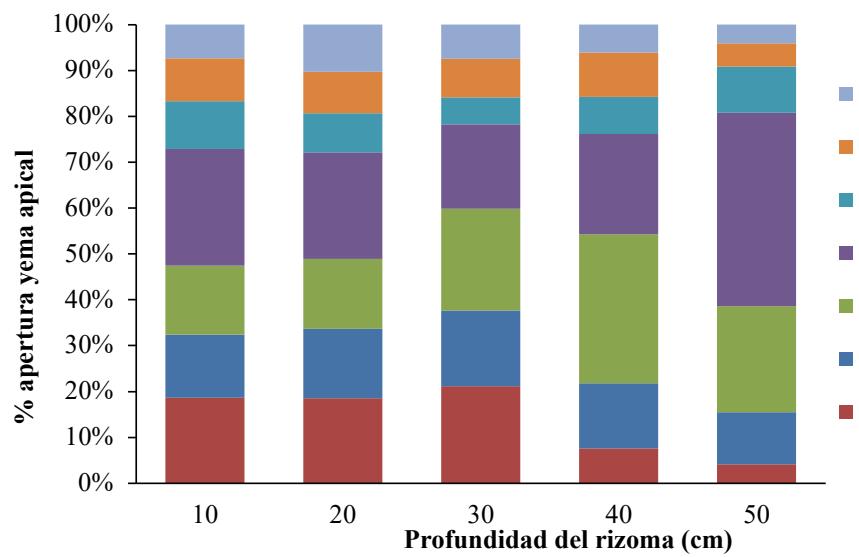
**Figura 3.** Producción comercial – destriño.



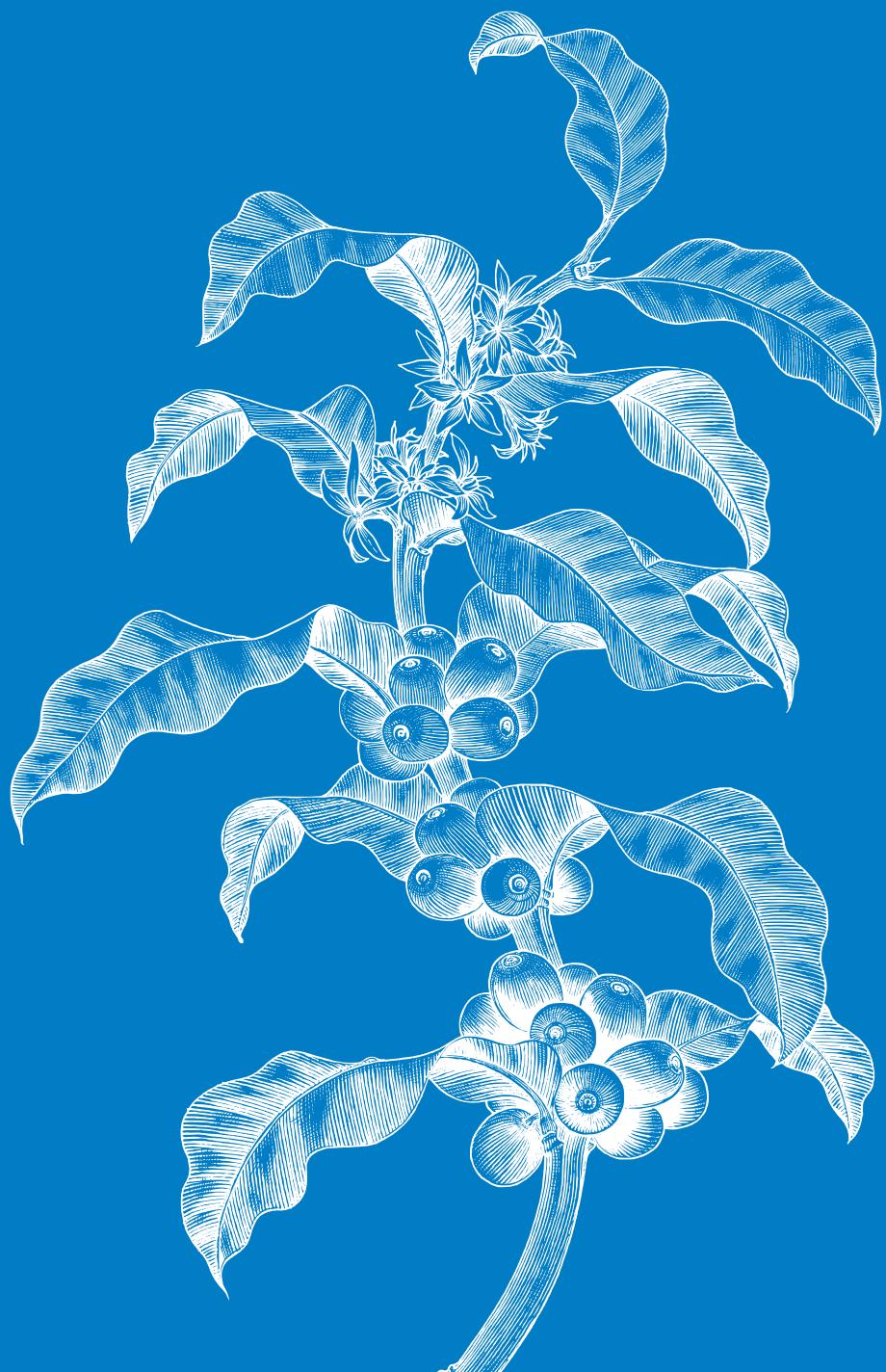
**Figura 4.** Turiones comerciales (TC) - destriño (TD).



**Figura 5.** Calibres.

**Figura 6.** Grados Brix.**Figura 7.** Grado de apertura de los turiones.

# MANEJO DEL RIEGO Y LA FERTILIZACIÓN





# **GESTIÓN DEL FERTIRRIEGO EN CULTIVO DE PIMIENTO EN INVERNADERO MEDIANTE LA AUTOMATIZACIÓN CON ELECTROTENSIÓMETROS: EFECTO DE LAS CONDICIONES DE CULTIVO Y LA TENSIÓN MATRICIAL DEL SUELO**

**Contreras, J.I., López, J.G., Medrano, E., Cánovas, G., Baeza, R., Alonso, F.**

Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA), Centro La Mojonera, Camino San Nicolás nº 1, [juanai.contreras@juntadeandalucia.es](mailto:juanai.contreras@juntadeandalucia.es)

---

## **RESUMEN**

---

Las necesidades de fertiriego de los cultivos hortícolas están determinadas por diferentes factores como: tipo de cultivo, etapa de desarrollo, sistema de producción, etc. Aunque los cultivos hortícolas de invernadero son muy eficientes en el uso del agua y los fertilizantes en comparación con otros sistemas de producción, es necesario incrementar esta eficiencia para lo cual se deben diseñar estrategias de fertirrigación individualizadas para cada cultivo y condiciones de cultivo. La programación del fertiriego basada en el estado hídrico del suelo permite optimizar la gestión. El objetivo de este trabajo ha sido determinar la influencia de la consigna de activación del fertiriego con electrotensiómetros y de las condiciones de cultivo sobre la productividad del agua y de los nutrientes en un cultivo de pimiento. El ensayo se desarrolló en dos invernaderos. El fertiriego se automatizó con electrotensiómetros. Se estudiaron cuatro tratamientos combinación de dos factores: consigna de activación del fertiriego ( $P_{-10}$ : -10 kPa y  $P_{-20}$ : -20 kPa) y condiciones de cultivo asociadas a cada invernadero ( $I_1$  e  $I_2$ ). La solución nutritiva aplicada fue la misma en todos los tratamientos. Se determinó la producción y el volumen de agua y nutrientes aplicados, calculando la productividad del agua en términos productivos ( $\text{kg m}^{-3}$ ) y económicos ( $\text{€ m}^{-3}$ ), así como de los nutrientes (N, P, K, Ca y Mg). La consigna de activación del fertiriego de -10 kPa presentó los mejores resultados, aumentando la producción y conservando la productividad del agua y la eficiencia de uso de nutrientes con respecto al tratamiento de -20 kPa en ambos invernaderos. La automatización del riego con electrotensiómetros permitió aplicar distinto volumen de fertirrigación demandado por el cultivo en cada invernadero, igualando, la productividad del fertiriego. En cuanto al efecto de las condiciones de cultivo, el cultivo del  $I_1$  tuvo mayor producción y demandó mayor volumen de fertiriego que el  $I_2$  para la misma consigna de activación, sin reducir la productividad del fertiriego.

**Palabras clave:** *Condiciones de cultivo, invernadero, Capsicum annuum, riego, tensión matricial*

## INTRODUCCIÓN

Los cultivos hortícolas presentan diferentes necesidades de fertiriego en función de factores como: tipo de cultivo, etapa de desarrollo, sistema de producción, etc. A pesar de que la producción en invernadero es muy eficiente en el uso del agua y los fertilizantes en comparación con otros sistemas de cultivo, es necesario incrementar esta eficiencia, para lo que se deben diseñar estrategias de fertirrigación individualizadas para cada especie y cada situación.

Existen numerosos trabajos que determinan las necesidades de agua y nutrientes de los cultivos hortícolas intensivos. La mayoría de los trabajos realizados para determinar las necesidades hídricas se centran en el cálculo predictivo de la ET<sub>c</sub>, con datos climáticos medios o datos a tiempo real (Fernández *et al.*, 2001; Gavilán *et al.*, 2008; Fernández *et al.*, 2010), sin embargo, el diferente desarrollo vegetativo obtenido para un mismo cultivo en función de la variedad y las condiciones de crecimiento, ha dirigido las investigaciones más recientes hacia la determinación dinámica del K<sub>c</sub> *in situ*, mediante sistemas de digitalización de imágenes que monitorizan el crecimiento de la planta (González-Esquiva *et al.*, 2017), así como sistemas de monitorización del nivel del humedad en suelo que permiten realizar un riego a la demanda (Contreras *et al.*, 2017).

En lo que respecta a la fertirrigación, las mayoría de las investigaciones se centran en determinar soluciones nutritivas estándar para cada cultivo y estadío (Fernández y Camacho, 2008), así como en determinar las extracciones y curvas de absorción de los distintos cultivos (Segura *et al.*, 2012; Contreras *et al.*, 2013; Contreras *et al.*, 2014; Segura y

Contreras, 2014). Al igual que ocurre con el riego, el diferente desarrollo vegetativo genera para un mismo cultivo, en función de la variedad y condiciones de crecimiento, distintas necesidades nutricionales. De ahí que las investigaciones más recientes se centren en la determinación dinámica de estas necesidades *in situ* mediante: la utilización de sensores ópticos para la determinación del contenido de nitrógeno en los cultivos (Thompson *et al.*, 2013; Padilla *et al.*, 2014), sistemas de monitorización del nivel del nutrientes en la solución del suelo (Martín y Fernández, 2014; Contreras *et al.*, 2014; Llanderal *et al.*, 2019), así como el desarrollo y adaptación de distintos modelos de simulación de requerimientos de nutrientes (Giménez *et al.*, 2013; Gallardo *et al.*, 2014).

El sistema de cultivo tiene una gran influencia en el consumo de agua y fertilizantes (Stanghellini, 2013; Graamans *et al.*, 2018). En la producción en invernadero existen varios factores que determinan y modifican el consumo de agua y fertilizantes, ya que modifican las condiciones ambientales en las que se desarrollan, como son: la estructura del invernadero, la ventilación, el tipo de suelo, etc. (Sánchez-Guerrero *et al.*, 2009; Stanghellini *et al.*, 2011; Adhikari *et al.*, 2016; Ropokis *et al.*, 2019). Pero no solo los factores estructura-



les tienen influencia, también las técnicas de cultivo como podas, tratamientos fitosanitarios, ya que modifican el índice de área foliar y la biomasa del cultivo.

Desde la década de los 80 del pasado siglo, los avances en sistemas electrónicos y en tecnologías de la información han dado lugar a importantes progresos en el desarrollo, disponibilidad y aplicación de sensores para su uso en la programación del riego y la automatización. La automatización del riego empleando electrotensiómetros es una opción viable a nivel de parcela que, entre otras ventajas, ofrece la posibilidad de aplicar el riego de acuerdo a las características individualizadas de cada invernadero y cultivo y puede proporcionar un ajuste de mayor precisión de la frecuencia de riego a las necesidades del cultivo en cada momento del ciclo, reduciendo al mínimo las perdidas por drenaje a horizontes más profundos del suelo. Para que este control automático del riego basado en un valor de potencial matricial del suelo sea efectivo, es determinante establecer un valor adecuado a partir del cual se inicie el riego. Este valor umbral (consigna), depende de la especie cultivada, estado de desarrollo, de las condiciones evaporativas y de la textura del suelo (Hanson *et al.*, 2000).

Muchos de los estudios realizados para una especie en concreto muestran una amplia gama de valores umbrales de potencial matricial, lo que sugiere, tal y como apuntan Thompson *et al.* (2007) la influencia de factores específicos del lugar en el que se desarrolle el cultivo. De ahí la importancia de establecer el valor adecuado para cada cultivo y condiciones específicas de desarrollo que optimice la producción y la eficiencia en el uso del agua y los nutrientes (Buttaro *et al.*, 2015; Létourneau *et al.*, 2015).

El objetivo de este trabajo ha sido determinar la influencia de la consigna de activación del fertiriego con electrotensiómetros y de las condiciones de cultivo en cada invernadero sobre la productividad del agua y de los nutrientes en un cultivo de pimiento.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Condiciones de cultivo

El ensayo se realizó en el Centro IFAPA La Mojónera, Almería, en dos invernaderos multituñel de estructura metálica, de idéntica superficie ( $900\text{ m}^2$ ) y orientación (este-oeste), con cubierta plástica de polietileno curva semielíptica, sistema de control de clima pasivo y ventanas laterales y cenitales. En ambos invernaderos el cultivo se desarrolla sobre un suelo enarenado, característico de los cultivos hortícolas intensivos del sureste peninsular.

Las diferencias entre las condiciones de cultivo en los dos invernaderos eran: tipo de ventanas cenitales y laterales, altura del invernadero y propiedades del suelo. El invernadero I<sub>1</sub> presentaba ventanas cenitales en la cúspide de un cuarto de arco, mayor altura en la ventilación lateral (1,7 m), mayor altura de invernadero (6 m) y suelo enarenado de textura franco arcillosa (Tablas 1a y 1b). El invernadero I<sub>2</sub> disponía de ventanas cenitales en la cúspide de medio arco con apertura en la canaleta, menor altura en la ventilación lateral

(1,25 m), menor altura de invernadero (5,4 m) y suelo enarenado de textura arcillosa (Tablas 1a y 1b).

El material vegetal implantado fue un cultivo de pimiento (*Capsicum annuum L.*) tipo lamuyo cv. Mazo. El trasplante se realizó el 05 de septiembre de 2018 con una densidad de 2 plantas  $m^{-2}$  y el ciclo finalizó el 23 de abril de 2019.

El riego se aplicó mediante un sistema localizado, con emisores autocompensantes y antidrenantes de 3  $L\ h^{-1}$  de caudal, a un marco de riego de 2 emisores  $m^{-2}$ . La dotación de riego fue igual en todos los tratamientos (3  $L\ m^{-2}$ ). La frecuencia del riego dependió del valor de potencial matricial establecido en cada tratamiento (consigna de activación). El control del riego estaba automatizado mediante electrotensiómetros. Cada tratamiento de riego era activado con un electrotensiómetro (Irrometer Co, inc. Riverside, CA, USA). Además de este electrotensiometro cada tratamiento contaba con tres electrotensiómetros más con los que se registraban los valores del potencial matricial del suelo en las distintas repeticiones. Los electrotensiómetros se instalaron a 15 cm de profundidad por debajo de la capa de arena (zona radicular) y a 10 cm de la planta y del gotero. Todos los tensiómetros estaban acoplados a un transductor electrónico que transfería los datos a un equipo de control (Sistema Red Himarcan®).

La concentración de la solución nutritiva aplicada fue la misma para todos los tratamientos y se mantuvo constante durante todo el ciclo de cultivo siendo en mM de: 12 de  $NO_3^-$ , 1,5 de  $H_2PO_4^-$ , 1,5 de  $SO_4^{2-}$ , 6,0 de  $K^+$ , 5,0 de  $Ca^{2+}$  y 2,0 de  $Mg^{2+}$ .

### Tratamientos y diseño experimental

Se estableció un diseño factorial 2x2 en bloques completos al azar, con 8 repeticiones. Los factores fueron: potencial matricial del suelo (consigna de activación del fertiriego a -10 kPa y a -20 kPa) y condiciones de cultivo en cada invernadero ( $I_1$  e  $I_2$ ), dando como resultado 4 tratamientos. El tamaño de la parcela elemental fue de 50  $m^2$ . La evolución del potencial matricial registrado en cada tratamiento se muestra en la Figura 1.

### Determinaciones

Se realizaron las siguientes determinaciones:

**Producción comercial ( $kg\ m^{-2}$ ).** Los frutos se clasificaron en categorías comerciales (producción comercial o destriño).

**Volumen de agua aplicado ( $L\ m^{-2}$ ).** Se midió con contadores volumétricos (M120, Elster, Iberconta S.A.).

**Nutrientes aplicados ( $g\ m^{-2}$ ).** Se determinó mediante el análisis del fertiriego de la disolución aplicada.

**Productividad del agua en términos agronómicos ( $kg\ m^{-3}$ ).** Se determinó como cociente entre la producción comercial (rendimiento) y el volumen de agua aplicado (Gallardo *et al.*, 2007).

**Productividad del agua en términos económicos ( $\text{€ m}^{-3}$ )**. Se determinó como cociente entre el rendimiento económico ( $\text{€ m}^{-2}$ ) y el volumen de agua aplicado ( $\text{m}^3 \text{m}^{-2}$ ) (Gallardo *et al.*, 2007).

**Productividad de los nutrientes en términos agronómicos.** Se determinó la productividad del nitrógeno (cosecha comercial/nitrógeno aplicado), la productividad del fósforo (cosecha comercial/fósforo aplicado), productividad del potasio (cosecha comercial/potasio aplicado), productividad del calcio (cosecha comercial/calcio aplicado) y productividad del magnesio (cosecha comercial/magnesio aplicado) (Contreras *et al.*, 2013; Yasour *et al.*, 2013; Fageria, 2014).

**Productividad de los nutrientes en términos económicos.** Se determinó la productividad del nitrógeno ( $\text{€ obtenidos/nitrógeno aplicado}$ ), la productividad del fósforo ( $\text{€ obtenidos /fósforo aplicado}$ ), productividad del potasio ( $\text{€ obtenidos /potasio aplicado}$ ), productividad del calcio ( $\text{€ obtenidos /calcio aplicado}$ ) y productividad del magnesio ( $\text{€ obtenidos /magnesio aplicado}$ ). Para determinar el precio de la producción se ha utilizado el precio medio de las últimas 5 campañas obtenido del Observatorio de Precios y Mercado (Junta de Andalucía), que fue de  $0,80 \text{ € kg}^{-1}$ .



### Análisis estadístico

Los datos se analizaron estadísticamente mediante análisis de la varianza multifactorial (ANOVA) y se aplicó un test de comparación de medias (LSD) cuando existieron diferencias significativas entre tratamientos ( $p \leq 0,05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Producción comercial

La consigna de activación del fertiriego en función del nivel de tensión matricial del suelo tuvo influencia sobre la producción comercial del cultivo de pimiento. La activación del fertiriego a -10 kPa aumentó la producción comercial de fruto alcanzando  $6,9 \text{ kg m}^{-2}$  de pimiento frente a los  $5,9 \text{ kg m}^{-2}$  obtenidos con la tensión de -20 kPa (Tabla 2). Estos resultados coinciden con los obtenidos en otros ensayos para el mismo cultivo y en condiciones de desarrollo similares (Alonso *et al.*, 2018; Alonso *et al.*, 2019) y para otros cultivos hortícolas de invernadero como el calabacín (Contreras *et al.*, 2017), confirmando que un umbral de activación de riego más próximo a saturación de humedad en suelo (¿bulbo?) aumenta la producción de fruto.

Las condiciones de cultivo en cada invernadero también afectaron la producción comercial, presentando el invernadero I<sub>1</sub> un 11% más de producción que el invernadero I<sub>2</sub> ( $6,7$

frente a  $6,0 \text{ kg m}^{-2}$ ) posiblemente asociado al mayor desarrollo vegetativo del cultivo en este invernadero (datos no mostrados), debido a condiciones ambientales más favorables, que mejoran el déficit de presión de vapor (datos no mostrados).

No existió interacción entre los factores estudiados (Tabla 2).

### Volumen de agua y nutrientes aplicados

La consigna de activación del riego en función del valor de la tensión matricial del suelo tuvo influencia sobre el volumen de agua aplicado al cultivo de pimiento. La activación del fertiriego a -10 kPa aumentó el volumen de agua y nutrientes aplicados un 28% (de 237 a  $303 \text{ L m}^{-2}$ ) (Cuadro 1). Estos resultados coinciden con los obtenidos en otros ensayos (Buttaro *et al.*, 2015; Létourneau *et al.*, 2015; Alonso *et al.*, 2018; Alonso *et al.*, 2019), confirmando que un umbral de activación de riego más cercano a saturación aumenta el aporte de agua realizado al cultivo.

Las condiciones de cultivo en cada invernadero también afectaron el volumen de agua y nutrientes aplicados. El invernadero I<sub>1</sub> aplicó un 13% más de agua y nutrientes que el invernadero I<sub>2</sub>, siendo este porcentaje similar al incremento de producción de fruto registrado en este invernadero.

No existió interacción entre los factores estudiados (Tabla 2).

### Productividad del agua y de los nutrientes

La productividad del agua y de los nutrientes no se vio afectada significativamente ni por el umbral de tensión matricial de activación del fertiriego, ni por las condiciones de cultivo en cada invernadero (Tablas 3 y 4).

El umbral de activación del riego de -10 kPa mantuvo los valores de productividad del agua y de los nutrientes en términos agronómicos (Tabla 3) y en términos económicos (Tabla 4). La productividad del agua en términos agronómicos se situó en torno a 24 kg de fruto comercial de pimiento por  $\text{m}^3$  de fertiriego aplicado, siendo similar a la obtenida en ensayos anteriores en condiciones de cultivo similares (Alonso *et al.*, 2018; Alonso *et al.*, 2019). La productividad del agua en términos económicos se situó en torno a  $21 \text{ € m}^{-3}$  de fertiriego aplicado.

Numerosos trabajos muestran como al aumentar el volumen de agua y nutrientes aplicados se reduce la productividad de los mismos, aunque se incrementa la producción de fruto (Liu *et al.*, 2012; Buttaro *et al.*, 2015; Létourneau *et al.*, 2015; Contreras *et al.*, 2017; Alonso *et al.*, 2019). Sin embargo, en este ensayo se ha conservado la productividad y se ha aumentado la producción de fruto, pudiendo concluir que, en las condiciones de desarrollo del ensayo, el tratamiento de -10 kPa ha sido el mejor.

---

## CONCLUSIONES

---

La consigna de activación del fertiriego en función del nivel de tensión matricial del suelo tuvo influencia sobre la producción y productividad del fertiriego. La consigna de -10 kPa aumentó la producción de fruto y conservó la productividad del fertiriego con respecto a la consigna de -20 kPa en ambos invernaderos.

Las condiciones de cultivo en cada invernadero también tuvieron influencia significativa en la producción de fruto. El cultivo del I<sub>1</sub> tuvo mayor producción y demandó mayor volumen de fertiriego que el I<sub>2</sub> para la misma consigna de activación, sin reducir la productividad del fertiriego.

La automatización del riego con electrotensiómetros permitió aplicar el distinto volumen de fertirrigación demandado por el cultivo en cada invernadero, igualando, la productividad del fertiriego.

---

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

ADHIKARI, R., BRISTOW, K. L., CASEY, P. S., FREISCHMIDT, G., HORNBUCKLE, J. W., ADHIKARI, B. 2016. Preformed and sprayable polymeric mulch film to improve agricultural water use efficiency. Agricultural Water Management, 169, 1-13.

ALONSO LÓPEZ, F.; LÓPEZ SEGURA, J.G.; CONTRERAS PARÍS, J.I.; CÁNOVAS FERNÁNDEZ, G. Y BAEZA CANO, R. 2019. Uso de electrotensiómetros para mejorar el manejo del riego en suelo en cultivos hortícolas intensivos. XLIX Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura. Toledo, 9-12 septiembre.

ALONSO, F., BAEZA, R., CÁNOVAS, G., CONTRERAS, J.I. 2018. Respuesta agronómica del cultivo de pimiento bajo invernadero a diferentes umbrales de potencial matricial del suelo. XLVIII Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura. Muriedas (Cantabria), 11-14 junio.

BUTTARO, D., SANTAMARIA, P., SIGNORE, A., CANTORE, V., BOARI, F., MONTESANO, F.F. PARENTE, A. 2015. Irrigation management of greenhouse tomato and cucumber using tensiometer: Effects on yield, quality and water use. Agricultural Science Procedia. 4: 440-444.

CONTRERAS J.I., LÓPEZ J.G., LAO M.T., EYMAR E., SEGURA M.L. 2013. Dry-Matter Allocation and Nutrient Uptake Dynamic in Pepper Plant Irrigated with Recycled Water by Different Nitrogen and Potassium Rate. Communications in Soil Science and Plant Analysis 44:758-766.

CONTRERAS, J. I., ALONSO, F., CÁNOVAS, G., BAEZA, R. 2017. Irrigation management of greenhouse zucchini with different soil matric potential level. Agronomic and environmental effects. Agricultural Water Management, 183, 26-34.

CONTRERAS, J. I., CÁNOVAS, G., BAEZA, R. 2014. Aplicación en fondo de fertilizantes organominerales como alternativa a la fertirrigación convencional en cultivos hortícolas: II. Efecto sobre la dinámica de producción de frutos y nutrientes en suelo. V Jornadas Fertilización SECH. Actas de Horticultura, 66, 59-64.

- FAGERIA N.K. 2014. Growth, Nutrient Uptake and Use Efficiency in Dry Bean in Tropical Upland Soil. *Journal of Plant Nutrition* 37(12): 2085-2093.
- FERNÁNDEZ, E. J., CAMACHO, F. 2008. Manual práctico de fertirrigación en riego por goteo. Ediciones Agrotécnicas, Madrid, España.
- FERNÁNDEZ, M. D., BONACHELA, S., ORGAZ, F., THOMPSON, R., LÓPEZ, J. C., GRANADOS, M. R., FERERES, E. 2010. Measurement and estimation of plastic greenhouse reference evapotranspiration in a Mediterranean climate. *Irrigation Science*, 28(6), 497-509.
- FERNÁNDEZ, M. D., ORGAZ, F., FERERES, E., LÓPEZ, J. C., CÉSPEDES, A., PÉREZ, J., GALLARDO, M. 2001. Programación del riego de cultivos hortícolas bajo invernadero en el sudeste español. Edita Cajamar (Caja Rural de Almería y Málaga), Almería (España).
- GALLARDO M., THOMPSON R.B., GIMÉNEZ C., PADILLA F.M., STÖCKLE C.O. 2014. Prototype decision support system based on the VegSyst simulation model to calculate crop N and water requirements for tomato under plastic cover. *Irrigation Science* 32(3): 237-253.
- GAVILÁN, P., ESTÉVEZ, J., BERENGENA, J. 2008. Comparison of standardized reference evapotranspiration equations in Southern Spain. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 134(1), 1-12.
- GIMÉNEZ C., GALLARDO M., MARTÍNEZ-GAITÁN C., STÖCKLE C.O., THOMPSON R B., GRANADOS M.R. 2013. VegSyst, a simulation model of daily crop growth, nitrogen uptake and evapotranspiration for pepper crops for use in an on-farm decision support system. *Irrigation Science* 31 (3): 465-477.
- GONZÁLEZ-ESQUIVA, J. M., OATES, M. J., GARCÍA-MATEOS, G., MOROS-VALLE, B., MOLINA-MARTÍNEZ, J. M., RUIZ-CANALES, A. 2017. Development of a visual monitoring system for water balance estimation of horticultural crops using low cost cameras. *Computers and Electronics in Agriculture*, 141, 15-26.
- GRAAMANS, L., BAEZA, E., VAN DEN DOBBELSTEEN, A., TSAFARAS, I., STANGHELLINI, C. 2018. Plant factories versus greenhouses: Comparison of resource use efficiency. *Agricultural Systems*, 160, 31-43.
- HANSON, B.R., ORLOFF, S., PETERS, D., 2000. Monitoring soil moisture helps refine irrigation management. *Calif. Agric.* 54 (3):38-42.
- LÉTOURNEAU, G., CARON, J., ANDERSON, L., CORMIER, J. 2015. Matric potential-based irrigation management of field-grown strawberry: Effects on yield and water use efficiency. *Agricultural Water Management* 161: 102-113.
- LIU K., ZHANG T.Q., TAN C.S., ASTATKIE T., PRICE G.W. 2012. Crop and soil nitrogen responses to phosphorus and potassium fertilization and drip irrigation under processing tomato. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 93(2): 151-162.
- LLANDERAL, A., GARCÍA-CAPARRÓS, P., CONTRERAS, J. I., SEGURA, M. L., TERESA LAO, M. 2019. Spatio-temporal variations in nutrient concentration in soil solution under greenhouse tomato. *Journal of Plant Nutrition*, 42(8), 842-852.

MARTÍN, E, FERNÁNDEZ, M. F. 2014. Seguimiento de los niveles de NO<sub>3</sub>-de la solución de suelo obtenida en profundidad mediante sondas de succión tipo Rhizon: Resultados preliminares.

PADILLA F.M., PEÑA-FLEITAS T., GALLARDO M., THOMPSON R.B. 2014. Evaluation of optical sensor measurements of canopy reflectance and of leaf flavonols and chlorophyll contents to assess crop nitrogen status of muskmelon. European Journal of Agronomy 58: 39-52.

ROPOKIS, A., NTATSI, G., KITTAS, C., KATSOULAS, N., SAVVAS, D. 2019. Effects of Temperature and Grafting on Yield, Nutrient Uptake, and Water Use Efficiency of a Hydroponic Sweet Pepper Crop. Agronomy, 9(2), 110.

SÁNCHEZ-GUERRERO, M. C., LORENZO, P., MEDRANO, E., BAILLE, A., CASTILLA, N. 2009. Effects of EC-based irrigation scheduling and CO<sub>2</sub> enrichment on water use efficiency of a greenhouse cucumber crop. Agricultural Water Management, 96(3), 429-436.

SEGURA M.L., CONTRERAS J.I. 2014. Efecto de la dosis NPK y salinidad del agua sobre los rendimientos y absorción de nutrientes del cultivo de tomate bajo invernadero. Actas de Horticultura 66: 72-77.

SEGURA M.L., CONTRERAS J.I., PLAZA B.M., LAO M.T. 2012. Assessment of the Nitrogen and Potassium Fertilizer in Green Bean Irrigated with Disinfected Urban Wastewater. Communications in Soil Science and Plant Analysis 43: 426-433.

STANGHELLINI, C. 2013. Horticultural production in greenhouses: efficient use of water. In International Symposium on Growing Media and Soilless Cultivation 1034 (pp. 25-32).

STANGHELLINI, C., DAI, J., KEMPES, F. 2011. Effect of near-infrared-radiation reflective screen materials on ventilation requirement, crop transpiration and water use efficiency of a greenhouse rose crop. Biosystems engineering, 110(3), 261-271.

THOMPSON R., GALLARDO M., GIMÉNEZ C., PADILLA F. 2013. Sensitivity optical sensors to crop N status of a melon crop. In: International Workshop on Nitrogen, Environment and Vegetables. Torino, Italia.

THOMPSON R.B., MARTÍNEZ-GAITAN C., GALLARDO M., GIMÉNEZ C., FERNÁNDEZ M.D. 2007. Identification of irrigation and N management practices that contribute to nitrate leaching loss from an intensive vegetable production system by use of a comprehensive survey. Agricultural Water Management 89(3): 261-274.

YASUOR H., BEN-GAL A., YERMIYAHU U., BEIT-YANNAI E., COHEN S. 2013. Nitrogen Management of Greenhouse Pepper Production: Agronomic, Nutritional, and Environmental Implications HortScience, 48: 1241-1249.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte de los proyectos del Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA): “Transferencia de Tecnología al Regadío. SAR” (PP.TRA.TRA201600.3) e “Investigación, ensayo, publicación y transferencia de las directrices de manejo para la gestión conjunta de recursos hídricos convencionales y agua de mar desalada para riego en la comarca de Poniente” (PP.PEI.IDF201601.12), cofinanciados con fondos del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) y fondos de la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural de la Junta de Andalucía.

## TABLAS

**Tabla 1a.** Análisis de suelo de invernadero I<sub>1</sub> e I<sub>2</sub>.

	CATIONES DE CAMBIO							
CE	PH	SAR	M.O.	NA	K	CA	MG	
dS m <sup>-1</sup>			%		meq/100g			
I <sub>1</sub>	4,42	9,0	2,1	0,41	0,0	2,6	3,7	2,1
I <sub>2</sub>	2,97	8,7	2,8	0,78	0,1	4,3	5,4	4,2

**Tabla 1b.** Análisis de suelo de invernadero I<sub>1</sub> e I<sub>2</sub>.

	TEXTURA	ARENA	LIMO	ARCILLA
		%		
I <sub>1</sub>	Franco Arcilloso	22	46	32
I <sub>2</sub>	Arcilloso	34	18	48

**Tabla 2.** Producción comercial (kg m<sup>-2</sup>), volumen de agua aplicado (L m<sup>-2</sup>) y nutrientes aplicados (N, P, K, Ca y Mg) (g m<sup>-2</sup>) en el ciclo de pimiento.

PRODUCCIÓN	VOLUMEN AGUA		N	P	K	CA	MG
	KG M <sup>-2</sup>	L M <sup>-2</sup>	G M <sup>-2</sup>				
Activación	*	*	*	*	*	*	*
P <sub>-10</sub>	6,87	303,11	3,64	0,45	1,97	1,36	0,45
P <sub>-20</sub>	5,89	236,76	2,84	0,36	1,54	1,07	0,36
Invernadero	*	*	*	*	*	*	*
I <sub>1</sub>	6,72	286,49	3,44	0,43	1,86	1,29	0,43
I <sub>2</sub>	6,04	253,39	3,04	0,38	1,65	1,14	0,38
Interacción	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

**Tabla 3.** Productividad del agua ( $\text{kg m}^{-3}$ ) y de los nutrientes ( $\text{kg g}^{-1}$ ) en términos agronómicos del cultivo de pimiento.

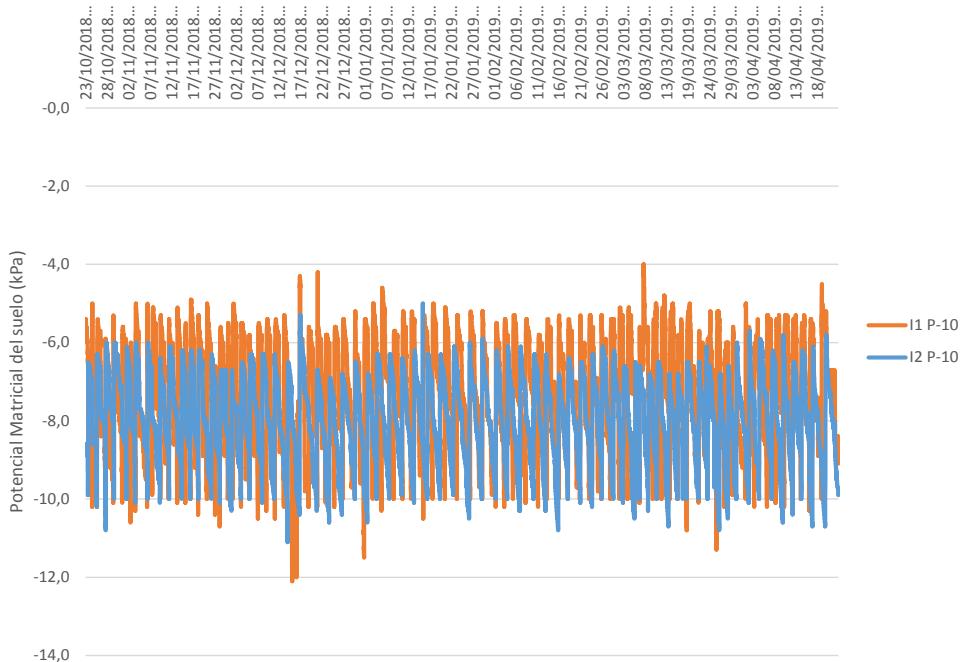
	PRODUCTIVIDAD DEL AGUA ( $\text{KG M}^{-3}$ )	N	P	K ( $\text{KG G}^{-1}$ )	CA	MG
Activación	ns	ns	ns	ns	ns	ns
P <sub>-10</sub>	22,87	1,91	15,25	3,52	5,08	15,25
P <sub>-20</sub>	24,76	2,09	16,73	3,86	5,58	16,73
Invernadero	ns	ns	ns	ns	ns	ns
I <sub>1</sub>	23,40	1,98	15,82	3,65	5,27	15,82
I <sub>2</sub>	24,23	2,02	16,15	3,73	5,38	16,15
Interacción	ns	ns	ns	ns	ns	ns

**Tabla 4.** Productividad del agua ( $\text{€ m}^{-3}$ ) y de los nutrientes ( $\text{€ g}^{-1}$ ) en términos económicos del cultivo de pimiento.

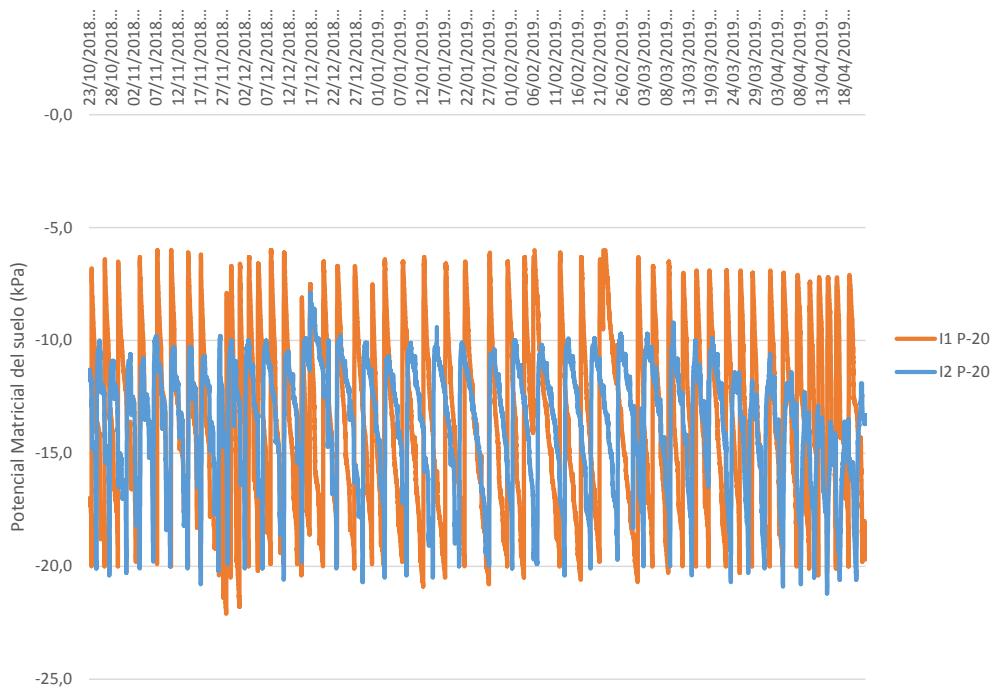
	PRODUCTIVIDAD DEL AGUA ( $\text{€ M}^{-3}$ )	N	P	K ( $\text{€ G}^{-1}$ )	CA	MG
Activación	ns	ns	ns	ns	ns	ns
P <sub>-10</sub>	20,13	1,68	13,42	3,10	4,47	13,42
P <sub>-20</sub>	21,79	1,84	14,72	3,40	4,91	14,72
Invernadero	ns	ns	ns	ns	ns	ns
I <sub>1</sub>	20,59	1,74	13,92	3,21	4,64	13,92
I <sub>2</sub>	21,32	1,78	14,21	3,28	4,74	14,21
Interacción	ns	ns	ns	ns	ns	ns

## FIGURAS

(a)



(b)



**Figura 1.** Evolución del potencial matricial del suelo en los dos invernaderos con consigna de activación de -10 kPa (a) y de -20 kPa (b).

# RESPUESTA DE CULTIVARES DE PIMIENTO BAJO MALLA A LA ADICIÓN AL SUELO DE UN TECTOSILICATO NATURAL

**Pedro Mínguez Alcaraz<sup>1</sup>; Cristian Sánchez Sánchez<sup>1</sup>; Antonio Pato Folgoso<sup>2</sup>**

\*<sup>1</sup>CDTA El Mirador, San Javier (Murcia)

\*<sup>2</sup>OCA Cartagena Mar Menor – Consejería de Agua, Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente (Región de Murcia)

## RESUMEN

La Región de Murcia es una de las principales zonas productoras de hortalizas de España. En el año 2020 se produjeron, en esta región, 1.715.033 tm de hortalizas, dedicando a las mismas una superficie de 52.716 has. El cultivo de pimiento (*Capsicum annum L.*) ocupó, en este mismo año una superficie de 1.189 has en cultivo de invernadero, lo que supone que fue la segunda hortaliza en invernadero tan solo precedida por el tomate.

Las producciones de pimiento verde de calidad son difíciles de obtener en invernadero durante los meses de finales de primavera y verano, dado que el pimiento cultivado en los mismos vira muy rápido de color. Como alternativa se vienen realizando cultivos al aire libre y más recientemente el uso de estructuras de malla.

Dada la escasez de agua, en la Región de Murcia se vienen estudiando diversas técnicas con las que se puedan llevar a cabo producciones, ahorrando agua en el cultivo de hortalizas. Dentro de estas técnicas encontramos la adición al suelo de abonados de fondo a base de tectosilicatos naturales.

El objetivo de este ensayo es conocer el comportamiento de cuatro cultivares de pimiento cultivados bajo malla, ante la aportación al suelo de un abonado de fondo a base de zeolitas naturales.

El material vegetal utilizado ha sido pimiento de los cultivares: Cayetano (Fitó), Drakkan (Enza Zaden), Murano (Clause) y Pifort (Nunhems).

Los tratamientos llevados a cabo en este ensayo han sido los siguientes:

- $T_0$ : Testigo, sin aporte de tectosilicatos
- $T_1$ : Cultivo donde se aportaron tectosilicatos al suelo

Al final del cultivo el consumo de agua fue de  $6.205,83 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  en el tratamiento  $T_0$  y de  $4.731,83 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  en el tratamiento  $T_1$ , lo que supone, que con la adición al suelo de esta zeolita natural, se produce un ahorro de agua del 23,75%.

Las producciones obtenidas en el tratamiento  $T_0$  fueron de  $5,49 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$  en el cultivar Cayetano,  $7,93 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$  en Pifort,  $6,13 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$  en Murano y  $8,49 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$  en Drakkan, mientras que

para el tratamiento T<sub>1</sub> las producciones fueron de 5,46 kg ·m<sup>-2</sup>, 7,37 kg ·m<sup>-2</sup>, 6,45 kg ·m<sup>-2</sup> y de 7,94 kg ·m<sup>-2</sup> respectivamente.

**Palabras clave:** *abono de fondo, ahorro de agua, tensímetro, zeolita natural*

## INTRODUCCIÓN

La agricultura es una de las actividades más relacionadas con el hombre y el medio ambiente. Actualmente se utilizan técnicas dirigidas a aumentar la producción y la rentabilidad mediante la mejora de los campos de cultivo y la calidad del suelo. Tenemos que tener en cuenta que estas actividades pueden suponer un impacto sobre el medio ambiente. En algunas ocasiones los fertilizantes aplicados al suelo a través de la fertirrigación, antes de ser aprovechados totalmente por la planta, se lixivian en forma de nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), lo que ocasiona procesos de degradación de recursos naturales como acidificación del suelo o contaminación de los acuíferos.

En el año 2019 la Región de Murcia fue la segunda Comunidad Autónoma que produjo más cantidad de pimiento y la segunda en dedicar más superficie al cultivo del pimiento de toda España, tan solo precedida por Andalucía (Anuario estadísticas del MAPAMA 2020)

La superficie total dedicada al cultivo de pimiento (*Capsicum annum L.*) en la Región de Murcia en el año 2020 fue de 1.493 has. Esta hortaliza es la segunda, tras el tomate, en ocupar mayor superficie en cultivo protegido, con un total de 1.189 has. La superficie dedicada a su cultivo al aire libre en ese mismo año fue de 304 has. La producción en los últimos cinco años pasa de 124.176 tm en el año 2015 a 165.061tm en el año 2020. La principal zona productora de pimiento en la Región de Murcia es la comarca del Campo de Cartagena. (Estadísticas Agrarias Consejería de Agua, Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente de la Región de Murcia. Año 2020).

Actualmente existe una demanda de pimiento en verde en los meses de mayo, junio y julio, Las producciones de pimiento en verde de calidad son difíciles de obtener en estos meses en invernadero, dado que el pimiento cultivado en los mismos vira muy rápido de color. Como alternativa se vienen realizando cultivos al aire libre y más recientemente el uso de estructuras de malla.

La Ley 3/2020, de 27 julio, de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, de recuperación y protección del Mar Menor, en sus artículos 29 y 40 regula el uso de fertilizantes minerales especialmente de los fertilizantes nitrogenados. También queda recogida en la misma, la necesidad de contar con dispositivos para controlar el agua de riego aplicada, y una monitorización por sensores de humedad y potencial matricial del agua en el suelo.

Los tectosilicatos son zeolitas naturales con ordenación tridimensional donde predomina una estructura abierta que les aporta gran capacidad para incorporar y ceder agua y cationes. Se trata de un grupo de aluminosilicatos cristalinos e hidratados de aluminio, con cationes alcalinos y alcalino-térreos, donde el Al<sup>3+</sup> sustituye al Si<sup>4+</sup> en el centro de los tetraedros estructurales, y los cationes de intercambio se sitúan en diversas posiciones

equilibrando las cargas eléctricas. Las propiedades más importantes de las zeolitas son su porosidad, su adsorción y su intercambio iónico. Dentro de las zeolitas más usadas se encuentra la clinoptilolita siendo su fórmula química  $(\text{Na},\text{K},\text{Ca})_{2-3}\text{Al}_3(\text{Al},\text{Si})_2\text{Si}_{13}\text{O}_{36} \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ .

El objetivo del ensayo es poder comprobar la respuesta varietal de cuatro cultivares de pimiento, en cultivo bajo malla, a la adición al suelo, como abono de fondo, de un tectosilicato natural. A la vez se pretende cuantificar tanto el ahorro de agua producido como el de abonos sin que se vea afectada la producción y calidad de la cosecha y consiguiendo unos pimientos más respetuosos con el medio ambiente.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó sobre una superficie de 760 m<sup>2</sup> sobre la parcela 3 en las instalaciones del Centro de Demostración y Transferencia Agraria “El Mirador” donde se integran como cooperativa de 2º grado tres de las principales cooperativas del Campo de Cartagena (Gregal S. Coop, Hortamira S. Coop y SAT San Cayetano ALPI). Sus instalaciones están geográficamente situadas a 37°50' de longitud norte y 0°53' de latitud oeste, en el paraje El Hondón de la pedanía de El Mirador en la parcela 24 del polígono 2 del término municipal de San Javier, en la comarca del Campo de Cartagena, distante a unos 9 km del litoral del Mar Menor.

Para realizar el ensayo de un cultivo de pimiento con una fecha de trasplante tan temprana, se dispuso de un emparrado similar al de los invernaderos, cubierto con una malla, además contaba con una red de alambres adaptada para la disposición de una doble cámara. El trasplante en estas condiciones se adelantó un mes y medio con respecto al del aire libre (mediados de marzo) y se retrasó algo más de un mes con respecto al de los invernaderos (diciembre). El cultivo se realizó bajo una malla anti trips de 10 x 16 hilos de monofilamento por cm<sup>2</sup> fabricado en polietileno de alta densidad (HDPE), que nos ayudó a controlar las plagas del cultivo de una forma más natural y ecológica. Sobre la estructura del emparrado también se colocó una doble cámara a 2 metros de altura, formada por un plástico de espesor de 40 µm (160 galgas) y que disponía de perforaciones de 10-15 mm de diámetro, para mejorar la ventilación. Esta doble cámara no fue retirada a lo largo de todo el cultivo para proporcionar sombra a los pimientos.

Para el entutorado se colocaron dos hilos longitudinales paralelos, situados a ambos lados de la línea de cultivo, y con puntos de unión entre ambos hilos horizontales que a su vez están sujetos por otros verticales atados sobre el emparrado de la malla. A medida que el cultivo se fue desarrollando se colocaron nuevos pares de hilos longitudinales separados unos de otros por una altura de 20 a 25 cm. Sobre este sistema de entutorado se colocó una manta térmica para proteger a las jóvenes plantas frente a bajas temperaturas, además de una cierta protección de plagas. Se trata de una cubierta no tejida de polietileno de 17 gr·m<sup>-2</sup> con un tratamiento antisolar del 3%. Estas mantas térmicas se colocaron inmediatamente después del trasplante y se retiraron con la primera recolección, en la semana 19.

Para la programación y control de los riegos se utilizaron dos equipos para medir la humedad del suelo, que nos permite estar informados sobre valores fiables de la humedad del suelo a diferentes profundidades (15 y 30 cm), lo que nos ayuda a ajustar la cantidad de agua y la frecuencia de los riegos. Estos equipos se instalaron a 10 cm de distancia a las plantas y a la misma distancia con respecto al gotero y fueron colocados uno en la zona testigo y el otro en la zona donde se aplicó la zeolita natural. Los equipos utilizados son de la marca Synion Multi de Novagric (Novedades Agrícolas, S.A.) que cuentan con los siguientes sensores

- -Tensiómetros: Medida de la disponibilidad de agua en el suelo mediante potencial matricial a dos profundidades: 15 y 30 cm.
- -Sensor de humedad y temperatura ambiente: nos proporcionan información en tiempo real de las condiciones climáticas para evaluar el desarrollo vegetativo. También incluyen DPV (Déficit presión de vapor) que nos indica los niveles de transpiración del cultivo.
- -Sonda de humedad, temperatura y conductividad eléctrica del suelo.
- -Sensor de radiación fotosintéticamente activa (PAR).

**Preparación del terreno:** Antes de realizar el trasplante se realizarán dos labores de sub-solador, dos pases de rotovator, la aplicación del tectosilicato y su incorporación al suelo, el corte de tierra con tilde para dejar definidos los caballones y, por último, la disposición del acolchado. El cultivo se realizó utilizando la práctica del acolchado con plástico negro oxo-biodegradable de 40 galgas de espesor (10µm).

El tectosilicato empleado fue CELFOS de la casa comercial Colibérica. Se trata de un producto mineral obtenido a partir del procesamiento de una clinoptilolita con más del 98% de pureza y una capacidad de intercambio catiónico superior a los 150 meq·100 gr<sup>-1</sup> y pretratado con todos los nutrientes necesarios para el ideal desarrollo del cultivo. Las

ventajas que presenta este producto son que mejora la estructura del suelo, favorece una mayor aireación de la raíz, separa el Na<sup>+</sup> del complejo de cambio evitando la dispersión de las arcillas, genera una disminución de la presión osmótica existente entre la raíz y el medio, los nutrientes no se lixivian, mejorando la capacidad de asimilación de los mismos, mayor desarrollo del sistema radicular y actúa como acumulador de agua y nutrientes en el suelo.

La aplicación del tectosilicato se realizó manualmente extendiéndolo sobre toda la superficie, a una dosis de 1.000 kg·ha<sup>-1</sup> incorporándolo al suelo con una labor de rotovator.

El material vegetal utilizado fue pimiento tipo California de los cultivares siguientes:



CULTIVAR	CASA COMERCIAL	RESISTENCIAS
Cayetano	Fitó	HR a Tm:0-2; IR a TSWV: po
Drakkan	Enza Zaden	HR a Tm:0-3; IR a TSWV: o y Lt
Murano	Clause	HR a Tm:0-3; IR a TSWV: po
Pifort	Nunhems	HR a Tm:0-3; IR a TSWV: o

La siembra se realizó en un semillero profesional debidamente autorizado y el trasplante se realizó el 11 de febrero de 2021. El ensayo se realizó sobre 6 subparcelas con una superficie de 127 m<sup>2</sup> cada una de ellas, con tres repeticiones por tratamiento. En cada subparcela se realizaron 8 líneas de cultivo y en función de la disponibilidad de plantas se dispusieron cuatro líneas del cultivar Pifort, 2 líneas del cultivar Drakkan y una línea de cada uno de los cultivares Cayetano y Murano. El diseño estadístico utilizado fue el de bloques al azar. El marco de plantación fue de 0.20 m entre plantas y de 1 m entre líneas, disponiéndose las plantas de forma lineal en una sola línea, lo que equivale a una densidad de plantación de 50.000 plantas por hectárea.

Los tratamientos efectuados fueron:

- T<sub>0</sub>: Testigo, sin aporte de tectosilicatos
- T<sub>1</sub>: Cultivo donde se aportaron tectosilicatos al suelo

El manejo del cultivo en lo relativo a tratamientos fitosanitarios, labores culturales, podas etc, se realizó de acuerdo con las prácticas habituales del CDTA para este cultivo. El suelo, según la clasificación del USDA, es de textura franco-arcillosa con, 37,05% de arena, 25,00% de limo y 37,95% de arcilla.

En cuanto a la climatología, las temperaturas medias varían entre los 10 a 15°C para el mes de marzo y los 25 a 30 °C en el mes de julio. En lo relativo a precipitaciones podemos decir que fue una primavera bastante lluviosa. En el mes de marzo hubo dos episodios de lluvia, los días 7 y 8 (53,3 mm) y los días 18 y 19 (18.2 mm), durante el mes de abril llovió algunos días de escasa importancia siendo la lluvia más copiosa el día 9 (7,10 mm) y en el mes de mayo apenas hubo precipitaciones a excepción del día 23 (46,80 mm). Estos datos fueron recogidos por la estación meteorológica TP52, perteneciente a la red de estaciones que dispone el SIAM y que se encuentra en el propio centro.

Riego y abonados: El CDTA “El Mirador” dispone de un sistema de riego localizado automatizado mediante electroválvulas que permite el riego por sectores. La parcela del ensayo se riega mediante cintas de riego AZUD SPRINT de 16 mm de diámetro, con gotero integrado de régimen turbulento y con un caudal de 1L·h<sup>-1</sup>. Los riegos de plantación y enjuague se realizaron de forma similar en los dos tratamientos y sin la aportación de abono. Los restantes riegos semanales se realizaron con fertirrigación.

El plan de abonado utilizado para este ensayo se realiza según el protocolo seguido por el CDTA para el cultivo de pimiento. En el período de abonado se llevó a cabo un incremento de la conductividad eléctrica de 0.4 mS·cm<sup>-1</sup> sobre el agua del pantano (1.8 mS·cm<sup>-1</sup>) con nitrato de calcio al 30%, nitrato potásico y ácido fosfórico al 50%, fosfato monoamó-



**“Las condiciones de cultivo en cada invernadero también tuvieron influencia significativa en la producción de fruto”.**

nico al 14 % y nitrato de magnesio al 6%, manteniendo un pH de 6 (pH del agua del pantano de 8.5) con aportaciones de ácido nítrico. En las tablas 1 y 2 se muestran la cantidad de abono aportado según el consumo de agua por cada tratamiento.

Para evaluar la evolución del estado físico-químico de suelo se realizó un análisis de suelo al inicio del ensayo para tener la información del suelo sobre el que partíamos. Al finalizar el ensayo realizamos dos análisis del suelo en cada tratamiento, uno entre los 30 cm. primeros de suelo y otro entre los 30 y los 50 cm. de profundidad. También, durante el ciclo de cultivo, se realizaron análisis foliares para evaluar el estado nutricional del cultivo.

La recolección se realizó sobre veinte plantas de cada repetición. Se realizaron siete cosechas semanales comenzando la primera recolección en la semana 19, tras 88 días después del trasplante, y terminando en la semana 29, si bien las semanas 25 y 26 no hubo recolecciones. La producción se cuantificó mediante una báscula Becken BKS-2389 con una precisión de 0.1 gr. Tras cada una de las recolecciones, se controlaron la producción así como, el número de frutos y el peso de cada fruto. Se realizó una primera clasificación por calibre según el peso de cada fruto, teniendo

en cuenta que fueran frutos con buena calidad, color uniforme, buen estado sanitario y la forma característica del pimiento tipo california:

- Peso superior a 230 gramos
- Peso entre 200-230 gramos
- Peso entre 180-200 gramos
- Peso entre 160-180 gramos
- Peso entre 120-160 gramos
- Peso entre 95-120 gramos
- Sexta: Pimientos con peso inferior a 95 gramos. Todos los frutos de industria
- Cuarta: Fruto podrido o con otros defectos que lo haga inservible para la comercialización, virosis, etc.

A partir de esta primera clasificación se realiza la clasificación comercial en base a los parámetros comerciales que se aplican en las tres cooperativas integradas en el CDTA El Mirador y que figuran en la tabla 3.

Los parámetros evaluados en este ensayo fueron los siguientes:

- - Producción obtenida por cada cultivar.
- - Calidad de la producción.
- - Consumo de agua y de abonos.
- - Estado físico-químico de suelo inicial y final.
- - Estado nutricional de la planta mediante análisis foliar.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Consumo de agua

En el cultivo de pimiento bajo malla se han utilizado  $6.205,83 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  de agua para el tratamiento donde no se añadió al suelo tectosilicato, mientras que para las repeticiones a las que se le añadió la zeolita natural el consumo de agua fue de  $4.731,83 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ . Esto supone un ahorro de agua del 23,75% del  $T_1$  frente  $T_0$  (figura 1). El consumo de agua por  $\text{m}^2$  de cultivo de pimiento fue de  $0.4732 \text{ m}^3$  para el tratamiento  $T_1$  y de  $0.6206 \text{ m}^3$  para el tratamiento  $T_0$ . La productividad del cultivo media de los cuatro cultivares en el tratamiento  $T_1$  fue de  $14,83 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$  y de  $11,29 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$  para el tratamiento testigo. La efectividad del agua de riego media, expresada en litros de agua para producir un kilogramo de pimiento fue de  $70,96 \text{ Lt} \cdot \text{kg}^{-1}$  en el tratamiento con tectosilicatos y de  $91,46 \text{ Lt} \cdot \text{kg}^{-1}$  en el testigo, En la tabla 4 se muestran estos datos para cada uno de los diferentes cultivares.

### Consumo de nutrientes

Al tratarse de un cultivo realizado por fertirrigación, el aporte de abonos y el consumo de electricidad, están íntimamente relacionados con el consumo de agua, a la vez que se produce un ahorro de agua, se produce también un ahorro de estos otros factores (tabla 5). El ahorro de fertilizantes se cifró en un 23,75%, el de energía eléctrica fue de un 26,58% del  $T_1$  frente al  $T_0$  (figura 2), mientras que el ahorro total de estos tres factores (figura 3) supone un 19%, teniendo en cuenta que los gastos de aplicación del tectosilicato fueron de  $300 \text{ €} \cdot \text{ha}^{-1}$ .

### Producción

La producción comercial del tratamiento testigo fue de  $5,49 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$  para el cultivar Cayetano, de  $7,93 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$  para Pifort, de  $6,13 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$  para Murano y de  $8,49 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$  para el cultivar Drakkan. En el tratamiento con adición de tectosilicatos la producción fue de  $5,46 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$  para Cayetano, de  $7,37 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$  para Pifort, de  $6,45 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$  para Murano y de  $7,94 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$  para Drakkan (figura 4). Esto supone una pérdida de producción del tratamiento  $T_1$  frente al tratamiento  $T_0$  en los cultivares Cayetano, Pifort y Drakkan, valorada en el 0,54%, 7,06% y 6,47% respectivamente, mientras que el cultivar Murano la producción fue superior en un 5,22% en el  $T_1$  que en el  $T_0$ .

La mayor parte de la producción, entorno al 40%, se realizó en las semanas 20 y 21 para los cultivares Pifort, Murano y Drakkan, mientras que en Cayetano se retrasó la cosecha una semana con respecto a los anteriores, siendo la mayor parte de su cosecha en las semanas 22 y 23. Esto tuvo lugar tanto para el tratamiento  $T_0$  como para el tratamiento  $T_1$  (tablas 6 y 7).

Realizado el análisis estadístico para un nivel de confianza del 95% y nivel de significación del 0,05 se pudo comprobar que no hubo diferencias estadísticamente significativas en la producción comercial total entre ambos tratamientos para los diferentes cultivares.

La producción acumulada sigue la misma tendencia en los dos tratamientos (figuras 5 y 6) y en ambos se puede apreciar que el cultivar más productivo es el Drakkan seguido del Pifort, siendo el cultivar menos productivo el Cayetano.

En la tabla 8 mostramos el número de frutos y el peso medio de los frutos habidos en cada repetición de cada uno de los tratamientos. El peso medio del fruto en el cultivar Drakkan fue muy homogéneo en el tratamiento  $T_1$ , siendo este superior al del tratamiento  $T_0$ , si bien, el número de frutos fue inferior. En el cultivar Pifort se cosecharon mayor número de frutos y de mayor calibre en el tratamiento testigo que en el tratamiento con tectosilicatos, siendo las diferencias muy pequeñas. En los cultivares Cayetano y Murano hubo más frutos en el tratamiento  $T_1$  que en el  $T_0$  pero estos fueron más pequeños.

### Calibres

En la tabla 9 mostramos la producción comercial final en función del porcentaje habido en cada calibre. En el calibre que va de 120 a 160 gramos por fruto se concentra aproximadamente el 40% de la producción en cada uno de los cultivares. Pifort es el cultivar con un mayor porcentaje de producción en las categorías extra y primera con un 10,80% en el  $T_1$  y un 10,25% en el  $T_0$ , mientras que Cayetano es el cultivar con una producción superior en las categorías inferiores (quinta y sexta) con un 49,84% en el tratamiento  $T_1$  y un 44,84% en el tratamiento  $T_0$ . Si realizamos una media de los cuatro cultivares apreciamos que el tratamiento  $T_1$  muestra un 42,25% más en la categoría extra y un 9,49% más en la categoría primera, mientras que en la categoría tercera apenas existe diferencia (0.96%) entre ambos tratamientos (figura 7).

### Analíticas

En la tabla 11 se muestran los resultados de los análisis de suelo realizados en el cultivo, tanto el realizado antes de dar comienzo al cultivo, como aquellos al final del mismo, diferenciando según que tratamiento y a las distintas profundidades. Visto los resultados de los análisis podemos concluir que se trata de un suelo ligeramente salino donde los iones más tóxicos, sodio y cloruros se encuentran en una concentración alta. En lo relativo a la fertilidad del suelo podemos ver que en la zona tratada con tectosilicatos, en su nivel superior el suelo muestra, al final del cultivo, una mayor concentración de fertilizantes, así como mayor capacidad de intercambio catiónico. También podemos añadir que es un suelo con un contenido de caliza muy alto. Los resultados de los análisis de hojas realizados a lo largo del cultivo se muestran en la tabla 10.

### CONCLUSIONES

Con la adición al suelo de un tectosilicato se produce un ahorro de agua, de abonos y de energía cifrado en un 19%.

El cultivar que mejor respondió a la adición al suelo de un tectosilicato fue Murano que incrementó su producción frente al testigo. En los restantes cultivares se obtuvo una producción menor en el tratamiento T1 aunque esta no fue estadísticamente significativa. En

ambos tratamientos, el cultivar más productivo fue Drakkan, seguido de Pifort, mientras que Cayetano fue el menos productivo. El cultivar Cayetano produjo un mayor número de frutos pero de menor peso, en el Tratamiento T<sub>1</sub> que en el T<sub>0</sub>, mientras que Drakkan produjo menos frutos pero de mayor peso.

La fertilidad en capas superficiales (20 cm) al final del cultivo fue mayor en aquellas parcelas donde se aportó el tectosilicato, a la vez que se mejoró su capacidad de intercambio catiónico.

### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido cofinanciado por el Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER) y la Consejería de Agua, Agricultura, Ganadería y Pesca de la Región de Murcia a través del Servicio de Formación y Transferencia Tecnológica de la Dirección General de Agricultura, Ganadería, Pesca y Acuicultura. Dentro de la Medida destinada a Actividades de Demostración y Transferencia de Conocimientos, del actual Programa de Desarrollo Regional de la Región de Murcia. Los autores quieren agradecer la colaboración de los socios y técnicos de las tres cooperativas anteriormente mencionadas, por su aportación de ideas a la hora de realizar el ensayo. También queremos agradecer a todo el personal del CDTA El Mirador ya que sin su aportación no habría sido posible realizar el cultivo.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R., PEREIRA, L., RAES, D., y SMITH, M. 2006. Evaporación del cultivo. Guiás para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Publicaciones número 56: 322pp. Roma. FAO.
- COLIN, A. y WHITFORD, D. 1996. Intelligent Irrigation. (Booklet) Cohort International Pty Ltd, Australia.
- CORZO, A.C., NORIEGA, A.J., ALVARADO, J. 2020. Beneficios de la clinoptilolita colombiana en la germinación del maíz (*Zea mays L.*) en suelo arcilloso. Environmental Science.
- DIAZ, J.E., CONSTANZA, M., ARISTIZABAL, H.F. 2015. Efecto de la aplicación de zeolita en la recuperación del nitrógeno y el rendimiento del maíz. Chemistry 2015- Acta agronómica.
- DOOREMBOS J. y PRUITT, W.O. 1976. Las necesidades de agua de los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje, Manual nº 24. Roma, Italia.
- KITHOME, M., PAUL, J.W., LAVKULICH, L., BOMKE, A. 1999. Effect of pH on ammonium adsorption by natural Zeolite clinoptilolite. Chemistry 1999.
- MAROTO, J.V., BAXAULI, C. 2017. Cultivos hortícolas al aire libre. Ed. Cajamar Caja Rural, 315-337.
- LÓPEZ, M., HERNÁNDEZ, M.A., BARAHONA, C.R., MARTÍNEZ, M.A., PORTILLO, R., ROJAS, F. 2010. Propiedades fisicoquímicas de la clinoptilolita tratada con fertilizantes a usar como aditivo en el cultivo de *Pleurotus ostreatus*. Chemistry 2010.

MUÑOZ-CARPENA, R. y DUKES M.D. 2008. Automatic Irrigation Based on Soil Moisture for Vegetable Crops. Document 356. Department of Agricultural and Biological Engineering, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.

NAVARRO, J.A. 2002. Sistemas de medida y regulación. Ed Ceysa. 235 pp.

RINCÓN, L. y SÁENZ, J., 1996. Determinación de la evapotranspiración y de los coeficientes de cultivo en lechuga iceberg con riego por goteo. Actas del Congreso Ibérico. Murcia, España. pp. 193-202.

RODRÍGUEZ, F. y BERENGUER, M. 2004. Control y robótica en agricultura. Ed Universidad de Almeria. 433pp.

STARR, J.L. y PALTINEANU, I.C. (1998). Soil Water dynamics using multisensor capacitance probes in nontraffic interrows of corn, Soil Science Society of American Journal, 62: 115-122.

TORMA, S., VILCEK, J., +2 authors, HRONEC, O. (2014), Influence of natural zeolite on nitrogen dynamics min soil, Chemistry 2014. Turkish Journal of Agriculture and Forestry.

## TABLAS

**Tabla 1.** Aportación de abono tratamiento T<sub>0</sub>.

CONSUMOS	GR·M <sup>3</sup>	KG·HA <sup>-1</sup>	UF N	UF P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	UF K <sub>2</sub> O	UF CAO	UF MGO
nitrato de calcio	103,45	641,98	99,51			170,13	
nitrato potásico	144,30	895,50	116,42		411,93		
fosfato monoamónico	30,77	190,95	22,91	116,48			
nitrato de magnesio	13,39	83,11	9,14			13,05	
ácido fosfórico	0,52	134,33		69,85			
Consumo de agua 6.205,83 m <sup>3</sup> ·ha <sup>-1</sup>			247,98	186,33	411,93	170,13	13,05
			1	0,75	1,66	0,69	0,05

**Tabla 2.** Aportación de abono tratamiento T<sub>1</sub>.

CONSUMOS	GR·M <sup>3</sup>	KG·HA <sup>-1</sup>	UF N	UF P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	UF K <sub>2</sub> O	UF CAO	UF MGO
nitrato de calcio	103,45	489,50	75,87			129,72	
nitrato potásico	144,30	682,80	88,76		314,09		
fosfato monoamónico	30,77	145,59	17,47	88,81			
nitrato de magnesio	13,39	63,37	6,97			9,95	
ácido fosfórico	0,52	102,42		53,26			
Consumo de agua 4.731,83 m <sup>3</sup> ·ha <sup>-1</sup>			189,08	142,07	314,09	129,72	9,95
			1	0,75	1,66	0,69	0,05

**Tabla 3.** Clasificaciones por categorías comerciales.

CATEGORÍA	ASPECTO	PESO
EXTRA	Frutos de buena calidad, color uniforme, buen estado sanitario y la forma característica del pimiento California (cuadrado, con tres o cuatro puntas, que se tenga en pie)	+ 230 g
I	Frutos de buena calidad, color uniforme, buen estado sanitario y la forma característica del pimiento California (cuadrado, con tres o cuatro puntas, que se tenga en pie)	+ 200 g
II	Frutos de buena calidad, buen color, buen estado sanitario Frutos de buena calidad, color uniforme, buen estado sanitario y la forma característica del pimiento California (cuadrado, con tres o cuatro puntas, que se tenga en pie)	+ 230 g + 160 g
III	Frutos de buena calidad, buen color, buen estado sanitario Frutos de buena calidad, color uniforme, buen estado sanitario y la forma característica del pimiento California (cuadrado, con tres o cuatro puntas, que se tenga en pie)	+ 200 g + 120 g
IV (Destrio)	Frutos podridos o con otros defectos que los haga inservibles para la comercialización, virosis.	+ 160 g
V	Frutos de buena calidad, color uniforme, buen estado sanitario y la forma característica del pimiento California (cuadrado, con tres o cuatro puntas, que se tenga en pie)	+ 95 g
VI	Frutos de buena calidad, buen color, buen estado sanitario Fruto con peso inferior a 95 g, frutos con exceso de madurez o cualquier otro defecto que los haga sólo útiles para industria.	+ 120 g

**Tabla 4.** Productividad y efectividad del agua de riego.

CULTIVARES	KG·M <sup>-3</sup>		L·KG <sup>-1</sup>	
	T <sub>1</sub>	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>0</sub>
Cayetano	11,54	8,84	86,66	113,14
Pifort	15,58	12,77	64,20	78,30
Murano	13,63	9,87	73,36	101,31
Drakkan	16,78	13,68	59,59	73,08

**Tabla 5.** Costes de diferentes factores de producción (€·ha<sup>-1</sup>)

TRATAMIENTOS	FERTILIZANTES	AGUA	ENERGÍA ELÉCTRICA	TOTAL (€·HA <sup>-1</sup> )
T <sub>0</sub>	1.591,92	6.205,83	1.129,34	5.824,17
T <sub>1</sub>	1.213,84	4.731,95	829,21	4.704,02

**Tabla 6.** Cosechas semanales por repeticiones  $T_0$  ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ).

CULTIVARES	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Cayetano-1	0,36	0,96	1,00	1,10	0,60	0,00	0,00	0,00	0,43	0,37	0,96
Cayetano-2	0,13	0,61	1,74	1,06	0,07	0,72	0,00	0,00	0,40	0,76	0,53
Cayetano-3	0,21	0,55	1,03	1,05	0,20	0,10	0,00	0,00	0,46	0,46	0,60
<b>TOTAL Cayetano</b>	<b>0,23</b>	<b>0,70</b>	<b>1,25</b>	<b>1,07</b>	<b>0,29</b>	<b>0,27</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,43</b>	<b>0,53</b>	<b>0,70</b>
Pifort-1	0,82	1,52	1,17	0,63	0,29	0,27	0,00	0,00	0,71	0,77	0,68
Pifort-2	0,28	1,29	2,54	1,10	0,19	0,36	0,00	0,00	0,43	0,88	1,18
Pifort-3	0,34	1,00	3,11	0,50	0,30	0,61	0,00	0,00	1,10	0,91	0,85
<b>TOTAL Pifort</b>	<b>0,48</b>	<b>1,27</b>	<b>2,27</b>	<b>0,74</b>	<b>0,26</b>	<b>0,41</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,75</b>	<b>0,85</b>	<b>0,90</b>
Murano-1	0,89	1,45	1,08	0,51	0,16	0,24	0,00	0,00	0,56	0,48	0,63
Murano-2	0,44	1,34	1,05	0,81	0,13	0,30	0,00	0,00	0,19	0,46	0,75
Murano-3	0,93	1,35	0,99	1,28	0,29	0,47	0,00	0,00	0,36	0,90	0,36
<b>TOTAL Murano</b>	<b>0,75</b>	<b>1,38</b>	<b>1,04</b>	<b>0,87</b>	<b>0,19</b>	<b>0,34</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,37</b>	<b>0,61</b>	<b>0,58</b>
Drakkan-1	0,43	1,57	1,19	1,72	0,57	0,65	0,00	0,00	0,73	0,74	0,29
Drakkan-2	0,25	2,32	2,30	1,17	0,04	0,72	0,00	0,00	0,66	0,78	1,65
Drakkan-3	0,65	1,31	1,80	0,90	0,29	0,29	0,00	0,00	1,05	0,86	0,60
<b>TOTAL Drakkan</b>	<b>0,44</b>	<b>1,73</b>	<b>1,76</b>	<b>1,26</b>	<b>0,30</b>	<b>0,55</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,81</b>	<b>0,79</b>	<b>0,85</b>

**Tabla 7.** Cosechas semanales por repeticiones  $T_1$  ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ )

CULTIVARES	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Cayetano-1	0,25	1,30	1,47	0,95	0,45	0,19	0,00	0,00	0,16	0,56	0,56
Cayetano-2	0,15	0,48	0,98	1,91	0,88	0,28	0,00	0,00	0,15	0,33	0,51
Cayetano-3	0,07	1,16	0,93	0,94	0,47	0,06	0,00	0,00	0,15	0,62	0,44
<b>TOTAL Cayetano</b>	<b>0,15</b>	<b>0,98</b>	<b>1,13</b>	<b>1,27</b>	<b>0,60</b>	<b>0,18</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,15</b>	<b>0,50</b>	<b>0,50</b>
Pifort-1	0,39	1,60	1,77	1,13	0,11	0,55	0,00	0,00	0,17	0,81	0,50
Pifort-2	0,00	1,48	1,33	1,33	0,27	0,15	0,00	0,00	0,20	0,18	0,19
Pifort-3	1,19	1,01	2,08	1,09	0,37	1,16	0,00	0,00	1,68	0,32	1,07
<b>TOTAL Pifort</b>	<b>0,53</b>	<b>1,36</b>	<b>1,73</b>	<b>1,18</b>	<b>0,25</b>	<b>0,62</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,68</b>	<b>0,43</b>	<b>0,59</b>
Murano-1	0,54	1,21	1,30	0,70	0,08	0,33	0,00	0,00	0,38	0,48	0,61
Murano-2	0,42	0,97	0,90	1,40	0,08	0,22	0,00	0,00	0,29	0,28	0,31
Murano-3	1,37	0,93	1,72	1,34	0,44	0,94	0,00	0,00	0,95	0,29	0,88
<b>TOTAL Murano</b>	<b>0,78</b>	<b>1,04</b>	<b>1,31</b>	<b>1,14</b>	<b>0,20</b>	<b>0,50</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,54</b>	<b>0,35</b>	<b>0,60</b>
Drakkan-1	0,96	1,34	2,02	0,72	0,23	0,62	0,00	0,00	0,47	0,36	1,36
Drakkan-2	0,54	1,74	1,48	1,36	0,43	0,32	0,00	0,00	1,04	0,22	0,16
Drakkan-3	0,23	1,88	2,02	1,21	0,48	0,46	0,00	0,00	1,32	0,35	0,53
<b>TOTAL Drakkan</b>	<b>0,58</b>	<b>1,65</b>	<b>1,84</b>	<b>1,10</b>	<b>0,38</b>	<b>0,47</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,94</b>	<b>0,31</b>	<b>0,68</b>

**Tabla 8.** Número de frutos y su peso medio.

TRATAMIENTOS		$T_0$	$T_1$	
REPETICIONES	Nº FRUTOS	PESO MEDIO (GR)	Nº FRUTOS	PESO MEDIO (GR)
Cayetano-1	190	121,52	213	110,52
Cayetano-2	228	105,61	211	107,46
Cayetano-3	167	111,67	174	111,03
<b>Media Cayetano</b>	<b>195,00</b>	<b>112,93</b>	<b>199,33</b>	<b>109,67</b>
Pifort-1	206	132,81	221	127,08
Pifort-2	259	127,14	171	119,71
Pifort-3	256	136,02	281	141,73
<b>Media Pifort</b>	<b>240,33</b>	<b>131,99</b>	<b>224,33</b>	<b>129,51</b>
Murano-1	183	130,93	189	118,94
Murano-2	208	105,09	172	113,37
Murano-3	229	120,92	270	131,33
<b>Media Murano</b>	<b>206,67</b>	<b>118,98</b>	<b>210,33</b>	<b>122,35</b>
Drakkan-1	242	130,1	249	129,78
Drakkan-2	317	124,51	224	130,09
Drakkan-3	250	123,8	261	129,81
<b>Media Drakkan</b>	<b>269,67</b>	<b>126,14</b>	<b>244,67</b>	<b>129,89</b>

**Tabla 9.** Producción por calibre (%).

TRATAMIENTO	CULTIVARES	>230	230-200	200-180	180-160	160-120	120-95	SEXTA
$T_0$	Cayetano	0,43	1,57	3,94	10,46	38,61	20,51	24,47
	Pifort	1,94	8,31	9,97	13,61	37,10	15,08	13,98
	Murano	0,64	2,95	7,37	13,12	39,22	15,66	21,04
	Drakkan	0,24	2,95	5,04	13,60	47,84	17,97	12,35
<b>Media</b>		<b>0,81</b>	<b>3,95</b>	<b>6,58</b>	<b>12,70</b>	<b>40,69</b>	<b>17,31</b>	<b>17,96</b>
$T_1$	Cayetano	0,00	1,53	1,90	6,42	40,31	25,38	24,46
	Pifort	2,59	8,21	9,04	15,37	35,75	15,24	13,80
	Murano	1,92	2,92	6,49	12,43	39,60	18,91	17,73
	Drakkan	1,12	4,78	7,37	14,36	45,56	15,10	11,71
<b>Media</b>		<b>1,41</b>	<b>4,36</b>	<b>6,20</b>	<b>12,15</b>	<b>40,30</b>	<b>18,66</b>	<b>16,92</b>

**Tabla 10.** Análisis de Hoja (ppm).

<b>24/06/2021</b>	<b>CA<sup>2+</sup></b>	<b>PH</b>	<b>COND (MS/CM)</b>	<b>NA<sup>+</sup></b>	<b>K<sup>+</sup></b>	<b>NO<sup>3-</sup></b>
T <sub>1</sub>	11	5,8	19,99	40	4.500	1.500
T <sub>0</sub>	38	5,4	19,99	37	4.100	1.900
<b>09/07/2021</b>	<b>CA2+</b>	<b>PH</b>	<b>COND (MS/CM)</b>	<b>NA+</b>	<b>K+</b>	<b>NO3</b>
T <sub>1</sub>	20	5,7	19,99	50	5.400	2.300
T <sub>0</sub>	170	5,5	19,99	51	4.400	2.100
<b>29/07/2021</b>	<b>CA2+</b>	<b>PH</b>	<b>COND (MS/CM)</b>	<b>NA+</b>	<b>K+</b>	<b>NO3</b>
T <sub>1</sub>	22	5,8	19,99	74	6.400	2.400
T <sub>0</sub>	120	5,7	19,99	79	5.800	1.900

**Tabla 11.** Análisis de suelo.

<b>DETERMINACIONES</b>	<b>INICIAL</b>	<b>T0</b>		<b>T1</b>	
		<b>20 CM</b>	<b>20-45 CM</b>	<b>20 CM</b>	<b>20-45 CM</b>
<b>SALINIDAD (extracto acuoso 1:2 suelo:agua)</b>					
Conductividad(mS/cm)	1,33	1,01	0,531	2,28	1,03
Cloruros (meq/l)	3,53	2,29	0,956	3,27	2,16
Sulfatos (meq/l)	2,70	3,93	1,65	19,0	3,69
Sodio (meq/l)	2,99	3,67	1,68	5,76	3,55
<b>FERTILIDAD</b>					
Materia orgánica (%)	3,66	3,84	2,51	4,07	3,37
Carbono orgánico (%)	2,10	2,2	1,5	2,4	2,0
Nitratos (mg/kg)	58,8	120	77,6	199	159
Nitrógeno nítrico (mg/kg de N)		27,1	17,5	44,8	35,8
Fósforo asimilable Olsen (mg/kg)	182	269	181	241	187
Potasio (en el extracto acuoso) meq/l	3,47	1,75	0,98	3,72	2,13
Calcio (en el extracto acuoso) meq/l	3,85	3,21	2,08	10,6	2,85
Magnesio (en el extracto acuoso) meq/l	1,42	1,33	0,652	4,67	1,18
Potasio asimilable (mg/kg)	1240	793	583	1110	870
Calcio asimilable (mg/kg)	1830	2210	1940	3080	1950
Magnesio asimilable (mg/kg)	395	448	340	489	372
<b>CAPACIDAD DE INT. CATIÓNICO</b>					
Calcio de cambio (meq/100g)	8,39	10,4	6,29	13,3	9,16
Magnesio de cambio (meq/100g)	2,97	3,42	2,66	3,10	2,83
Potasio de cambio (meq/100g)	2,47	1,68	1,30	2,09	1,80
Sodio de cambio (meq/100g)	0,337	0,048	0,127	0,013	0,230
<b>MICROELEMENTOS</b>					
Hierro asimilable (mg/kg)	13,6	22,9	17,1	26,8	27,1
Boro asimilable (mg/kg)	1,72	1,86	1,56	1,68	2,00
Magnesio asimilable (mg/kg)	3,17	8,32	6,64	7,58	7,24
Cobre asimilable (mg/kg)	2,95	4,06	3,44	3,63	3,10
Zinc asimilable (mg/kg)	9,55	13,4	9,52	11,4	9,32

DETERMINACIONES	INICIAL		T0		T1	
	20 CM	20-45 CM	20 CM	20-45 CM		
<b>ÍNDICES</b>						
Caliza activa (%)	14,6	16,2	16,7	16,3	15,5	
Caliza total (%)	50,2	51,5	55,6	49,9	58,8	
Densidad aparente (g/cc)	1,26	1,26	1,36	1,25	1,31	
Relación Carbono/Nitrógeno	8,88	11,63	10,44	11,50	10,76	
Capacidad de campo (CC) (%suelo seco)	25,70	23,90	23,90	22,70	22,00	
Relación de adsorción de sodio(SAR)	1,84	2,44	1,44	2,09	2,50	
Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	14,20	15,50	13,40	18,50	14,00	
Capacidad retención de agua disponible CRAD (mm agua/mm suelo)	0,141	0,132	0,143	0,126	0,128	
Relación Calcio/Magnesio	2,82	3,04	3,49	4,29	3,24	
Relación Potasio/Magnesio	0,83	0,49	0,49	0,67	0,64	
Saturación sodio (%)	2,37	0,30	0,95	0,07	1,64	

## FIGURAS

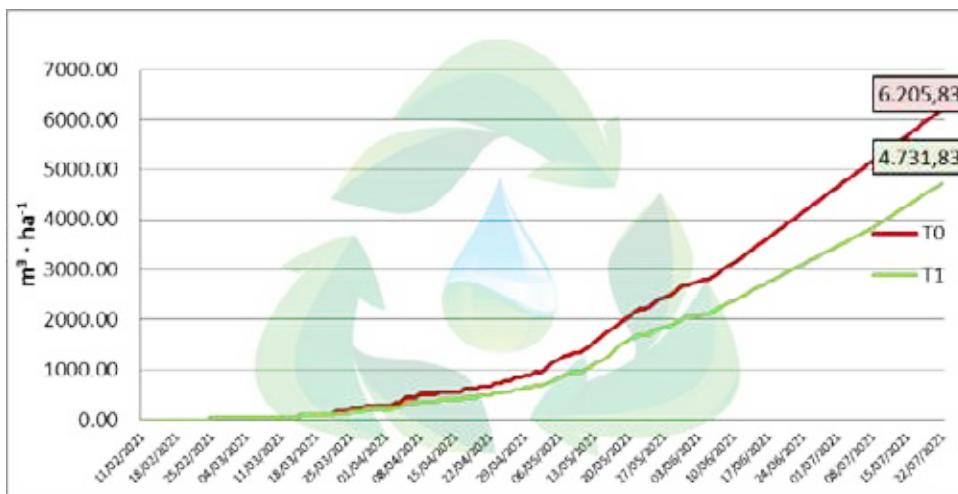
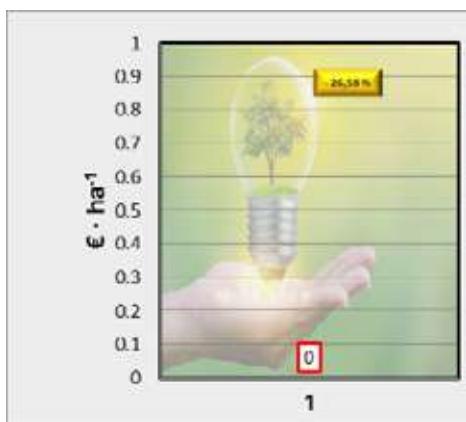
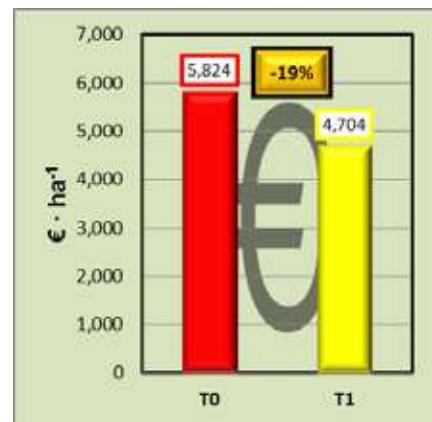
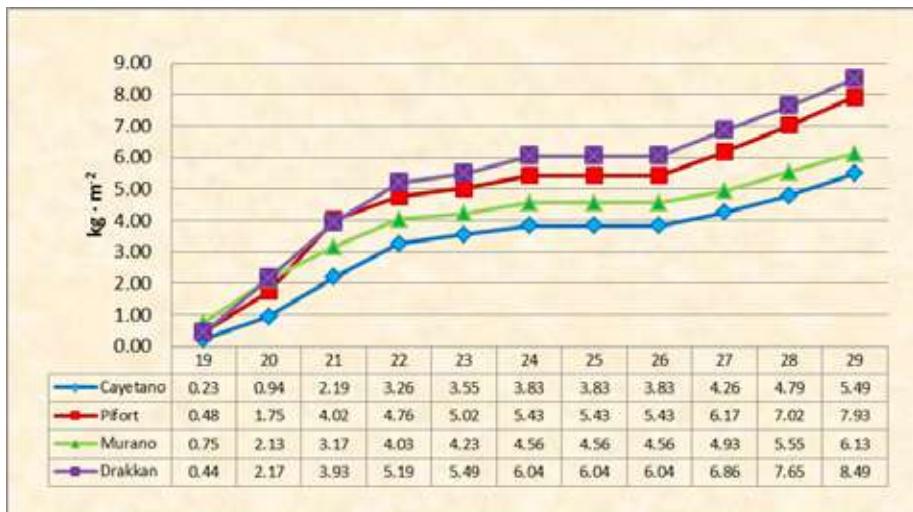
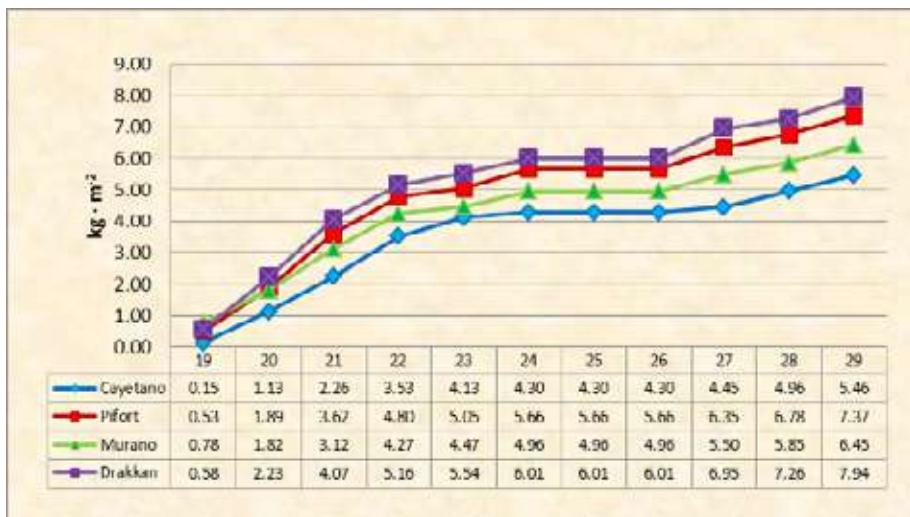
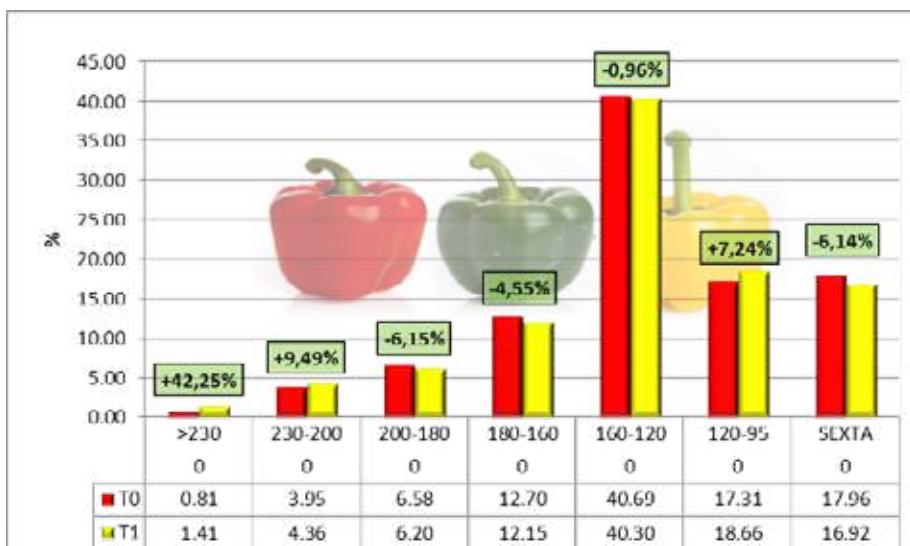


Figura 1: Consumo de agua.

**Figura 2.** Consumo de electricidad ( $\text{€}\cdot\text{ha}^{-1}$ ).**Figura 3.** Coste total ( $\text{€}\cdot\text{ha}^{-1}$ ).**Figura 4.** Producción comercial total por cultivar ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ).**Figura 5.** Producción semanal acumulada  $T_0$  ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ).



**Figura 6.** Producción semanal acumulada  $T_1$  ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ).



**Figura 7.** Producción media por categorías ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ).

# APLICACIÓN DE UN POLÍMERO EN UN CULTIVO DE PIMIENTO AL AIRE LIBRE

**Pedro Mínguez Alcaraz<sup>1</sup>; Cristian Sánchez Sánchez<sup>1</sup>; Antonio Pato Folgoso<sup>2</sup>**

\*<sup>1</sup>CDTA El Mirador, San Javier (Murcia)

\*<sup>2</sup>OCA Cartagena Mar Menor - Consejería de Agua, Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente (Región de Murcia)

## RESUMEN

La superficie de cultivo de pimiento (*Capsicum annum L.*) en la Región de Murcia se ha ido manteniendo en los últimos años, con ligeras variaciones, entorno a las 1.500 has. En el año 2020 se produce una disminución del 2% sobre las cifras del año anterior y un 5% de incremento sobre la media de los cinco años anteriores. En producción en ese mismo año hay un aumento del 6% sobre el año anterior y un 8% más sobre la media de los cinco últimos años.

En la comarca del Campo de Cartagena es de vital importancia realizar un uso óptimo del agua y por ello se han venido llevando a cabo diversas técnicas para su ahorro. Entre estas técnicas cabe citar el uso de: tecnología aplicada en fertirrigación, el acolchado del suelo, utilización de sensores del suelo para evaluar la humedad del mismo, etc.

En el artículo 32 de la Ley 3/2020, de 27 de julio, de recuperación y protección del Mar Menor, queda recogida la necesidad de contar con dispositivos para la medición del volumen de agua de riego aplicada por sector, y con una monitorización por sensores del contenido y/o potencial matricial del agua en el suelo.

Con la adición al suelo de un polímero pretendemos mejorar la capacidad de absorción y retención del agua, así como su liberación gradual, para conseguir un suministro constante de agua a las raíces de las plantas.

El objetivo del ensayo es poder comprobar si con la adición de un polímero al suelo, se produce un ahorro de agua en el cultivo de pimiento al aire libre, manteniendo tanto la calidad como la producción, y consiguiendo pimientos más respetuosos con el medio ambiente.

El polímero utilizado fue Poly-Agua S Line, realizando su aplicación vía riego por goteo. El material vegetal utilizado ha sido pimiento del cultivar Banckers de la casa de semillas Enza Zaden, realizándose el cultivo al aire libre.

Los tratamientos han sido los siguientes:

- T<sub>0</sub>; Riego con uso de tensímetros
- T<sub>1</sub>; Riego con tensímetros más aplicación de polímero al suelo

Para el cultivo al aire libre de pimiento del tratamiento T<sub>0</sub> se han utilizado 3.410,00 m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>

mientras que con la adición del polímero ( $T_{12}$ ) el consumo de agua fue de  $2.745,42 \text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$ , lo que supone un ahorro de agua de 19,49 %. La producción obtenida en el tratamiento  $T_0$  fue de  $6,56 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  y para el tratamiento  $T_1$  fue de  $6,35 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ .

**Palabras clave:** ahorro de agua, riego por goteo, tensiómetro, fertirrigación.

## INTRODUCCIÓN

La superficie total dedicada al cultivo de pimiento (*Capsicum annum L.*) (Sin contar el dedicado a pimiento para pimentón) en la Región de Murcia en el año 2020 fue de 1.493 ha. Esta hortaliza es la segunda, tras el tomate, en ocupar mayor superficie en cultivo protegido, con un total de 1.189 has. La superficie dedicada a su cultivo al aire libre en ese mismo año fue de 304 has. La producción en los últimos cinco años pasa de 124.176 tm en el año 2015 a 165.061tm en el año 2020 (figura 1). La principal zona productora de pimiento en la Región de Murcia es la comarca del Campo de Cartagena. (Estadísticas Agrarias Consejería de Agua, Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente de la Región de Murcia. Año 2020).

Los pimientos al aire libre se cultivan para complementar en verano la falta de pimiento verde (por el rápido viraje de color del cultivo en invernadero), obteniendo mejores calidades que las conseguidas en invernadero para dichas fechas.

En la Región de Murcia en el año 2020, el regadío ocupaba un 44,58 % (164.737 has) del total de las tierras de cultivo (369.516 has). La superficie de riego por goteo fue de 128.851 has lo que supone un 78,21 % del total de tierras en regadío (Estadísticas Agrarias Consejería de Agua, Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente de la Región de Murcia. Año 2020).

En la región de Murcia existe un déficit estructural de agua que fue cifrado en  $458 \text{ hm}^3\cdot\text{año}^{-1}$  por el Plan Hidrológico de la Demarcación del Segura 2015-2021 aprobado por el Real Decreto 1/2016.

En el artículo 32 de la Ley 3/2020, de 27 julio, de recuperación y protección del Mar Menor, queda recogida la necesidad de contar con dispositivos para controlar el agua de riego aplicada, y una monitorización por sensores de humedad y potencial matricial del agua en el suelo.

Al sector agrario se le exige más rentabilidad de los cultivos manteniendo la calidad de sus productos, y al mismo tiempo que sean más respetuosos con el medio ambiente, dado que los mercados son más competitivos y los consumidores más exigentes con la calidad y el precio de los productos. Pequeñas variaciones de los costes puede suponer pérdidas o ganancias en las explotaciones agrarias.

El problema del agua puede llegar a ser un factor limitante para el desarrollo de la actividad agrícola. El uso eficiente en el agua de riego disponible, es esencial para lograr mayor rentabilidad en las explotaciones agrarias y debe ser un elemento fundamental de la gestión de los recursos hídricos. La aplicación eficiente del riego requiere que se use la

cantidad óptima de agua y que se halle a disposición de la planta cuando ésta la necesite. Mejorando las técnicas de programación de riego podemos reducir el consumo de agua a la vez que supone una reducción en el riesgo de lavado de nutrientes, principalmente de nitrógeno, lo que supone una agricultura ambientalmente más sostenible, con un menor impacto sobre los acuíferos subterráneos, además de asegurar el correcto desarrollo de los cultivos.

El nivel del agua en el suelo se puede medir mediante el uso de sensores de humedad que permiten conocer en tiempo real el contenido de humedad del suelo, suponiendo una herramienta muy importante, que facilita la toma de decisiones para determinar la cantidad de agua y el momento de aplicarla.

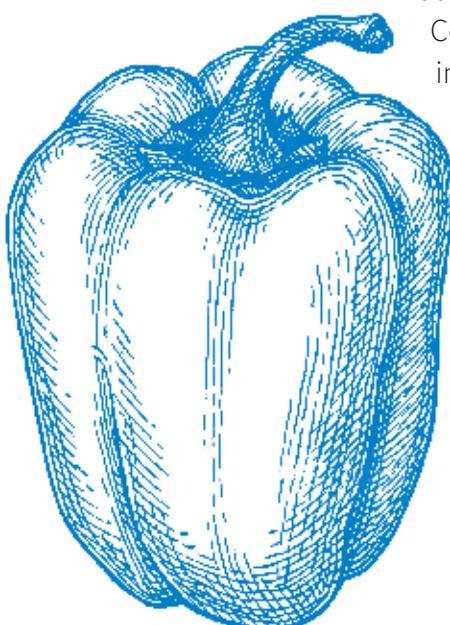
Los polímeros, aplicados al suelo para retener agua, están formados a partir de monómeros de acrilamida. Una vez disueltos en agua son fáciles de aplicar a través del riego. No son fitotóxicos al no ser absorbidos por las raíces de las plantas. Son respetuosos con el medio ambiente ya que son totalmente biodegradables, inocuos para las personas y los animales y no contaminan el suelo.

Los polímeros retienen el agua en el suelo, con una liberación gradual que por osmosis pueden suministrar de forma constante a las plantas una humedad permanente, permitiendo que las raíces aprovechen el agua de una manera más eficiente. Reducen el estrés por déficit hídrico, mejorando el crecimiento y desarrollo de las plantas. Disminuyen la pérdida de agua y nutrientes, debido a la lixiviación, a la vez que mejoran la aireación y estructura de los suelos evitando su compactación, y la formación de costras. Permiten reducir los ciclos de riego y las cantidades de agua utilizadas. Son capaces de absorber agua sobre 340 veces su peso.

El objetivo del ensayo es poder comprobar si con la adición de un polímero al suelo, se produce un ahorro de agua en el cultivo de pimiento al aire libre, realizando el control de riego con los tensiómetros, sin que se vea afectada la producción y calidad de la cosecha y consiguiendo unos pimientos más respetuosos con el medio ambiente.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó al aire libre sobre una superficie de 700 m<sup>2</sup>, distribuida de acorde a los dos tratamientos realizados, en las instalaciones del Centro de Demostración y Transferencia Agraria “El Mirador” donde se integran como cooperativa de 2º grado tres de las principales cooperativas del Campo de Cartagena (Gregal S. Coop, Hortamira S. Coop y SAT San Cayetano ALPI). Sus instalaciones están geográficamente situadas a 37°50' de longitud norte y 0°53' de latitud oeste, en el paraje El Hondón de la pedanía de El Mirador en la parcela 24 del polígono 2 del término municipal de San Javier, en la comarca del Campo de Cartagena, distante a unos 9 km del litoral del Mar Menor.



Para el control de los riegos se utilizaron dos equipos para medir la humedad del suelo, que nos permite estar informados sobre valores fiables de la humedad del suelo a diferentes profundidades (15 y 30 cm), lo que nos ayuda a ajustar la cantidad de agua y la frecuencia de los riegos. Estos equipos se instalaron a 10 cm de distancia a las plantas y a la misma distancia con respecto al gotero y fueron colocados uno en la zona testigo y el otro en la zona donde se aplicó el polímero. Son de la marca Widhoc y cuentan con los siguientes elementos

- Tensiómetros: Medida de la disponibilidad de agua en el suelo mediante potencial matricial a dos profundidades: 15 y 30 cm.
- Caudalímetro: Tiempo y caudal de cada riego junto con los  $m^3 \cdot ha^{-1}$  de agua consumida en cada ciclo.
- Sensor de humedad: Contenido volumétrico de agua.
- Sonda ambiental: Medida de temperatura, humedad relativa y DPV (Déficit presión de vapor).
- Pluviómetro
- Sonda de Conductividad eléctrica en agua de riego
- Sonda de conductividad eléctrica aparente en suelo, temperatura de suelo y contenido de humedad.

El polímero al ser un retenedor de agua en el suelo cambia el modo de interpretación de las lecturas de los tensiómetros (figura nº 2 y 3). Estos miden potencial matricial y porcentaje de humedad. Utilizaremos uno u otro parámetro en función de la mayor representación del contenido de agua en el suelo de cada parámetro

Las repeticiones del tratamiento testigo ( $T_0$ ) se han regado teniendo en cuenta el potencial matricial, que representa el esfuerzo que deben de realizar las raíces para extraer la humedad del suelo. Este parámetro es el utilizado habitualmente para realizar el control de los riegos en el CDTA, al representar mayor certeza.

Sin embargo, las repeticiones del tratamiento polímero ( $T_1$ ) se han regado teniendo en cuenta el porcentaje de humedad, que nos representa más fielmente el contenido de agua del suelo. Con la presencia de un retenedor de agua las lecturas del potencial matricial pueden estar desvirtualizadas porque el agua que se encuentra contenida por el producto no genera ningún tipo de presión, por eso el potencial matricial no es un parámetro adecuado para programar los riegos.

**Preparación del terreno:** Antes de realizar el trasplante se realizarán dos labores de sub-solador, dos pases de rotovator, la aplicación de estiércol, el corte de tierra con tilde para dejar definidos los caballones y, por último, la disposición del acolchado. El cultivo se realizó utilizando la práctica del acolchado con plástico negro oxo-biodegradable de 40 galgas de espesor (10μ).

El polímero añadido fue Poly- Agua S Line de la casa comercial Biogreen Road S.L.. Su único monómero es el ácido propanoico. Estas moléculas al hidratarse generan cargas eléctricas que además de unir las moléculas de agua, unen fertilizantes y nutrientes que-

dando a disposición de las raíces absorbentes. Se trata de un producto en polvo que se disolvió en el agua y se suministró a través del riego por goteo, disolviéndolo a razón de  $3 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  en cada aplicación. La primera se realizó el día 25 de marzo, posteriormente se realizaron tres aplicaciones más los días 19 de abril, 14 de mayo y 8 de junio.

El material vegetal utilizado fue pimiento del cultivar Banckers de la casa comercial Enza Zaden. La siembra se realizó en un semillero profesional debidamente autorizado y el trasplante se realizó el 25 de marzo de 2021.

El ensayo se realizó sobre 10 subparcelas, con cinco repeticiones por tratamiento. El diseño estadístico utilizado fue el de bloques al azar. El marco de plantación fue de 0.20 m entre plantas y de 1 m entre líneas, disponiéndose las plantas de forma lineal en una sola línea, lo que equivale a una densidad de plantación de 50.000 plantas por hectárea.

Los tratamientos efectuados fueron:

- $T_0$ : Riego con uso de tensímetros
- $T_1$ : Riego con tensímetros más aplicación de polímero al suelo

El manejo del cultivo en lo relativo a tratamientos fitosanitarios, labores culturales, podas etc, se realizó de acuerdo con las prácticas habituales del CDTA para este cultivo. El suelo, según la clasificación del USDA, es de textura franco-arcillosa con, 30,45% de arena, 32,50% de limo y 37,05% de arcilla.

En cuanto a la climatología, las figuras 4, 5 y 6 muestran las condiciones de temperatura, humedad relativa, precipitaciones, horas de sol y la  $ET_0$  habidas, a lo largo de los meses de abril, mayo y junio, en la estación meteorológica TP52, perteneciente a la red de estaciones que dispone el SIAM y que se encuentra en el propio centro.

Riego y abonados: El CDTA “El Mirador” dispone de un sistema de riego localizado automatizado mediante electroválvulas que permite el riego por sectores. La parcela del ensayo se riega mediante cintas de riego AZUD SPRINT de 16 mm de diámetro, con goteo integrado de régimen turbulento y con un caudal de  $1\text{L}\cdot\text{h}^{-1}$ . Los riegos de plantación y enjuague se realizaron de forma similar en los dos tratamientos y sin la aportación de abono. Los restantes riegos semanales mostrados en la tabla 1 se realizaron con fertirrigación.

El plan de abonado utilizado para este ensayo se realiza según el protocolo seguido por el CDTA para el cultivo de pimiento. En el período de abonado se llevó a cabo un incremento de la conductividad eléctrica de  $0.4 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$  sobre el agua del pantano ( $1.8 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) con nitrato de calcio al 30%, nitrato potásico y ácido fosfórico al 50%, fosfato monoamónico al 14 % y nitrato de magnesio al 6%, manteniendo un pH de 6 (pH del agua del pantano de 8.5) con aportaciones de ácido nítrico. En las tablas 2 y 3 se muestran la cantidad de abono aportado según el consumo de agua por cada tratamiento.

Para evaluar la evolución del estado físico-químico de suelo se realizó un análisis de suelo al inicio del ensayo para tener la información del suelo sobre el que partíamos. Al finalizar el ensayo realizamos dos análisis del suelo en cada tratamiento, uno entre los 30 cm. pri-

meros de suelo y otro entre los 30 y los 50 cm. de profundidad. También, durante el ciclo de cultivo, se realizaron análisis foliares para evaluar el estado nutricional del cultivo.

La recolección se realizó sobre quince plantas situadas en la línea central de cada repetición, tomando las dos restantes líneas como bordes. Se realizaron tres cosechas en las semanas 24, 25 y 27 de 2021. La producción se cuantificó mediante una báscula Becken BKS-2389 con una precisión de 0.1 gr. Tras cada una de las recolecciones, se controlaron la producción así como, el número de frutos y el peso de cada fruto. Se realizó una primera clasificación por calibre según el peso de cada fruto, teniendo en cuenta que fueran frutos con buena calidad, color uniforme, buen estado sanitario y la forma característica del pimiento tipo california:

- Peso superior a 230 gramos
- Peso entre 200-230 gramos
- Peso entre 180-200 gramos
- Peso entre 160-180 gramos
- Peso entre 120-160 gramos
- Peso entre 95-120 gramos
- Sexta: Pimientos con peso inferior a 95 gramos. Todos los frutos de industria
- Cuarta: Fruto podrido o con otros defectos que lo haga inservible para la comercialización, virosis, etc.

A partir de esta primera clasificación se realiza la clasificación comercial en base a los parámetros comerciales que se aplican en las tres cooperativas integradas en el CDTA El Mirador y que figuran en la tabla 4.

Los parámetros evaluados en este ensayo fueron los siguientes:

- Producción obtenida.
- Calidad de la producción.
- Consumo de agua.
- Estado físico-químico de suelo inicial y final.
- Estado nutricional de la planta mediante análisis foliar.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Consumo de agua**

En el cultivo de pimiento al aire libre se han utilizado  $3.410 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  de agua para el tratamiento donde los riego fueron programados en base a los datos obtenidos por el tensiómetro, mientras que para las repeticiones a las que se le añadió Poly- Agua S Line el consumo de agua fue de  $2.745,42 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ . Los riegos semanales están recogidos en la figura 7. Esto supone un ahorro de agua del 19,49% del  $T_1$  frente  $T_0$ . Podemos mencionar que los cálculos de las necesidades hídricas para este cultivo realizados por Widhoc, en base a la  $ET_0$  obtenida en la estación climática del SIAM, ubicada en el propio centro, fue de  $4.653,25 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (figura 7).

## Consumo de nutrientes

Al tratarse de un cultivo realizado por fertirrigación, el aporte de abonos y el consumo de electricidad, están íntimamente relacionados con el consumo de agua, a la vez que se produce un ahorro de agua, se produce también un ahorro de estos otros factores (tabla 5). El ahorro de fertilizantes se cifró en un 17%, el de energía eléctrica fue de un 35% del  $T_1$  frente al  $T_0$  (figura 8), mientras que el ahorro total de estos tres factores (figura 9) supone un 17%, teniendo en cuenta que los gastos de aplicación del polímero fueron de  $240 \text{ €}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

## Producción

La producción comercial del tratamiento testigo fue de  $6,56 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  y en el tratamiento con adición de polímero al agua de riego fue de  $6,35 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ . Esto supone una perdida de producción valorada en el 3,20% del  $T_1$  frente al  $T_0$ , realizado el análisis estadístico se pudo comprobar que no hubo diferencias estadísticamente significativas en la producción comercial total entre ambos tratamientos. De la misma forma podemos decir que la recolección semanal muestra la misma tendencia en los dos tratamientos (figura 10).

Si observamos la calidad de la producción comercial (figura 11) podemos percibir que el tratamiento  $T_0$  mostró más producción en las calidades superiores (extra, 1<sup>a</sup> y 2<sup>a</sup>), mientras que el tratamiento  $T_1$  fue más productivo en las calidades inferiores, no siendo estas diferencias estadísticamente significativas para cada una de las diferentes calidades.

En la tabla 6 mostramos el número de frutos y el peso medio de los frutos habidos en cada repetición de cada uno de los tratamientos. Se puede observar que en el testigo la producción fue bastante homogénea en todas las repeticiones, mientras que el tratamiento  $T_1$  existió más variabilidad.

## Calibres

En las figuras 12 y 13 mostramos la producción comercial final en función del porcentaje habido en cada calibre. En ambos tratamientos el mayor porcentaje de producción lo encontramos en los calibres de 120 a 160 gramos por fruto. Nuevamente podemos apreciar que el porcentaje de producción por calibre fue muy similar en ambos tratamientos.

## Analíticas

En la tabla 7 se muestran los resultados de los análisis de suelo realizados en el cultivo, tanto el realizado antes de dar comienzo al cultivo, como aquellos al final del mismo, diferenciando según qué tratamiento y a las distintas profundidades.

Visto los resultados de los análisis podemos concluir que se trata de un suelo ligeramente salino donde los iones más tóxicos, sodio y cloruros se encuentran en una concentración alta. De los valores de la fertilidad del suelo destacamos que el nitrógeno presentó niveles normales, así como el valor de la materia orgánica para este tipo de suelos, el potasio pre-

sentó niveles muy altos en la capa más superficial y niveles altos en las capas más profundas. Con respecto a la saturación del sodio se trata de un suelo que se clasifica como normal con valores inferiores al 7%. También podemos añadir que es un suelo con un contenido de caliza muy alto.

Los resultados de los análisis de hojas realizados al final del cultivo se muestran en la figura 14 para los macroelementos donde se aprecian niveles superiores para nitrógeno y potasio en el tratamiento  $T_1$  con niveles inferiores de calcio y de magnesio. En figura 15 se muestran los microelementos quedando reflejado que todos ellos mostraron niveles superiores en el tratamiento  $T_0$ .

Se realizó un análisis de iones en las hojas de pimiento el día 11 de junio (tabla 8) y al final del cultivo (Fotos 1 y 2).

## CONCLUSIONES

Con la adición al suelo de Poly-Agua S-Line se consigue un importante ahorro de agua, fertilizantes y energía eléctrica sin afectar estadísticamente ni a la producción ni a la calidad de la cosecha.

En las capas más superficiales, la concentración de elementos tales como los cloruros, los sulfatos o el nitrógeno nítrico, son superiores en el suelo donde se adicionó polímero frente al suelo testigo. Esto indica que se produce menos lixiviación de estos elementos y por tanto menos contaminación del acuífero.



## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido cofinanciado por el Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER) y la Consejería de Agua, Agricultura, Ganadería y Pesca de la Región de Murcia a través del Servicio de Formación y Transferencia Tecnológica de la Dirección General de Agricultura, Ganadería, Pesca y Acuicultura. Dentro de la Medida destinada a Actividades de Demostración y Transferencia de Conocimientos, del actual Programa de Desarrollo Regional de la Región de Murcia,

Los autores quieren agradecer la colaboración de los socios y técnicos de las tres cooperativas anteriormente mencionadas, por su aportación de ideas a la hora de realizar el ensayo. También queremos agradecer a todo el personal del CDTA El Mirador ya que sin su aportación no habría sido posible realizar el cultivo.

Queremos expresar nuestro agradecimiento a la empresa Biogreen Road S.L. y en especial a D. Alberto Fuentes Muñoz, por poner a nuestra disposición todos los medios necesarios y por hacernos las cosas muy fáciles a la hora de aportar el producto.

---

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- ALLEN, R., PEREIRA, L., RAES, D., y SMITH, M. (2006). Evaporación del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Publicaciones número 56: 322pp. Roma. FAO.
- CAMPBELL, C.S. Response of the ECH 2 O Soil Moisture Probe to Variation in Water Content, Soil Type, and Solution Electrical Conductivity. Decagon Devices, Inc..
- COLIN, A. y D. WHITFORD (1996). Intelligent Irrigation. (Booklet) Cohort International Pty Ltd, Australia.
- DOOREMBOS J. y W.O. PRUITT, (1976). Las necesidades de agua de los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje, Manual nº 24. Roma, Italia.
- DRY, P.R., B.R. LOVEYS, M.G. MCCARTHY, AND M. STOLL. (2001). Strategic irrigation management in Australian vineyards. Jour. Int. des Sciences de la Vingen et du Vin 35: 129-139.
- MAROTO, J.V., BAXAULI, C. (2017). Cultivos hortícolas al aire libre. Ed. Cajamar Caja Rural, 315-337.
- MUÑOZ-CARPENA, R. AND M..D. DUKES (2008). Automatic Irrigation Based on Soil Moisture for Vegetable Crops. Document 356. Department of Agricultural and Biological Engineering, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.
- NAVARRO MARQUEZ J.A. (2002). Sistemas de medida y regulación. Ed Ceysa. 235 pp.
- RINCÓN, L. y SÁENZ, J., (1996), Determinación de la evapotranspiración y de los coeficientes de cultivo en lechuga iceberg con riego por goteo. Actas del Congreso Ibérico. Murcia, España. pp. 193-202.
- RODRÍGUEZ, F., BERENGUER, M. (2004). Control y robótica en agricultura. Ed Universidad de Almeria. 433pp.
- ROTH, C.H., M.A. MALICKI Y R. PLAGGE, (1992), Empirical evaluation of the relationship between soil dielectric constant and volumetric water content as the basis for calibrating soil moisture measurements by TDR. Journal of Soil Science 43: 1-13.
- STARR, J.L. AND PALINEANU, I.C. (1998). Soil Water dynamics using multisensor capacitance probes in nontraffic interrows of corn, Soil Science Society of American Journal, 62: 115-122.
- VITA, F., C. SCHUGURENSKY, R. CARRIÓN Y S. RODRÍGUEZ (2005). Evaluación del Comportamiento de Sensores de Humedad del Suelo del Tipo FDR de Desarrollo Local, en Relación al Contenido de Agua y a la Textura del Suelo. XXº Congreso Nacional del Agua 2005, Mendoza, Argentina.

**FOTOGRAFÍAS****1****2**Fotografía 1: Análisis de iones T<sub>0</sub>.Fotografía 2: Análisis de iones T<sub>1</sub>.**TABLAS****Tabla 1.** Consumo de agua por semanas.

TRATAMIENTO SEMANA	T <sub>0</sub>			T <sub>1</sub>		
	M <sup>3</sup> ·HA <sup>-1</sup>	MIN	ACUMULADOS	M <sup>3</sup> ·HA <sup>-1</sup>	MIN	ACUMULADOS
semana 15	36,67	40,00	36,67	36,67	40,00	36,67
semana 16	0,00	0,00	36,67	0,00	0,00	36,67
semana 17	36,67	40,00	73,33	36,67	40,00	73,33
semana 18	201,67	220,00	275,00	110,00	120,00	183,33
semana 19	247,50	270,00	522,50	229,17	250,00	412,50
semana 20	275,00	300,00	797,50	330,00	360,00	742,50
semana 21	165,00	180,00	962,50	220,00	240,00	962,50
semana 22	165,00	180,00	1127,50	110,00	120,00	1072,50
semana 23	275,00	300,00	1402,50	192,50	210,00	1265,00
semana 24	499,58	545,00	1902,08	385,00	420,00	1650,00
semana 25	536,25	585,00	2438,33	430,83	470,00	2080,83
semana 26	421,67	460,00	2860,00	348,33	380,00	2429,17
semana 27	550,00	600,00	3410,00	316,25	345,00	2745,42
<b>TOTAL</b>	<b>3410,00</b>	<b>3720,00</b>		<b>2745,42</b>	<b>2995,00</b>	

**Tabla 2.** Aportación de abono tratamiento T<sub>0</sub>.

<b>CONSUMOS</b>	<b>gr·m<sup>-3</sup></b>	<b>Kg·ha<sup>-1</sup></b>	<b>UF N</b>	<b>UF P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>UF K<sub>2</sub>O</b>	<b>UF CaO</b>	<b>UF MgO</b>
nitrato de calcio	103,45	390,69	60,56			103,53	
nitrato potásico	144,30	544,97	70,85		250,69		
fosfato monoamónico	30,77	116,21	13,94	70,89			
nitrato de magnesio	13,39	50,58	5,56			7,94	
ácido fosfórico	0,52	81,75		42,51			
<b>Consumo de agua 3.410,00 m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup></b>		<b>150,91</b>	<b>113,39</b>	<b>250,69</b>	<b>103,53</b>	<b>7,94</b>	
		<b>Equilibrio</b>	<b>1</b>	<b>0,75</b>	<b>1,66</b>	<b>0,69</b>	<b>0,05</b>

**Tabla 3.** Aportación de abono tratamiento T<sub>1</sub>.

<b>CONSUMOS</b>	<b>gr·m<sup>-3</sup></b>	<b>Kg·ha<sup>-1</sup></b>	<b>UF N</b>	<b>UF P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>UF K<sub>2</sub>O</b>	<b>UF CaO</b>	<b>UF MgO</b>
Nitrato de calcio	103,45	284,01	44,02			75,26	
Nitrato potásico	144,30	396,16	51,50		182,24		
Fosfato monoamónico	30,77	84,47	10,14	51,53			
Nitrato de magnesio	13,39	36,77	4,04			5,77	
Ácido fosfórico	0,52	59,42		30,90			
<b>Consumo de agua 2.745,42 m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup></b>		<b>109,70</b>	<b>82,43</b>	<b>182,24</b>	<b>75,26</b>	<b>5,77</b>	
		<b>Equilibrio</b>	<b>1</b>	<b>0,75</b>	<b>1,66</b>	<b>0,69</b>	<b>0,05</b>

**Tabla 4.** Clasificaciones por categorías comerciales.

<b>CATEGORÍA</b>	<b>ASPECTO</b>	<b>PESO</b>
EXTRA	Frutos de buena calidad, color uniforme, buen estado sanitario y la forma característica del pimiento California (cuadrado, con tres o cuatro puntas, que se tenga en pie)	+ 230 g
I	Frutos de buena calidad, color uniforme, buen estado sanitario y la forma característica del pimiento California (cuadrado, con tres o cuatro puntas, que se tenga en pie)	+ 200 g
II	Frutos de buena calidad, buen color, buen estado sanitario Frutos de buena calidad, color uniforme, buen estado sanitario y la forma característica del pimiento California (cuadrado, con tres o cuatro puntas, que se tenga en pie)	+ 230 g + 160 g
III	Frutos de buena calidad, buen color, buen estado sanitario Frutos de buena calidad, color uniforme, buen estado sanitario y la forma característica del pimiento California (cuadrado, con tres o cuatro puntas, que se tenga en pie)	+ 200 g + 120 g
IV (Destriño)	Frutos de buena calidad, buen color, buen estado sanitario Frutos podridos o con otros defectos que los haga inservibles para la comercialización, virosis.	+ 160 g

CATEGORÍA	ASPECTO	PESO
V	Frutos de buena calidad, color uniforme, buen estado sanitario y la forma característica del pimiento California (cuadrado, con tres o cuatro puntas, que se tenga en pie)	+ 95 g
	Frutos de buena calidad, buen color, buen estado sanitario	+ 120 g
VI	Fruto con peso inferior a 95 g, frutos con exceso de madurez o cualquier otro defecto que los haga sólo útiles para industria.	

**Tabla 5:** Costes de diferentes factores de producción (€·ha<sup>-1</sup>).

TRATAMIENTOS	FERTILIZANTES	AGUA	ENERGÍA ELÉCTRICA	TOTAL (€·ha <sup>-1</sup> )
T <sub>0</sub>	828,64	1.705,00	1.092,00	3.625,64
T <sub>1</sub>	687,80	1.372,71	707,00	3.007,51

**Tabla 6.** Número de frutos y su peso medio.

REPETICIONES	Nº FRUTOS	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	PESO MEDIO
		Nº FRUTOS	PESO MEDIO	
R1	122	162,70	105	161,33
R2	119	167,48	134	153,73
R3	129	153,02	123	160,57
R4	125	153,52	127	149,84
R5	128	153,52	124	152,98
Total	124,6	158,05	122,6	155,69

**Tabla 7.** Análisis de suelo.

DETERMINACIONES	INICIAL		T <sub>0</sub>		T <sub>1</sub>	
	30 CM	30-50 CM	30 CM	30-50 CM		
<b>SALINIDAD (extracto acuoso 1:2 suelo:agua)</b>						
Conductividad(mS/cm)	1,15	1,04	0,71	1,91	1,2	
Cloruros (meq/l)	3,72	2,63	1,88	6,6	3,89	
Sulfatos (meq/l)	4,78	4,47	2,81	9,78	5,34	
Sodio (meq/l)	3,94	3,68	2,87	7,07	4,37	
<b>FERTILIDAD</b>						
Materia orgánica (%)	3,39	2,08	2,15	2,14	2,22	
Carbono orgánico (%)	2	1,2	1,2	1,2	1,3	
Nitratos (mg/kg)		130	65,5	216	110	
Nitrógeno nítrico (mg/kg de N)	19,5	29,4	14,8	48,7	24,9	
Fósforo asimilable Olsen (mg/kg)	267	221	191	189	198	
Potasio (en el extracto acuoso) meq/l	1,68	1,64	1,07	2,47	1,71	

DETERMINACIONES	INICIAL		$T_0$		$T_1$	
	30 CM	30-50 CM	30 CM	30-50 CM		
Calcio (en el extracto acuoso) meq/l	3,12	3,63	2,41	7,02	3,78	
Magnesio (en el extracto acuoso) meq/l	1,78	1,51	0,97	4,16	1,90	
Potasio asimilable (mg/kg)	736	662	553	731	576	
Calcio asimilable (mg/kg)	1910	2990	1740	1950	1750	
Magnesio asimilable (mg/kg)	401	434	339	429	366	
<b>CAPACIDAD DE INT. CATIÓNICO</b>						
Calcio de cambio (meq/100g)	8,92	14,20	8,21	8,35	8,00	
Magnesio de cambio (meq/100g)	2,94	3,27	2,59	2,70	2,63	
Potasio de cambio (meq/100g)	1,55	1,37	1,20	1,38	1,13	
Sodio de cambio (meq/100g)	0,28	0,45	0,45	0,4	0,22	
<b>MICROELEMENTOS</b>						
Hierro asimilable (mg/kg)	8,49	10,10	10,30	7,43	24,40	
Boro asimilable (mg/kg)	0,59	1,32	1,24	1,04	0,97	
Magnesio asimilable (mg/kg)	2,33	5,24	4,54	5,22	3,68	
Cobre asimilable (mg/kg)	2,17	2,44	2,34	2,43	2,19	
Zinc asimilable (mg/kg)	8,27	10,5	8,89	9,79	8,62	
<b>ÍNDICES</b>						
Caliza activa (%)	16,36	17,3	16,2	17,1	15	
Caliza total (%)	46,7	59,4	55,8	55,8	56,6	
Densidad aparente (g/cc)	1,27	1,37	1,36	1,35	1,36	
Relación Carbono/Nitrógeno	11,66	8,10	9,79	8,36	10,06	
Capacidad de campo (CC) (%suelo seco)	26,4	25,6	26,9	27,6	25,8	
Relación de adsorción de sodio(SAR)	2,51	2,29	2,21	2,99	2,60	
Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	13,7	19,3	12,5	12,8	12,0	
Capacidad retención de agua disponible CRAD (mm agua/mm suelo)	0,145	0,153	0,158	0,160	0,152	
Relación Calcio/Magnesio	3,03	4,34	3,17	3,09	3,04	
Relación Potasio/Magnesio	0,53	0,42	0,46	0,51	0,43	
Saturación sodio (%)	2,03	2,33	3,64	3,15	1,88	

Tabla 8. Análisis de iones (11-06-2021).

	CA <sup>+2</sup>	PH	C.E. (MS/CM)	NA <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	NO <sup>-3</sup>
Óptimo	5,5-6	15-20	-100	4000-5000	1500-3000	
$T_0$	190	5,7	16,73	54	7.600	2.800
$T_1$	44	5,7	17,51	59	7.600	1.800

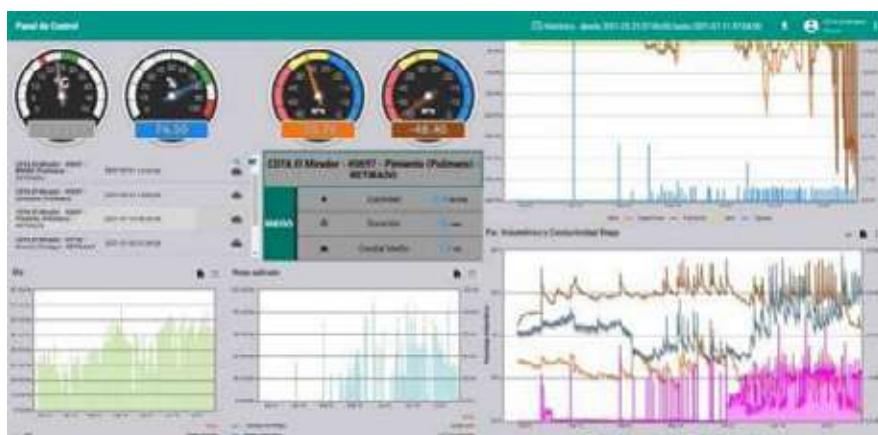
## FIGURAS



**Figura 1.** Evolución de la superficie y producción del pimiento en la Región de Murcia



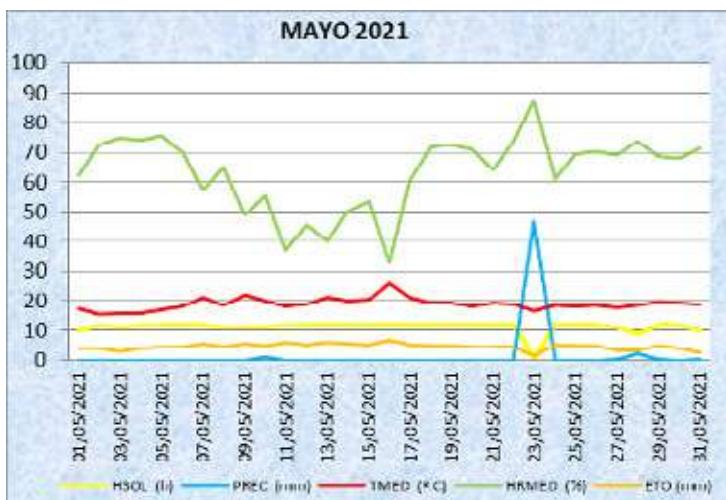
**Figura 2.** Lecturas del tensiómetro de la zona  $T_0$ .



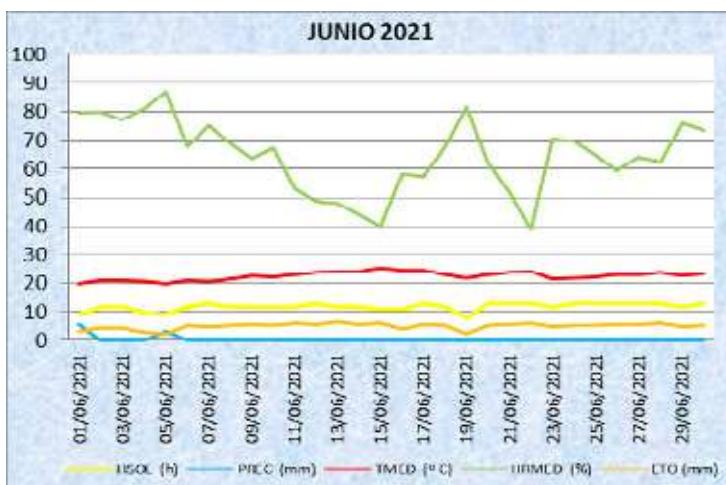
**Figura 3.** Lecturas del tensiómetro de la zona  $T_1$ .



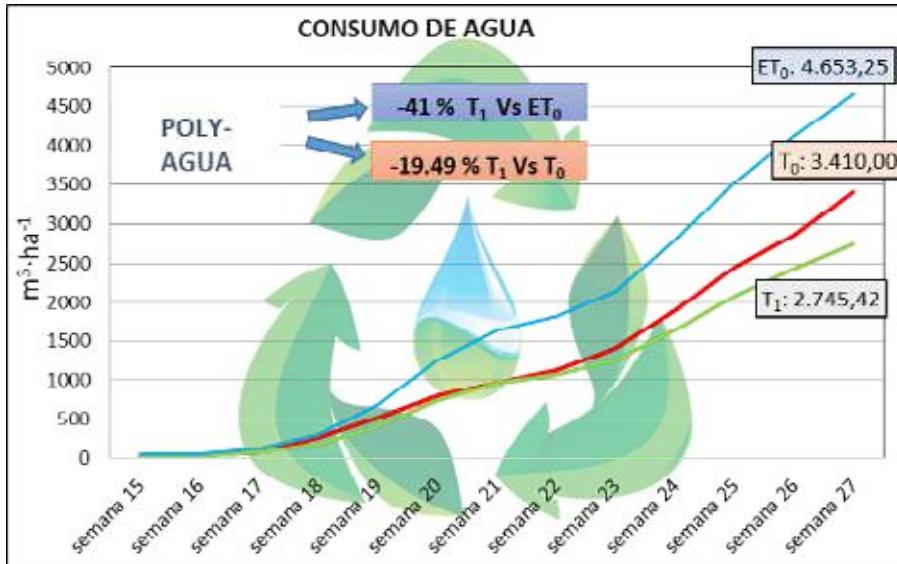
**Figura 4.** Condiciones climáticas de abril



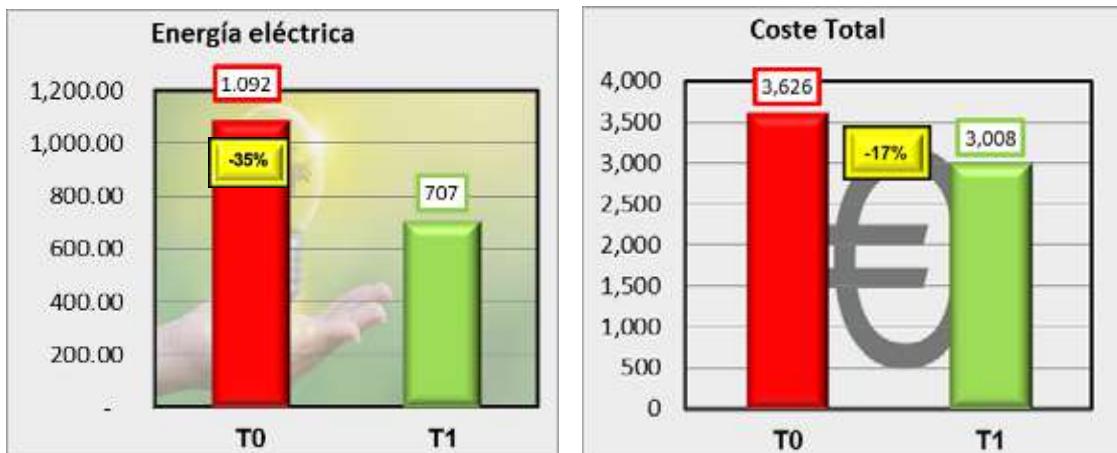
**Figura 5.** Condiciones climáticas de mayo.



**Figura 6.** Condiciones climáticas de junio.

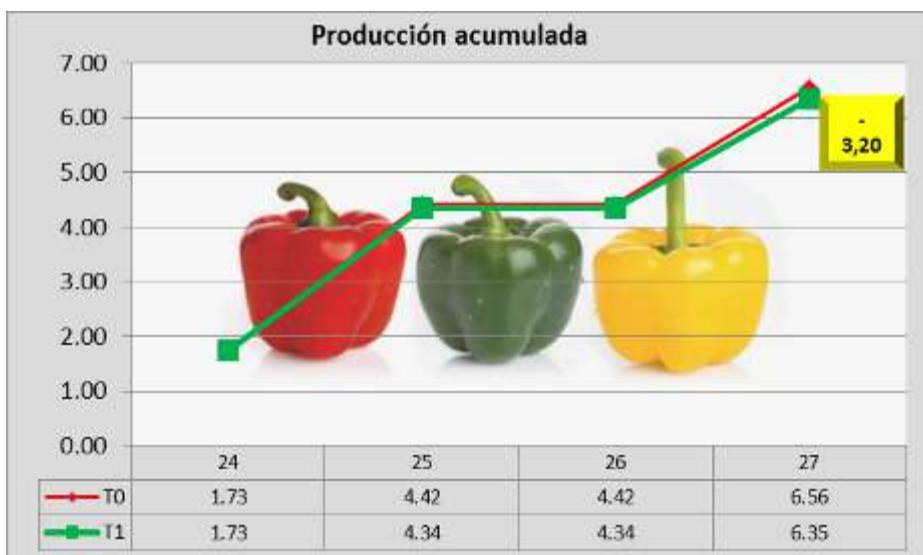


**Figura 7.** Consumo de agua semanal.



**Figura 8.** Consumo de electricidad ( $\text{€}\cdot\text{ha}^{-1}$ ).

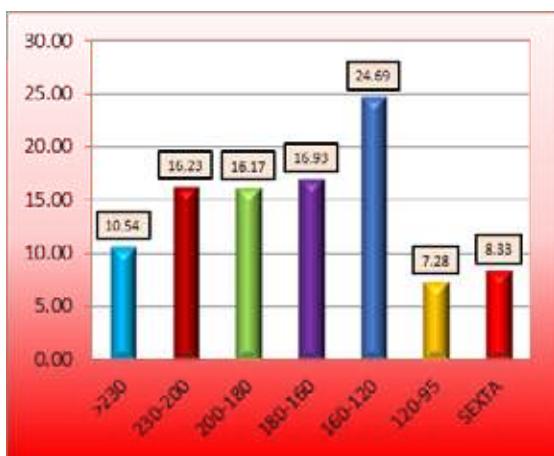
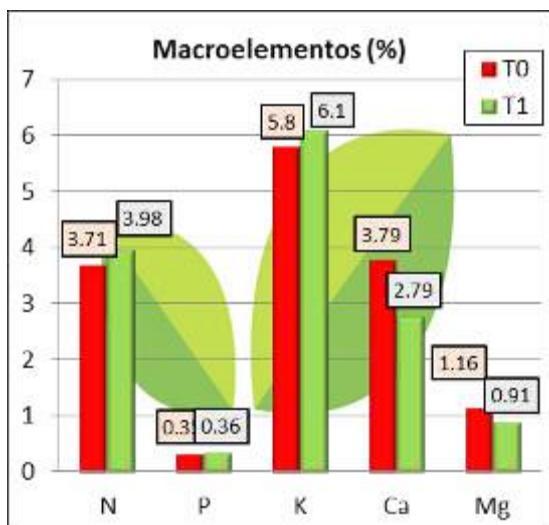
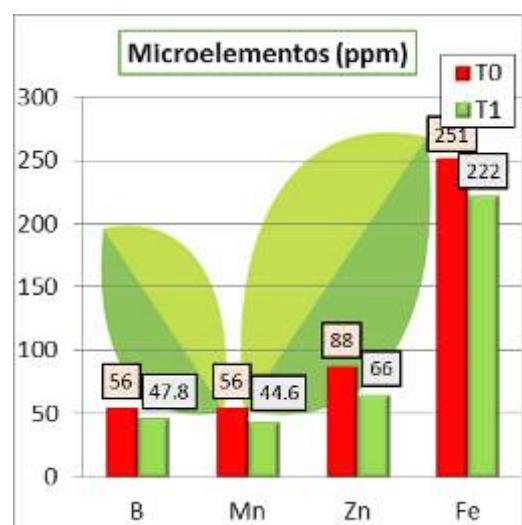
**Figura 9.** Coste total ( $\text{€}\cdot\text{ha}^{-1}$ ).



**Figura 10.** Producción semanal ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ).



**Figura 11.** Clasificaciones.

**Figura 12.** Producción por calibres T<sub>₀</sub> (%).**Figura 13.** Producción por calibres T<sub>₁</sub> (%).**Figura 14.** Macroelementos (%).**Figura 15.** Microelementos (ppm).

# ESTUDIO DEL MANEJO DEL RIEGO EN EL CULTIVO DEL BONIATO

Jarén Morilla, C.<sup>1</sup>; López Rodríguez, M<sup>1</sup>; Salvatierra Bellido, B.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Investigación y Formación Agraria de Andalucía (IFAPA), Rancho de la Merced, sede de Chipiona (Cádiz).<sub>..</sub>

## RESUMEN

El boniato es un alimento cada vez mejor valorado en Europa por sus características nutricionales y su versatilidad en los distintos usos en la gastronomía. Aun así, en España el consumo de este producto es de unos 400 gramos per cápita y año, a diferencia de los países latinoamericanos o incluso Portugal, donde su consumo llega a los 2 kg. La apuesta por este cultivo ha permitido que experimente hasta 2017, un aumento del 30% de dicho producto, ralentizando la expansión bajo la previsión de un 10% anual a partir de entonces. En la zona del bajo Guadalquivir, especialmente en la comarca Costa Noroeste de Cádiz se considera un cultivo ya consolidado sobre el cual se ha apostado realizando considerables inversiones tanto en campo como en las centrales de recepción del mismo al incorporar mayor capacidad con el objetivo de satisfacer la demanda de boniato más allá de su fecha recolección que concluye entorno a diciembre. De esta forma, se puede atender a dicha demanda hasta el mes de marzo.

El cultivo del boniato está cambiando su modelo de agricultura, inicialmente fue un cultivo hortícola al aire libre en pequeñas explotaciones y actualmente su manejo está pasando a ser a un cultivo extensivo de regadío mecanizado. Aunque se trata de un cultivo sensible al encharcamiento, requiere de una cantidad de agua importante para su cultivo que cobra especial importancia en momentos decisivos de su ciclo como puede ser el enraizado de la planta. Al ocupar los meses de máxima demanda evapotranspirativa, se requiere perseguir el objetivo de determinar las necesidades de riego potencial y probar estrategias de riego deficitario para evaluar el impacto productivo en el cultivo.

Las restricciones de agua para la agricultura se están siendo cada vez más frecuentes en la zona del bajo Guadalquivir. La disponibilidad de agua embalsada de la zona ha disminuido un 20% en los últimos 10 años. Dicha situación y el hecho de que el boniato sea un cultivo relativamente reciente en la zona hace necesario el estudio de las necesidades hídricas del mismo para así poder optimizar el agua como recurso, propiciando de este modo una garantía de sostenibilidad del cultivo.

Con el objetivo de determinar la dosis óptima de agua de riego para el cultivo de boniato en la comarca Costa Noroeste de Cádiz, el Instituto de Investigación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA) Rancho de la Merced, sede de Chipiona, plantea un ensayo donde se disponen mediante un diseño experimental varios tratamientos con dosis de agua diferentes, 60%, 80%, 100% y 120% de las necesidades de

agua que requiere el cultivo. Además, se incorporó un quinto tratamiento mediante el cual se le aplicaba al cultivo la misma dosis de agua que se suele aplicar de manera convencional en la zona.

Los resultados obtenidos reflejan las ventajas e inconvenientes de un uso del agua del riego con distintos grados de restricción afectando ya no solo a la producción como es de esperar, sino también a los estándares de calidad dependiendo del destino de la producción: para consumo en fresco o para la industria.

**Palabras clave:** Necesidades hídricas; restricciones de agua.

## INTRODUCCIÓN

El boniato es un cultivo que ha adquirido una considerable importancia con el paso del tiempo, más concretamente en los últimos 5 años debido al aumento de su demanda por parte principalmente del mercado europeo.

Es un cultivo demandante de bastante agua sobre todo en etapas del ciclo como es el enraizado de los esquejes y el engorde del boniato aunque a su vez destaca por su sensibilidad al encharcamiento.

En Andalucía, la comarca de la Costa Noroeste de Cádiz es la zona considerada actualmente como principal productora de este cultivo, es por ello que es aquí donde la rapidez en mecanización y adaptación de las infraestructuras es más evidente pasando de ser el boniato un cultivo de pequeñas explotaciones al aire libre a uno de grandes explotaciones y muy mecanizado (Figura1).

La acumulación de agua almacenada en el sistema hidrográfico del Guadalete que abastece a la Costa Noroeste de Cádiz ha descendido un 30% en los últimos años, lo que augura limitaciones en el uso del agua para el futuro (Figura 2).

Los cultivares más utilizados requieren de un ciclo de cultivo de unos 120-150 días ocupando de este modo los meses de mayor demanda evaporativa ya que se comienza la siembra más temprana sobre el mes de marzo y se recoge la más tardía allá por el mes de octubre.

Es un cultivo de regadío en el que coexisten el sistema de riego por aspersión junto al sistema de riego localizado.

El suelo donde se suele cultivar en la zona de la Costa Noroeste de Cádiz presenta mayoritariamente una textura arenosa lo que facilita las pérdidas de agua aportada en el riego por percolación.

Todo ello, junto a que cada vez la disponibilidad de agua embalsada es menor y la importancia que ha adquirido el cultivo del boniato, hace que sea necesario el estudio de sus necesidades con el objetivo de poder optimizar el agua de riego aportada para no solo obtener elevadas producciones, sino que también estas cumplan los estándares de calidad que exige el mercado.

En la actualidad la mitad de la producción se destina al consumo en fresco y la otra mitad a productos transformados adquiriendo especial importancia en la industria de elaborados de productos de alimentación infantil como espesante y aporte de dulzor natural.

Los criterios de comercialización se establecen en base al destino de la producción como son:

Consumo en fresco. Producción que cumple con los criterios de calidad como son peso, forma e imperfecciones sobre el boniato. Los pesos comprendidos entre los 300 y los 800 gramos, con forma ovalada y sin imperfecciones son los mejores valorados.

Consumo industrial: Resto de la producción. Se miden otros parámetros como son la materia seca, los grados Brix y el contenido de nitratos.

De esta forma, se evaluará qué dosis de riego aportada al cultivo es la más óptima tanto a nivel de producción como de calidad en base a los criterios de comercialización.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Localización

El ensayo tuvo lugar en las instalaciones del Instituto de Investigación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA) en Chipiona (Cádiz). Dicha localización pertenece a la comarca agraria Costa Noroeste de Cádiz cuya principal actividad es la horticultura al aire libre en pequeñas parcelas.

### Material vegetal

El cultivar empleado es el denominado Covington por ser uno de los más representativos de la zona. Su piel es lisa y el color de la carne naranja intenso. El ciclo de cultivo tiene una duración de unos 120 días aproximadamente y presenta resistencia a ciertas enfermedades promotoras de la podredumbre en las raíces.



### Sistema de riego

Se instala un sistema de riego por goteo con ramales de polietileno baja densidad (PEBD) Ø 16 mm y porta ramales de polietileno de alta densidad (PEAD). Los goteros son integrados de caudal 1,6 L/h colocados a una distancia de 0,33 m. También se utilizan otros elementos para completar la instalación como son electroválvulas, programador, contadores, etc.

### Diseño experimental

Dentro de las instalaciones del IFAPA se destina una superficie de 1775 m<sup>2</sup> para la instalación de un diseño experimental en bloques al azar donde se establecen 5 tratamientos diferentes en base a dosis distintas de agua de riego.

Las dosis de riego se definen partiendo de las necesidades del propio cultivo calculadas a partir de la metodología propuesta por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) en su boletín de Riego y Drenaje nº 56 titulado: “Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos”.

La siguiente tabla detalla los tratamientos empleados.

**Tabla.** Tratamientos instalados en el ensayo.

TRATAMIENTOS	R0	R1	R2	R3	R4
Riego aportado según las necesidades del cultivo	100%	80%	60%	120%	Riego convencional de los agricultores de la zona

Cada tratamiento está formado por 3 lomos que se repiten en 3 bloques según el esquema siguiente (Figura 3).

### Metodología y evaluación del ensayo

Una vez instalado el ensayo, se calculan semanalmente las dosis de riego de cada tratamiento partiendo de un aporte del 100% de las necesidades hídricas del cultivo.

Una vez concluido el ciclo del cultivo, se realiza la recolección manual de la producción del lomo central de cada tratamiento. De esta forma eliminamos la posible influencia que pueda existir de los tratamientos adyacentes.

Antes de la recolección, de la totalidad del lomo, se delimitan 2 zonas dentro de los mismos a modo de muestras más específicas. Una de las muestras, se recoge junto a la producción y una segunda muestra 3 días después de la recolección habiéndose quedado esta última esos días al descubierto sobre el propio suelo del cultivo.

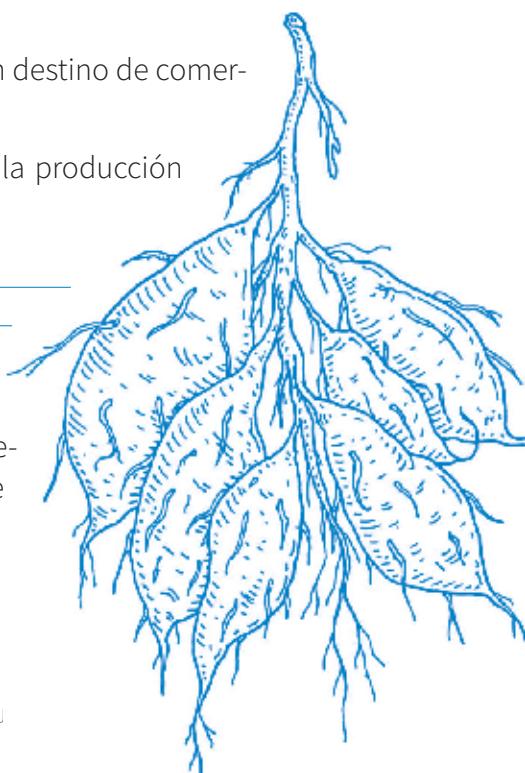
De cada tratamiento de riego se obtuvieron los siguientes parámetros:

- Producción.
- Distribución de pesos de los boniatos clasificándolos según destino de comercialización.

Para estudiar la rentabilidad del cultivo se han analizado tanto la producción como la distribución de los tamaños dentro de cada tratamiento.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El total de agua aplicada como necesidades brutas en la anualidad del 2020 para cada tratamiento del ensayo se muestra en la siguiente tabla. Estos valores son válidos sólo para la pluviometría de 140,2 mm recogida durante el ciclo de cultivo del año de ensayo en la localización indicada (Tabla 1).



Las diferentes dosis de riego aplicadas dieron las producciones, kilos por hectárea, que se muestran en la figura 5.

Si atendemos a los datos de producción total que muestra la figura 6 se puede observar cómo en términos generales la producción destinada al consumo industrial es muy similar entre tratamientos. No ocurre lo mismo para la producción para consumo en fresco donde el tratamiento en el que se aporta el 60% de las necesidades brutas del cultivo se ve reducido considerablemente.

A pesar de ello, si hablamos en términos de rentabilidad, la perspectiva cambia ya que se paga mejor precio para la producción destinada al consumo en fresco que para el industrial. Esto hace que el tratamiento donde se aplican el 100% de las necesidades brutas del cultivo sea el más rentable al estar compuesta su producción total por un mayor porcentaje de boniatodestinado al consumo en fresco como se muestra en la gráfica siguiente (Figura 6).

Considerando que según entidades consultadas, el coste total aproximado del cultivo por hectárea del boniato son unos 8.000 €, la gráfica siguiente refleja la composición de la producción según el destino del producto junto a este umbral de gastos mencionado. De esta forma, se puede apreciar como el tratamiento al que se le aplica el 100% de las necesidades brutas de agua es el más rentable (Fotografías 1 y 2).

Aun no existiendo estadísticamente diferencias significativas en las producciones totales, se aprecia como al clasificar la producción según el destino comercial los resultados respecto a la rentabilidad cambian siendo el tratamiento donde se aplican el 100% de las necesidades del cultivo el más rentable al estar compuesta su producción por una mayor proporción de producto apto para el consumo en fresco, cuyo precio es entre un 30-50% mayor que el de consumo industrial, y por consiguiente se puede obtener una mayor beneficio (Figura 7).

Se podría utilizar una estrategia de ahorro de agua aplicando un riego deficitario proporcional del 80% de las necesidades máximas pero asumiendo pérdidas en la rentabilidad de aproximadamente un 20%.

Los datos obtenidos de parámetros de calidad no han presentado diferencias significativas en ninguno de ellos ni dentro de los diferentes tratamientos ni tras haber pasado 3 días hasta la recogida de la muestra. Si podemos realizar la observación de que la piel del boniato tras dejarlo 3 días en campo de la recolección mostraba un aspecto más endurecido, por lo que su manipulación sería más segura de cara a presentar menos desperfectos al destinarse al consumo en fresco.

## CONCLUSIONES

La programación del riego en el cultivo del boniato es decisiva en su manejo, permitiendo variar las estrategias en función del objetivo planteado (destino industrial o consumo en fresco), para obtener la mayor rentabilidad posible.

En el intervalo entre el 80 y el 120% de necesidades bruta de agua, se puede encontrar un marco que ayude afrontar futuras situaciones de restricciones por sequía de forma que se garantice la rentabilidad del cultivo.

No obstante se deberá insistir en estos trabajos e identificar los momentos críticos del cultivo que permitan un manejo del agua en situaciones de déficit hídrico que no comprometan la producción final obtenida.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

ANUARIO DE ESTADÍSTICAS AGRARIAS Y PESQUERAS, 2018. Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible. (2020). <https://www.juntadeandalucia.es/organismos/agriculturaganaderiapescaydesarrollosostenible/servicios/estadistica-caratografia/anuarios.html>.

AYERS, R.S Y WESTCOT, D.W. 1994. Calidad del agua para la agricultura. Estudio FAO Riego y Drenaje 29.

DOOREMBOS, J.; KASSAM, A.; BENTVELSEN, C.; BRANSCHEID, V.; PLUSJÉ, J.; SMITH, M.; UITTENBOGAARD, G.O.; VAN DER VAL, H. 1980. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje 33. Roma, Italia.

FALCÓN, A. 2020. Optimización del manejo del riego en el cultivo del boniato. Trabajo fin de Grado en Ingeniería Agrícola. Escuela Técnica Suprior de Ingeniería Agronómica. Universidad de Sevilla.

FAO 56. 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje 56.

LOZANO, A. (18 de julio de 2018). El boniato, el nuevo superalimento. Revista Mercados. <https://revistamercados.com>.

LOZANO, A. (28 de agosto de 2018). El boniato ha triplicado su producción en los últimos 10 años. Revista Mercados. <https://revistamercados.com>.

LOZANO, A. (03 de agosto de 2021). La pandemia y la falta de agua paralizan el crecimiento del boniato. Revista Mercados. <https://revistamercados.com>.

## AGRADECIMIENTOS

---

Este ensayo ha sido financiado en un 80% por el fondo FEDER y se enmarca dentro del Proyecto TRANSFORMA “Transferencia Tecnológica para un Regadío Sostenible. SAR 2019-2021”.

## FOTOGRAFÍAS



**Fotografía 1.** Aspecto de los boniatos con necesidades hídricas del 100%.

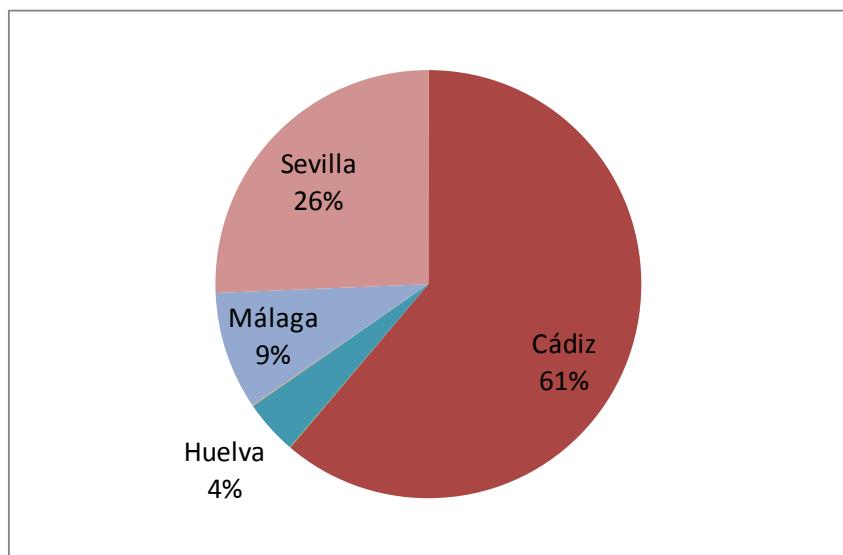
**Fotografía 2.** Aspecto de los boniatos con necesidades hídricas del 60%.

## TABLAS

**Tabla 1.** Agua aplicada durante todo el ciclo del cultivo.

TRATAMIENTO	100%	80%	60%	120%	CONVENCIONAL
Necesidades brutas aplicadas (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	7.347	5.713	4.305	8.570	7.672

## FIGURAS



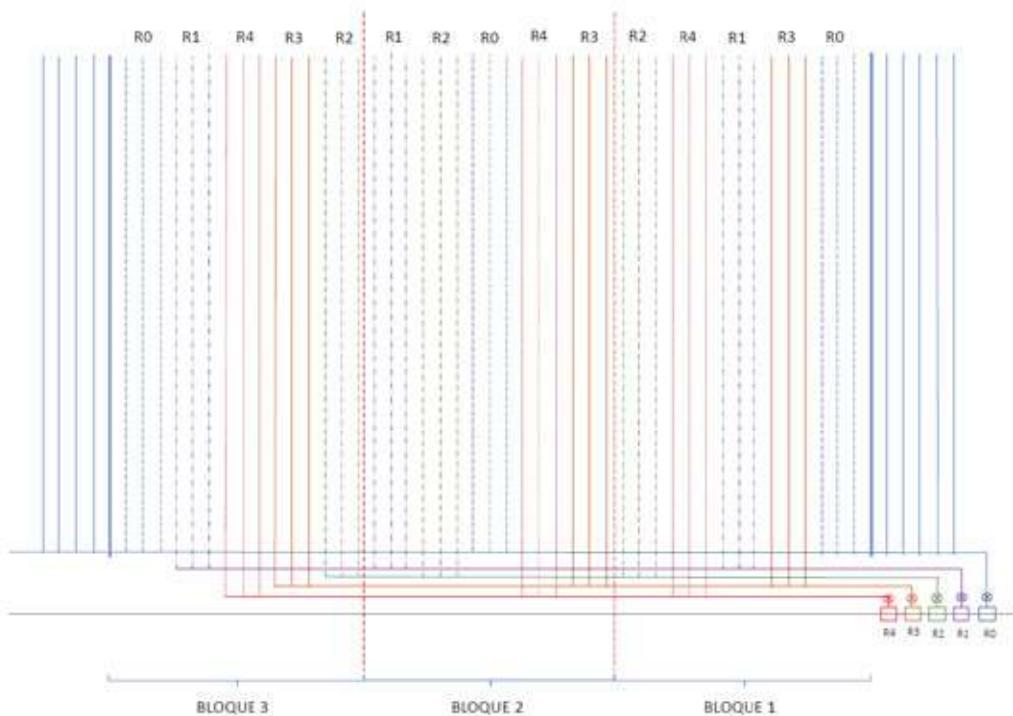
**Figura 1.** Reparto de la producción de boniato en Andalucía.

Fuente: Anuario estadísticas agrarias y pesqueras Junta de Andalucía (2018).

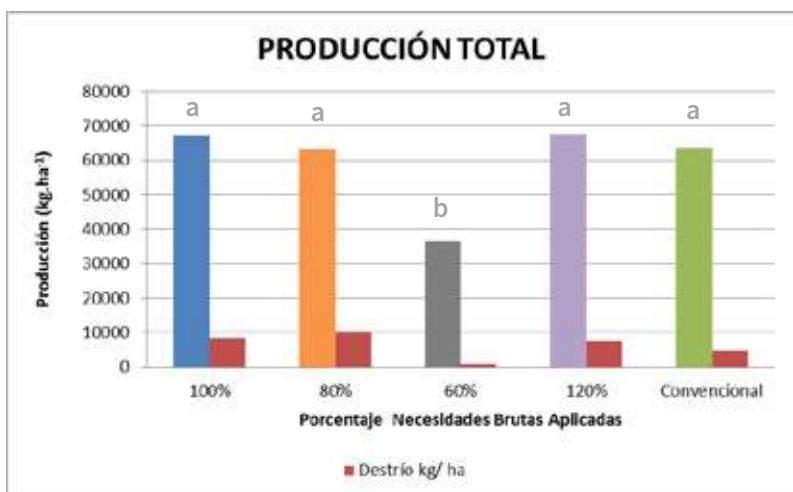


**Figura 2.** Estado de la cuenca Guadalete- Barbate que abastece la comarca agraria Costa Noroeste de Cádiz.

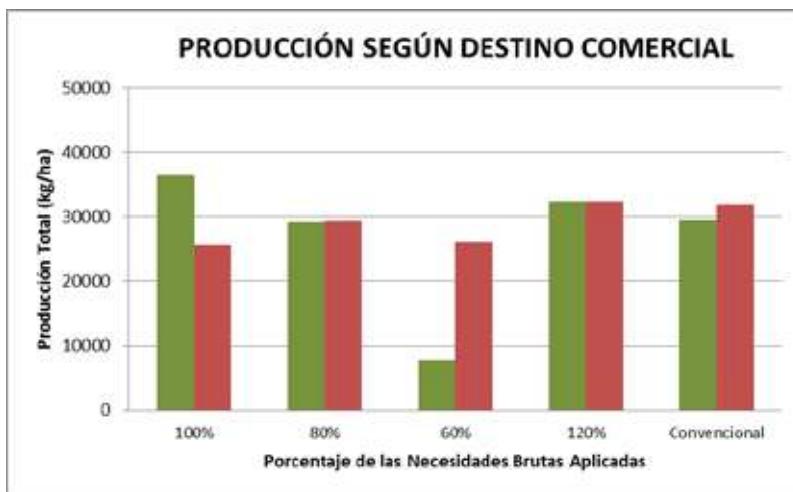
Fuente: [www.embalses.net](http://www.embalses.net).



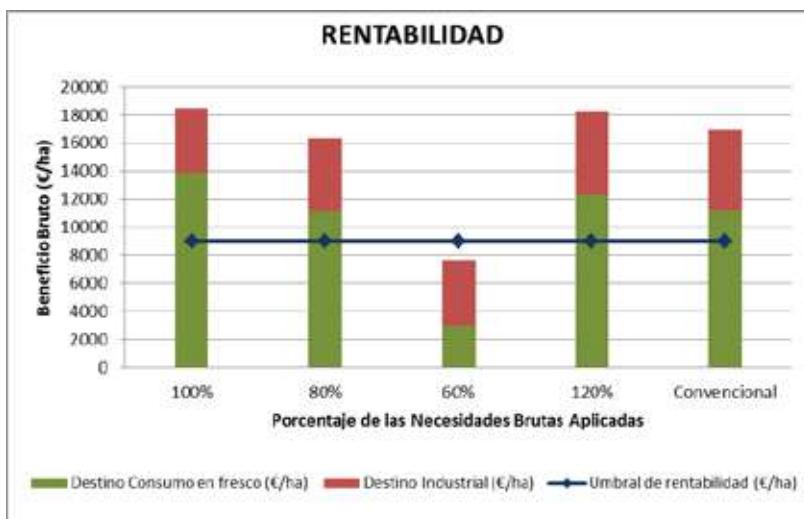
**Figura 3.** Esquema del diseño experimental.



**Figura 5.** Clasificación de la producción total según tratamientos para P<0,05 y LSD= 24123.



**Figura 6.** Clasificación de la producción según su destino.



**Figura 7.** Rentabilidad del cultivo del boniato.



# **LA REDUCCIÓN DE ABONADO APORTADO MEDIANTE FERTIRRIGACIÓN NO COMPROMETE LA FERTILIDAD DEL SUELO, NI LA PRODUCCIÓN Y LA CALIDAD DEL FRUTO DE TOMATE EN UN INVERNADERO ECOLÓGICO**

**Marín-Guirao, J.I.; Martín-Expósito, E.; Gervasi-Navarrete, N.; García-García, M.C.;  
de Cara-García, M.**

Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA) La Mojonera (Almería). Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible de la Junta de Andalucía.

---

## **RESUMEN**

---

Se presentan los resultados del segundo año de un estudio experimental diseñado con el objetivo de evaluar los efectos de la ausencia de abonado aportado mediante fertirrigación, en el suelo y en un cultivo de tomate desarrollado en un invernadero con certificación en producción ecológica, en el que, antes del cultivo, se realizó una aportación de estiércol como única fuente de fertilizante.

El ensayo se llevó a cabo en la campaña 2020-2021 en las instalaciones del Centro IFAPA La Mojonera (Almería), haciendo uso de un invernadero experimental tipo raspa y amagado que presentaba suelo arenado. Previo al trasplante de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo Valenciano injertado sobre portainjerto Armstrong®, se incorporó estiércol de oveja con cama de paja a razón de  $4 \text{ kg m}^{-2}$ , de manera uniforme en todas las líneas de cultivo del invernadero. Se consideraron dos tratamientos: “Agua”: tratamiento que recibió únicamente ese aporte de estiércol, siendo regado durante el cultivo únicamente con agua; “Fertilriego”: tratamiento en el que como complemento al estiércol también se incluyó un plan de abonado con fertilizantes incluidos en el Anexo I del Reglamento (CE) 834/2007 sobre producción ecológica, que fue incorporado mediante fertirrigación. El experimento correspondió a un diseño unifactorial con tres zonas de muestreo y análisis para cada tratamiento. De esta manera, el ensayo presentó 6 parcelas experimentales de  $92 \text{ m}^2$ .

Durante el ciclo de cultivo se evaluó la producción, rendimiento y calidad del fruto de tomate, así como mediciones diarias de la humedad del suelo usando tensímetros a 15 cm de profundidad, y mediciones continuas de la temperatura del suelo mediante sondas termopares. Al finalizar el cultivo se evaluaron un total de 20 parámetros típicos de análisis de suelo y de extracto saturado, incluyendo los principales nutrientes y variables normalizadas, y se realizó una estimación de los costes de los fertilizantes incluidos en el plan de fertirrigación.

Los resultados del estudio sugieren que un abonado de fondo a base de estiércol de oveja aportado con antelación a la implantación del cultivo, es suficiente para mantener la fertilidad del suelo, y sostener de forma eficiente la producción y los principales parámetros de calidad del fruto, en un cultivo de tomate ecológico de invernadero desarrollado en suelo arenado, sin necesidad de realizar aportes adicionales mediante fertiriego, y con el consiguiente ahorro económico. Estos resultados tienen aún mayor relevancia al considerar que se corresponden con el segundo año continuado del estudio.

**Palabras clave:** abonado de fondo, enmienda orgánica, estiércol.

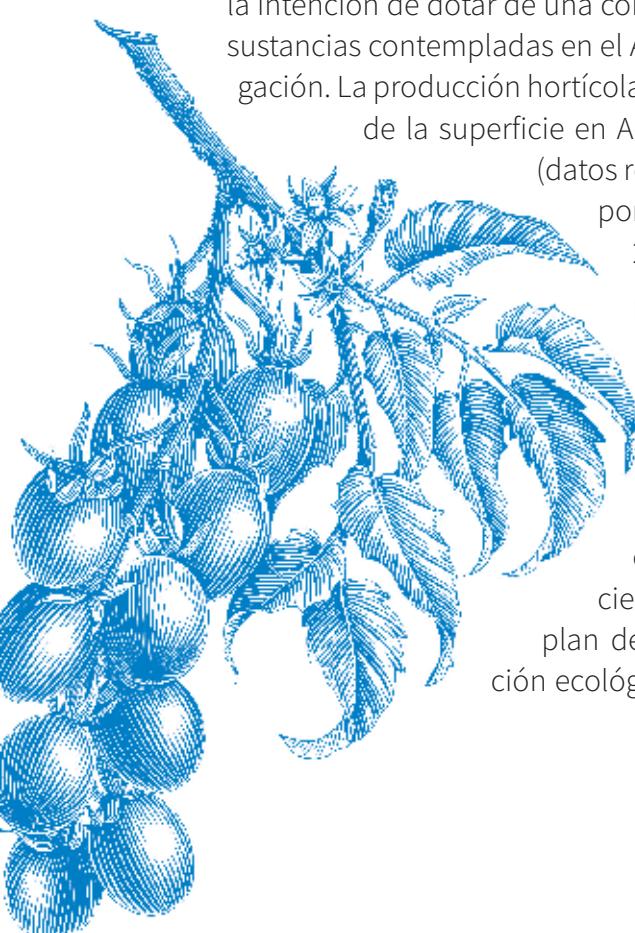
## INTRODUCCIÓN

El suelo arenado constituye uno de los aspectos más característicos del modelo de producción bajo invernadero de Almería, y se caracteriza por presentar un acolchado mineral de arena sobre un horizonte nutritivo de estiércol depositado sobre el suelo (original o enmendado con tierra de cañada). Aunque las funciones de este tipo de suelo se encuentran en constante debate, son diversos los autores que le atribuyen ventajas frente al suelo desnudo. El intervalo entre la realización del arenado y la necesidad de reponer la materia orgánica para restablecer la fertilidad del suelo, denominado localmente “retranqueo”, varía en función del número de cosechas y de las sucesiones de cultivos que se hayan realizado. Hoy en día, la práctica del retranqueo en el campo almeriense se lleva a cabo en períodos más dilatados sobre los prescritos tradicionalmente, que suelen variar entre tres y cuatro años cuando se trata de cultivos de altos rendimientos como tomate, pimiento o berenjena, o incluso ya no se lleva a cabo. Sin embargo, son muchos los productores certificados en agricultura ecológica que realizan el retranqueo con una mayor frecuencia (anual en muchos casos). Estos productores, como complemento y con la intención de dotar de una completa nutrición a sus cultivos, también recurren a otras sustancias contempladas en el Anexo I, y que, normalmente se aplican mediante fertirrigación. La producción hortícola certificada como ecológica ha registrado un incremento

de la superficie en Almería, pasando de 892 ha en 2010 a 3.693 ha en 2020

(datos referidos a explotaciones con última visita anual realizada por el Organismo privado de Control) (Junta de Andalucía, 2020).

En este sentido resulta de gran interés conocer al potencial fertilizante del estiércol en la producción ecológica de cultivos hortícolas de alto rendimiento bajo invernadero. Esta información sirve de ayuda para determinar si un abonado de fondo a base de estiércol es suficiente para que un cultivo hortícola ecológico sea económicamente viable, sin mostrar ningún tipo de deficiencia frente a un cultivo el que adicionalmente reciba un plan de fertirrigación con fertilizantes autorizados en producción ecológica (Anexo I del Reglamento (CE) 889/2008). El presente



trabajo tiene como principal objetivo evaluar la incidencia, en el segundo año continuado, de la ausencia de fertiriego en el suelo arenado y en un cultivo de tomate de invernadero certificado como ecológico, tras la realización de un abonado de fondo a base de estiércol fresco de oveja. Para ello, se han abordado los siguientes objetivos específicos: 1) Evaluación de las propiedades físicas y químicas del suelo al inicio del ciclo de cultivo y tras ambos tipos de manejo, 2) Evaluación de la producción y calidad del fruto de tomate, y 3) Estimación de los costes de los fertilizantes incluidos en el plan de fertirrigación.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Localización y características del invernadero

El ensayo corresponde al segundo año continuado de un estudio experimental y tuvo lugar durante la campaña 2020-2021 en un invernadero del tipo “raspa y amagado” con certificación ecológica, localizado en las instalaciones del Instituto de Formación Agraria y Pesquera (IFAPA) de la Mojónera (Almería). El invernadero tenía orientación Oeste-Este, siendo la orientación de las líneas de cultivo Norte-Sur, y una superficie total de 832 m<sup>2</sup> de los que aproximadamente 600 m<sup>2</sup> era superficie de cultivo. El suelo consistía en un enarenado típico almeriense (Bretones, 2003). El sistema de riego presentaba sectores independientes controlados con electroválvulas, dotados de un sistema automatizado de riego por goteo, con emisores de 3 L h<sup>-1</sup> ubicados a 0,5 m entre ellos. Disponía de tensímetros instalados a 15 cm de profundidad, que servían de referencia para conocer el grado de humedad del suelo.

### Material vegetal

Se estableció un cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo “valenciano” injertado sobre portainjerto Armstrong (Syngenta, Suiza), con crecimiento a dos ejes, obteniendo así una densidad final de 2 tallos m<sup>-2</sup>. El trasplante se llevó a cabo el 25/09/2020, y el cultivo finalizó el 13/04/2021, 231 días después del trasplante (ddt). El manejo del cultivo y el control de plagas estuvo garantizado de acuerdo con las prácticas comerciales estándar. Durante el cultivo no fue necesario realizar tratamientos al suelo.

### Diseño del experimento y descripción de tratamientos

Previo al trasplante de los plantones de tomate, el 14/07/2020 se incorporó al suelo estiércol de oveja junto con cama de paja a razón de 4 kg m<sup>-2</sup> de manera uniforme en todas las líneas de cultivo del invernadero. La incorporación se realizó en carillas, tras apartar la capa de arena y, tras ser mezclado con el suelo mediante labor superficial con rotavator. Posteriormente se cubrió con la misma arena apartada. Seguidamente, se realizó la distribución de las líneas portagoteros, se cubrió el suelo con una lámina plástica de 120 galgas de baja permeabilidad a los gases (tipo TIF Desinfección DS®), y se mantuvo por un periodo de 58 días tras dar un riego de 3 horas durante dos días consecutivos (36 L m<sup>-2</sup>).

Los tratamientos considerados en el estudio fueron: “Agua”: tratamiento que recibió como abonado únicamente el aporte inicial de estiércol, siendo regado durante el cultivo solamente con agua; “Fertiriego”: tratamiento en el que se complementó al estiércol con un abonado con fertilizantes incluidos en el Anexo I del Reglamento (CE) 834/2008, que fue incorporado mediante fertirrigación. El diseño experimental corresponde a un diseño unifactorial con tres repeticiones ( $n=3$ ). De esta manera, el ensayo presentó 6 parcelas experimentales de aproximadamente 100 m<sup>2</sup>.

**Tabla.** Tratamientos.

<b>Agua</b>	Estiércol de oveja a razón de 4 kg m <sup>-2</sup> . Regado durante el cultivo únicamente con agua.
<b>Fertiriego</b>	Estiércol de oveja a razón de 4 kg m <sup>-2</sup> + plan de abonado con fertilizantes incluidos en el Anexo I del Reglamento (CE) 834/2007 sobre producción ecológica, incorporado mediante fertirrigación.

### Parámetros evaluados

**Tensión matricial:** Las medidas de la humedad del suelo se realizaron con tensímetros (Irrrometer, California, EEUU) instalados a 15 cm de profundidad, y ubicados a la misma distancia de las plantas y de los emisores de riego. Las lecturas se realizaron diariamente y a la misma hora de la mañana, justo antes del riego.

**Temperatura del suelo:** Las parcelas experimentales contaban con sensores tipo termistor modelo WAM-200TS-15 que registraban datos de temperatura del suelo con intervalos de 30 minutos, que eran almacenados en un datalogger WATERMARK Monitor 900M (Irrrometer). Los resultados se presentan como grados-día acumulados y se muestran para cuatro períodos dentro del ciclo de cultivo: 1) “Antes del invierno” 1/10/2020 - 20/12/2020; 2) “Durante el invierno” 21/12/2020 - 20/03/2021; “Durante la primavera” 21/03/2021 - 20/04/2021; 3) “Todo el ciclo de cultivo” 1/10/2020 al 20/04/2021.

**Propiedades físicas y químicas del suelo:** Para conocer la situación de partida, se realizó un muestreo de suelo inmediatamente antes del trasplante de las plantas de tomate. Así mismo, al finalizar el ciclo de cultivo de tomate se muestrearon todas las parcelas experimentales. Las muestras fueron tomadas con una barrena a una profundidad de 5-30 cm, previamente apartado el acolchado de arena. Se tomaron aleatoriamente tres submuestras en la zona media de las líneas de cultivo centrales para evitar el posible “efecto borde”, y posteriormente fueron mezcladas y homogeneizadas para asegurar la representatividad en cada muestra. Las muestras fueron enviadas a un laboratorio externo (Eurofins, El Ejido, España) para la determinación mediante procedimientos estandarizados de un total de 20 parámetros típicos de análisis de suelo y de extracto saturado, incluyendo los principales nutrientes y variables normalizadas.

**Producción y rendimiento:** Las medidas de producción y rendimiento se realizaron semanalmente, coincidiendo con todas las cosechas realizadas, 15 en total. La primera

cosecha se realizó el 30/12/2020 (96 DDT) y la última el 13/04/2021 (200 DDT). En cada cosecha se realizó un conteo del número de frutos comerciales y de destriño, y se obtuvo el peso total de los mismos usando una balanza electrónica de 0,01 kg de precisión. Los resultados son mostrados como producción acumulada ( $\text{kg m}^{-2}$ ) y número de frutos acumulados ( $\text{nºfrutos m}^{-2}$ ).

**Calidad del fruto de tomate:** Los parámetros de calidad del fruto de tomate fueron medidos en 2 momentos a lo largo de cada ciclo de cultivo, el 19/02/2021 y el 20/04/2021. Se tomaron 5 frutos de cada parcela recolectados en dos estados de maduración: 1) punto de recolección y 2) punto de consumo. Los parámetros de calidad organoléptica evaluados fueron: Contenido en sólidos solubles, pH y acidez titulable.

**Consumo de abono:** Con el fin de estimar el consumo de fertilizantes usados durante el cultivo y cuantificar el gasto económico, se llevó a cabo un registro del plan de abonado aplicado al tratamiento fertiriego.

### Análisis estadístico de datos

El análisis realizado para las comparaciones entre los tratamientos para cada una de las variables evaluadas consistió en la prueba t-Student. Previamente se comprobó la asunción de Normalidad (estadístico W de Shapiro-Wilk) y Homocedasticidad (test Levenne), haciendo la transformada “Arcsen (raízX/100)” en caso de ser necesario para poder realizar los análisis estadísticos. El paquete estadístico usado fue Statgraphic Centurion XVI.I (Manugistic Incorporate, Rockville, MD, USA) para Windows.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Tensión matricial

La tensión matricial del suelo se mantuvo en ambos tratamientos, a lo largo del ciclo de cultivo, entre 0 y -10 cbar.

### Temperatura del suelo

Los resultados de temperatura del suelo (Tabla 1), presentados como grados-día acumulados, no muestran diferencias estadísticamente significativas entre ambos tratamientos en ningún periodo del ensayo. El total acumulado en todo el periodo del ensayo fue un 10,0% superior en el tratamiento agua que en el tratamiento fertiriego, aunque sin diferencias significativas. Esta ligera acumulación de los grados-día en el tratamiento agua puede deberse a que el contenido de humedad fue mayor en el mismo frente al tratamiento fertiriego, de manera que un menor contenido de humedad en el suelo también disminuye la conductividad térmica del mismo (Granados *et al.*, 2017) y por lo tanto la temperatura.

En cualquier caso, para el cultivo de tomate las temperaturas ambientales inferiores a 10°C causan la detención del crecimiento y el desarrollo de la planta, situándose el límite

óptimo para la especie en 30°C, mientras que la temperatura edáfica se vuelve limitante cuando desciende de los 12°C y al sobrepasar los 34°C (Cárdenas, *et al.*, 2003; Cozzolino *et al.*, 2020). En este sentido, en ambos tratamientos se mantuvo la temperatura por encima de la temperatura base de crecimiento del tomate.

### Propiedades físicas y químicas del suelo

Antes de iniciar el cultivo, la concentración de Ca<sup>+2</sup> fue la única variable que presentaba diferencias ( $p=0,036$ ), siendo superior en las parcelas del tratamiento agua. Sin embargo, los suelos de ambos tratamientos presentaban valores aptos para satisfacer los requerimientos del cultivo de tomate. Al finalizar el cultivo, tan solo se observaron diferencias en la concentración de Mg<sup>+2</sup> ( $p=0,009$ ) y en la relación Ca<sup>+2</sup>/Mg<sup>+2</sup> ( $p=0,01$ ) (Tabla 2). La concentración promedio de Mg<sup>+2</sup> fue mayor en el suelo de las parcelas regadas con agua únicamente frente a aquellas que fueron fertirrigadas. Este resultado puede deberse a que el tratamiento con fertiriego aportó una mayor cantidad de K<sup>+</sup>. Así, al aumentar la concentración de K<sup>+</sup> en el medio, las cantidades de Mg<sup>+2</sup> pudieron disminuir debido a su desplazamiento en el complejo coloidal por la acción del K<sup>+</sup> como ión competidor (Navarro, 2003).

### Producción y rendimiento

No existieron diferencias significativas entre los dos tratamientos en ninguna de las cosechas, ni en la producción comercial acumulada (Figura 1), ni en el número de frutos acumulados a lo largo del ciclo de cultivo (Figura 2). La producción comercial de tomate al finalizar el cultivo fue de 15,27 kg m<sup>-2</sup> en las parcelas que recibieron únicamente abonado de fondo con estiércol fresco de oveja y 16,09 kg m<sup>-2</sup> en las parcelas que además de este aporte nutricional también recibieron fertilizantes mediante fertirrigación. El número promedio de frutos comerciales acumulados fue de 54 frutos m<sup>-2</sup> para el tratamiento agua, mostrando 6 frutos más por m<sup>-2</sup> el tratamiento fertiriego. En el primer año del estudio experimental en el que se incluye este trabajo, tampoco se observaron diferencias de producción entre los tratamientos evaluados, aunque sí las hubo en el número de frutos al finalizar el ciclo de cultivo, siendo superiores en el tratamiento fertirrigado (Martín-Expósito *et al.*, 2020).

### Calidad del fruto de tomate

Tan solo el contenido en sólidos solubles totales (°Brix) de los tomates en el “punto de recolección” presentó diferencias entre tratamientos ( $p=0,044$ ) en uno de los muestreos, siendo superiores en aquellos procedentes del tratamiento fertiriego (3,86 °Brix) frente a los del tratamiento agua (3,55 °Brix) (Tabla 3). La mayor CE del agua de riego del tratamiento fertiriego (datos no mostrados) pudo incidir sobre el contenido en °Brix en los frutos evaluados (Segura *et al.*, 2009).

## Consumo de abono

El coste de los fertilizantes aportados durante el ciclo de cultivo en las parcelas fertirrigadas (Tabla 4), en conjunto con el correspondiente al estiércol de oveja incorporado con antelación al inicio del cultivo (i.e. 0,42 € m<sup>-2</sup>, no incluye mano de obra), ascendió a 24.245 € ha<sup>-1</sup> (IVA incluido). La incorporación de estiércol de oveja como abonado de fondo sin posterior fertirrigación supuso un ahorro del 82,6% sobre el coste de las parcelas fertirrigadas (20.045 € ha<sup>-1</sup>).

## CONCLUSIONES

Los resultados del estudio sugieren que un abonado de fondo a base de estiércol de oveja aportado con antelación a la implantación del cultivo, es suficiente para mantener la fertilidad del suelo, y sostener de forma eficiente la producción y los principales parámetros de calidad del fruto, en un cultivo de tomate ecológico de invernadero desarrollado en suelo arenado, sin necesidad de realizar aportes adicionales mediante fertiriego, y con el consiguiente ahorro económico y beneficio ambiental. Estos resultados tienen aún mayor relevancia al considerar que se corresponden con el segundo año continuado del estudio.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRETONES, F. 2003. El enarenado. En: Camacho Ferre, F. (coord.) Técnicas de producción en cultivos protegidos I, 109-118 pp. Caja Rural Intermediterránea, Cajamar, Instituto de estudios Cajamar.
- CÁRDENAS, F., GONZÁLEZ, J. y HERNÁNDEZ, M. 2003. El Cultivo Protegido del Tomate. En F. Camacho-Ferre. (Ed.) Técnicas de producción en cultivos protegidos Vol. 2 (pp 481-537). Almería, España: Caja Rural Intermediterránea, Cajamar, Instituto de estudios Cajamar.
- COZZOLINO, E., SEKARA, A., POKLUDA, R., DELPIANO, L., CUCINIELLO, A. y CARUSO, G. 2020. Plant growth, yield, fruit quality and residual biomass composition of tomato as affected by mulch type. Acta Horticulturae, 1271, 465-72. doi:10.17660/ActaHortic.2020.1271.63.
- GRANADOS, M.R., BONACHELA, S., HERNÁNDEZ, J., LÓPEZ, J.C. y MAGAN, J.J. 2017. Irrigation influence on the microclimate of a Mediterranean plastic greenhouse with black mulch and without crop. Acta Horticulturae, 1170, 759-64. doi:10.17660/ActaHortic.2017.1170.96.
- JUNTA DE ANDALUCÍA. 2020. Producción ecológica en Andalucía. Balance 2020. [https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/DECO21\\_Balance\\_Estadistico\\_Produccion\\_Ecologica\\_2020\\_v1.pdf](https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/DECO21_Balance_Estadistico_Produccion_Ecologica_2020_v1.pdf) (visitado el 3/08/2021).

NAVARRO, S. 2003. Química agrícola: el suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. 2a Ed. Mundi-Prensa, Madrid.

MARTÍN-EXPÓSITO, E.; MARÍN-GUIRAO, J.I.; HERNÁNDEZ-MEDINA, J.A.; GARCÍA-GARCÍA, M.C.; DE CARA-GARCÍA, M. 2020. ¿Es suficiente un único abonado de fondo con estiércol en un cultivo de tomate ecológico bajo invernadero?. VIII Congreso Internacional Agroecología, 1-3 Julio, Vigo (OnLine). Pp. 685-686. ISBN 978-84-09-21743-4. Simón, X.; Pérez-Neira, D.; Copena, D. (Coord.)

SEGURA, M.L.; CONTRERAS, J.I.; SALINAS, R.; LAO, M.T. 2009. Influence of salinity and fertilization level on greenhouse tomato yield and quality. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 40: 485-497.

## AGRADECIMIENTOS

Trabajo realizado dentro del proyecto TRANSFORMA PP.TRA.TRA2019.003, cofinanciado al 80% del Fondo Europeo de Desarrollo Regional dentro del Programa Operativo FEDER de Andalucía 2014-2020.

## FOTOGRAFÍAS



**Fotografía 1.** Procedimiento para la incorporación al suelo del estiércol de oveja en las líneas de cultivo y posterior solarización. (A) Apertura de los surcos o “carillas” para apartar la arena, (B) distribución, (C) homogeneización sobre el suelo, (D) incorporación al suelo mediante pase superficial con rotavator, (E) enterrado con la arena, (F) vista del invernadero tras la colocación del plástico para solarización y dar riegos a saturación.

**TABLAS**

**Tabla 1.** Acumulación de grados-día en la zona radical del cultivo en función de los aportes realizados durante el ciclo de cultivo tras la incorporación inicial de estiércol fresco de oveja a razón de 4 kg m<sup>-2</sup> en las líneas de cultivo. Agua: regado durante el cultivo únicamente con agua; Fertiriego: plan de abonado con fertilizantes incluidos en el Anexo I del Reglamento (CE) 834/2007 sobre producción ecológica, incorporado mediante fertirrigación. Valores = promedio ± desviación estándar.

GRADOS-DÍA ACUMULADOS (°C)				
Tratamiento	Antes del invierno <sup>1</sup>	Durante el invierno <sup>2</sup>	Durante la primavera <sup>3</sup>	Total acumulado <sup>4</sup>
Fertiriego	887,67±19,98 a	524,67±128,47 a	315,33±109,83 a	1727,67±233,97 a
Agua	938,00±136,16 a	644,83±349,65 a	317,17±132,75 a	1900,00±618,32 a
p-valor	0,561	0,606	0,986	0,675

Diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas (p≤0,05, Fisher LSD test).

<sup>1</sup> Periodo 1/10/2020 - 20/12/20; <sup>2</sup> periodo 21/12/2020 - 20/03/2021; <sup>3</sup> periodo 21/03/2021 - 20/04/2021; <sup>4</sup> periodo 1/10/2020-20/4/2021

**Tabla 2.** Variables físicas y químicas del suelo al inicio y a la finalizar el cultivo en función de los tratamientos de fertirrigación realizados

PARÁMETRO ANALIZADO	INICIO DEL CICLO DE CULTIVO			FINAL DEL CICLO DE CULTIVO		
	AGUA	FERTIRRIEGO	P-VALOR	AGUA	FERTIRRIEGO	P-VALOR
pH (Extracto Saturado)	8,4±0,1 a	8,5±0,1 a	0,678	9,0±0,1 a	9,1±0,1 a	0,101
CE (dS/m) (Extracto Saturado)	0,87±0,09 a	1,07±0,24 a	0,241	0,31±0,06 a	0,39±0,03 a	0,103
Materia Orgánica (%)	1,57±0,25 a	1,67±0,23 a	0,640	1,27±0,21 a	1,10±0,10 a	0,270
Relación C/N	7,61±0,11 a	7,02±0,42 a	0,079	6,11±0,67 a	5,99±0,06 a	0,766
Carbono orgánico (%)	0,93±0,16 a	0,96±0,14 a	0,836	0,74±0,12 a	0,64±0,04 a	0,274
N-NO <sup>-3</sup> (mg/kg)	77,3±15,5 a	93,3±17,6 a	0,303	8,2±1,0 a	7,2±4,5 a	0,711
N Total (%)	0,123±0,021	0,137±0,015 a	0,422	0,120±0,01 a	0,110±0,01 a	0,288
P Olsen (mg/kg)	56,0±40,9 a	103,2±20,8 a	0,149	47,9±6,5 a	41,3±3,6 a	0,200
Caliza Activa (%)	7,0±0,0 a	6,7±0,6 a	0,374	7,7±0,6 a	8,0±1,0 a	0,682
CaCO <sub>3</sub> (%)	29,7±5,9 a	31,0±1,0 a	0,701	27,3±1,5 a	29,3±2,5 a	0,304
Na <sup>+</sup> (mg/kg)	262±21 a	296±60 a	0,405	116±39 a	134±20 a	0,513
K <sup>+</sup> (mg/kg)	902,3±114,6 a	1095,7±152,5 a	0,154	420±169 a	576±33 a	0,192
Ca <sup>2+</sup> (mg/kg)	6365±81 a	6156±84 b	0,036	5807±85 a	5679±72 a	0,117
Mg <sup>2+</sup> (mg/kg) <sup>x</sup>	467±24 a	462±35 a	0,839	291±19 a	238±5 b	0,009
Relación Ca/Mg	13,6±0,8 a	13,4±0,8 a	0,711	20,0±1,4 b	23,9±0,4 a	0,010
Relación Ca/K	7,1±1,0 a	5,7±0,8 a	0,110	15,3±5,6 a	9,9±0,7 a	0,172
Relación Mg/K	0,5±0,1 a	0,4±0,1 a	0,101	0,8±0,3 a	0,4±0,0 a	0,065
% Arcilla	35,5±1,1 a	33,3±2,1 a	0,186	21±2 a	19±1 a	0,157
% Limo	31,5±10,2 a	22,2±11,9 a	0,346	21±2 a	20±2 a	0,623
% Arena	32,9±9,2 a	44,5±13,6 a	0,289	58±4 a	61±3 a	0,342

Diferentes letras en la misma fila indican diferencias significativas (p≤0,05, Fisher LSD test).

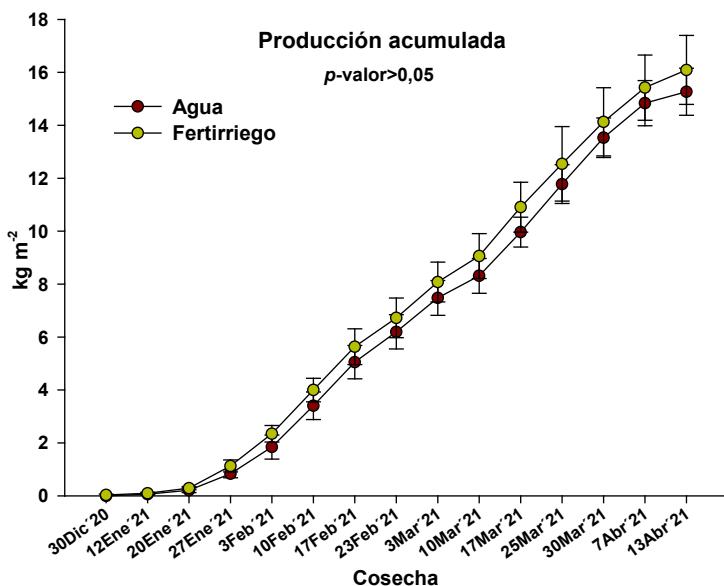
**Tabla 3.** Parámetros de calidad organoléptica del fruto de tomate “tipo valenciano” en función de los aportes realizados durante el ciclo de cultivo tras la incorporación inicial de estiércol fresco de oveja a razón de 4 kg m<sup>-2</sup> en las líneas de cultivo. Agua: regado durante el cultivo únicamente con agua; Fertiriego: plan de abonado con fertilizantes incluidos en el Anexo I del Reglamento (CE) 834/2007 sobre producción ecológica, incorporado mediante fertirrigación. Valores = promedio ± desviación estándar.

PARÁMETROS DE CALIDAD ORGANOLÉPTICA				
TRATAMIENTO	SÓLIDOS SOLUBLES (°BRIX)	ACIDEZ ACTIVA (PH)	ACIDEZ TITULABLE (%) ÁCIDO CÍTRICO)	ESTADO DE MADURACIÓN DEL FRUTO
Muestreo 1 (19/02/2021)				
Agua	3,55±0,15 b	4,43±0,11 a	0,50±0,06 a	
Fertiriego	3,86±0,10 a	4,35±0,08 a	0,53±0,06 a	Punto de recolección
<i>p</i> -valor	0,044	0,375	0,662	
Agua	4,32±0,34 a	4,39±0,18 a	0,45±0,04 a	
Fertiriego	4,40±0,34 a	4,40±0,05 a	0,46±0,08 a	Punto de consumo
<i>p</i> -valor	0,799	0,908	0,902	
Muestreo 2 (20/04/2021)				
Agua	4,32±0,13 a	4,03±0,10 a	0,50±0,02 a	
Fertiriego	4,52±0,04 a	4,03±0,08 a	0,56±0,08 a	Punto de recolección
<i>p</i> -valor	0,072	0,964	0,275	
Agua	4,77±0,09 a	3,13±0,09 a	0,75±0,25 a	
Fertiriego	4,69±0,16 a	3,67±0,35 a	0,60±0,02 a	Punto de consumo
<i>p</i> -valor	0,447	0,061	0,375	

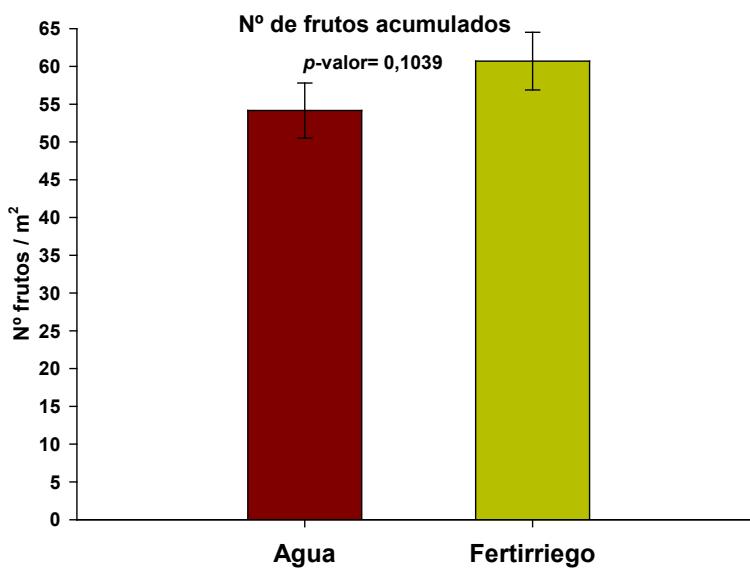
Diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas (*p*≤0,05, Fisher LSD test).

**Tabla 4.** Estimación del coste de los fertilizantes aplicados mediante fertirrigación durante el ciclo de cultivo de tomate, en los 300 m<sup>2</sup> de las parcelas tratamiento fertiriego.

FERTILIZANTES	CANTIDAD (KG O L)	PRECIO (KG O L)	COSTE (€, IVA INCLUIDO)
Vinagre	116,50	0,67	85,06
Calcio	34,50	2,4	91,08
Sulfato de magnesio	14,8	0,38	6,19
Sulfato potásico	58	0,79	50,40
Cloruro sódico	25	0,24	6,60
Abono 4-1-7,5+0,5Mg	66,25	3,5	255,06
Microelementos	5,48	2,9	17,47
Aminoácidos	23	2,35	59,46
Ácidos Húmicos	19	1,4	29,26
<b>Coste total (IVA incluido)</b>			<b>601,37</b>

**FIGURAS**

**Figura 1.** Producción comercial acumulada del cultivo de tomate en función de los aportes realizados durante el ciclo de cultivo tras la incorporación inicial de estiércol fresco de oveja a razón de 4 kg m<sup>-2</sup> en las líneas de cultivo. Agua: regado durante el cultivo únicamente con agua; Fertiriego: plan de abonado con fertilizantes incluidos en el Anexo I del Reglamento (CE) 834/2007 sobre producción ecológica, incorporado mediante fertirrigación.



**Figura 2.** Número de frutos de tomate acumulados por unidad de superficie en función de los aportes realizados durante el ciclo de cultivo tras la incorporación inicial de estiércol fresco de oveja a razón de 4 kg m<sup>-2</sup> en las líneas de cultivo. Agua: regado durante el cultivo únicamente con agua; Fertiriego: plan de abonado con fertilizantes incluidos en el Anexo I del Reglamento (CE) 834/2007 sobre producción ecológica, incorporado mediante fertirrigación.

# MEJORA DEL MANEJO DEL RIEGO Y LA FERTIRRIGACIÓN EN CULTIVO DEL TOMATE DE INDUSTRIA

**Salvatierra Bellido, B.<sup>1</sup>; Jarén Morilla, C.<sup>1</sup>; López Rodríguez, M.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Instituto de Investigación y Formación Agraria de Andalucía (IFAPA), Rancho de la Merced, sede de Chipiona (Cádiz).

## RESUMEN

El cultivo del tomate para industria es un cultivo de manejo intensivo pero en extensión representa una escala similar a cualquier cultivo herbáceo extensivo de regadío de Andalucía. Su producción en Andalucía está concentrada en las provincias de Sevilla y Cádiz. Se produjeron en 2020, 707 millones de kg en 6751 ha, con un rendimiento medio de 104 t/ha. Datos que han mejorado en el 2021 ya que entonces la campaña fue complicada (enfermedades en primavera) con un 25% menos de lo esperado. Este cultivo, con un ciclo de 120 días, parte de plantas generadas en semilleros y se maneja en su mayoría con riego localizado y fertirrigación. Sobre esta premisa y considerando el tomate de industria, dentro del catálogo de cultivos del Bajo Guadalquivir, como uno de los más tecnificados y con manejo más intensivos, se ha perseguido en dos años mejorar la sostenibilidad económica y ambiental del cultivo optimizando el manejo combinado del riego y la fertirrigación. Para ello, en una primera fase y para el año 2020 se puso en marcha un ensayo experimental para determinar el mejor manejo de dosis de riego y abonado, combinando dos tratamientos de riego y dos tratamientos de abonado. En estos tratamientos y para ambas prácticas, se incluyeron el manejo convencional del sector (muy representativo ya que todos los agricultores están asesorados por un mismo cuerpo de técnicos con recomendaciones similares) y el sostenible, consistente en adaptar las aplicaciones de abonado y riego a la demanda diaria del cultivo. Por tanto, el objetivo de esta actividad fue de determinar la variación de la productividad del agua y el nitrógeno a través de un manejo más sostenible del cultivo, con respecto al manejo tradicional de la zona y valorar las consecuencias de la interacción entre las prácticas de riego y abonado. Los resultados obtenidos en el ensayo experimental del 2020 fueron muy relevantes. Con reducciones de nitratos considerables y una pequeña variación del aporte de agua consiguieron incrementos en la producción en torno al 25%. Estos logros consolidados, recogieron de manera colateral conclusiones varias en lo que respecta al manejo del cultivo, como son que: Un uso racional de los recursos agua y abonado pueden mejorar la eficiencia de su manejo y obtener mejores producciones a las convencionales; El estudio de la dinámica del suelo determinan el manejo del riego y las prácticas de abonado; La frecuencia de aplicación de la fertirrigación así como el manejo de la misma a lo largo de los episodios de riegos son factores definitorios para una buena nutrición del cultivo y el seguimiento

por imágenes satélites de los cultivos tienen un gran potencial. Por tanto, la consolidación resultados tan ventajosos desde el punto de vista de la sostenibilidad del cultivo, hace muy necesario seguir trabajando en estas líneas para otros cultivos.

**Palabras clave:** *dosis de agua, abonado sostenible, nitrógeno, abonado de fondo.*

## INTRODUCCIÓN

La producción agraria de regadío en las zonas semiáridas depende en gran medida de las variables de riego y abonado. El manejo óptimo combinado de ambas variables y en las dosis adecuadas, no sólo asegura la máxima producción, sino que garantiza la sostenibilidad del cultivo desde todos los puntos de vista. La técnica de la fertirrigación permite conseguir los mejores resultados en esta línea (Tu *et al.* 2004).

El cultivo del tomate de industria en la zona regable del Sector BXII del Bajo Guadalquivir (6000 ha de cultivo aprox.) es manejado en su mayoría con riego localizado y fertirrigación, pero no existen ninguna recomendación variable de abonado que se adapte a las curvas de absorción de nutrientes (Hartz *et al.*, 2009), además de observarse una ausencia del uso de recomendaciones de riego. Por tanto, y disponiendo información bibliográfica de los requerimientos nutricionales del cultivo de cada estadio, junto información de coeficientes de cultivos del tomate de industria (Blaine *et al.*, 2006; Campillo *et al.*, 2015) es posible llegar a un manejo sostenible en todos los sentidos. Es decir, podemos alcanzar techos de producción con un exquisito respeto medioambiental (Figura 1).

Desde el Instituto de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA) y desde el Centro Rancho de la Merced, como parte del proyecto “Estudio de las principales fuentes de contaminación y Evaluación de medidas para la corrección de impactos ambientales derivados del uso de fertilizantes nitrogenados en zonas vulnerables a la contaminación por nitratos en Andalucía” se estudia el cultivo del tomate de industria como el cultivo herbáceo extensivo al aire libre más tecnificado y con manejo como un cultivo intensivo. Es un cultivo manejado con equipos riego y fertiriego de última tecnología en cuanto a programación de los riegos e inyección de fertilizantes. Por tanto, se ha abordado desde el IFAPA el trabajo de precisión en el manejo en este cultivo dentro del grupo de cultivos industriales extensivos de regadío.

Para ello, se propuso un ensayo experimental en la zona regable del Sector B-XII del Bajo Guadalquivir, dónde más representativo es el cultivo y dónde es posible el análisis de lixiviado, ya que las parcelas tienen instalados drenaje subterráneo y dónde existe una gran cantidad de técnicos asesores involucrados en este cultivo. La zona está incluida en la zona vulnerable por contaminación de Nitratos de origen agrario denominada “Valle del Guadalquivir” cuya extensión es de 766.659,39 hectáreas.

El fin último del ensayo es conseguir el mayor grado de sostenibilidad del cultivo desde el punto de vista de rentabilidad y respeto al medioambiente observando las prácticas de riego y abonado. Para ello se tuvo en cuenta los siguientes objetivos específicos:

- Estudiar la variación de la productividad del agua y el nitrógeno con un manejo más racional.
- Valorar las consecuencias de la interacción entre las prácticas de riego y abonado.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Para el ensayo se contó con una parcela de tomate de industria de 1,3 ha dentro de la finca de 4 ha de un agricultor colaborador.

Se planificó en dicha parcela un ensayo experimental con un diseño en bloques al azar con 4 tratamientos. Dichos tratamientos fueron obtenidos de la combinación de dos manejos de riego y dos manejos de abonado: manejo convencional de los agricultores sin asesoramiento técnico, frente a un manejo más sostenible, controlando las aplicaciones de riego y abonado obtenidas de manera específica para este cultivo.

Las características de manejo convencional frente a manejo sostenible en las variables abonado y riego, fueron las siguientes:

**Abonado sostenible:** Calendario de abonado calculado en función a las necesidades del cultivo de cada día del ciclo (Hartz *et al.*, 2009) y dónde se aplicaba el compuesto de abonado con el equilibrio adaptado a cada fase del cultivo.

**Abonado convencional:** Primero, una aplicación en fondo previa a la plantación con abono sólido y extendido a toda la superficie de la parcela. Posteriormente la aplicación de fertiriego con inyecciones ocasionales cada tres o cuatro días de diferentes macronutrientes y de forma alterna.

**Riego sostenible:** Calendario de riegos donde se calculaban las necesidades diarias en función a la Evapotranspiración de Referencia de la estación agroclimática gestionada por el IFAPA, situada en la zona regable (Allen *et al.*, 1998; Salvatierra *et al.*, 2007) y el coeficiente de cultivo propuesto para el tomate de industria por el Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura (Campillo *et al.*, 2015) y contrastado con otra fuente bibliográfica (Blaine *et al.*, 2006).

**Riego convencional:** Calendario de riego a criterio del agricultor y con un manejo representativo del criterio general de la zona regable. Con libre actuación del agricultor pero irremediablemente influenciado por el ensayo. Además hubo prácticas de suelo diferenciadas asociadas al manejo de riego como: binado y riego de saturación en la subida de los ramales de riego por encima de la planta en el cuaje.

Los tratamientos resultantes de la combinación de las variables anteriores fueron:



**Tabla.** Tratamientos ensayados.

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
A1R1	Abonado sostenible y riego sostenible
A1R2	Abonado sostenible y riego convencional
A2R1	Abonado convencional y riego sostenible
A2R2	Abonado convencional y riego convencional

Para ejecutar el ensayo experimental se definieron los tratamientos en campo y se estableció la disposición que se indica en la figura 2.

Para poder diferenciar los dos manejos de abonado y riego se contaron con dos bombas inyectoras de abono, dos programadores de riego y depósitos diferentes de abonos líquidos para diferenciar las dos estrategias de abonado.

Con los criterios anteriores se ejecutó el ensayo durante todo el ciclo del cultivo, comenzando el 14 de abril de 2020, donde además se llevaron intensas acciones de seguimiento, entre las destacaron:

- Análisis de suelo al inicio y al final del cultivo,
- Análisis periódicos de agua del gotero, de sondas de extracción de agua del suelo y de muestras obtenidas de los drenes de la parcela. Estos últimos fue uno de los criterios para la disposición de los tratamientos del ensayo, ya que cada parcela experimental coincidía con la superficie de drenaje de un dren (Fotografía 2.)
- Vuelos con dron con cámaras térmicas y multiespectrales en momentos de pleno desarrollo (Figura 2 y 3).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La información obtenida en este ensayo ha sido amplia y por encima de los objetivos planteados. Desde el punto de vista de ejecución del ensayo y sus consecuencias de aprovechamiento de los macronutrientes, es muy importante describir la forma de aplicación del abono en cada tratamiento.

A1 o sostenible: La aplicación era de manera continua y uniforme durante todo el tiempo de riego y atendía a los macronutrientes N-P-K y a la regulación de la acidez del agua de riego. Y se prescindió de la aplicación de abonado de fondo antes de la plantación.

A2 o convencional: La diferencia con A1 no era sólo en la dosis, sino que además de hacerse con inyecciones ocasionales cada tres o cuatro días de diferentes macronutrientes y de forma alterna, la inyección del abono en el riego no se hace en todo el tiempo de riego, sino que se inyecta en los últimos 15 o 20 minutos finales. Siempre con aportaciones de abonos simples y por turnos, junto con aportación de ácido fosfórico en días alternos cada 3 o 4 días. Además se aplicaron otros nutrientes no necesarios y que fue confirmado en el seguimiento de análisis foliar. Estos compuestos fueron tratamientos con compuestos de calcio, magnesio y materia orgánica en compuestos líquidos.

El abono aportado en unidades de fertilizantes para cada tratamiento se refleja en la tabla 1. A continuación, se describe una comparativa de la distribución de macronutrientes aportados y sus consecuencias.

El más importante de todos y objeto del proyecto al que está adscrito este ensayo, es el nitrógeno. En la gráfica siguiente se recogen las causas y los efectos de los dos manejos más extremos, el completamente sostenible (A1R1) y el completamente convencional (A2R2) (Figura 4).

En esta gráfica, no sólo se representa las aplicaciones en el riego, sino que se refleja los períodos de precipitación en la campaña, y previos a la plantación (día 0). Se distingue en la gráfica la primera barra del tratamiento A2 referido a la aplicación de fondo y correspondiente a 90 unidades de nitrógeno. Dicha aplicación viene seguida de períodos de lluvias en los que el cultivo no está todavía implantado, y su porcentaje de cobertura es muy reducido. Por ello, en la gráfica se representa con signo negativo, los valores de concentración de nitratos en el agua drenada para el tratamiento completamente sostenible y para el completamente convencional fruto del seguimiento de muestra en los drenes. Los valores de concentraciones de nitratos en el drenaje empiecen a ser mayores en el tratamiento A2 que posteriormente se acentúan en el ciclo debido a las inyecciones de abonado ocasionales del agricultor. Por tanto, el aprovechamiento del nitrógeno es mucho mayor en el tratamiento sostenible frente al convencional. Y la aportación de nitrógeno se redujo a la mitad como se indica en la tabla 1.

En el caso del fósforo, se ha reducido un 88 % frente al convencional, donde la aplicación inicial en el convencional es una aplicación en fondo de 230 unidades de fertilizantes.

En cuanto a riego, las diferencias fueron menores y en torno a un 3% de ahorro en el tratamiento sostenible frente al convencional (Comlekcioglu *et al.*, 2019; Salvatierra *et al.* 2007) pero muy influyentes en determinados aspectos como se verá en el tratamiento A1R2.

Y finalmente, los resultados de producción fueron favorables con diferencia en el manejo sostenible de riego y abonado (Fotografía 3).

En la figura 5 se ofrecen los resultados de la producción de los distintos tratamientos.

El tratamiento completamente sostenible A1R1 obtiene una producción de casi 120 t/ha siendo el de mejor producción de manera significativa. En el extremo opuesto está el tratamiento A1R2 cuyo abonado ha sido aportado de manera sostenible pero unido al manejo de riego convencional, obteniendo la producción muy baja. La discusión de este resultado pasa justificar una circunstancia intrínseca a los tipos de suelo de la zona regable. En estos suelos y su manejo, exceder más de lo necesario en la dosis de riego, cuando se trata de un riego de alta frecuencia, puede dar lugar a una subida puntual de la capa freática, con las consecuencias de la elevación del frente salino hacia la rizosfera del cultivo. Esta hipótesis se ha corroborado con síntomas de estrés en el cultivo y concentraciones altas de cloro y sodio en los análisis de hoja. Sin embargo, el tratamiento A2R2 no tuvo una bajada de producción tan importante porque muchos de los períodos de riego eran sin abono y se lavaba las sales hacia zonas fuera de la rizosfera.

Por tanto, cualquier variable no controlada y fuera de un manejo adecuado en un sistema de cultivo y suelo tan particular, no sólo trae como consecuencia el despilfarro de insumos, sino que puede generar efectos adversos con consecuencias nada deseables.

## CONCLUSIONES

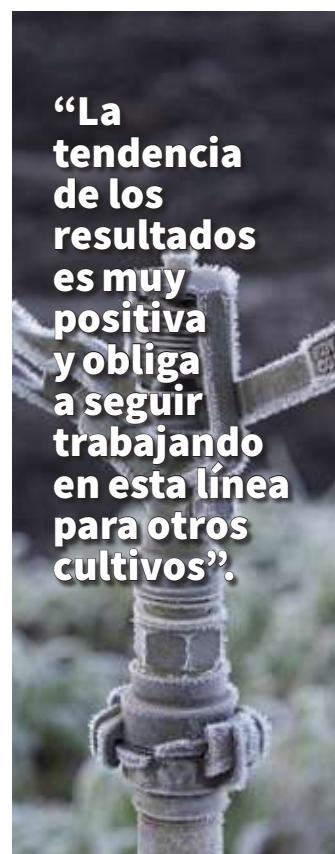
Las dosis y los manejos de abonado en los cultivos son un factor importante en la producción y en la eficiencia del abonado.

El abonado nitrogenado de fondo en un cultivo donde la cobertura completa de la superficie no es inmediata, es el primer factor de lixiviación de nitratos, máxime cuando este periodo coincide con la época de lluvias.

El manejo combinado de manera racional de la aplicación del riego y del abono a través del mismo influye decisivamente en el aprovechamiento de los nutrientes por la planta y puede evitar en gran medida la lixiviación del macro elemento con mayor impacto medioambiental, como son los nitratos.

La aplicación de un calendario de riego según las necesidades de la planta junto con aportes continuos de nutrientes y según las curvas de absorción del cultivo, garantizan mejor la absorción por parte de la planta a expensas de problemas concretos del suelo.

La tendencia de los resultados es muy positiva y obliga a seguir trabajando en esta línea para otros cultivos.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, RICHARD G., et al. 1998. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. Vol. 300, nº 9.
- BLAINE R. HANSON B. AND DONALD M. 2006. Crop coefficients for drip-irrigated processing tomato. Agricultural Water Management 81, 381–399
- CAMPILLO TORRES, C.; GONZÁLEZ GARCÍA, J.A.; FORTES GALLEGOS, R.; MILLÁN ÁRIAS, S.; GONZÁLEZ GARCÍA, V.; CHÁVEZ CEFERINO, A.; DAZA DELGADO, C. Y PRIETO LOSADA, M.H. 2015. Manual Práctico de Riego. Tomate de Industria. Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura. CICYTEX. Junta de Extremadura.
- COMLEKCIOLU, N.; SIMSEK, M.; HAYOGLU, I. AND KIROGLUZORLUGENC, F. 2019. Responses of processing tomato (*Solanum lycopersicum* Mill.) to regulated deficit irrigation under semi-arid conditions: yield and quality. Acta Hortic. 1253, page 213-220
- HARTZ, T. AND HANSON, B. 2009. Drip Irrigation and Fertigation Management of Processing

Tomato. University of California Vegetable Research and Information Center. 05/11/2009, page 1-11

Salvatierra Bellido, B.; Gavilán Zafra, P. Y Cermeño Sacristán, P. 2007. Riego deficitario en tomate para industria. Revista Agricultura, Noviembre 07, pág. 796-800

Tu, J.C.; Liptay, A.; Tan, C.S.; Drury, C.F. And Reynolds, D. 2004. Effect Of Drip Irrigation And Drip Fertigation On Yield Of Processing Tomato In South-Western Ontario. Acta Horticulturae. 635, page 195-200

## FOTOGRAFÍAS



1



2



3

**Fotografía 1.** Ensayo de riego y fertirrigación de tomate de industria en el Bajo Guadalquivir.

**Fotografía 2.** Detalle de recogida de lixiviados en los drenes subterráneos.

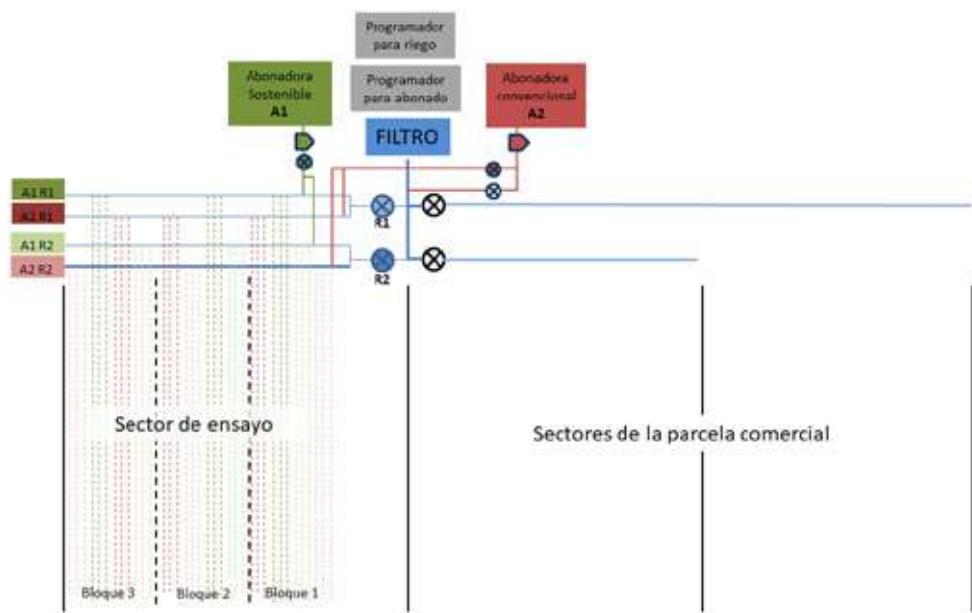
**Fotografía 3.** Imagen de la recolección mecanizada de tomate de industria en el ensayo.

## TABLAS

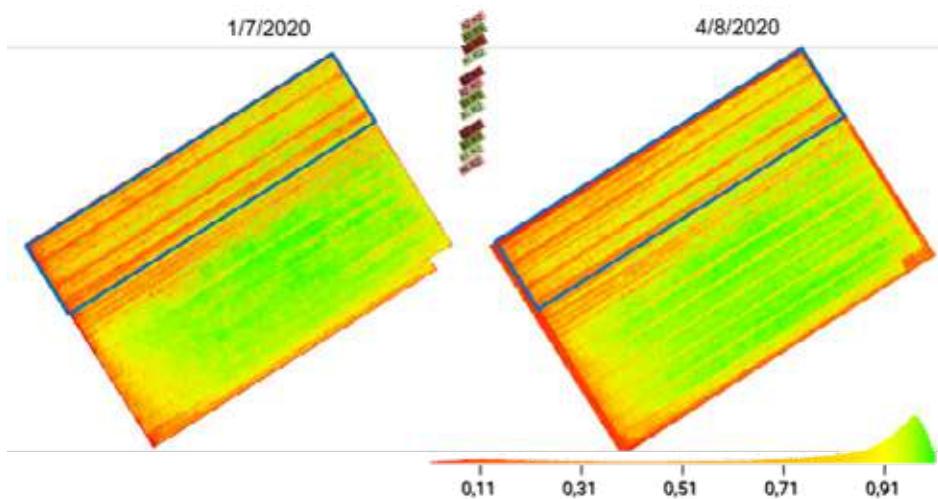
**Tabla 1.** Balance de nutrientes en los dos tratamientos de abonado en unidades de fertilizantes.

	N	P	K	CA	MG
A1	251	46	184		
A2	534	391	53	4,25	0,14

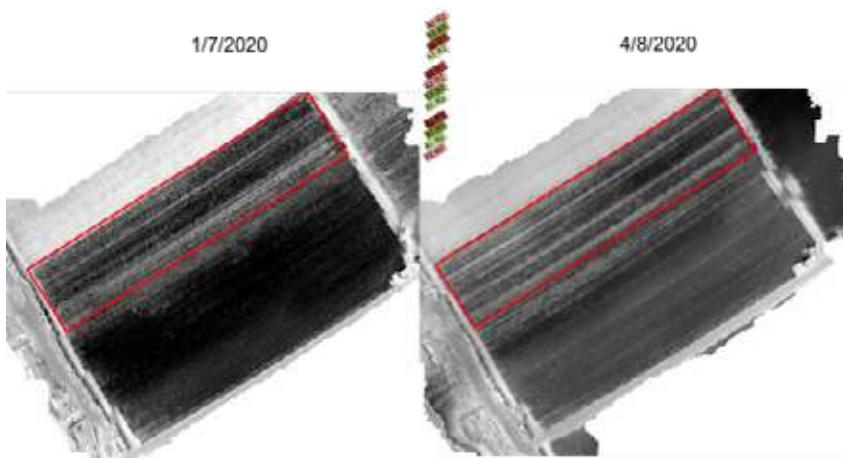
## FIGURAS



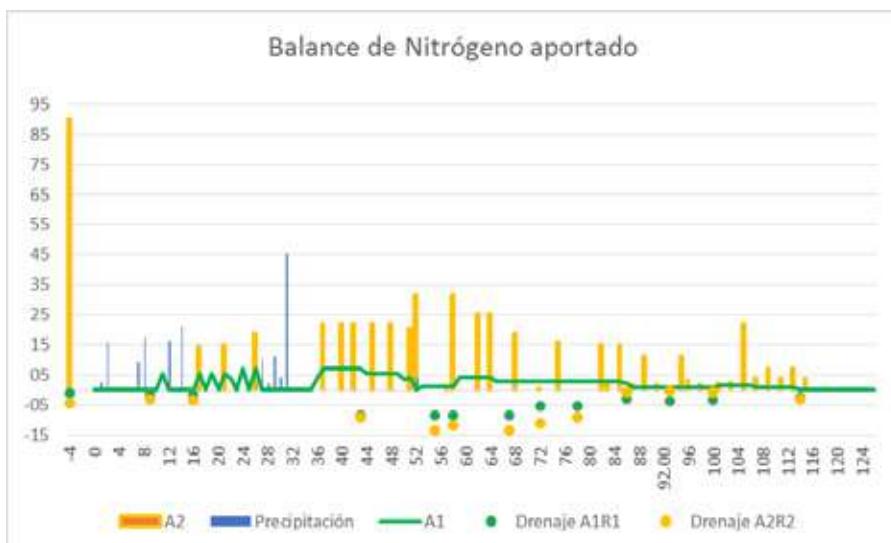
**Figura 1.** Esquema del ensayo.



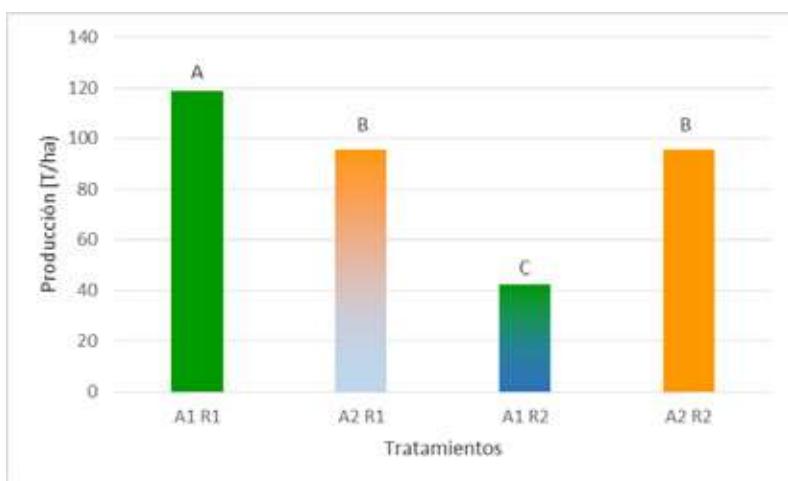
**Figura 2.** Imagen de NDVI para dos fechas de desarrollo del ensayo de tomate (perímetro azul).



**Figura 3.** Imagen térmica para dos fechas de desarrollo del ensayo de tomate (perímetro rojo)



**Figura 4.** Gráfico final de la distribución de abonado de nitrógeno en el cultivo y sus consecuencias en el drenaje.



**Figura 5.** Gráfica de producción de tomate de industria para cada tratamiento del ensayo.



# ESTRATEGIAS PARA INCREMENTAR LA CAPACIDAD NUTRICIONAL DEL BIOCHAR APLICADO AL SUELO

**Arco-Lázaro, E., Haroun, J. y Raya V.**

Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA). Finca La Estación. Lugar Finca San Antonio, 3. Santa Lucía de Tirajana (Gran Canaria).

---

## RESUMEN

---

El biochar, carbón vegetal elaborado a temperaturas superiores a 350°C en ausencia o con muy baja concentración de oxígeno, se utiliza como enmienda de suelo para mejorar sus propiedades físico-químicas y biológicas. Además, es una herramienta para mitigar el cambio climático por su capacidad para fijar carbono en el suelo, dado su alto contenido en carbono reclacitrante, capaz de permanecer en el suelo hasta cientos de años. En la Finca La Estación, se ha elaborado biochar con un horno de doble-bidón artesanal utilizando como materia prima podas de palmeras con problemas fitosanitarios. Con el fin de incrementar la carga de nutrientes en el biochar, se llevó a cabo la precarga del mismo con lixiviado de humus de lombriz elaborado en las propias instalaciones del ICIA. Para comprobar la eficiencia del biochar precargado en la disponibilidad de nutrientes para las plantas, se diseñó un ensayo en maceta con tierra de la Finca aplicando los siguientes tratamientos: Control + (C+): sin adición de biochar; Control: 10 t·ha<sup>-1</sup> de biochar precargado con agua destilada; BP1: 10 t·ha<sup>-1</sup> de biochar precargado con lixiviado diluido al 75%; BP2: 10 t·ha<sup>-1</sup> de biochar precargado con lixiviado diluido al 50%; BP3: 10 t·ha<sup>-1</sup> de biochar precargado con lixiviado diluido al 25%; y BP4: 10 t·ha<sup>-1</sup> de biochar precargado con lixiviado sin diluir. Se realizó el análisis del biochar precargado y del suelo con los tratamientos, además de las medidas de peso fresco y seco de la parte aérea y radicular de las plantas de rábanos. Los resultados mostraron diferencias significativas en el peso fresco obtenido de la raíz del rábano entre el tratamiento C+ y los tratamientos BP2 y BP3, asociado al mayor contenido nutritivo aportado por el biochar. No se encontraron diferencias entre el C+ y el tratamiento BP4, considerando que el mayor aporte del lixiviado en elementos como el sodio, pudo tener un efecto negativo en el crecimiento del rábano. Tampoco fue observado un efecto positivo en el desarrollo del cultivo con la aplicación de biochar sin precargar, por lo que la carga con nutrientes del biochar es una práctica que puede incrementar la disponibilidad de nutrientes para el cultivo al evitar su perdida por lixiviación.

**Palabras clave:** *lixiviado, vermicompost, rábano, biomasa.*

## INTRODUCCIÓN

El biochar o biocarbón es un producto que se obtiene tras un proceso de pirólisis a temperaturas comprendidas entre 350-800°C en ausencia o muy baja concentración de oxígeno. El principal objetivo de la producción de biochar es el secuestro de C ya que la retención de carbono recalcitrante del material es superior a la emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera al realizar su pirólisis (Sohi *et al.*, 2009).

Las propiedades del biochar van a depender del material a pirolizar, la temperatura y el tiempo de residencia de dicha temperatura (Zhao *et al.*, 2013). Sin embargo, las características comunes que cualquier biochar posee son: a) almacenamiento de CO<sub>2</sub>, b) alto contenido de carbono estable o recalcitrante, difícilmente degradable por los microorganismos del suelo, pudiendo permanecer en el mismo hasta cientos de años, c) bajo contenido de nitrógeno, d) pH alcalino, e) baja densidad, f) alta porosidad y gran superficie específica con propiedades adsorbentes, característica que permite la retención de agua y nutrientes evitando así su lixiviado a lo largo del perfil del suelo, e) el incremento de la actividad biológica del suelo al servir de refugio a los microorganismos del suelo y f) la descontaminación del suelo con diversas moléculas contaminantes (Yang *et al.*, 2017; García-Jaramillo *et al.*, 2020).

Sin embargo, aunque la aplicación de biochar eleva la relación C/N del suelo no aporta nutrientes al mismo. Por ello, su mezcla con materiales ricos en nutrientes antes de su aplicación podría ser una estrategia para proporcionar dichos nutrientes al suelo (Die-trich *et al.*, 2020). En este sentido, el uso de lixiviado procedente de vermicompostera supone una alternativa frente al uso de fertilizantes sintéticos (Pant *et al.*, 2009; Rangel *et al.*, 2011), siendo una alternativa más económica que ayuda a disminuir los costos de producción y la dependencia de fertilizantes de síntesis (Preciado *et al.*, 2014). Por lo tanto, el uso de lixiviado procedente de vermicompostera constituye una alternativa para la precarga de biochar con sustancias nutritivas que ayude a la fertilidad del suelo y desarrollo de las plantas (Campitelli *et al.*, 2012; Warman and AngLopez, 2010).

El objetivo de este experimento fue evaluar la eficiencia de biochar precargado con lixiviado de vermicompostera, para mejorar la disponibilidad de nutrientes en el cultivo de rábanos.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Suelo y enmienda

El suelo de estudio fue recogido en la finca La Estación del ICIA (Gran Canaria) y se caracteriza por tener una textura franco arenoso y un pH básico (8,4).

El biochar (B) fue elaborado con restos de poda de palmera mediante un horno artesanal tipo doble bidón alcanzando una temperatura de pirólisis entre 300-400 °C durante 3 horas (registrada en 3 puntos a diferentes alturas del horno). Para favorecer la sostenibilidad del sistema, se seleccionó un material de partida con dificultades para su aprovechamiento y gestión al presentar problemas fitosanitarios. La mayoría de las palmeras de la

zona están afectadas por *Diocalandra frumenti* Fabricius y *Fusarium* spp., lo que obliga a la retirada de las podas al vertedero para evitar la dispersión de dichos organismos. Las características fisco-químicas del biochar fueron: pH 9,26, CE 19,93 dS m<sup>-1</sup>, 1,25 % de N, 130 g kg<sup>-1</sup> de C oxidable (frente a los 421 g kg<sup>-1</sup> del material original), 638 g kg<sup>-1</sup> de C total (frente a los 445 g kg<sup>-1</sup> del material original) y con respecto a los cationes cambiados (en meq kg<sup>-1</sup>): 324 para Ca, 98 de Mg, 375 de Na y 488 de K.

El lixiviado de vermicompostera (LV) utilizado para la precarga del biochar procedía de vermicomposteras situadas en la misma finca. Las características químicas del lixiviado fueron: pH 8,25, CE 8,45 dS m<sup>-1</sup>, y con respecto a los cationes cambiados (en mg L<sup>-1</sup>): 192 para Ca, 150 de Mg, 725 de Na y 1910 de K.

## Plantas

Para valorar el efecto agronómico del biochar se seleccionó rábano (*Rapahanus sativus* L.)

## Diseño experimental

La dosis de biochar aplicada fue de 10 t/ha y fue determinada en base a experimentos anteriores. La precarga se realizó hidratando el biochar al 100% de su capacidad de retención hídrica (CRH) con el lixiviado de lombriz (a diferentes concentraciones) durante 5 días, seguidamente se dejó secar y se aplicó al suelo de estudio. Los tratamientos fueron:

**Tabla:** Tratamientos ensayados.

C+	SUELO SIN ENMIENDA
CONTROL	Suelo con biochar sin lixiviado
BP1	Suelo con biochar + 25% lixiviado
BP2	Suelo con biochar + 50% lixiviado
BP3	Suelo con biochar + 75% lixiviado
BP4	Suelo con biochar + 100% lixiviado

El experimento se desarrolló en macetas de 1 L que fueron llenadas con suelo o suelo más enmienda e incubadas durante 30 días al 60% de su CRH en condiciones de oscuridad antes del trasplante de los rábanos.

El experimento se realizó en condiciones de invernadero siguiendo un diseño de bloques al azar con cuatro réplicas por tratamiento, siendo la maceta la unidad experimental.

## Procedimientos analíticos

Análisis de biochar pre-cargado: Previo a la realización del experimento se llevó a cabo el análisis tanto del biochar sin pre-cargar como pre-cargado. Los parámetros analizados fueron el pH y la CE en extracto 1:5 (p/v), fósforo (Olsen/ Espectrofotometría de Absorción UV-Visible) y cationes intercambiables Ca, Mg, Na y K (Espectrofotometría de Absorción Atómica de llama).

Análisis de suelo: Una vez finalizado el cultivo de los rábanos, los suelos muestrados se secaron al aire, se pasaron a través de un tamiz de 2 mm y se homogeneizaron antes de su análisis. Se determinó el pH y la CE del suelo en extracto 1:5 (p/v), la materia orgánica oxidable (MO ox), (Walkley-Black/ Volumetría oxidación-reducción), fósforo, materia orgánica total (MOT) (Calcinación/Gravimetría) carbono orgánico total (TOC) (MOT/1,78) y cationes intercambiables Ca, Mg, Na y K.

Análisis de plantas: Los parámetros medidos una vez finalizado el ciclo de cultivo fueron el peso de la biomasa fresca (Pfresco) de la parte aérea y la raíz y el peso seco (Pseco), tanto de la parte aérea como de la raíz, que se determinó después de su secado en una estufa a 60 °C durante 48 horas y enfriado a temperatura ambiente.

Análisis estadístico: El análisis estadístico fue realizado con el software SPSS para Windows (versión 15.0). Antes del análisis estadístico, se comprobó la normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk procediendo a la transformación de los datos que no presentaban una distribución normal. Los datos se sometieron a un análisis de la varianza (ANOVA) y test de Homogeneidad. En caso de homogeneidad, se realizó una prueba pos hoc (test de Tukey).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Biochar pre-cargado y suelo

La precarga del biochar con el lixiviado de vermicompostera sólo tuvo un efecto significativo ( $p<0,05$ ) en el pH del biochar, aumentando su alcalinidad; encontrándose los máximos valores de pH en los tratamientos con mayor porcentaje de lixiviado (BP3 y BP4, respectivamente) (Tabla 1).

A pesar de la alcalinidad del biochar precargado, este aumento de pH no quedó reflejado en los suelos enmendados con biochar, cuyos valores de pH no mostraron diferencias significativas al final del cultivo con respecto al tratamiento sin biochar (C+) ( $p>0,05$ ) (Tabla 2). Las concentraciones de COT (%), MO ox (%) y MOT (%) (Tabla 3) tampoco mostraron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos.

La conductividad eléctrica aumentó significativamente en los tratamientos con biochar (con o sin precarga) (Tabla 2), siendo el tratamiento BP2 (biochar precargado con 50% lixiviado) el único que no mostró diferencias significativas con respecto a C+.

Con respecto a la concentración de P, ninguno de los tratamientos con biochar mostraron diferencias significativas con respecto al tratamiento sin biochar (C+). Sin embargo, se pudo observar diferencias significativas ( $p<0,05$ ) entre los tratamientos con biochar. En la Tabla 2 se aprecia como la precarga del biochar con un 25% y un 50% del lixiviado (tratamientos BP2 y BP3, respectivamente) son los tratamientos con mayor concentración de P.

A pesar de la alta concentración de Ca, Mg, K y Na en el lixiviado, este aumento no quedó reflejado en la mayor concentración de estos elementos ni en el biochar pre-cargado ni

en los distintos tratamientos del suelo tras el cultivo del rábano, cuyos valores en estos elementos no mostraron diferencias significativas con respecto a C+. Esto pudo ser debido a que los tratamientos con biochar, como se refleja en la Figura 1, tuvieron más producción de biomasa aérea, en relación al C+, lo que podría deberse a que la absorción de nutrientes en estos tratamientos fue mayor en relación a las plantas cultivadas en C+.

### **Plantas**

En la Figura 1 se muestran el peso fresco y seco de la parte aérea y la raíz de las plantas de rábano. Con respecto a la parte aérea, el peso fresco mostró diferencias significativas entre los tratamientos, observándose un mayor peso en aquellos tratamientos donde se había aplicado biochar en relación al C+, excepto en el tratamiento BP2. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en el peso seco de dicha parte entre los diferentes tratamientos (con o sin biochar) ( $p>0,05$ ).

En la raíz, tanto el peso fresco como el peso seco mostraron diferencias significativas entre tratamientos ( $p<0,05$ ). La mayor producción en peso fresco se pudo observar en los tratamientos BP2 y BP3, apreciándose un efecto positivo más que de la incorporación de biochar, de su pre-carga. En relación a la producción de biomasa seca radicular, dentro de los tratamientos con biochar, el BP3 fue el único que mostró diferencias significativas con respecto al Control. Resultados similares fueron observados por diferentes autores (Jeffery *et al.*, 2011; Martisen *et al.*, 2014; Olalede *et al.*, 2019) donde la aplicación de biochar precargado con diferentes productos fertilizantes aumentó la producción de biomasa en diferentes cultivos. Según estos autores este incremento de la productividad puede estar asociado a la mejora de propiedades del suelo, a la disminución de la densidad aparente, al incremento de la capacidad de retención hídrica o a la mejora de la fertilidad del mismo.

### **CONCLUSIONES**

El biochar permite la revalorización de restos orgánicos con problemas de gestión y contribuye al secuestro de C mediante su aplicación como enmienda al suelo mitigando, de este modo, los efectos del cambio climático.

La precarga nutritiva del biochar es un método fácil y sencillo que puede contribuir a la mejora de la fertilidad y productividad de los cultivos. El uso de lixiviados, generados a partir de distintos procesos, como elementos con alta carga nutritiva fertilizante, supone una buena opción de reutilización y revalorización de residuos con problemas de gestión.

Estos resultados preliminares, suponen una alternativa más al aprovechamiento de lixiviados de vermicompost como fertilizante y su combinación con biochar como enmienda del suelo. En base a los resultados obtenidos en este ensayo se pretende seguir avanzando en la experimentación en esta línea para alcanzar resultados más concluyentes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON T. H.; DOMSCH K. H. 1993. The metabolic quotient for CO<sub>2</sub> (qCO<sub>2</sub>) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental-conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. *Soil Biology & Biochemistry*, 25: 393-395.
- CAMPITELLI, P.; VELASCO, M.; CEPPI, S. 2012. Characterization of humic acids derived from rabbit manure treated by composting-vermicomposting process. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 12(4): 875-891.
- CHAN K. Y.; VAN ZWIETEN, L.; MESZAROS, I.; DOWNIE, A.; JOSEPH, S. 2007. Agronomic values of green waste biochar as a soil amendment. *Australian Journal of Soil Research*, 45: 629-634.
- DIETRICH, C. C.; RAHAMAN, M. A.; ROBLES-AGUILAR, A. A.; LATIF, S.; INTANI, K.; MÜLLER, J.; JABLONOWSKI, N.D. 2020. Nutrient loaded biochar doubled biomass production in juvenile maize plants (*Zea mays* L.). *Agronomy* 10(4): 567.
- GARCÍA-JARAMILLO, M; TRIPPE K. M.; HELMUS, R.; KNICKER, H. E.; COX, L.; HERMOSÍ, M. C.; PARSONS, J. R.; KALBITZ, K. 2020. An examination of the role of biochar and biochar water-extractable substances on the sorption of ionizable herbicides in rice paddy soils. *Science of the Total Environment*, 706: 135682.
- JEFFERY, S.; VERHEIJEN, F. G. A.; VAN DER VELDE, M.; BASTOS, A. C. 2011. A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. *Agriculture Ecosystem & Environment*, 144: 175–187.
- MARTISEN, V.; MULDER, J.; SHITUMBANUMA, V.; SPARREVIK, M.; BORRESEN, T.; CORNELISSEN, G. 2014. Farmer-led maize biochar trials: Effect on crop yield and soil nutrients under conservation farming. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 177: 681–695.
- OLALEDE, S. O.; ADEYEMO, A. J.; AWODUN, M. A. 2019. Influence of rice husk biochar and inorganic fertilizer on soil nutrients availability and rain-fed rice yield in two contrasting soils. *Geoderma*, 336: 1–11.
- PANT, A. P.; RADOVICH, T. J. K.; HUE, N. V.; TALCOTT, S. T.; KRENEK, A. 2009. Vermicompost extractsinfluence growth, mineral nutrients, phytonutrients and antioxidant activity in pakchoi (*Brassica rapa* cv. Bonsai, Chinensis group) grown under vermicompost and chemical fertilizer. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 89: 2383-2392.
- PRECIADO RANGEL, P.; GARCÍA HERNÁNDEZ, J. L.; SEGURA CASTRUITA, M. A.; SALAS PÉREZ, L.; AYALA GARAY, A. V.; ESPARZA RIVERA, J. R.; TROYO DIÉGUEZ, E. (2014). Efecto del lixiviado de vermicomposta en la producción hidropónica de maíz forrajero. *Terra Latinoamericana*, 32(4): 333-338.
- RANGEL, P. P.; HERNÁNDEZ, M. F.; GARCÍA-HERNÁNDEZ, J. L.; PUNETE, E. O. R.; RIVERA, J. R. E.; HERRERA, A. L.; VIDAL, J. A. O. 2011. Evaluación de soluciones nutritivas orgánicas en la producción de tomate en invernadero. *Interciencia*, 36(9): 689-693.
- REGALADO, C. M.; RITTER, A.; GONZÁLEZ, R. R.; SOCORRO, A. R. 2005. Diseño experimental

para la extracción de solución del suelo en régimen de insaturación ( $\leq 600$  kPa). Estudios de la Zona No Saturada del Suelo: 6, 95-100.

SOHI, S.; LOPEZ-CAPEL, E.; KRULL, E.; BOL, R. 2009. Biochar's roles in soil and climate change: A review of research needs. CSIRO Land and Water Science Report, 5(09): 1-57.

UPADHYAY, K. P.; GEORGE, D.; SWIFT, R. S.; GALEA, V. 2014. The influence of biochar on growth of lettuce and potato. Journal of Integrative Agriculture, 13(3): 541-546.

WARMAN, P. R.; ANGLOPEZ, M. J. 2010. Vermicompost derived from different feedstocks as a plant growth medium. Bioresource Technology, 101(12): 4479-4483.

YANG, D. I. N. G.; YUNGUO, L. I. U.; SHAOBO, L. I. U.; HUANG, X.; ZHONGWU, L. I.; XIAOFEI, T. A. N., GUANGMING; ZAND LU, Z. H. O. U. 2017. Potential benefits of biochar in agricultural soils: A review. Pedosphere, 27(4): 645-661.

ZHAO, L.; CAO, X.; MASEK, O.; ZIMMERMAN, A. 2013. Heterogeneity of biochar properties as a function of feedstock sources and production temperatures. Journal of Hazardous Materials, 256: 1-9.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el Programa Interreg MAC2014-2020 (Proyecto Vercochar 'Vermicompost, compost y biochar, herramientas para la adaptación al cambio climático, la prevención y mitigación de los efectos derivados de los riesgos naturales en el medio agrícola y forestal').

## TABLAS

**Tabla 1.** Parámetros físicos-químicos del biochar precargado con las diferentes dosis de lixiviado: Control (sin lixiviado), BP1 (25%), BP2 (50%), BP3 (75 %) y BP4 (100%). pH, conductividad eléctrica (CE, en dS m<sup>-1</sup>), y cationes cambiables (mEq kg<sup>-1</sup> de biochar seco).

TRATAMIENTOS	PH	CE	P	CA	MG	K	NA
Control	8,78 ± 0,02b	14,88 ± 2,33	133 ± 3	271 ± 4	108 ± 5	561 ± 9	337 ± 18
BP1	8,98 ± 0,09ab	12,89 ± 1,24	135 ± 4	274 ± 7	99 ± 7	551 ± 17	346 ± 2
BP2	8,96 ± 0,09ab	11,87 ± 0,51	133 ± 4	265 ± 3	97 ± 1	498 ± 21	328 ± 10
BP3	9,19 ± 0,01a	15,02 ± 1,62	143 ± 3	300 ± 22	100 ± 11	631 ± 95	315 ± 6
BP4	9,20 ± 0,02 a	13,09 ± 0,37	143 ± 3	284 ± 5	97 ± 3	542 ± 17	359 ± 54
ANOVA	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Valores seguidos de la misma letra en cada columna para cada tratamiento son muestran diferencias significativas de acuerdo al test de Tukey ( $p < 0,05$ ). \*, \*\*, \*\*\*: significación a un nivel de probabilidad  $P < 0,05, 0,01$  y  $0,001$ , respectivamente. ns: no significativo. Valores experimentales (media ± error estándar).

**Tabla 2.** Parámetros físicos-químicos del suelo, una vez finalizado el cultivo de rábanos, en los diferentes tratamientos de biochar pre-cargado: C+ (sin enmienda), Control (sin lixiviado), BP1 (25%), BP2 (50%), BP3 (75 %) y BP4 (100%). pH, conductividad eléctrica (CE, en dS m<sup>-1</sup>), y cationes cambiables (meq kg<sup>-1</sup> de suelo seco, excepto P en mg kg<sup>-1</sup> de suelo seco).

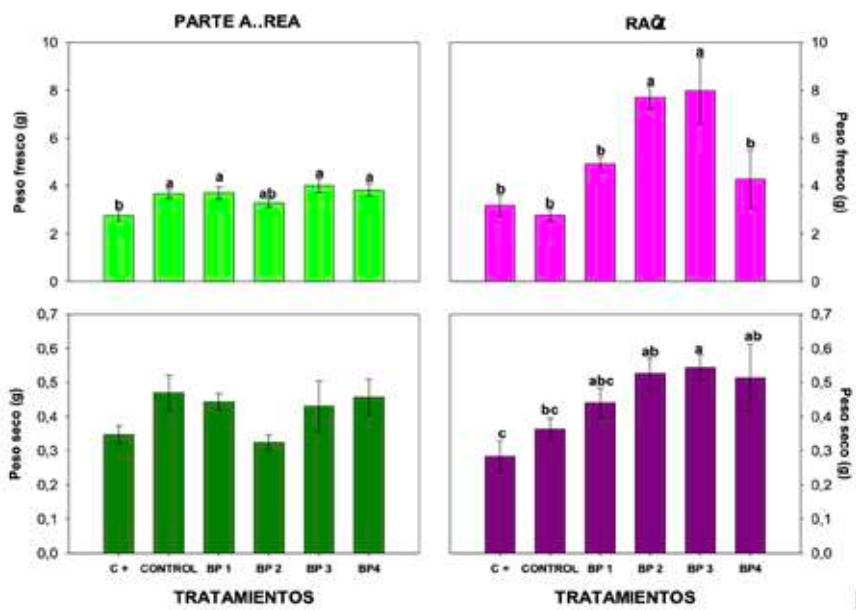
TRATAMIENTOS	PH	CE	P	CA	MG	K	NA
C+	8,36 ± 0,09	0,31 ± 0,07c	27,33 ± 1,76ab	119 ± 2	87,77 ± 3,62	36,63 ± 2,05	28,07 ± 3,17
Control	8,27 ± 0,02	0,48 ± 0,03a	20,67 ± 0,67b	119 ± 4	79,53 ± 3,44	33,87 ± 0,98	38,63 ± 0,95
BP1	8,26 ± 0,03	0,43 ± 0,02ab	22,00 ± 2,31b	112 ± 3	76,27 ± 0,57	31,77 ± 1,38	35,77 ± 0,81
BP2	8,46 ± 0,03	0,32 ± 0,01bc	30,00 ± 1,15a	114 ± 0	80,93 ± 2,14	32,80 ± 1,50	31,40 ± 0,51
BP3	8,31 ± 0,06	0,49 ± 0,02a	27,33 ± 0,67ab	114 ± 1	83,40 ± 0,98	31,10 ± 1,70	37,83 ± 0,77
BP4	8,36 ± 0,04	0,45 ± 0,03a	24,00 ± 1,15bc	116 ± 1	83,40 ± 5,20	31,97 ± 0,38	30,87 ± 1,16
ANOVA	ns	*	**	ns	ns	ns	ns

Valores seguidos de la misma letra en cada columna para cada tratamiento son muestran diferencias significativas de acuerdo al test de Tukey ( $p < 0,05$ ). \*, \*\*: significación a un nivel de probabilidad  $P < 0,05$  y  $0,01$ , respectivamente. ns: no significativo. Valores experimentales (media ± error estándar).

**Tabla 3.** Carbono orgánico total (COT, en %), materia orgánica total (MOT, en %) y materia orgánica oxidable (MOox, en %) del suelo, una vez finalizado el cultivo de rábanos, en los diferentes tratamientos de biochar pre-cargado: C+ (sin enmienda), Control (sin lixiviado), BP1 (25%), BP2 (50%), BP3 (75 %) y BP4 (100%).

TRATAMIENTOS	COT	MOT	MO OX
C+	6,47 ± 0,21	11,65 ± 0,37	1,35 ± 0,04
Control	6,47 ± 0,05	11,65 ± 0,08	1,50 ± 0,10
BP1	6,42 ± 0,26	11,55 ± 0,47	1,40 ± 0,11
BP2	6,93 ± 0,29	12,47 ± 0,53	1,19 ± 0,04
BP3	6,44 ± 0,06	11,59 ± 0,10	1,24 ± 0,03
BP4	6,25 ± 0,05	11,26 ± 0,08	1,23 ± 0,04
ANOVA	n.s	n.s	n.s

Valores seguidos de la misma letra en cada columna para cada tratamiento son muestran diferencias significativas de acuerdo al test de Tukey ( $p < 0,05$ ). ns: no significativo. Valores experimentales (media ± error estándar).



**Figura 1.** Biomasa de parte aérea y raíz de rábano producida, en peso fresco y peso seco, en los diferentes tratamientos: C+ (sin biochar), Control (biochar sin lixiviado), BP1 (biochar + 25% lixiviado), BP2 (biochar + 50% lixiviado), BP3 (biochar + 75% lixiviado) y BP4 (biochar + 100% lixiviado). Valores seguidos de la misma letra en cada columna para cada tratamiento son muestran diferencias significativas de acuerdo al test de Tukey ( $p < 0,05$ ).

# EFFECTOS DEL TRATAMIENTO CON HIPOCLORITO SÓDICO SOBRE LA LIMPIEZA DE EMISORES EN FERTIRRIGACIÓN

**Eymar, E.<sup>1</sup>; Fernández-Díaz, P.<sup>1</sup>; Antón-Herrero, R.<sup>1</sup>; Mayans, B.<sup>1</sup>; Camacho-Arévalo, R.<sup>1</sup>; C. García-Delgado, C.**

<sup>1</sup>Departamento de Química Agrícola y Bromatología, Universidad Autónoma de Madrid, 28049 Madrid, España.

<sup>2</sup>Departamento de Geología y Geoquímica, Universidad Autónoma de Madrid, 28049 Madrid, España.

## RESUMEN

La utilización de abonos orgánicos en fertirrigación puede presentar importantes ventajas para el cultivo y su agrosistema, pero también puede generar una serie de inconvenientes sobre el sistema hidráulico y los componentes de riego. Por ejemplo, la presencia de microrganismos en los abonos y en el agua de riego, sumado a otros factores intrínsecos y extrínsecos de la finca, pueden generar la proliferación de biopelículas microbianas en tuberías y otros elementos que constituyen las instalaciones de riego. Este hecho produce la reducción progresiva del paso efectivo de disolución fertilizante dentro de las tuberías, elementos especiales y emisores, alterando los parámetros hidráulicos y disminuyendo la homogeneidad y producción del cultivo. En una finca localizada en la isla de Tenerife dedicada al cultivo de platanera con fertirrigación y utilización de goteros autocompensantes, se realizaron dos tratamientos con hipoclorito de sodio ( $\text{NaClO}$ ) a 2 y 5 mg/L y se evaluaron los efectos microscópicos sobre los goteros mediante microscopía electrónica de barrido (SEM), técnicas de tratamiento de imagen así como la presencia de fases cristalinas diferenciadoras mediante difracción de rayos X antes y después de los tratamientos. Los resultados obtenidos mostraron la eficacia de los tratamientos reduciendo en torno a un 30% las zonas de depósitos de suciedad en todos los componentes de los emisores ensayados.

**Palabras clave:** Desinfección, abonos orgánicos, hidráulica, biopelícula microbiana

## INTRODUCCIÓN

La agricultura es, con diferencia, el mayor consumidor de agua dulce y representa el 70% de las extracciones de agua dulce procedente de ríos, lagos y acuíferos (UNESCO, 2018). En España hasta el año 2018 se destina un total de 15.494.642 hm<sup>3</sup> de agua dulce para regadío. Dicho volumen se divide por técnicas de riego, gravedad (33%), aspersión (27%) y goteo (40%). El sistema por goteo es el que más ha crecido en los últimos años con un 6.4% de incremento frente al año anterior (Instituto Nacional de Estadística [INE], 2020).

El punto más problemático del sistema se encuentra en los elementos de emisión, los cuales sufren obturaciones por diferentes causas, al ser el componente con menor diámetro efectivo de paso. Dichos taponamientos pueden ser provocados por partículas que ingresan en el sistema a través de la fuente de agua, partículas ocasionadas por transformaciones químicas y crecimiento biológico dentro del sistema (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca Argentina, 2012).

La lógica e inminente tendencia a una práctica sostenible de agricultura con el medio ambiente, ha incrementado el uso de abonos orgánicos a través de la fertirrigación. Dichos abonos contienen gran cantidad de microorganismos que mejoran la integración de procesos naturales en la producción, reducen el empleo de los factores productivos (fertilizantes inorgánicos, productos fitosanitarios), mejoran la relación entre sistema y potencial productivo e incrementan la eficiencia y la salubridad de la explotación. En contraposición, se han encontrado serios problemas de obstrucciones y crecimiento de microorganismos dentro del sistema hidráulico, que disminuyen la eficiencia del mismo y repercuten en el descenso de la producción y aumento de costes económicos (Figura 1). El desarrollo de microorganismos en el interior de las instalaciones de riego es un proceso complejo donde actúan los propios microorganismos, temperatura, pH, oxígeno, contenido de Fe, SH<sub>2</sub> y presencia de materiales transparentes. Pueden estar en el agua de riego o ser transportados por el aire, residuos orgánicos y plantas, multiplicándose en este medio con gran rapidez de acuerdo a las condiciones descritas con anterioridad. Estos no son siempre retenidos por el sistema de filtrado y se van acumulando en el sistema de tuberías y laterales, formando gradualmente una masa gelatinosa (mucílago) que puede llegar a taponar los goteros (Figura 1).

La cloración representa un tratamiento efectivo y de bajo coste para el control de microorganismos. Al agregar cloro al agua de riego, una parte de este es absorbido por la M.O. (cloro combinado) y la otra parte actúa como biocida (cloro libre). El cloro combinado tiene un poder desinfectante muy bajo y es producto de la combinación de cloro libre con el amoniaco y la materia orgánica nitrogenada que contiene el agua formando cloramidas (Ramírez, (2005). El cloro libre que posee el mayor poder desinfectante y oxidante, corresponde fundamentalmente, a la presencia de ácido hipocloroso y anión hipoclorito.

El cloro tiene una relación muy estrecha con el pH. La forma activa del cloro y la cual le da el poder desinfectante es el ácido hipocloroso, el cual disminuye con el aumento del pH. Con dicho aumento la mayor parte de este ácido (cloro activo), se convierte en ion hipoclorito (ClO<sup>-</sup>), una forma de cloro con muy bajo poder desinfectante.

Por todo lo explicado con anterioridad, este estudio pretende entender la naturaleza de los problemas hallados dentro de un sistema hidráulico por goteo, a raíz del uso de abonos orgánicos y dar una solución eficaz y sostenible. Para ello se evaluó la efectividad de dos tratamientos de limpieza con hipoclorito sódico (NaClO) en emisores autocompensantes para un cultivo de platanera en la isla de Tenerife, en el cual se han utilizado abonos orgánicos mediante la fertirrigación. La eficacia se evaluó a través del análisis de los restos remanentes en los emisores mediante diferentes técnicas de análisis y a través

de técnicas de microscopía electrónica de barrido (SEM), así como tratamiento digital de imágenes. Finalmente se evaluó el efecto de los tratamientos con hipoclorito sobre las fases cristalinas presentes en el residuo de los emisores mediante difracción de rayos X.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en una finca localizada en el municipio de Garachico (Sta Cruz de Tenerife), dedicada fundamentalmente a la producción de plátanos y en la que aparecieron problemas de obturación de emisores. Éstos fueron instalados en varios lotes, con una antigüedad máxima de 3 años. El agua utilizada, procedente de manantial natural, tiene valores de pH >7,5 debido a la presencia de carbonatos y bicarbonatos, y almacenada en un estanque descubierto con elevada producción de algas. Una vez al año se aplica un tratamiento de mantenimiento con ácido clorhídrico (33%) a cada sector de riego para disminuir el valor de pH, solubilizar estos compuestos y evitar las obturaciones producidas por carbonatos cálcicos.

El pH del agua es un factor influyente en el crecimiento de bacterias. Se han visualizado obturaciones debidas al crecimiento microbiano en rangos de pH entre 3,5 y 8,5, por lo que en el caso de cargas microbianas elevadas los tratamientos con ácido no son útiles (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, Argentina, 2012).

Desde hace 3 años y coincidiendo con la colocación de nuevos laterales de riego en la finca de ensayo, se utilizaron 2 abonos orgánicos a través del sistema de riego. El primero de ellos es un enraizante y estimulador del crecimiento de tejidos vegetales, obtenido a base de hidrolizados de extractos vegetales (hidrólisis enzimática de maíz ecológico). Su composición consta de materia orgánica (50%) y las siguientes riquezas en % p/p: aminoácidos (7); N total (6,90); N orgánico (6,50); N amoniacial (0,23); N ureico (0,17), pH 7 y una densidad de 1,27 g/L. El segundo producto es un abono NP organomineral líquido que promueve el desarrollo del sistema radicular, mejorando la nutrición de las plantas, el transporte y la disponibilidad de micronutrientes de acuerdo con la etiqueta. Posee una composición de materia orgánica (45%), nitrógeno orgánico (2,8%), nitrógeno amoniacial 1,7 (%), fósforo (2%) y carbono orgánico (26%). Su pH es ácido con un valor de 4,8.

Ambos tienen un porcentaje superior al 40% de materia orgánica y el fabricante advierte de microorganismos vivos en su interior.

En el presente estudio se utilizó la tubería de gotero (PC) autocompensante D5000, (Rivulis Irrigation, S.L.). Dicho emisor tiene un mecanismo de autocompensación a través de diferencia de presión del diafragma de silicona, con función de auto limpieza con un rango de presión de operación de 0,5-3,5 (Bar). Posee una tasa de flujo de 2 L/h, con diámetro nominal de 16 mm, espesor de pared de



35 (0,89 mm) y salida en forma de hendidura con espesor de pared de 15 mm. (Figura 2).

Se realizaron dos tratamientos de aplicación de hipoclorito. El primero de ellos se realizó de manera puntual en el sector 13 de la finca seleccionada, con niveles bajos de concentración (2 mg/L) de Cl libre. Se aseguró que la concentración de cloro libre en el emisor más alejado se mantuviera en los rangos lógicos durante al menos 45 minutos ya que si el tiempo es inferior a 45 no hay seguridad en el efecto bactericida (Pizarro, 1996). El segundo tratamiento se realizó en el sector 15 de la finca, con concentraciones de 5 mg/L de Cl libre manteniendo estable el tiempo de inyección durante 4 horas, dejando reposar dentro del sistema durante 1 día.

El seguimiento de los niveles de Cl se realizó con un fotómetro portátil cloro libre y total (0,00 a 5,00 mg/L) de Hanna instruments.

La selección de goteros para su posterior análisis se realizó de acuerdo con su estado visual y funcionamiento. Previo al tratamiento y con el sistema de riego en funcionamiento, se buscaron y marcaron emisores que a simple vista goteaban de forma aparentemente normal, y otros que mostraban claros síntomas de taponamiento.

Se tomaron muestras de ambos tipos de goteros antes y después del tratamiento en 3 zonas diferentes de cada turno de riego con tres repeticiones por tratamiento. La evaluación de las zonas limpias y sucias dentro de los componentes del emisor se llevó a cabo mediante el uso de un objetivo macro Canon mp-e65 mm (1-5x) y su cuantificación en zonas limpias, sucias y muy sucias se realizó mediante el tratamiento de las imágenes obtenidas con el programa Autocad 2019. Se realizaron visualizaciones de los goteros mediante lupa y un microscopio electrónico de barrido (SEM), HITACHI S-3000N localizado en el Servicio Interdepartamental de Investigación de la Universidad Autónoma de Madrid (SIDI-UAM). El estudio de los posibles cambios de las fases cristalinas presentes en los emisores se llevó a cabo mediante la utilización de un difractómetro X'PERT PRO THETA/2THETA de Panalytical (SIDI, UAM). Los pH se determinaron con un equipo multi-paramétrico portátil HI-9811-5 (pH / CE / TDS / Temperatura), Hanna instruments.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 muestra el nivel de obturación de dos emisores perteneciente al turno 13 (2 mg/L) y 15 (5 mg/L). En el primero se obtuvo un 69% de obturación del laberinto, donde el 39% corresponde a zonas sucias y un 30% atañe a zonas muy sucias. En el segundo se obtuvo un 41% de obturación del laberinto, donde el 25% corresponde a zonas sucias y un 16% atañe a zonas muy sucias. Esto nos indica que, dependiendo de la localización del gotero, el nivel de obstrucción cambia, reduciendo el caudal y la uniformidad del riego.

En la Figura 3 se observan las imágenes de los emisores antes y después de los tratamientos, y en la Figura 4 las micrografías obtenidas por el SEM antes y después del tratamiento con 5 mg/L, en las que se observa una menor presencia de microorganismos. Los resultados obtenidos de los difractogramas indican que han desaparecido también algunos carbonatos.

---

## CONCLUSIONES

---

El uso de productos orgánicos en fertirrigación pueden producir obturaciones en los circuitos hidráulicos de las instalaciones de riego que se pueden prevenir mediante la aplicación de tratamientos con hipoclorito, especialmente a una dosis de 5 mg/L. El pH de la disolución puede condicionar la efectividad de dicho tratamiento.

---

## AGRADECIMIENTOS

---

Este trabajo forma parte del Trabajo Fin de Master de Pedro Fernández Díaz, alumno del Master UAM-UNED de Ciencias Agroambientales y Agroalimentarias

---

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. 2020. Encuesta sobre el uso del agua en el sector agrario (EUASA).

MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y PESCA DE ARGENTINA.2012. Mantenimiento de los equipos de riego. Disponible en línea en:

[https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_mantenimiento\\_de\\_los\\_equipos\\_de\\_riego.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_mantenimiento_de_los_equipos_de_riego.pdf)

PIZARRO, F. 1996. Riegos localizados de alta frecuencia. Mundi-Prensa. Madrid.

RÁMIREZ QUIRÓS, F. 2005. Desinfección del agua con cloro y cloraminas. Disponible en línea en:

<https://www.tecnicaindustrial.es/wp-content/uploads/Numeros/20/42/a42.pdf>.

UNESCO. 2020. Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2020: agua y cambio climático. Disponible en línea en:

<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373611/PDF/373611spa.pdf.multi>

## FOTOGRAFÍAS



1



2

ANTES



T13-1-A

a

DESPUÉS



T13-1-B

b



T15-2-A

ANTES

c



DEPUÉS

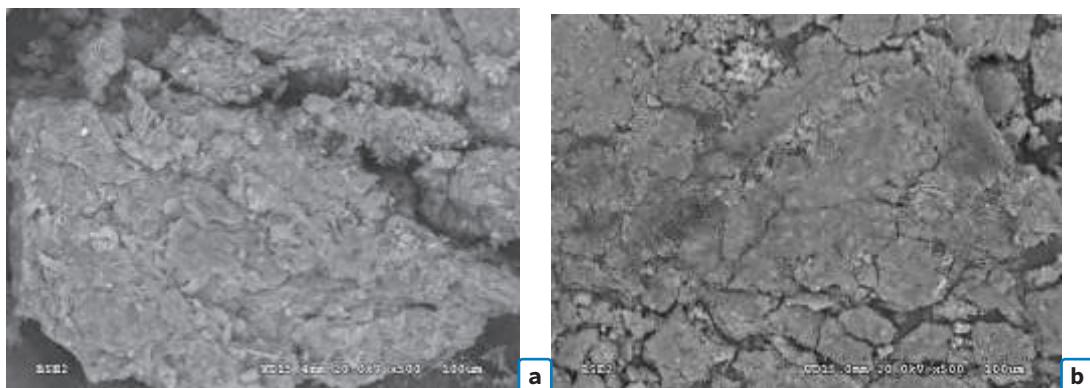
d

3

**Fotografía 1.** Diferentes componentes del sistema de riego con residuos generados como consecuencia de la aplicación de productos orgánicos a y b) carcasa de un contador de riego; c) suciedad recogida al final de la línea. (Fotografías cedidas por P. Fernández).

**Fotografía 2.** Elementos constitutivos del emisor D5000 PC (Rivulis irrigation SL).

**Fotografía 3.** Aspecto de los emisores antes (a y c) y después (b y d) de aplicar 2 g/L y 5 g/L de hipoclorito sódico.



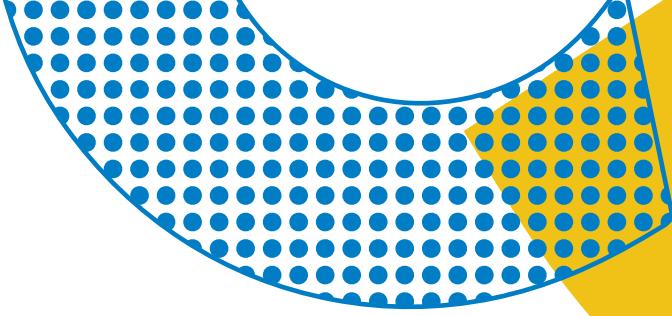
4

Fotografía 4. Micrografías obtenidas a partir de preparaciones de los emisores antes (a) y después (b) de aplicar 5 g/L de hipoclorito sódico.

## TABLAS

**Tabla 1.** Cuantificación del porcentaje de suciedad del laberinto de los emisores antes (T2A y T5A) y tras los tratamientos con 2 y 5 mg/L de hipoclorito sódico (T2D, T5D).

%	T2 A	T2 D	T5 A	T5 D
LIMPIA	31	62	59	84
SUCIA	39	38	25	16
MUY SUCIA	30	-	16	-
TOTAL	100	100	100	100



# **APLICACIÓN DE MICRORGANISMOS PARA REDUCIR EL APORTE DE INSUMOS Y MEJORAR LA CALIDAD DE UN CULTIVO DE PATATA**

**Ollio, I.; Martínez-Martínez, S.; Zornoza, R.; Egea-Gilabert, C.; Fernández J.A.**

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica (ETSIA), Cartagena (Murcia), Spain.

---

## **RESUMEN**

---

La patata (*Solanum tuberosum L.*) es uno de los cultivos más importantes, ya que es uno de los alimentos más consumidos en el mundo. La producción de patata en el sureste de España se enfrenta con algunos desafíos relacionados con las enfermedades presentes en el suelo y la continua necesidad de aplicar insumos externos, para garantizar su comercialización en términos de rendimiento, calidad y apreciación del consumidor. El objetivo de este trabajo fue reducir estos insumos, mejorar la rentabilidad y aumentar la sostenibilidad, a través de nuevos sistemas de producción, mediante la aplicación de formulaciones de microorganismos (micorrizas y bacterias promotoras del crecimiento de las plantas) del suelo. El cultivo se desarrolló en una finca del Campo de Cartagena, de forma convencional con fertirrigación. Se utilizaron, como referencia, las prácticas de producción habituales de la zona, incluidas las dosis de fertilizantes, las aplicaciones de pesticidas y las medidas de control de malezas. En el experimento se evaluaron 4 tratamientos con 4 repeticiones dispuestas al azar: un control con la fertilización habitual de la zona; un control con reducción de la fertilización de un 30%; un tratamiento con una reducción en la fertilización de un 30 % y aplicación de una formulación de bacterias solubilizadores de N-P-K (Bactoneco); y otro tratamiento con reducción de fertilización de un 30 % y aplicación de una mezcla de bacteria y hongos micorrícos (Nuve). Los tubérculos de patata cv. Spunta fueron plantados el 22 de diciembre 2020, realizándose la recolección desde el 31 de mayo hasta el 4 de junio 2021 (160-164 días después). La reducción de la fertilización no afectó al rendimiento del cultivo, ni al contenido de almidón, pero sí se observó una reducción de plagas y enfermedades en los dos tratamientos con aplicación de las formulaciones de microrganismos. En conclusión, modificando la aportación de insumos externos, respecto a las prácticas convencionales de producción del Campo de Cartagena - es decir reduciendo la aplicación de fertilizante inorgánico, coadyuvado a la aplicación de microorganismos beneficiosos - es posible obtener una buena calidad y rendimiento del cultivo de patata.

## INTRODUCCIÓN

La patata (*Solanum tuberosum L.*) es el cultivo no cerealista más importante del mundo y el tercer cultivo alimenticio más importante después del arroz y el trigo<sup>1</sup>. En España su cultivo se incrementó en los últimos años, pasando de 2 millones en 2018 a 2,26 millones de toneladas en el 2019 (FAOSTAT, 2022).

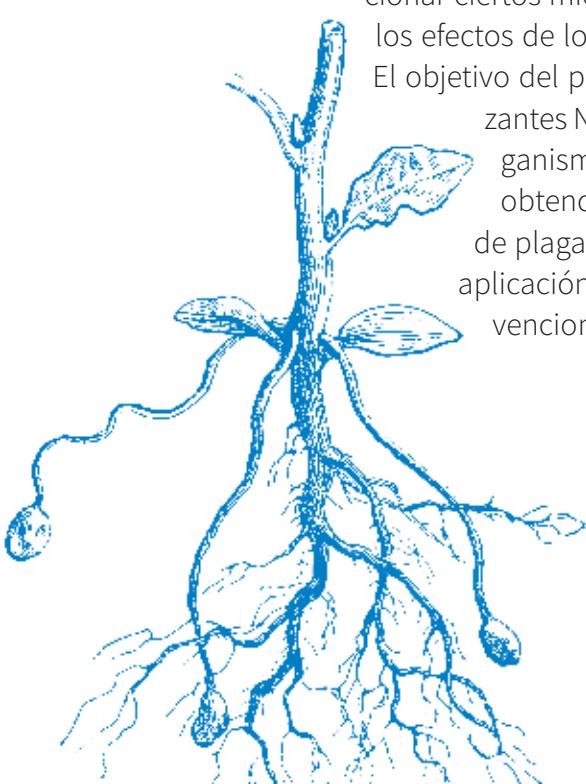
En los sistemas de altos insumos, los principales desafíos para la producción sostenible incluyen la dependencia de plaguicidas y el manejo de fertilizantes y riego para aumentar la eficiencia de los recursos y reducir los impactos ambientales. Un uso masivo de insumos artificiales, como los fertilizantes de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), macronutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas, puede representar una amenaza considerable para el medio ambiente al contaminar el agua, el aire y el suelo (Rahman and Zhang, 2018), y adicionalmente puede conducir a la disminución del contenido de nutrientes en el suelo y hacer que los cultivos sean más susceptibles a diversas enfermedades (Aktar, Sengupta and Chowdhury, 2009).

Varios resultados concluyen que la inoculación conjunta de cepas de hongos micorrícicos arbusculares (AMF) y las rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas (PGPR) o formulaciones comerciales que contienen múltiples cepas es capaz de sortear los problemas del uso masivo de fertilizantes químicos (Adesemoye and Kloepffer, 2009). Cuando se aplica en combinación con las dosis adecuadas de fertilizantes minerales, las mezclas de PGPR y AMF conducen a la mejora de la calidad del producto y la mejora de la fertilidad del suelo y el entorno microbiano.(Ye et al., 2020).

Los PGPR y / o AMF representan importantes insumos agrícolas que mejoran la sostenibilidad de los suelos del cultivo de la patata, reduciendo el uso de fertilizantes y pesticidas químicos (Pathak, Lone and Koul, 2017; Riaz et al., 2020). El empleo de microrganismos que fijan el nitrógeno atmosférico (Lloret and Martínez-Romero, 2005), solubilizan minerales como el fósforo y el potasio (Wani, Khan and Zaidi, 2007; Jaiswal et al., 2016). Asimismo, la estimulación indirecta del crecimiento de las plantas que pueden propor-

cionar ciertos microrganismos está relacionada con su protección contra los efectos de los fitopatógenos (Grobelak, Napora and Kacprzak, 2015).

El objetivo del presente estudio era determinar si la reducción de fertilizantes NPK asociado a la aplicación de formulaciones de microrganismos (PGPR y AMF) puede ser una buena alternativa para la obtención de un buen rendimiento, calidad y para la incidencia de plagas y enfermedades, de un cultivo de patata, respecto a la aplicación de la tasa completa de fertilización de un cultivo convencional.



## MATERIAL Y MÉTODOS

### Diseño experimental

Las patatas (*Solanum tuberosum* L. cv. Spunta) se plantaron el 22 de diciembre de 2020 en una parcela de la Estación Experimental Agroalimentaria ‘Tomás Ferro’ - UPCT ubicada en Cartagena, Región de Murcia ( $37^{\circ} 41' 16.41''$  N  $0^{\circ} 56' 54.84''$  W). El sistema de cultivo se manejó de forma convencional, de acuerdo con los protocolos de cultivo estándar de la zona del Campo de Cartagena, y consistió en las siguientes operaciones: arado y abonado inicial (estiércol de oveja), rastrillado y asurcado antes de sembrar la patata, aplicación de fertilizantes, pesticidas y las medidas de control de malezas para ese cultivo en particular.

**Tabla.** Tratamientos ensayados.

PARCELA EXPERIMENTAL				
Tratamiento	NUVE	BACTONECO	CONTROL 70 %	CONTROL 100 %
Fertilización N-P-K (%)	70	70	70	100
Producto	Nuve (Fyneco)	Bactoneco N-P-K (Fyneco)	sin producto	sin producto

El experimento se realizó en un diseño aleatorio que constaba de cuatro tratamientos distintos divididos en cuatro repeticiones; de los cuales había un control con una fertilización de cobertura estándar (Control 100 %) -  $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de N,  $43,75 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de P y  $200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de K- y las otras con una reducción de un 30 % de dichas dosis: un control con reducción de la fertilización de un 30 % (Control 70 %); un tratamiento con una reducción en la fertilización de un 30 % y aplicación de una formulación de bacterias solubilizadoras de N-P-K (Bactoneco); y otro tratamiento con reducción de fertilización de un 30 % y aplicación de una mezcla de bacteria y hongos micorrízicos (Nuve).

Una cantidad de aproximadamente 1000 kg de tubérculos de patata, previamente cortados y tratados con cobre, fueron plantados en 16 parcelas experimentales con una superficie de  $185 \text{ m}^2$  cada una. La distancia entre los caballones fue de 100 cm, la distancia entre los tubérculos de 20 cm y la profundidad de siembra de unos 20 cm. La fertilización se inició el 22 de febrero (62 después de la plantación). Durante el período de crecimiento, la precipitación fue de 309 mm y la temperatura media del aire varió entre  $10,4^{\circ}\text{C}$  y  $18,8^{\circ}\text{C}$ . La cantidad de agua aplicada desde la plantación hasta la cosecha fue aproximadamente  $2420 \text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$  (Tabla 1). Para la dosis de riego se tuvo en cuenta las tasas de evapotranspiración y la lluvia, usando los datos de la estación meteorológica ubicada en la estación experimental señalada anteriormente. Para el riego se utilizó un sistema de cinta con un caudal de  $0,1 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$  (Tabla 1). La recolección se realizó desde el 31 de mayo hasta el 4 de junio 2021 (160-164 días después de la plantación).



## Propiedades fisicoquímicas del suelo

El suelo es principalmente franco-arcilloso, con un 39 % de arena; 37 % de limo y 25 % de arcilla, y con un pH de 8,3. Antes del establecimiento del ensayo mostró los siguientes valores medios de nutrientes: 2,4 % de materia orgánica; N total ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) = 0,9; P disponible ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) = 95,61; K intercambiable ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) = 364,5; Ca intercambiable ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) = 2412; Mg intercambiable ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) = 586; Na intercambiable ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) = 148.

## Análisis agronómico y biológico

En el momento de la recolección se analizó el rendimiento en las parcelas experimentales, y la calidad de los tubérculos (firmeza, densidad, % almidón, peso y dimensión) y la incidencia de las plagas y enfermedades en una muestra de 10 patatas por cada tratamiento.

El análisis de firmeza se realizó con la máquina universal de ensayos, Ibertest Elib-5-W, comprobando la resistencia del tubérculo a una profundidad de penetración de 5 mm, estimando la Fuerza máxima de punción (N) de la fuerza que opone la muestra a ser penetrada. Los datos fueron convertidos en  $\text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$ . Se determinó el peso, la dimensiones (medidas) y la densidad del tubérculo (medidas) con una balanza de laboratorio y un calibre Vernier. El contenido de almidón fue determinado con el método estándar (AOAC 996.11), utilizando el kit

Total Starch (AA/AMG) Assay Kit (Megazyme, Co., Wicklow, Ireland), siguiendo el protocolo del fabricante. El kit emplea la acción combinada de  $\alpha$ -amilasa y amiloglucosidasa para hidrolizar el almidón a glucosa, seguido de la determinación de glucosa con un reactivo de glucosa oxidasa / peroxidasa. Para la preparación de las muestras de almidón se utilizó el método descrito por Noda *et al.* 2004, con algunas modificaciones. Se calculó el contenido de almidón hidrolizado usando Megazyme Mega-Calc™ (McCleary *et al.*, 2020).

La evaluación plagas y enfermedades se llevó a cabo examinando visiblemente 10 patatas (lavadas y cortadas) de cada repetición, por un total de 160 tubérculos, con el fin de identificar la presencia de los daños causados.

Los datos se analizaron utilizando una prueba ANOVA de una vía para resaltar las diferencias significativas ( $P < 0,05$ ), y donde fue significativa se procedió con la prueba post-hoc HSD de Tukey para comparaciones múltiples.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Evaluaciones agronómicas

En cuanto a los parámetros de rendimiento del cultivo, la densidad de los tubérculos y el

porcentaje de almidón, el análisis ANOVA no ha evidenciado diferencias estadísticamente significativas entre los cuatro tratamientos.

El rendimiento varió entre  $5,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$  y  $5,7 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$  entre los cuatro tratamientos, indicando que la reducción de la fertilización no ha afectado a la producción. Nuestros resultados coinciden con los de Ünlü *et al.* (2006) que obtuvo un mayor rendimiento de patata con menos agua y nitrógeno de lo recomendado y los de Janat (2007) que no encontró diferencias significativas en la producción de patatas con diferentes cantidades de nitrógeno adicionado.

El volumen de los tubérculos osciló entre 119,08 y 184,38 V. Estos valores no son significativamente diferentes excepto entre los tratamientos Bactoneco y Control 70 % que si tienen una diferencia estadísticamente significativa (*p*-valor < 0,05). La densidad estaba entre 0,0013 y 0,0067 g·cm<sup>-3</sup> sin tener diferencias estadísticamente significativas. Según Bussan *et al.*, 2007 la densidad de las plantas en el campo puede afectar al tamaño de los tubérculos, así como las dosis de aplicación de P (Rosen and Bierman, 2008) o de N (Maltas, Dupuis and Sinaj, 2018); en nuestro caso la diferentes dosis de fertilizante no tuvieron influencia a este respecto. Solo en el caso de la firmeza hubo diferencias estadísticamente significativas (*p*-valor < 0,05) entre los tratamientos Control 100 % ( $8,05 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$ ) y el Control 70 % ( $8,65 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$ ) (Tabla 2).

El porcentaje de almidón osciló entre el 23 % y el 25 % no mostrando diferencias estadísticamente significativas que puedan depender de la reducción de fertilización (Bogucka, 2014; Maltas, Dupuis and Sinaj, 2018) o del acción de los productos de microrganismos.

### **Plagas y enfermedades**

La incidencia de plagas y enfermedades fue calculada según la siguiente fórmula:  $100 \times (\text{número de tubérculos afectados por cada tratamiento} / \text{número total de tubérculos por tratamiento})$ . Los principales daños identificados entre los tubérculos fueron la presencia de daño atribuible a *Rhizoctonia spp.* mostrando, aunque de forma bastante leve, la presencia de corpúsculos negros (esclerocios) sobre la superficie del tubérculo y la presencia de pequeñas galerías en los tubérculos por la incidencia del gusano del alambre (*Agrotis lineatus*). La incidencia de *Rhizoctonia* fue del 2,5% en el tratamiento Nuve, 17,5% en Batoneco, 32% en Control 70%, y 15% en el Control 100%; la incidencia de gusano de alambre fue del 5% en Nuve, 12,5% en Bactoneco, 35% en el Control 70% y un 37,5% en el control 100% (Tabla 4). Algunas patatas fueron afectadas por malas hierbas, principalmente *Cyperus sp.*, dañando al tubérculo. Además, se encontraron varias patatas con pudriciones secas, que pueden ser atribuible a un posible daño de *Alternaria spp* (Gráfico 1.). Por lo general, el tratamiento que fue meno afectado por daños a los tubérculos fue el tratamiento Nuve, donde hemos aplicado la mezcla de bacterias y hongos. Como reporta Larkin (2008) los hongos micorrílicos arbusculares bajo ciertas condiciones pueden proteger la patata de algunas enfermedades incluso aumentar el rendimiento.

---

## CONCLUSIONES

---

No hubo diferencias de rendimiento del cultivo, en la densidad de los tubérculos y en el porcentaje de almidón entre los distintos tratamientos. En el caso de la firmeza el Control 70 % se demostró significativamente más elevado respecto al Control 100 % y en el caso del volumen, los tubérculos del tratamiento Bactoneco resultan significativamente más pequeños respecto al tratamiento control 70 %. En la valoración global de las plagas y enfermedades los tratamientos que no han recibido la aplicación de las formulaciones de microorganismos se vieron más afectados. Es importante subrayar, entre otras cosas, que las patatas del tratamiento Nuve, fueron las menos afectadas.

Este estudio ha demostrado que, con una buena gestión de la fertilización, sin exceso de uso de fertilizante, coadyuvada con la aplicación de microorganismos beneficiosos, es posible obtener una buena calidad y rendimiento del cultivo de patata y además, reduciendo hasta cierto grado de daños por plagas y enfermedad.

---

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- ADESEMOYE, A.O. y KLOEPFER, J.W. 2009. Plant–microbes interactions in enhanced fertilizer-use efficiency. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 85(1), 1–12. doi:10.1007/s00253-009-2196-0.
- AKTAR, W., SENGUPTA, D. y CHOWDHURY, A. 2009. Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards, *Interdisciplinary Toxicology*, 2(1), 1–12. doi:10.2478/v10102-009-0001-7.
- BHARADWAJ, D.P., LUNDQUIST, P.-O. y ALSTRÖM, S. (2008) ‘Arbuscular mycorrhizal fungal spore-associated bacteria affect mycorrhizal colonization, plant growth and potato pathogens’, *Soil Biology and Biochemistry*, 40(10), pp. 2494–2501. doi:10.1016/j.soilbio.2008.06.012.
- BOGUCKA, B. (2014) ‘Effect of different mineral fertilization technologies on the size of starch granules in potato’, *Starch - Stärke*, 66(7–8), pp. 685–690. doi:10.1002/star.201300242.
- FAOSTAT (no date). Available at: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (Accessed: 19 January 2022).
- FERREIRA, T.C. y GONÇALVES, D.A. (2007) ‘Crop-yield/water-use production functions of potatoes (*Solanum tuberosum*, L.) grown under differential nitrogen and irrigation treatments in a hot, dry climate’, *Agricultural Water Management*, 90(1), pp. 45–55. doi:10.1016/j.agwat.2007.02.012.
- GROBELAK, A., NAPORA, A. y KACPRZAK, M. (2015) ‘Using plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) to improve plant growth’, *Ecological Engineering*, 84, pp. 22–28. doi:10.1016/j.ecoleng.2015.07.019.
- JAISWAL, D.K. et al. 2016. Potassium as an Important Plant Nutrient in Sustainable Agriculture: A State of the Art’, in Meena, V.S. et al. (eds) *Potassium Solubilizing Microorganis-*

ms for Sustainable Agriculture. New Delhi: Springer India, pp. 21–29. doi:10.1007/978-81-322-2776-2\_2.

JANAT, M.(2007. Efficiency of Nitrogen Fertilizer for Potato under Fertigation Utilizing a Nitrogen Tracer Technique', Communications in Soil Science and Plant Analysis, 38(17–18), pp. 2401–2422. doi:10.1080/00103620701588775.

LLORET, L. AND MARTÍNEZ-ROMERO, E. (no date) Evolución y filogenia de Rhizobium', Rev Latinoam Microbiol, 19.

LONE, R. et al. 2015. Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Growth and Development of Potato (*Solanum tuberosum*) Plant', Asian Journal of Crop Science, 7(3), 233–243. doi:10.3923/ajcs.2015.233.243.

MALTAS, A., DUPUIS, B. y SINAJ, S. 2018 Yield and Quality Response of Two Potato Cultivars to Nitrogen Fertilization, Potato Research, 61(2), 97–114. doi:10.1007/s11540-018-9361-8.

MCCLEARY, B.V. et al. 2020 Measurement of available carbohydrates, digestible, and resistant starch in food ingredients and products', Cereal Chemistry, 97(1), 114–137. doi:10.1002/cche.10208.

PATHAK, D., LONE, R. AND KOUL, K.K. 2017. Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) and Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) Association in Potato (*Solanum tuberosum* L.): A Brief Review. En Kumar, V. et al. (eds) Probiotics and Plant Health. Singapore: Springer, pp. 401–420. doi:10.1007/978-981-10-3473-2\_18.

RAHMAN, K.M.A. AND ZHANG, D. 2018. Effects of Fertilizer Broadcasting on the Excessive Use of Inorganic Fertilizers and Environmental Sustainability', Sustainability, 10(3), . 759. doi:10.3390/su10030759.

RIAZ, U. et al. 2020. Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) as Biofertilizers and Biopesticides', in, pp. 181–196. doi:10.1007/978-3-030-48771-3\_11.

Rosen, C.J. and Bierman, P.M. 2008. Potato Yield and Tuber Set as Affected by Phosphorus Fertilization, American Journal of Potato Research, 85(2), 110–120. doi:10.1007/s12230-008-9001-y.

SINGH, M. et al. 2016. Role of Biofertilizers in Conservation Agriculture. In Conservation Agriculture: An Approach to Combat Climate Change in Indian Himalaya, pp. 113–134. doi:10.1007/978-981-10-2558-7\_4.

WANI, P.A., KHAN, M.S. y ZAIDI, A. 2007. Synergistic effects of the inoculation with nitrogen-fixing and phosphate-solubilizing rhizobacteria on the performance of field-grown chickpea, Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 170(2), 283–287. doi:10.1002/jpln.200620602.

WORLD FOOD AND AGRICULTURE. 2020.Statistical Yearbook 2020. FAO. doi:10.4060/cb1329en.

YE, L. et al. 2020. Bio-organic fertilizer with reduced rates of chemical fertilization improves soil fertility and enhances tomato yield and quality. Scientific Reports, 10(1), 177. doi:10.1038/s41598-019-56954-2.

## AGRADECIMIENTOS

Este estudio está financiado por el proyecto SoildiverAgro (Contract Number: 817819).

## TABLAS

**Tabla 1.** Parámetros meteorológicos y riego aplicado, mensuales, durante el periodo que va desde la plantación hasta la cosecha.

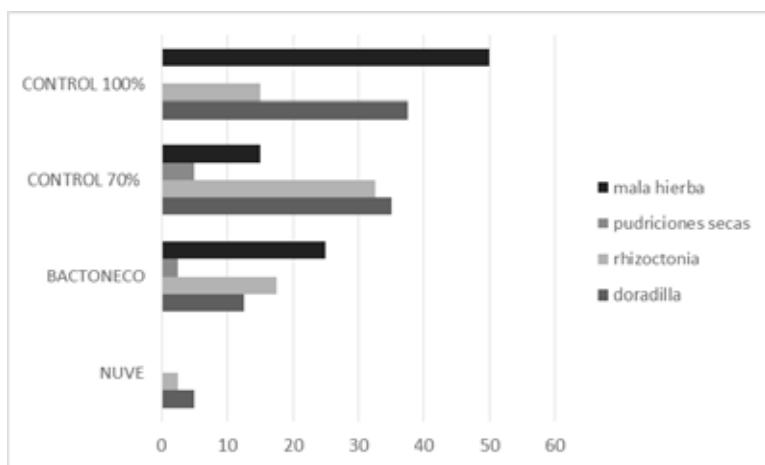
MES	DIC.	ENERO	FEB.	MARZO	ABRIL	MAYO
Temperatura	10,4	11,0	13,7	13,1	15,4	18,8
Lluvia (mm)	0,4	65,2	0,8	80,8	60,8	101,0
Evapotranspiración (mm)	14,7	47,9	53,1	74,1	91,1	137,7
Humedad relativa (%)	54,4	64,1	69,0	75,1	75,4	68,4
Agua de riego ( $m^3 \cdot ha^{-1}$ )	119	102	442	687	478	596

**Tabla 2.** Parámetros de rendimiento y calidad de la patata.

PARÁMETROS	TRATAMIENTOS			
	NUVE	BACTONECO	CONTROL 70%	CONTROL 100%
Contenido de almidón (%)	23 ± 4,80	24 ± 2,45	25 ± 1	23 ± 6,08
Volumen (V)	175,86 ± 56,32 <sup>ab</sup>	119,08 ± 15,42 <sup>b</sup>	184,38 ± 21,64 <sup>a</sup>	161,09 ± 27,13 <sup>ab</sup>
Firmeza (kg · cm <sup>-2</sup> )	8,26 ± 0,006 <sup>ab</sup>	8,26 ± 0,27 <sup>ab</sup>	8,65 ± 0,35 <sup>a</sup>	8,05 ± 0,09 <sup>b</sup>
ρ (densidad) (mg · cm <sup>-3</sup> )	1,09 ± 0,0818	1,15 ± 0,0706	1,12 ± 0,0354	1,14 ± 0,0471
Rendimiento (kg · m <sup>-2</sup> )	5,57±0,67	5,21±0,42	5,69±0,27	5,39±0,60

Los datos seguidos por diferentes letras en superíndice son estadísticamente diferentes ( $P < 0,05$ ).

## FIGURAS



**Figura 1.** Valoración de la plagas y enfermedades y malas hierbas encontradas en los tubérculos recolectados en los cuatro tratamientos experimentales. Media del porcentaje de daño en los cuatro tratamientos



# **GESTIÓN DE LA FERTIRRIGACIÓN EN CULTIVO DE TOMATE EN SUSTRATO EN SISTEMA SEMI-CERRADO PARA LA REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR NITRATOS**

**Medrano, E.; Sánchez-Guerrero, M.C.**

Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA). Centro IFAPA La Mojónera (Almería). Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible.

---

## **RESUMEN**

La estrategia de gestión de lixiviados en los sistemas de cultivo en sustrato recirculantes semi-cerrados es fundamental para mejorar la eficiencia en el uso del agua y de los fertilizantes y minimizar la contaminación del medio. El objetivo de este estudio es evaluar la respuesta de la producción de fruto al cese de aporte de fertilizantes durante los días previos a las sucesivas renovaciones de la solución recirculante, necesarias para evitar la acumulación de sales en el entorno radical de un cultivo de tomate, *Solanum Lycopersicum* (L) cv. Caniles, en sustrato de fibra de coco en sistema semi-cerrado. La finalidad del cese de aporte de fertilizantes es la reducción de nitratos previa a la salida del sistema para minimizar la contaminación ambiental por nitratos. Se estableció un diseño factorial con dos factores: dos niveles de Salinidad del agua de riego S0 ( $0,8 \text{ mS.cm}^{-1}$ ) y S1 ( $2,0 \text{ mS.cm}^{-1}$ ) y dos estrategias de fertirrigación N1 (sin reducción de fertilizantes) y N0 (cese del aporte de fertilizantes durante los días previos a la renovación de la solución recirculante). Se observó una interacción de ambos factores sobre la producción de fruto, así la reducción de fertilizantes incrementó la producción de fruto y la mayor salinidad del agua de riego la redujo, si bien el incremento productivo debido a la reducción de fertilizantes fue mayor en el cultivo regado con agua de baja salinidad. La reducción en el aporte fertilizantes se tradujo en una reducción del contenido de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) a la salida del sistema, con  $10 \text{ mmol.L}^{-1}$  en el tratamiento N1 frente a  $4 \text{ mmol.L}^{-1}$  en el tratamiento N0. Se puede concluir que la estrategia estudiada contribuye a la reducción de la contaminación ambiental por nitratos en sistemas semi-cerrados de cultivo de tomate en sustrato con un efecto positivo sobre la producción.

**Palabras clave:** *lixiviados, salinidad, Conductividad eléctrica, fibra de coco*

---

## **INTRODUCCIÓN**

Las zonas del Campo de Dalías-Albufera de Adra, Bajo Andarax y Campo de Níjar, entre otras, en virtud de la Orden 7 de julio de 2009 están declaradas como vulnerables a la

contaminación por nitratos. La causa fundamental es el vertido al medio ambiente de lixiviados de cultivos hortícolas. El sistema de cultivo en sustrato permite la reutilización de la fracción de drenaje obtenida en cada riego, con el consiguiente ahorro de agua y fertilizantes (Lorenzo y col., 2020), si bien dicha solución recirculante tiene que ser descartada del sistema cuando la conductividad eléctrica (CE) y/o la concentración de algunos iones potencialmente tóxicos alcanza el valor máximo admitido por el cultivo, por lo que se suele utilizar el término de sistema semi-cerrado.

Cuando se utilizan aguas de moderada salinidad hay una acumulación relativamente rápida de iones como el sodio  $\text{Na}^+$  y el cloro  $\text{Cl}^-$  que están disueltos en el agua de riego a una concentración mayor que la de absorción por parte de la planta (relación entre la absorción de nutrientes y de agua por la planta) (Sonneveld, 2002). Massa y col. (2010) propusieron una estrategia para prolongar la solución recirculante en sistemas semi-cerrados con el objetivo de reducir el uso de agua y fertilizantes y minimizar las emisiones de  $\text{NO}_3^-$ . En dicha estrategia, la solución recirculante era descartada cuando su CE excedía  $4,5 \text{ dS.m}^{-1}$  y antes de la descarga la absorción de agua por el cultivo era compensada, durante 2-4 días, solamente por agua fresca con el fin de reducir la concentración de  $\text{NO}_3^-$  en la solución recirculante. La implementación de este procedimiento es bastante fácil ya que la CE es una medida rutinaria en cultivos sin suelo y la concentración de  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$  y  $\text{Na}^+$  se puede medir fácilmente a pie de finca usando sistemas rápidos (Maggini y col. 2010). El objetivo de este estudio es evaluar la respuesta de la producción de fruto a la aplicación de la estrategia propuesta por Massa y col. (2010) de cese del aporte de fertilizantes durante los días previos a las sucesivas renovaciones de la solución recirculante, necesarias para evitar la acumulación de sales en el entorno radical de un cultivo de tomate, *Solanum Lycopersicum* (L) cv. Caniles, en sustrato de fibra de coco en sistema semi-cerrado, utilizando agua de riego con dos concentraciones salinas (baja y moderada salinidad).

## MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento se realizó en un invernadero multitúnel de 1000 m<sup>2</sup> de superficie, localizado en el Centro IFAPA La Mojonera (Almería) (Latitud 36°48'N, Longitud 2°41'W), con un cultivo de tomate, *Solanum Lycopersicum* (L) cv. Caniles, en sustrato de fibra de coco en sistema semi-cerrado consistente en canales horizontales de 22 m con una pendiente de 1,5%. La solución de drenaje era recogida al final de cada canal y conducida, por gravedad, hasta un tanque de almacenamiento de 500 L por tratamiento. Las plántulas fueron trasplantadas el 24 de septiembre de 2019 a una densidad de 2 plantas.m<sup>-2</sup>. La gestión de riego se basó en la radiación global incidente sobre el cultivo, medida con un piranómetro conectado al controlador de riego (CDN, INTA, Águilas, España). El riego era activado cuando la integral de radiación solar en el interior del invernadero (IR, Wh.m<sup>-2</sup>) alcanzaba el valor consigna que se fue modificando en función del desarrollo del cultivo.

Se estableció un diseño factorial con dos factores: dos niveles de Salinidad del agua de riego S0 ( $0,8 \text{ mS.cm}^{-1}$ ) y S1 ( $2,0 \text{ mS.cm}^{-1}$ ) con un contenido en NaCl de  $4,0 \text{ mm.L}^{-1}$  y  $14 \text{ mmol.L}^{-1}$  respectivamente y dos estrategias de fertirrigación N1 (sin reducción de fertili-

zantes) y N0 (cese del aporte de fertilizantes durante los días previos a la renovación de la solución recirculante), resultando en total cuatro tratamientos: S0N1, S0N0, S1N1, S1N0.

En la estrategia N1 el consumo hídrico de la planta era compensado con la aplicación de agua y fertilizantes; la estrategia N0 era similar a N1 excepto durante los 4 días previos a los descartes de la solución recirculante, en los que sólo se aplicaba agua con solo una fracción de ácido nítrico para mantener el pH a 6. Los criterios para realizar los descartes de la solución de drenaje fueron diferentes en función del agua de riego utilizada, así en S0 se estableció el descarte de la solución recirculante cuando la concentración de  $\text{Na}^+$  alcanzaba el valor de  $15 \text{ mmol.L}^{-1}$  y en S1 cuando dicho valor era de  $25 \text{ mmol.L}^{-1}$ . Para ello se establecieron cuatro grupos de riego independientes: dos por cada fuente de agua (S0 y S1) y dentro de cada tipo de agua se establecerán dos criterios de recirculación: N1, Aporte de fertilizantes de forma continua y N0, cese del aporte de fertilizantes 4 días antes de descartar la solución lixiviada del sistema en base al incremento del contenido salino de la misma. Con la estrategia denominada N0 se pretende reducir los nutrientes en la solución lixiviada ya que no ha una reposición de estos y así conseguir una reducción del contenido de nitratos en dicha solución previamente a su descarte.

Durante cada riego, el controlador de riego ajustaba automáticamente la solución de drenaje procedente de su tanque correspondiente a la CE consigna:  $2,4 \text{ mS.cm}^{-1}$  cuando se utilizaba el agua S0 y  $3,5 \text{ mS.cm}^{-1}$  cuando se utilizaba el agua de riego S1, mediante la inyección de agua. Cuando no se disponía de solución de drenaje en su tanque correspondiente, el controlador continuaba dicho riego elaborando una nueva solución nutritiva con una concentración de nutrientes ( $\text{mmol.L}^{-1}$ ) de:  $5,0 \text{ Ca}^{+2}$ ,  $7,0 \text{ K}^+$ ,  $12,0 \text{ NO}_3^-$ ,  $1,5 \text{ NH}_4^+$ ,  $2,5 \text{ Mg}^{2+}$ , 1 P and  $2,3 \text{ SO}_4^{2-}$ ; pH entre 5,8 y 6. En una unidad de cultivo por tratamiento, compuesto por un saco de fibra de coco con 3 plantas, se midieron manualmente tres veces a la semana la CE de las soluciones nutritivas y de drenaje utilizando un medidor portátil (Cond 3110, WTW Weilheim, Alemania) y el contenido de  $\text{Na}^+$  y  $\text{NO}_3^-$  con medidores portátiles (Laqua twin Na-11 y NO3-11, Horiba Scientific, Japón).

El seguimiento de la producción de fruto se realizó en 3 repeticiones por tratamiento compuestas de 12 plantas cada una. Los frutos eran recolectados dos veces en semana desde el 2 de enero al 1 de abril de 2020.

La evaluación de los datos obtenidos se realizó mediante el análisis de la varianza (ANOVA) y las diferencias entre medias fue comparada utilizando el método de la mínima diferencia significativa (LSD) con un nivel de confianza  $P<0,05$ , utilizando el programa Statistix 9 para Windows (Analytical Software, Tallahassee, USA).



**Tabla.** Tratamientos ensayados.

FACTOR	TRATAMIENTO
Estrategia de fertirrigación	Aporte continuo de fertilizantes ( <b>N1</b> )
	Cese aporte de fertilizantes 4 días antes del descarte de la solución recirculante ( <b>N0</b> )
Salinidad agua de riego	Baja salinidad (CE 0,8 mS.cm <sup>-1</sup> ) ( <b>S0</b> )
	Moderada salinidad (CE 2,0 mS.cm <sup>-1</sup> ) ( <b>S1</b> )

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La estrategia N0 (cese de fertilizantes 4 días antes realizar los descartes de la solución recirculante) resultó en una menor CE media de la solución nutritiva aportada y drenada (Tabla 1) cuando se utilizó agua de baja salinidad (S0); sin embargo dichos valores no variaron cuando se utilizó agua de moderada salinidad (S1) probablemente debido a que la mayor concentración de NaCl en dicha solución enmascaraba la reducción de fertilizantes. La estrategia del cese en la inyección de fertilizantes en la solución recirculante previa a los descartes aplicada en N0 redujo contenido de nitratos en la solución de descarte, de 9,6 mmol.L<sup>-1</sup> a 4,7 mmol.L<sup>-1</sup> cuando se utilizó agua de baja salinidad (S0) y de 8,2 mmol.L<sup>-1</sup> a 4,0 mmol.L<sup>-1</sup> cuando se utilizó agua de moderada salinidad (S1). Medrano y col. (2019) con la misma estrategia consiguieron reducir el contenido de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en la solución de descarte a 2 mmol.L<sup>-1</sup>, probablemente debido a que el sustrato utilizado fue un sustrato inerte como es la perlita. Massa y col. (2010) consiguieron reducir el contenido de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en la solución de descarte por debajo de 1 mmol.L<sup>-1</sup>, en su caso trabajaron con un sustrato inerte como es la lana de roca y el pH fue controlado aplicando ácido sulfúrico, en nuestro caso el pH se redujo aplicando ácido nítrico ya que es la práctica habitual en el sudeste español por lo que es muy difícil bajar por debajo de 2 mmol.L<sup>-1</sup>.

En la tabla 2 se presenta el volumen de agua aportado por hectárea, así como el volumen de agua de descarte que fue ligeramente mayor cuando se utilizó agua de moderada salinidad (S1), debido a una mayor necesidad de descartes por acumulación de NaCl. La estrategia N0 redujo en un 43% la cantidad de N-NO<sub>3</sub>- emitido al medio cuando se utilizó agua de baja salinidad (S0) y en un 51% cuando se utilizó agua de moderada salinidad (S1).

En la figura 1 se presenta la evolución de la producción de fruto de tomate en los cuatro tratamientos evaluados; a partir de la quinta recolección, realizada en el mes de febrero, comienza a detectarse diferencias entre tratamientos. tanto por la salinidad del agua utilizada como por el cese puntual del aporte de fertilizantes. En la producción total comercial se obtuvieron diferencias significativas tanto por el incremento de salinidad que redujo la producción como por el cese de aporte de fertilizantes que la incrementó, si bien se obtuvo una interacción entre ambos factores (Figura 2), resultando en un incremento productivo cuando se aplicó la estrategia N0 en condiciones de baja salinidad (S0): 10,3 kg.m<sup>-2</sup> SON0 y 9,2 kg.m<sup>-2</sup> SON1 mientras que no hubo diferencias en la producción cuando dicha estrategia se aplicó en condiciones de moderada salinidad (S1): 8,6 kg.m<sup>-2</sup> S1N1 y 8,7 kg.m<sup>-2</sup> S1NO.

---

## CONCLUSIONES

---

La estrategia del cese de aporte de fertilizantes días antes de la realización de los descartes de la solución recirculante en sistemas de cultivo en sustrato semi-cerrados puede reducir la emisión de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> entre un 40% y un 50%, pero no se consigue alcanzar el nivel establecido por la legislación europea (50 ppm de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Dicha estrategia no afecta a la producción de fruto en un cultivo de tomate cuando se utiliza agua de moderada salinidad, sin embargo puede llegar a tener efectos beneficiosos cuando se utiliza agua de baja salinidad.

---

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- LORENZO, P.; MEDRANO, E.; SÁNCHEZ-GUERRERO, M.C. 2020. Recirculación en cultivo sin suelo de pepino en Almería. Web SERVIFAPA. Informe científico-técnico. 18pp.
- <https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/servifapa/registro-servifapa/b4868d04-b122-4fa0-9c8c-d60ca49b51f3>.
- MAGGINI, R.; CARMASI, G.; INCROCCI, L.; PARDOSSI, A. 2010. Evaluation of quick test for the determination of nitrate, ammonium and phosphate in soil and in hydroponic nutrient solutions. Agrochimica, Vol. LIV. N4.
- MASSA, D.; INCROCCI, L.; MAGGINI, R.; CARMASSI, G.; CAMPIOTTI, C.A.; PARDOSSI, A. 2010. Strategies to decrease water drainage and nitrate emission from soilless cultures of greenhouse tomato. Agricultural Water Management 97: 971-980. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2010.01.029>
- MEDRANO, E.; LORENZO, P.; SÁNCHEZ-GUERRERO, M.C. 2019. Fertigation strategy to reduce nitrate emisión from greenhouse tomato grown in a semi-closed perlite system. Acta Horticulturae 1253: 177-181.
- SONNEVELD, C. 2002. Composition of Nutrient Solutions. In D. Savvas, and H. Passam (Eds.) Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals. Embryo Publications. Chapter 5: 179-210.

---

## AGRADECIMIENTOS

---

Este trabajo ha sido financiado por el Proyecto IFAPA de transferencia de tecnología TRA. TRA2019.06, cofinanciado al 80% por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) dentro del Programa Operativo de Andalucía 2014-2020.

## TABLAS

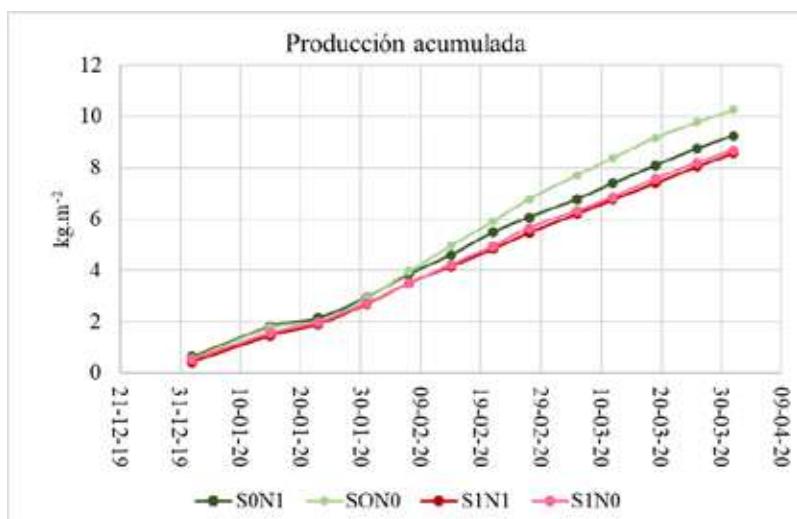
**Tabla 1.** Conductividad eléctrica media de la solución nutritiva recirculante (CEs.n.) y de drenaje (CED) y concentración de nitratos en el efluente en el momento del descarte de la solución recirculante.

SALINIDAD	ESTRATEGIA FERTIRRIGACIÓN	CES.N. (MS.CM <sup>-1</sup> )	CED (MS.CM <sup>-1</sup> )	[NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] EFLUENTE (MMOL.L <sup>-1</sup> )
S0	N1	2,7	3,8	9,6
S0	NO	2,4	3,5	4,7
S1	N1	3,5	5,3	8,2
S1	NO	3,5	5,3	4,0

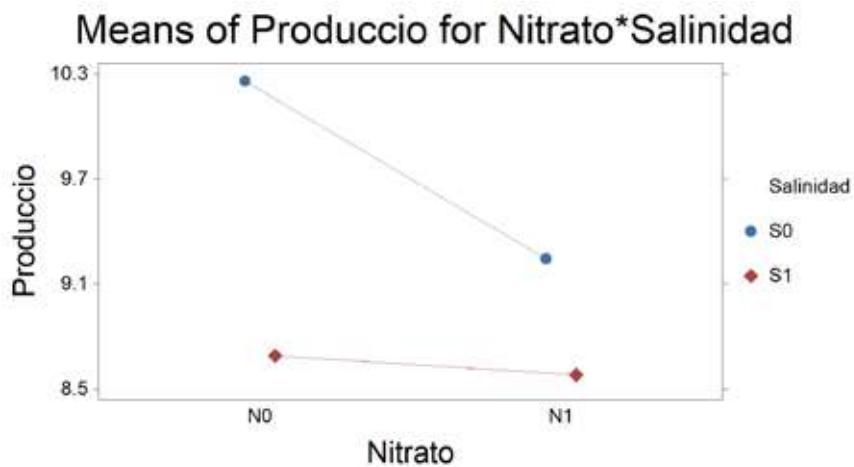
**Tabla 2.** Balance de agua y nitrógeno (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) en un sistema de cultivo de tomate en sustrato semi-cerrado con diferentes estrategias de fertilización (N0 y N1) y dos niveles de salinidad del agua de riego (S0 y S1). La emisión de (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) fue calculada a partir del volumen y el contenido de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en cada descarte.

SALINIDAD	CESE FERRILIZANTES	GASTO DE AGUA (M <sup>3</sup> .HA <sup>-1</sup> )	EFLUENTE (M <sup>3</sup> .HA <sup>-1</sup> )	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> EMITIDOS (KG.HA <sup>-1</sup> )
S0	N1	2.920	820	110,2
S0	NO	2.920	960	63,2
S1	N1	3.140	1160	133,2
S1	NO	3.140	1160	64,9

## FIGURAS

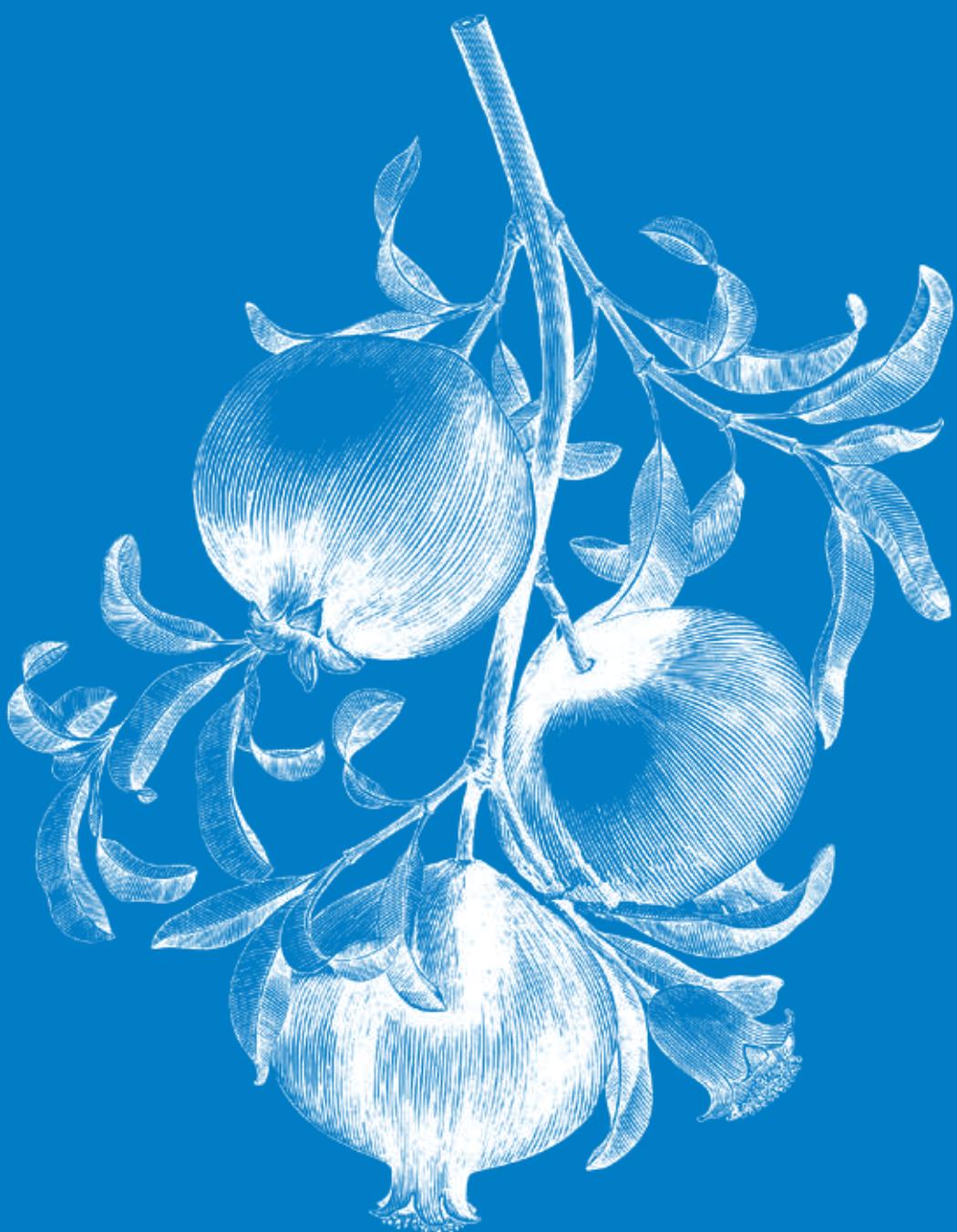


**Figura 1.** Evolución de la producción de tomate cv. 'Caniles' sometido a dos estrategias de fertilización (N1 y N0) y dos niveles de salinidad del agua de riego (S1 y S0), en un sistema de cultivo en sustrato semi-cerrado.



**Figura 2.** Salida estadística donde se muestra la interacción entre los dos factores evaluados: estrategia de fertilización (N1 y N0) y dos niveles de salinidad del agua de riego (S0 y S1).

# OTROS TÓPICOS



# CULTIVO INTENSIVO DE LA HIGUERA EN CONDICIONES MEDITERRÁNEAS

**Medrano, E.; Martín, E.; Aránega, D.; García-García, M.C.**

Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA). Centro IFAPA La Mojonera (Almería). Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible.

## RESUMEN

En Europa, España es el mayor productor de higos con 23.285 toneladas aproximadamente, lo que supone el 25% de la producción europea y el 3% de la producción mundial, seguido por Albania, Alemania, Portugal, Italia, Grecia, Montenegro, Francia y Croacia. Es Extremadura la región que cuenta con mayor superficie cultivada, unas 5.100 hectáreas y una producción media de 6.000 toneladas, según datos del Ministerio de Agricultura (MAGRAMA). Aunque destaca la producción de higo seco, en los últimos años se ha detectado un interés creciente por la producción en fresco, que ha favorecido el establecimiento de nuevas plantaciones.

En la actualidad, el cultivo intensivo en la zona mediterránea apuesta por una economía circular y por la diversificación de la producción siguiendo las directrices impuestas por la Unión Europea. Existen pocos estudios sobre cultivo en sustrato de higuera bajo invernadero (Melgarejo y col., 2007), siendo el objetivo de este trabajo estudiar la posibilidad de cultivar de manera intensiva higueras en invernadero en maceta con sustrato de fibra de coco, así como la obtención de una cierta precocidad y mayor producción que el cultivo convencional al aire libre. Los resultados obtenidos durante el primer año muestran que el cultivo de la higuera puede ser una alternativa a la producción hortícola protegida en la zona mediterránea. Se han evaluado dos cultivares 'Dalmatie' y 'San Antonio', siendo el cultivar 'Dalmatie' el que mejor se ha adaptado a la producción intensiva, con un marco de plantación de 2m x 1m, por ofrecer un vigor medio frente a un mayor vigor de 'San Antonio'. Las necesidades hídricas anuales han oscilado entre 1000 L y 700 L por planta, superiores a los cultivos tradicionales bajo invernadero como son el tomate y el pimiento entre otros, al realizarse el cultivo en sustrato una alternativa para aumentar la eficiencia hídrica sería la reutilización de los lixiviados.

**Palabras clave:** *cultivar, sustrato, eficiencia hídrica.*

## INTRODUCCIÓN

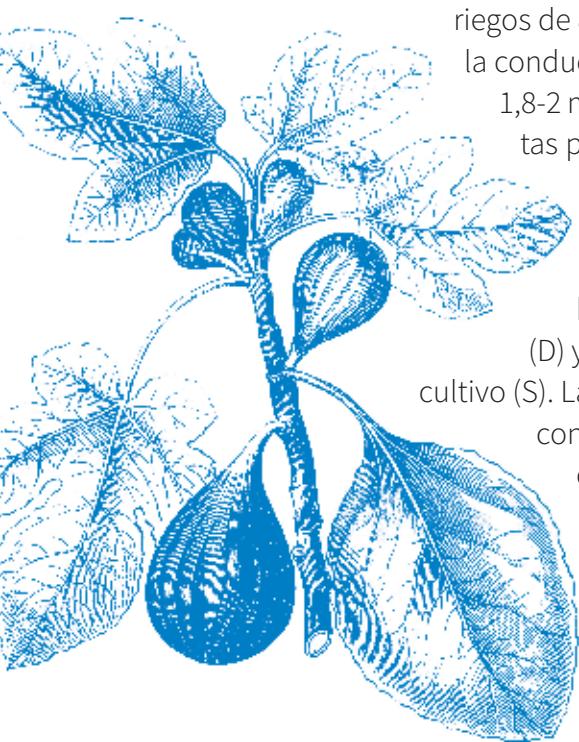
En Europa, España es el mayor productor de higos con 23.285 toneladas aproximadamente, lo que supone el 25% de la producción europea y el 3% de la producción mundial, seguido por Albania, Alemania, Portugal, Italia, Grecia, Montenegro, Francia y Croacia. Es

Extremadura la región que cuenta con mayor superficie cultivada, unas 5.100 hectáreas y una producción media de 6.000 toneladas, según datos del Ministerio de Agricultura (MAGRAMA). Si bien el destino tradicional de la producción ha sido el fruto seco, cada vez hay más demanda de fruto fresco ya que es una fuente excelente de minerales, vitaminas, fibra y polifenoles (Pereira y col. 2020).

El sistema de cultivo tradicional de la higuera se ha caracterizado por una baja densidad de árboles ( $100 \text{ árboles.ha}^{-1}$ ) con escasa mano de obra y riego y generalmente con bajas producciones. Actualmente hay una tendencia en las nuevas explotaciones a ampliar la densidad de plantación llegando a los  $1000 \text{ árboles.ha}^{-1}$  (Galván y col. 2021). Existen pocos estudios sobre cultivo en sustrato de higuera bajo invernadero (Melgarejo y col. 2007), siendo el objetivo de este trabajo estudiar la posibilidad de cultivar de manera intensiva higueras en invernadero en maceta con sustrato de fibra de coco con una densidad de plantación de  $5.000 \text{ árboles.ha}^{-1}$ , como una alternativa a los cultivos hortícolas bajo invernadero en la zona Mediterránea buscando una cierta precocidad e incremento productivo frente al cultivo convencional al aire libre.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento se realizó en un invernadero de cubierta plástica de  $300 \text{ m}^2$  de superficie, localizado en el Centro del Instituto de Investigación y Formación Agraria, Pesquera y Alimentaria (IFAPA) de Almería (Latitud  $36^{\circ}48'N$ , Longitud  $2^{\circ}41'W$ ). Se ha trabajado con dos cultivares: ‘Dalmatie’ bífera de origen croata, de piel verde manzana y pulpa rojo intenso y ‘San Antonio’ bífera de origen extremeño, de piel verde amarillento con sobrecolor entre purpura y marrón y pulpa de color ámbar. El sustrato de cultivo fue fibra de coco y se trabajó con dos tipos de contenedores: maceta de 25 L y sacos de plástico de  $30 \times 30 \times 45 \text{ cm}$ , el marco de plantación fue de 1 m entre plantas y 2 m entre líneas equivalente a una densidad de plantación de  $0,5 \text{ árboles.m}^{-2}$ . Las plantas procedentes de vivero se trasplantaron el 12 de febrero de 2020 y se podaron a 20 cm de altura. El abonado se aplicó junto con el agua de riego mediante dos goteros de  $3 \text{ L.h}^{-1}$  por maceta, el aporte de riego se gestionó en función de la radiación incidente estableciendo una integral de radiación entre riegos de 800 a 1500  $\text{Wh.m}^{-2}$  en función del desarrollo foliar del cultivo, la conductividad eléctrica (CE) de la solución nutritiva aplicada fue de  $1,8-2 \text{ mS.cm}^{-1}$ . En cada cultivar se instaló una bandeja con dos plantas para recoger la solución drenada en cada riego que junto con el registro de volumen de agua aportada permitió obtener el agua consumida por cada cultivar, así mismo se registró la CE de la solución nutritiva aportada y drenada. Se estableció un diseño factorial con dos factores, cultivar: Dalmatie (D) y San Antonio (SA) y tipo de contenedor: maceta (M) y saco de cultivo (S). La altura máxima de las plantas se fijó en 200 cm coincidiendo con la altura de entutorado del invernadero y para facilitar la recolección de fruto.



**Tabla.** Tratamientos ensayados.

FACTOR	TRATAMIENTO
Cultivar	'Dalmatie' (D) 'San Antonio' (SA)
Tipo de contenedor	Saco de cultivo (S) Maceta (M)

Las determinaciones de producción de fruto se realizaron en tres repeticiones de 8 plantas por tratamiento. El seguimiento de desarrollo del cultivo: altura de la planta y número de hojas se realizó sobre un tallo de 6 plantas distribuidas al azar por tratamiento.

La evaluación de los datos obtenidos se realizó mediante el análisis de la varianza (ANOVA) y las diferencias entre medias fue comparada utilizando el método de la mínima diferencia significativa (LSD) con un nivel de confianza  $P<0,05$ , utilizando el programa Statistix 9 para Windows (Analitical Software, Tallahassee, USA)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El seguimiento de desarrollo del cultivo se muestra en las figuras 1 y 2, donde se observa una mayor tasa de crecimiento en el cultivar 'San Antonio' y tuvo que ser despuntada a una altura aproximada de 200 cm, alcanzando una longitud media de 195,5 cm frente a los 154,4 cm alcanzados en el cultivar 'Dalmatie' que no se llegó a despuntar, observándose diferencias significativas entre cultivares. El tipo de contenedor no afectó a la longitud de tallo, pero sí al número de hojas por tallo que fue de 38,3 hojas en saco de cultivo frente a 34,2 hojas en maceta. Los entrenudos fueron más cortos en el cultivar 'Dalmatie' 4,5 cm que en el cultivar 'San Antonio' 5,2 cm; el tipo de contenedor no afectó a la longitud de los entrenudos. El cultivar 'San Antonio' presentó un comportamiento más vigoroso que 'Dalmatie', el número medio de tallos por planta fue de 1,5 a 2 en 'Dalmatie' y de 3 en 'San Antonio'.

El tipo de contenedor no afectó a la producción de fruto (Tabla 1), obteniéndose diferencias significativas por variedad, la producción final fue de  $3,45 \text{ kg.planta}^{-1}$  en 'San Antonio' y de  $2,25 \text{ kg.planta}^{-1}$  en 'Dalmatie', equivalente a  $17.250 \text{ kg.ha}^{-1}$  y  $11.250 \text{ kg.ha}^{-1}$  respectivamente, Melgarejo y col. (2007) obtuvieron una producción similar ( $3,1 \text{ kg.planta}^{-1}$ ) en cultivo intensivo de higuera en sustrato de perlita. El inicio de recolección tuvo lugar el 14 de julio transcurridos 5 meses desde su plantación y finalizó el 25 de noviembre. El mes más productivo (Figura 3) fue el mes de agosto seguido del mes de septiembre, en el mes de octubre el cultivar 'San Antonio' fue más productivo que en el mes de noviembre, mientras que el cultivar 'Dalmatie' produjo menos frutos en el mes de octubre que en el mes de noviembre.

El aporte total de riego, contabilizado desde el mes de marzo al mes de noviembre de 2020, fue de  $1.140 \text{ L.planta}^{-1}$  ( $5.700 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ ) en el cultivar 'San Antonio' y  $680 \text{ L.planta}^{-1}$  ( $3.400 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ ) en el cultivar 'Dalmatie' con un consumo hídrico estimado de 838 L.plan-

ta<sup>-1</sup> y 380 L.planta<sup>-1</sup> respectivamente. Pereira y col. (2015) en un cultivo al aire libre del cultivar ‘San Antonio’ y marco de plantación de 5m x 4m aplicaron 2.300 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> con una producción en el primer año de 1,9 kg.planta<sup>-1</sup> resultando una eficiencia hídrica mucho menor que en nuestro caso. Galvan y col. (2021) en un cultivo intensivo al aire libre, con un marco de plantación de 5m x 2m el volumen anual aplicado fue de 3.500 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>. El valor de la conductividad eléctrica alcanzada en la solución de drenaje fue de 4,4±1,2 mS.cm<sup>-1</sup> en el cultivar ‘San Antonio’ y 3,4±0,8 mS.cm<sup>-1</sup> en el cultivar ‘Dalmatie’. El aporte y consumo de riego semanal se presenta en la figura 4, donde se puede observar aportes máximos semanales de 67,5 L.planta<sup>-1</sup> en el cultivar ‘San Antonio’ y 34,8 L.planta<sup>-1</sup> en el cultivar ‘Dalmatie’. En cuanto a la eficiencia hídrica (volumen de agua aportada por kg de fruto obtenido) fue similar en ambos cultivares, resultando 0,33 m<sup>3</sup>.kg<sup>-1</sup> en el cultivar ‘San Antonio’ y 0,30 m<sup>3</sup>.kg<sup>-1</sup> en el cultivar ‘Dalmatie’. El gasto de agua en el cultivar ‘San Antonio’ fue similar a la obtenida por Melgarejo y col., (2017) si bien ellos obtuvieron una mayor eficiencia hídrica (0,13 m<sup>3</sup>.kg<sup>-1</sup>) ya que trabajaron con una mayor densidad de plantación (2,6 plantas.m<sup>-2</sup>) ya que renovaban la plantación anualmente. Al coincidir la mayor demanda hídrica del cultivo con los meses más cálidos, el gasto de agua es mayor que en los cultivos hortícolas, una alternativa para aumentar la eficiencia hídrica sería, al desarrollarse el cultivo en contenedor, la reutilización de las soluciones de drenaje.

## CONCLUSIONES

El cultivo intensivo de la higuera puede ser una alternativa a la producción hortícola protegida en el sureste español, si bien se debería apostar por cultivares poco vigorosos y porte reducido para su cultivo en contenedor. Tanto el contenedor de maceta como el de saco de cultivo se consideran apropiados en el cultivo de higuera en sustrato. Para tratarse del primer año de cultivo, las producciones han sido muy aceptables y se espera que dicha producción al menos se duplique durante el segundo año. Al coincidir la época de producción con los meses más cálidos, el disponer de algún sistema de refrigeración/ sombreo en el invernadero podría evitar situaciones de estrés producidas por exceso de temperatura.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GALVÁN, A.I.; PÉREZ-GRAGERA, F.; SERRADILLA, M.J.; CÓRDOBA, M.G.; DOMÍNGUEZ, G.; LÓPEZ-CORRALES, M. 2021. Agronomic behavior and fruit quality attributes of three dried fig cultivars in super high density system. *Acta Hortic.* 1310, 217-222. DOI: 10.17660/Acta-Hortic.2021.1310.33.
- GALVÁN, A.I.; SERRADILLA, M.J.; CÓRDOBA, M.G.; DOMÍNGUEZ, G.; GALÁN, A.J.; LÓPEZ-CORRALES, M. 2021. Implementationa of a super high-density systems and suspended harvesting meshes for dried fig production: Effects on agronomic behaviour and fruit quality. *Scientia Hosticultriae* 281. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.109918>.
- PEREIRA, C.; SERRADILLA, M.J.; MARTÍN, A.; VILLALOBOS, M.C.; PÉREZ-GRAGERA, F.;

LÓPEZ-CORRALES, M. 2015. Agronomic behaviour and quality of sic fig cultivars for fresh consumption. *Scientia Horticulturae* 185: 121-128. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2015.01.026>.

PEREIRA, C.; MARTÍN, A.; LÓPEZ-CORRALES, M.; CÓRDOBA, M.G.; GALVÁN, A.I.; SERRADILLA, M.J. 2020. Evaluation of the Physicochemical and sensory characteristics of different fig cultivars for the fresh fruit market. *Foods* 2020, 9, 619; doi:10.3390/foods9050619.

## AGRADECIMIENTOS

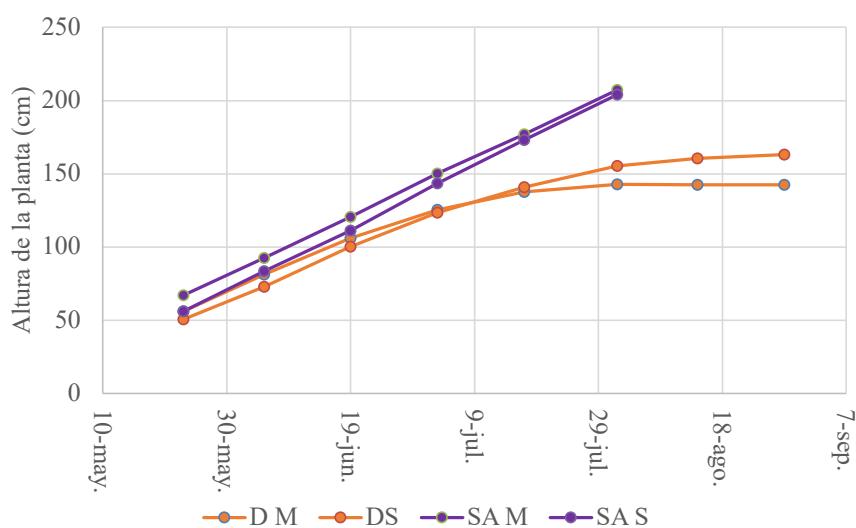
Este trabajo ha sido financiado por el Proyecto IFAPA de transferencia de tecnología TRA. TRA2019.03. cofinanciado al 80% por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) dentro del Programa Operativo de Andalucía 2014-2020.

## TABLAS

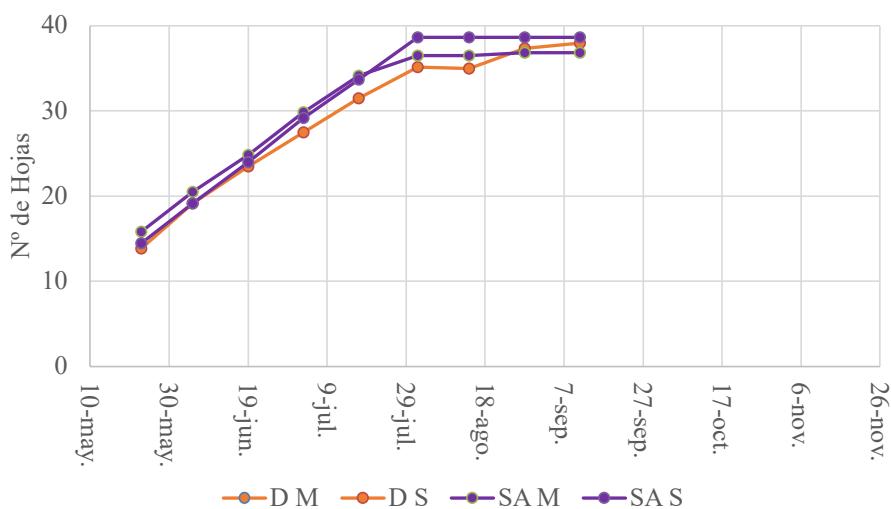
**Tabla 1.** Efecto sobre la producción comercial de fruto (kg.planta<sup>-1</sup>) del tipo de cultivar: 'Dalmatie' y 'San Antonio' y del tipo de contenedor: saco de cultivo y maceta.

VARIEDAD	PRODUCCIÓN	CONTENEDOR	PRODUCCIÓN
'Dalmatie'	2,25b	Saco de cultivo	2,97
'San Antonio'	3,45a	Maceta	2,62
Efecto	*	Efecto	n.s.

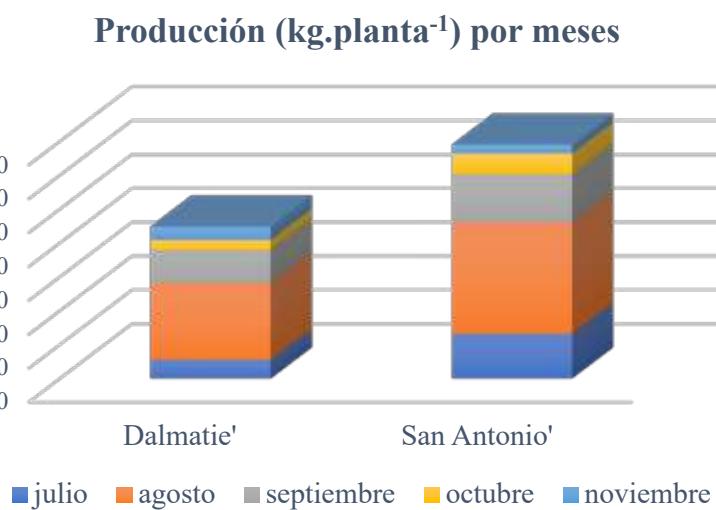
## FIGURAS



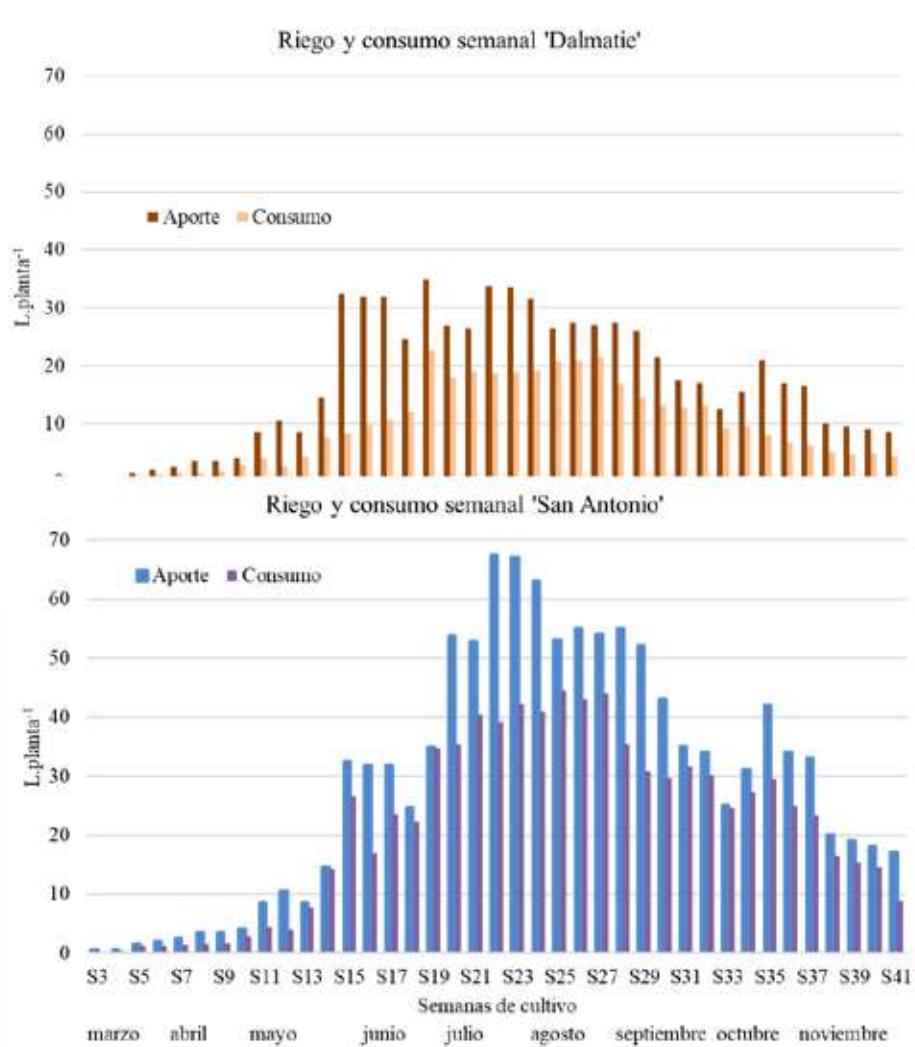
**Figura 1.** Evolución de la longitud de un tallo de los cultivares 'Dalmatie' cultivado en saco (DS) y en maceta (DM) y 'San Antonio' cultivado en saco (SA S) y en maceta (SA M) desde mayo a septiembre 2020.



**Figura 2.** Evolución del número de hojas de un tallo de los cultivares ‘Dalmatie’ cultivado en saco (DS) y en maceta (DM) y ‘San Antonio’ cultivado en saco (SA S) y en maceta (SA M) desde mayo a septiembre 2020.



**Figura 3.** Producción mensual de los cultivares de higuera ‘Dalmatie’ y ‘San Antonio’ de julio a noviembre de 2020.



**Figura 4.** Aporte de riego y consumo semanal ( $L.planta^{-1}$ ) de los cultivares 'Dalmatic' y 'San Antonio'

# CULTIVO BAJO MALLA DE LA FRUTA DEL DRAGÓN EN ALMERÍA

**Martín-Expósito, E.; Cano-Banderas, M.; Gómez-Jiménez de Cisneros, P.; García-García, M.C.**

Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA) La Mojonera (Almería). Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible de la Junta de Andalucía.

## RESUMEN

La pitahaya o fruta del dragón, lleva cultivándose hace años en Canarias y en algunas zonas de la Península Ibérica, siendo en la actualidad una fruta con alta cotización de mercado. Sin embargo, es ahora cuando el cultivo de pitahaya en invernadero ha despertado en Almería un gran interés por parte del sector productor y comercializador para convertir la pitahaya en un cultivo alternativo a las producciones hortícolas convencionales. El objetivo de este trabajo es evaluar el comportamiento agronómico del cultivo de pitahaya (*Hylocereus sp.*) en invernadero bajo malla, con diferentes tipos de entutorado. El ensayo se está realizando desde el 30 de junio de 2017 en el Centro IFAPA La Mojonera (Almería), en un invernadero demostrativo tipo “raspa y amagado” con una superficie de 1200 m<sup>2</sup>, de estructura metálica y cubierta de malla de 10x20 hilos cm<sup>2</sup>. Se están ensayando dos variedades de pitahaya, concretamente *H. hybricum* y *H. undatus*, en cinco tipos diferentes de entutorado (triangular, cuadrangular, dosel a un agua, dosel a dos aguas y espaldera modificada). Se ha realizado un estudio de costes de construcción de los diferentes tipos de entutorado, siendo el más económico el de dosel a un agua, seguido de la estructura cuadrangular y el de espaldera modificada, y de más elevado precio el tipo de estructura triangular y el dosel a dos aguas.

**Palabras clave:** Diversificación, pitahaya, exóticas, entutorado.

## INTRODUCCIÓN

Cada vez se hace más necesario la búsqueda de cultivos alternativos a los hortícolas convencionales para diversificar cultivos y productos agrarios. Estos nuevos cultivos, en la medida de lo posible, deben tener menores necesidades hídricas, de fertilizantes y de fitosanitarios para así aumentar o mejorar la sostenibilidad del sistema agrario. Además, estos cultivos alternativos, lógicamente, deben tener alta producción y sus frutos unas buenas propiedades nutricionales y organolépticas de manera que presenten un alto valor añadido y, por tanto, una alta rentabilidad.

Por otro lado, en los últimos años ha crecido el interés de los consumidores por frutas y hortalizas nuevas y exóticas, que son muy utilizadas por los grandes chefs en la alta cocina y que se consideran productos *delicatessen*. Por ello, los supermercados y tiendas

especializadas cada vez tienen una mayor oferta de estos productos en la sección de frutas y verduras como una estrategia competitiva, dando oportunidad de conocerlos y atendiendo también a la demanda de la comunidad de consumidores extranjeros.

La pitahaya o fruta del dragón, originaria de Centroamérica (norte de México a Colombia), puede ser un cultivo muy interesante ya que reúne muchos de los criterios antes descritos.

La pitahaya o fruta del dragón, lleva cultivándose hace años en Canarias y en algunas zonas de la Península Ibérica, siendo en la actualidad una fruta con alta cotización de mercado. Sin embargo, es ahora cuando el cultivo de pitahaya en invernadero ha despertado en Almería un gran interés por parte del sector productor y comercializador para convertir la pitahaya en un cultivo alternativo a las producciones hortícolas convencionales.

El presente trabajo tiene como principal objetivo evaluar el comportamiento agronómico del cultivo de pitahaya (*Hylocereus* sp.) en invernadero bajo malla con diferentes tipos de entutorado.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se está realizando en el Centro IFAPA La Mojonería, en un invernadero experimental tipo “raspa y amagado” con una superficie de 1200 m<sup>2</sup>, de estructura metálica y cubierta de malla de 10 x 20 hilos cm<sup>-2</sup>.

Concretamente, se están evaluando dos cultivares de pitahaya en seis sistemas diferentes de entutorado (Figura 1).

ENTUTORADO	CULTIVAR
Vietnamita	
Estructura triangular	
Estructura cuadrangular	
Dosel a un agua	<i>Hylocereus undatus</i> (Pitahaya roja con pulpa blanca)
Dosel a dos aguas	<i>Hylocereus hybricum</i> (Pitahaya roja con pulpa roja)
Espaldera modificada	

El trasplante de los dos cultivares se realizó el 30 de junio de 2017, utilizándose esquejes de, aproximadamente, 15 cm de longitud, previamente enraizados en pequeño contenedor.

Los principales materiales utilizados en los diferentes sistemas de entutorado son:

- Tipo vietnamita: Poste del invernadero recubierto de tutores de fibra de coco.
- Estructura triangular y cuadrangular: Tubo redondo galvanizado de 32x2,5 mm y 6 m de longitud
- Dosel a un agua y a dos aguas: Malla electrosoldada de 6x2,2 m con varilla corrugada de 8 mm de diámetro y cuadrícula de la malla de 20x20 cm.
- Espaldera modificada: Tubo redondo galvanizado de 32x2,5 mm y 6 m de longitud, alambre galvanizado de 3,4 mm utilizado para el emparrillado de invernaderos y tubería de ramales portagoteros.

Las líneas de cultivo de los entutorados de dosel a un agua, dosel a dos aguas y en espaldera modificada tienen una longitud de 14 metros lineales, con una separación entre líneas de 4 metros. Fueron trasplantadas 12 plantas por línea, con una separación entre plantas de 1m. Las estructuras tipo poste (vietnamita), triangulares y cuadrangulares también tienen una separación entre sí de 4 metros, con 2, 3 y 4 plantas en cada una de ellas, respectivamente. En estos sistemas de entutorado se colocaron las plantas, internamente, en el centro de los tubos horizontales que forman la estructura triangular y cuadrangular y en la tipo vietnamita a un lado y al otro del tubo vertical. De esta manera se tienen un total de 59 plantas de cada uno de los cultivares ensayados (*H. undatus* y *H. hybridum*).

Para determinar qué sistema de entutorado es más rentable implantar, se ha realizado una estimación del coste total de fabricación de los mismos, teniendo en cuenta el coste de los materiales y el coste de la mano de obra necesaria para la construcción de dichas estructuras.

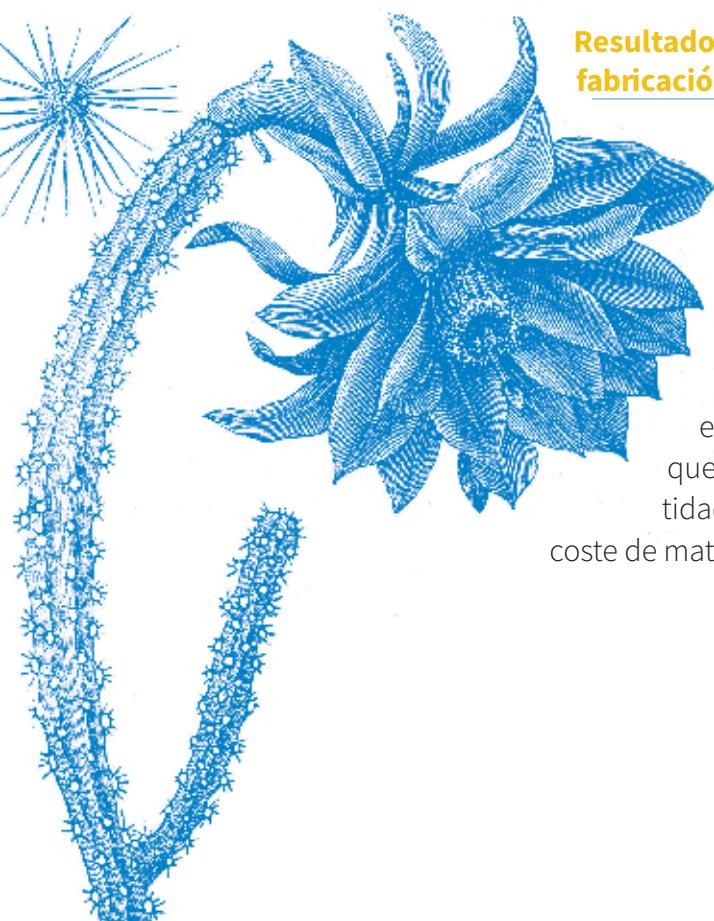
Para evaluar si el cultivo de pitahaya se adapta a nuestras condiciones de cultivo se han estudiado los parámetros de producción: Número medio de frutos por planta, peso medio de frutos y kilogramos de frutos por planta.

Como el cultivo de pitahaya empieza a producir a los 18-20 meses desde la plantación, en este trabajo se muestran los parámetros de producción obtenidos del segundo, tercero y cuarto año de cultivo (desde el trasplante), concretamente los correspondientes a las recolecciones realizadas en los meses de septiembre, octubre y noviembre de 2019, 2020 y 2021.

## RESULTADOS

### Resultados relativos a los costes de fabricación de los entutorados

En la tabla 1 se muestra el coste total de fabricación por metro lineal de cada tipo de entutorado. El sistema de entutorado de dosel a un agua, es el que menos costes tiene para su fabricación y el que necesita menos tiempo para construirse. Seguido, con costes similares, de las estructuras cuadrangular y espaldera modificada. Siendo las estructuras triangular y la de dosel a dos aguas las que resultan más caras de construir, debido a la cantidad de horas que se necesita para su fabricación y al coste de materiales, respectivamente.



## Resultados relativos a la producción

En este trabajo sólo se muestran los resultados de producción obtenidos por el cultivar *H. undatus*, ya que la producción de *H. hybridum* obtenida ha sido muy baja, debido a que este cultivar parece no haberse adaptado a nuestras condiciones de cultivo, apareciendo, al principio del ensayo, problemas de rajado y pudrición de cladodios.

La producción comercial media obtenida en el año 2019 fue de 4,9 kg planta<sup>-1</sup>, en el año 2020 de 11,2 kg planta<sup>-1</sup>, mientras que en el año 2021, plantas con cuatro años, se ha obtenido una producción media de 16,3 kg planta<sup>-1</sup>. El número medio de frutos comerciales por planta fue de 14 frutos planta<sup>-1</sup> en el año 2019, de 30 frutos planta<sup>-1</sup> en el año 2019 y de 42 frutos planta<sup>-1</sup> en el año 2021, siendo los pesos medios del fruto comercial de 340, 380 y 390 gramos en los años 2019, 2020 y 2021 respectivamente.

Teniendo en cuenta los tipos de entutorado podemos ver (Figura 2) que existe variabilidad entre las diferentes estructuras a lo largo de los años. En el año 2019 el más productivo fue el entutorado de dosel a un agua (5,6 kg planta<sup>-1</sup>) y el menos productivo el tipo vietnamita (4,1 kg planta<sup>-1</sup>). En el año 2020, las producciones estuvieron comprendidas entre los 13,9 kg planta<sup>-1</sup> obtenidos en el entutorado de dosel a un agua y los 8,6 kg planta<sup>-1</sup> del tipo de estructura triangular. Sin embargo, en el año 2021 la estructura más productiva fue la tipo triangular con 21,2 kg planta<sup>-1</sup> y la menos productiva fue la tipo cuadrangular que tuvo una producción de 12,1 kg planta<sup>-1</sup> (Figura 2). Si bien, haciendo el promedio de los tres años de producción, los entutorados con la producción media más alta han sido el entutorado tipo espaldera modificada (12,2 kg planta<sup>-1</sup>), seguido del tipo vietnamita (12,0 kg planta<sup>-1</sup>), triangular (11,5 kg planta<sup>-1</sup>) y dosel a un agua (11 kg planta<sup>-1</sup>).

En la figura 3 puede verse la producción comercial obtenida en los distintos meses en los que se recolectan los frutos de pitahaya, observándose que las recolecciones se distribuyen desde finales de agosto hasta finales de noviembre. Las producciones acumuladas en los diferentes meses son variables a lo largo de los años, de manera que en el año 2019 la mayor producción se obtuvo en el mes de septiembre, y en el año 2020 en el mes de octubre, mientras que en el año 2021 se obtuvo en el mes de agosto aunque también se obtuvo buena producción en el mes de octubre (Figura 3).

## CONCLUSIONES

El sistema de entutorado de dosel a un agua, es el que menos costes tiene para su fabricación y el que necesita menos tiempo para construirse. Seguido, con costes similares, de las estructuras cuadrangular y espaldera modificada. Las estructuras triangular y la de dosel a dos aguas las que resultan más caras de construir debido a la cantidad de horas que se necesita para su fabricación y al coste de materiales, respectivamente.

En nuestras condiciones de cultivo, lo más aconsejable y rentable, desde el punto de vista constructivo, de manejo agronómico y productivo, es la implantación del cultivo de *H. undatus* con sistema de entutorado en espaldera modificada. Si bien, el uso del entutorado de dosel a un agua también ha resultado muy interesante.

## AGRADECIMIENTOS

Trabajo realizado dentro del proyecto TRANSFORMA PPTRA.TRA2019.003 “Innovación en Cultivos Protegidos: Biodiversidad y Bioeconomía Aplicada”, cofinanciado al 80% del Fondo Europeo de Desarrollo Regional dentro del Programa Operativo FEDER de Andalucía 2014-2020.

## FOTOGRAFÍAS



1

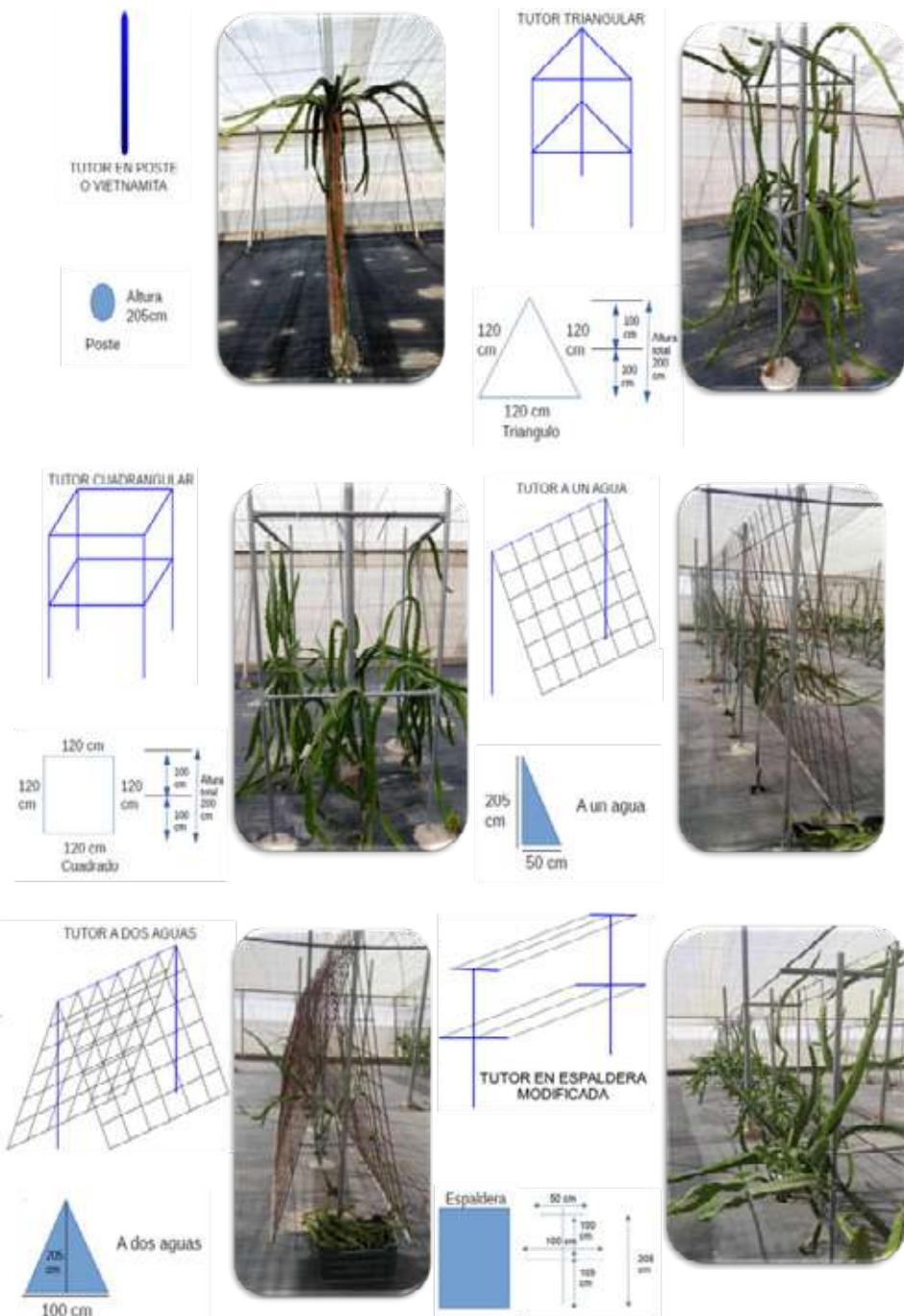
**Fotografía 1.** Vista interior del invernadero experimental tipo “raspa y amagado” de estructura metálica y cubierta de malla de 10x20 hilos cm<sup>2</sup>, donde se están evaluando los dos cultivares de pitahaya en los seis sistemas de entutorado.

## TABLAS

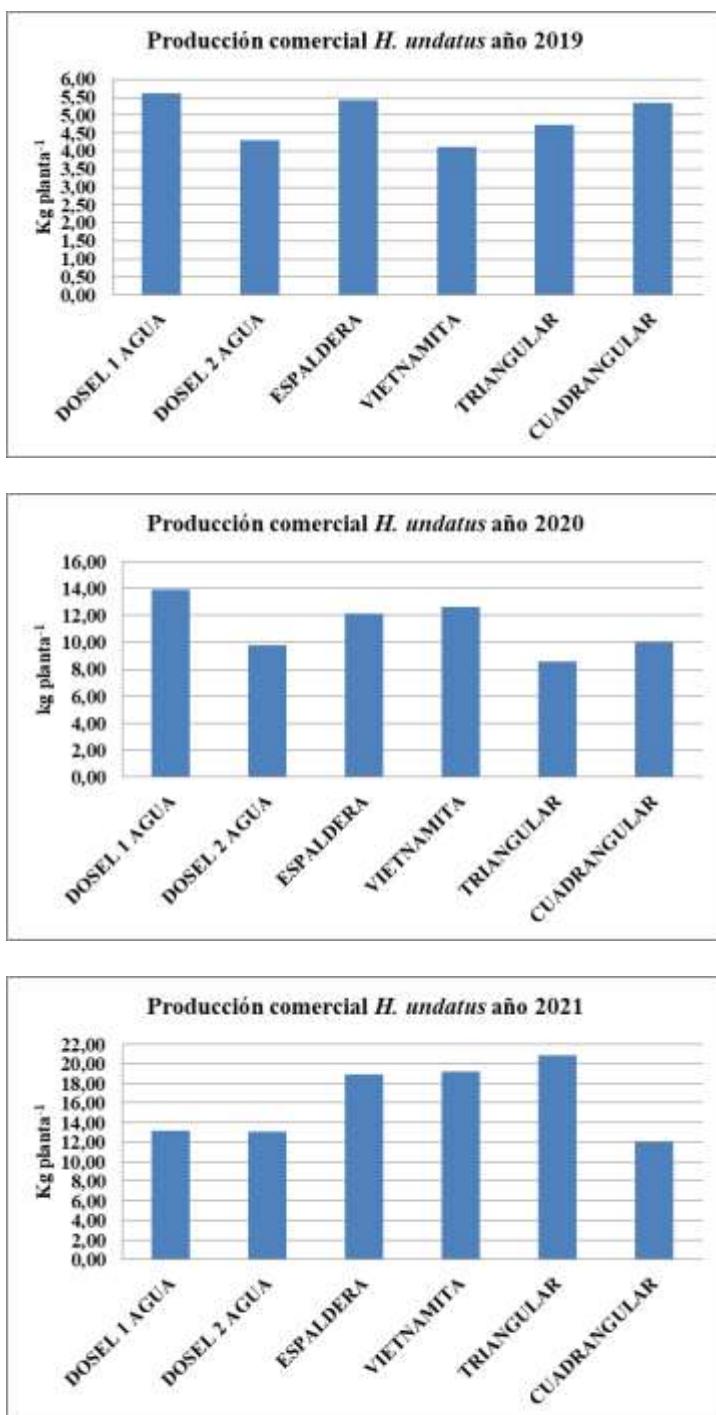
**Tabla 1.** Costes de materiales, de mano de obra y totales de fabricación, por metro lineal, de cada tipo de entutorado.

TIPO DE ENTUTORADO	COSTES MATERIALES (€ m.l. <sup>-1</sup> )	TIEMPO EMPLEADO CONSTRUCCIÓN (horas m.l. <sup>-1</sup> )	COSTES MANO DE OBRA* (€ m.l. <sup>-1</sup> )	COSTES TOTALES (€ m.l. <sup>-1</sup> )
<b>Estructura triangular</b>	7,97	2,55	14,66	<b>22,64</b>
<b>Dosel a dos aguas</b>	13,18	1,80	8,45	<b>21,63</b>
<b>Espaldera modificada</b>	6,40	1,52	8,73	<b>15,13</b>
<b>Estructura cuadrangular</b>	7,97	1,15	6,60	<b>14,57</b>
<b>Dosel a un agua</b>	6,59	1,10	6,14	<b>12,73</b>

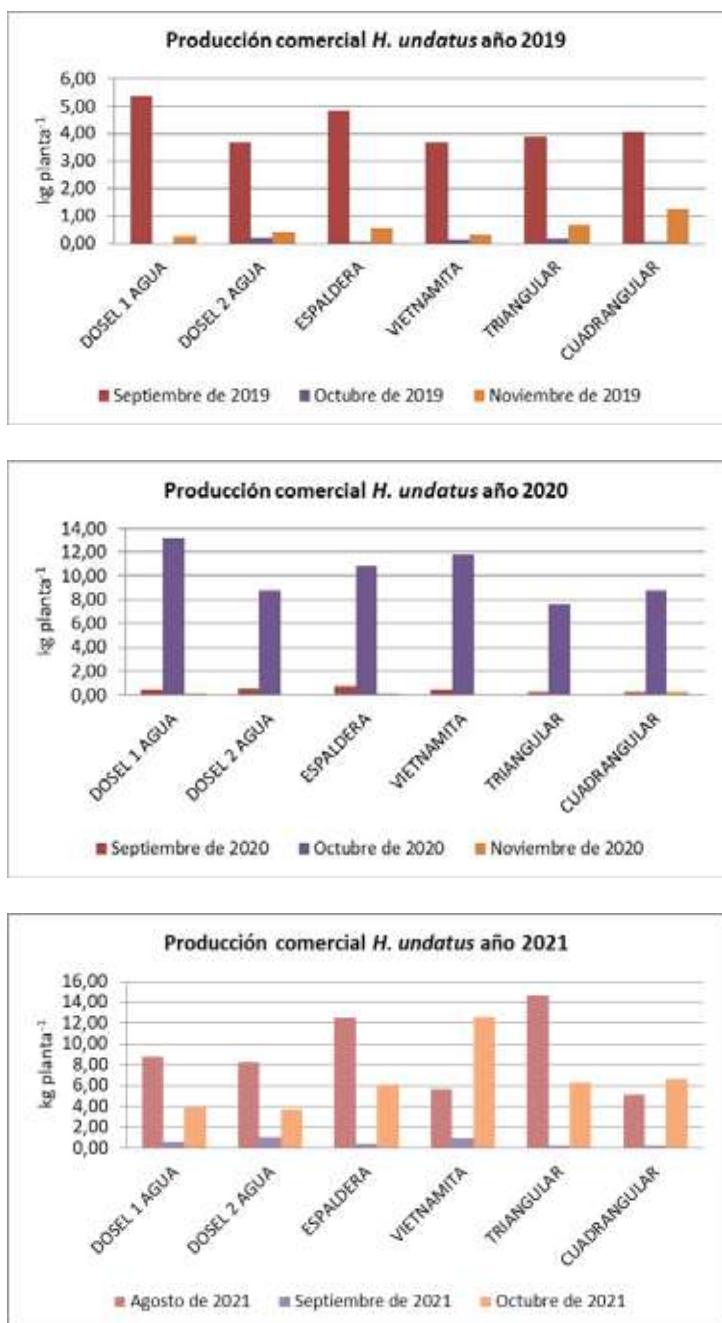
\*Considerando el convenio colectivo de trabajo en el campo de Almería donde el salario base de un peón es de 5,76 € h<sup>-1</sup>

**FIGURAS**

**Figura 1.** Descripción gráfica y dimensiones de los seis sistemas de entutorado evaluados.



**Figura 2.** Producción comercial de *H. undatus* obtenida, en el año 2019, 2020 y 2021, respectivamente, en los distintos sistemas de entutorado.



**Figura 3.** Producción comercial de *H. undatus* obtenida, en el año 2019, 2020 y 2021, respectivamente, en los distintos meses en los que se recolectan los frutos de pitahaya.

# ESTUDIO PROSPECTIVO HORTICULTURA Y GÉNERO 2020

Cano-Banderas M<sup>1</sup>, Sayadi-Gmada S<sup>2</sup>, Parra-Gómez S<sup>1</sup>, Martín-Expósito E<sup>1</sup>, García-García M.C<sup>1</sup>

Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera (IFAPA).  
Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible.

<sup>1</sup> IFAPA La Mojónera (Almería).

<sup>2</sup> IFAPA Camino de Purchil (Granada).

## RESUMEN

El estudio “Horticultura y Género 2020” pretende ser una herramienta útil para contribuir a mejorar la calidad de vida de la mujer agricultora, detectando posibles necesidades o carencias. Se analiza la tendencia actual de los resultados obtenidos en un estudio similar realizado en 2006. Para ello, se han llevado a cabo dos objetivos bien diferenciados: (i) recopilación de las acciones positivas que las entidades públicas y privadas realizan a favor de la mujer y (ii) prospección de la situación de la mujer agricultora en el ámbito de sus explotaciones agrarias de horticultura protegida. La recopilación de los planes de acción positiva se ha realizado a través de un cuestionario donde se recogió información sobre proyectos, cursos, jornadas, etc. La prospección de campo abarcó las comarcas de Campo de Níjar-Bajo Andarax y Campo de Dalías, sumando entre ambas el 96% de la superficie invernada de la provincia de Almería (30729 ha) y la comarca de La Costa (Granada), que cuenta con una superficie de 2863 ha. Se ha entrevistado a 150 mujeres agricultoras de las cuales un 75,3% de ellas tienen la explotación en propiedad y constando como únicas propietarias un 32,7%. Se les realizó un cuestionario compuesto de siete secciones (Perfil de la mujer, Tipología de la explotación, Funciones y responsabilidad laboral, Seguridad social, Formación, Nuevas tecnologías y Conciliación de la vida familiar y laboral). El 73,3% toma decisiones técnicas y el 89,3% realiza gestiones económicas. El 54% ha cotizado siempre en algún régimen de la seguridad social, frente al 17,3% que lo hizo en el estudio de 2006. Un 82,7% ha recibido algún curso de formación, frente al 59,1% que lo hizo en el estudio de 2006. En cuanto a la conciliación de la vida laboral y familiar, un 86,7% compatibiliza bien su horario de trabajo y dedicación a la casa y a la familia. Estos resultados servirán para diseñar estrategias desde la perspectiva de género para fomentar su papel en el sector hortícola protegido.

**Palabras clave:** *acciones positivas, encuestas, mujer agraria, invernadero.*

## INTRODUCCIÓN

El papel que desempeñan las mujeres en el desarrollo rural y sostenible es esencial, dado que tienen una función clave en la sociedad, no únicamente como fijadoras de la pobla-

ción al territorio sino también como emprendedoras rurales. Es de vital importancia una participación más activa de las mujeres en la elaboración y puesta en práctica de políticas rurales para que dicho desarrollo rural dé respuesta a las principales demandas e intereses de este colectivo.

A nivel autonómico se dispone de la Ley 9/2018, de 8 de octubre, de modificación de la Ley 12/2007, de 26 de noviembre, para la promoción de la igualdad de género en Andalucía, en su artículo 52, los poderes públicos de Andalucía integrarán la perspectiva de género en las actuaciones de desarrollo rural y pesquero, garantizando que estas intervenciones contemplen las necesidades de las mujeres, permitan su plena participación con equidad en los procesos de desarrollo rural y contribuyan a una igualdad real de oportunidades entre mujeres y hombres. Además, desarrollarán acciones dirigidas a eliminar la discriminación de las mujeres del medio rural y favorecer su incorporación al ámbito laboral, a la formación y a las nuevas tecnologías; impulsarán el ejercicio del derecho a la titularidad compartida en explotaciones agrarias; crearán las medidas que faciliten el acceso de las mujeres al sector agrario; generarán las condiciones para que las mujeres se empoderen individual y colectivamente; y a través del Plan de igualdad de oportunidades entre mujeres y hombres en la actividad agroalimentaria y pesquera de Andalucía, impulsará el papel de las mujeres en la economía y en la sociedad rural y pesquera andaluza.

El I Plan de Igualdad de Oportunidades entre Mujeres y Hombres en la actividad agroalimentaria y pesquera de Andalucía, de aplicación en la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible y actualmente el Anteproyecto de Ley del Estatuto de las mujeres rurales y del mar de Andalucía, tienen por objetivo recoger las medidas necesarias para lograr la igualdad de trato y oportunidades de mujeres y hombres del sector agrario, así como para incorporar la perspectiva de género en todos los ámbitos del sector, teniendo en cuenta las distintas condiciones y necesidades de mujeres y hombres.

En 2006, el IFAPA publicó un Estudio Prospectivo de Horticultura y Género, que centraba sus miras sobre la mujer agricultora que forma parte de la explotación pero que, en muchos casos, no es titular o cotitular del negocio, aunque puede ser parte de la empresa agraria sin estar dada de alta en la Seguridad Social (García *et al.*, 2006).

En el presente estudio, se quiere observar la tendencia actual de los resultados obtenidos en el estudio realizado en 2006 y que consistió en hacer una recopilación de las acciones positivas que las entidades públicas y privadas realizan a favor de la mujer y en segundo lugar, prospectar la situación de la mujer agricultora en las explotaciones hortícolas de las comarcas Campo de Dalías y el Campo de Níjar-Bajo Andarax de la provincia de Almería. En el estudio de “Horticultura y Género 2020”, se ha incluido la comarca La Costa de la provincia de Granada, por ser una zona de gran superficie invernada.



## MATERIAL Y MÉTODOS

### Recopilación de las acciones positivas que las entidades públicas y privadas realizan a favor de la mujer

La recopilación de las acciones positivas más relacionadas con el ámbito de la mujer se ha llevado a cabo a través de la cumplimentación de un cuestionario y consultas en páginas web de las entidades colaboradoras, además de revisión de publicaciones y prensa especializada. Las entidades colaboradoras se muestran a continuación.

- Administraciones: Consejería de Igualdad, Políticas Sociales y Conciliación de la Junta de Andalucía: Instituto Andaluz de la Mujer (IAM) de Almería y Granada; Diputación Provincial de Almería y Granada; Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible de la Junta de Andalucía: Delegación Territorial de Almería y el Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera (IFAPA) y Consejería de Empleo, Formación y Trabajo Autónomo de la Junta de Andalucía.

- Ayuntamientos de los municipios donde se han realizado el mayor número de encuestas: Almería y Níjar (Comarca Campo de Níjar-Bajo Andarax), El Ejido y Vícar (Comarca Campo de Dalías), Motril y Polopos (Comarca La Costa).
- Otras entidades: Universidad de Almería (UAL) y Universidad de Granada (UGR); Cámaras de Comercio de Almería y Granada; Organizaciones Sindicales (UGT y CCOO); Organizaciones Profesionales Agrarias (ASAJA-AMFAR Almería, COAG-CERES Almería y Granada, UPA-FADEMUR Almería), Asociaciones Empresariales (ASEMPAL-ALMUR Almería) y otras asociaciones de mujeres (AMCAE Granada y GEA de Mujeres).

### Prospección de la situación de la mujer agricultora en el ámbito de sus explotaciones agrarias de horticultura protegida

Se han realizado encuestas *in situ* de manera personalizada a cada una de las mujeres que se han prestado a participar.

El perfil definido para seleccionar a las personas encuestadas ha sido el de mujeres que trabajan en su invernadero, es decir, mujeres empresarias agrarias que trabajan por cuenta propia, puedan acreditarlo a no, sean titulares o no de la explotación, propietarias o no, o dediquen tiempo completo o parcial a su explotación.

El ámbito geográfico de la prospección de campo ha abarcado las comarcas de Campo de Níjar-Bajo Andarax y Campo de Dalías, sumando entre ambas el 96% de la superficie invernada de la provincia de Almería (30729 ha) y la comarca de La Costa (Granada) que cuenta con una superficie de 2863 hectáreas (CAGPDS, 2019).

El cuestionario consta de 96 preguntas, de las cuales 82 son preguntas cerradas y 11 son abiertas, es decir, que permite a la persona encuestada ampliar comentarios no contemplados en el cuestionario. El diseño del cuestionario consta de siete secciones: (1) Perfil de la mujer encuestada, (2) Tipología de la explotación, (3) Funciones y responsabilidad

laboral, (4) Seguridad social, (5) Formación, (6) Nuevas tecnologías, (7) Conciliación de la vida familiar y laboral.

El número total de encuestas realizadas ha sido de 150. El reparto de las encuestas ha sido de 110 para la provincia de Almería (70 para la Comarca Campo de Dalías y 40 para la Comarca Campo de Níjar-Bajo Andarax) y 40 encuestas para la provincia de Granada (Comarca La Costa).

## RESULTADOS

### **Recopilación de las acciones positivas que las entidades públicas y privadas realizan a favor de la mujer**

Las Administraciones Públicas, ofrecen programas enfocados a fomentar el acceso al empleo, desarrollo de políticas de solidaridad, promueve planes de acción de las zonas rurales Leader, etc.

El IAM, entre otros, presta servicios mediante los programas UNIVERGEM en convenio con la universidad y EQUIPA (asesoramiento a Empresas en Planes de Igualdad). Además colabora con los ayuntamientos a través de los Centros Municipales de Información a la Mujer (CMIM).

Las Diputaciones Provinciales ofrecen atención a mujeres víctimas de violencia de género y realizan numerosos cursos de formación y talleres relativos al empleo de la mujer y actividades dirigidas a emprendedoras y empresarias, además de formación y sensibilización contra la violencia de género. También promueve asistencia económica a municipios y entidades locales autónomas, con población de hasta 20000 habitantes, destinada a la realización de acciones de igualdad.

Los Ayuntamientos, a través de los CMIM, ofrece los siguientes servicios: asesoramiento jurídico, servicio de orientación laboral, servicio de información y animación sociocultural, espacios de participación activa de la mujer, etc.

La Unidad de Igualdad de la Universidad de Almería tiene entre sus principales líneas de actuación: I Plan de Igualdad de la Universidad de Almería 2020-2024; Programas específicos de captación de mujeres para el campo de titulaciones STEM (Science, Technology, Engineering y Mathematics), incluyendo acciones de divulgación y concienciación que permitan romper los sesgos de género vinculados a estas titulaciones. Cuenta además con la Revista IgUALdad, en formato digital que llega a toda la comunidad universitaria del territorio nacional.

La Cámara de Comercio promueve el programa PAEM (Programa de Apoyo Empresarial a las Mujeres) que tiene por objetivo sensibilizar a las mujeres y a su entorno hacia el autoempleo y la actividad empresarial o profesional.

Las Organizaciones Sindicales ofrecen distintos cursos de formación sindical de salud laboral con perspectiva de género; cursos de Planes de Igualdad en las Empresas, Ne-

gociación Colectiva de Igualdad; Ley Integral Contra la Violencia de Género, entre otros. Además realizan Guías sobre Medidas de Conciliación, Salud Laboral, etc.

Las Organizaciones Profesionales Agrarias-Asociaciones de mujeres (COAG-CERES, ASA-JA-AMFAR, UPA-FADEMUR), la Asociación Empresarial (ASEMPAL-ALMUR Almería) y otras asociaciones de mujeres como AMCAE y GEA DE MUJERES, etc.), ofrecen cursos, jornadas, talleres, cuyas temáticas destacan la Titularidad Compartida; Igualdad de Género; Excelencia Empresarial; el Día de la Mujer Rural; la participación y presencia de la mujer en órganos de dirección; Incorporación de la Mujer a la Actividad Agraria, etc.

### **(Prospección de la situación de la mujer agricultora en el ámbito de sus explotaciones agrarias de horticultura protegida.**

*Sección I: Perfil Mujer Encuestada:* La mayor parte de las mujeres encuestadas (56,7%) se encuentran en edades entre 43 y 65 años, en cambio en el estudio de 2006, la mayoría de las mujeres (50,9%) se encontraban en edades de máxima actividad laboral, entre 33 y 42 años.

El 46,6% tienen estudios de bachiller, FP o universitarios, subiendo considerablemente con respecto a 2006 que era del 13,5%. Además sólo un 6,7% no poseen estudios frente al 24,5% que no poseían en 2006 (Figura 1).

*Sección II: Tipología de la Explotación:* La dimensión económica de las explotaciones analizadas es, en general, suficiente para poder considerar a las mujeres verdaderas empresarias (el 40% de las explotaciones en la provincia de Almería y el 42,5 de las de Granada, facturan más de 60.000 €). Sólo el 3,6% de las mujeres de la provincia de Almería dice desconocer la facturación, muy inferior al 28,2% en 2006 que decían desconocer este dato o no querían proporcionar dicha información (Tabla 1). La titularidad de las mujeres en las explotaciones corresponde a un 56,4%, dato similar al del año 2006 que era del 55,5% (Figura 2).

*Sección III: Funciones y Grado de Responsabilidad:* Aunque el trabajo mayoritario de la mujer sigue siendo labores de cultivo y tipificación del producto, en el estudio actual, también realiza tareas de aplicación de tratamientos fitosanitarios (31,5% de las mujeres encuestadas), gestión de compras (43,5%) y gestión de ventas (40,7%) (Figura 3), funciones que en 2006 correspondía únicamente a sus parejas. El porcentaje de mujeres que consideran que participan en la toma de decisiones profesionales y económicas, aun siendo alto, un 73,3% en el caso de las decisiones profesionales y un 89,3% en las decisiones económicas, es algo inferior a 2006.

*Sección IV. Seguridad Social:* Son destacables los datos sobre cotización de la mujer y de su pareja. El 45,3% no ha cotizado a la Seguridad Social en algún período de su vida frente al 29,3% de sus parejas no lo hicieron. Sólo una mujer (0,7%) declara que no ha cotizado nunca, siendo este porcentaje mayor en 2006 (9,1%). Un 54% ha cotizado siempre frente al 80,4% de sus parejas. Aquí se ve una diferencia importante, sobre todo en el caso de la mujer ya que en 2006 era de un 17,3% frente a un 70,7% en el caso de sus parejas (Figura 4). La mayor percepción de diferentes tipos de prestaciones por parte de la mujer (47,3%)

frente a sus parejas (37,4%) puede ser debida al cobro de la prestación por baja maternal.

*Sección V. Formación:* El interés por los cursos de formación es alto y la percepción sobre la utilidad de los mismos también. Un 82,7% de ellas han realizado algún curso de formación continua frente al 59,1% que lo hacían en 2006 (Figura 5). Además, se mantiene el porcentaje de mujeres que consideran que esta formación es útil para su trabajo (84%), siendo las temáticas más frecuentes, la aplicación de plaguicidas (53,3%) e incorporación a la empresa agraria (15,6%), los que más se realizan. Es significativo que en 2006, casi la mitad de las encuestadas declararon no haber realizado ningún curso, bajando considerablemente al 17,3% en el estudio actual.

*Sección VI: Nuevas Tecnologías:* El dinamismo de la horticultura intensiva implica que el acceso a las nuevas tecnologías sea muy importante. A pesar de que un 80,7% de las encuestadas tienen ordenador, un 57,3% de ellas no poseen conocimientos informáticos, datos muy similares al estudio de 2006. Donde se encuentra una diferencia significativa es en el uso de internet, donde el 92,7% de ellas utilizan esta herramienta frente al 51,6% que lo hacía en 2006. El uso, en la mayoría de los casos, es para obtener información relacionada con su trabajo, información de temas generales, uso de redes sociales, banca electrónica, consulta de correo electrónico, etc. Sube el porcentaje de mujeres que realizan la contabilidad de la explotación (82,7%), frente al 57,3% que lo hacía en 2006 (Figura 6).

*Sección VII: Conciliación entre la Vida Laboral y Familiar:* El 79,3% de las mujeres tienen hijos, de las cuales el 51,26% tienen uno o más, con edades comprendidas desde los 0 a los 14 años. Un 52,1% disfrutó de baja maternal frente al 30,2% que lo hizo en 2006. Un 86% de las mujeres compatibiliza bien su horario de trabajo con su dedicación a la casa y a la familia, frente al 79,1% de 2006. La Ley de Conciliación entre la vida laboral y familiar no es conocida como tal, aunque al explicarles sus contenidos, un 56% de las mujeres si declaran conocer las acciones más relevantes que recoge dicha Ley, y de éstas, sólo un 35,1% se sienten beneficiadas, reclamando más ayudas por parte de sus parejas y mayor ampliación en los colegios.

## CONCLUSIONES

En los 14 años que separan ambos estudios se ha visto un aumento considerable de las actuaciones que se realizan a favor de la mujer por parte de las entidades públicas y privadas, no obstante, es necesario seguir fomentando la realización de acciones positivas.

En cuanto al estudio prospectivo en campo, la mujer actual está más formada, realiza funciones que antes sólo correspondía a sus parejas, cotiza más a la Seguridad Social, utiliza más las nuevas tecnologías, pero reclama más conciliación de la vida laboral y familiar.

**“En los 14 años que separan ambos estudios se ha visto un aumento considerable de las actuaciones que se realizan a favor de la mujer por parte de las entidades públicas y privadas”.**

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPDR, 2017. I Plan de Igualdad de Oportunidades entre Mujeres y Hombres en la actividad agroalimentaria y pesquera de Andalucía. Horizonte 2020, Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Recuperado de [https://juntadeandalucia.es/export/drupaljda/I\\_Plan\\_igualdad\\_hombres\\_mujeres\\_actividad\\_agroalimentaria\\_pesquera\\_andalucia\\_2020\\_V2.pdf](https://juntadeandalucia.es/export/drupaljda/I_Plan_igualdad_hombres_mujeres_actividad_agroalimentaria_pesquera_andalucia_2020_V2.pdf)

CARTOGRAFÍA DE INVERNADEROS EN ALMERÍA, GRANADA Y MÁLAGA. Año 2019. Septiembre de 2019. Secretaría General de Agricultura y Alimentación. Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible.

GARCÍA, M.C.; FERNÁNDEZ, M.M.; SÁNCHEZ, E.M. 2006. Estudio Prospectivo Horticultura y Género. Fundación para la Investigación Agraria de la Provincia de Almería. 159 pp.

LEY 39/1999, de 5 de noviembre, para promover la conciliación de la vida familiar y laboral de las personas trabajadoras. Boletín Oficial del Estado, 266, de 6 de noviembre de 1999, 38934-38942. Recuperado de <https://www.boe.es/eli/es/l/1999/11/05/39>

LEY 9/2018, de 8 de octubre, de modificación de la Ley 12/2007, de 26 de noviembre, para la promoción de la igualdad de género en Andalucía. Boletín Oficial del Estado, 269, de 7 de noviembre de 2018, 108202-108237. Recuperado de <https://www.boe.es/eli/es-an/l/2018/10/08/9>

## AGRADECIMIENTOS

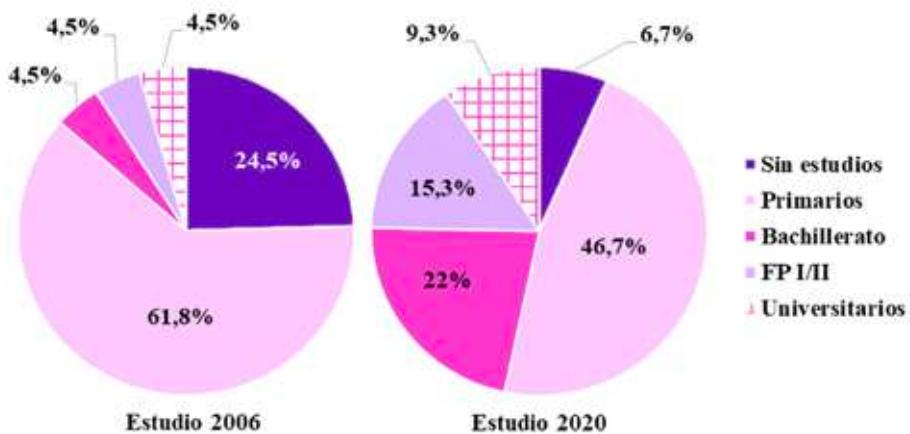
Trabajo realizado dentro del proyecto TRANSFORMA PP.TRA.TRA2019.003, cofinanciado al 80% del Fondo Europeo de Desarrollo Regional dentro del Programa Operativo FEDER de Andalucía 2014-2020.

## TABLAS

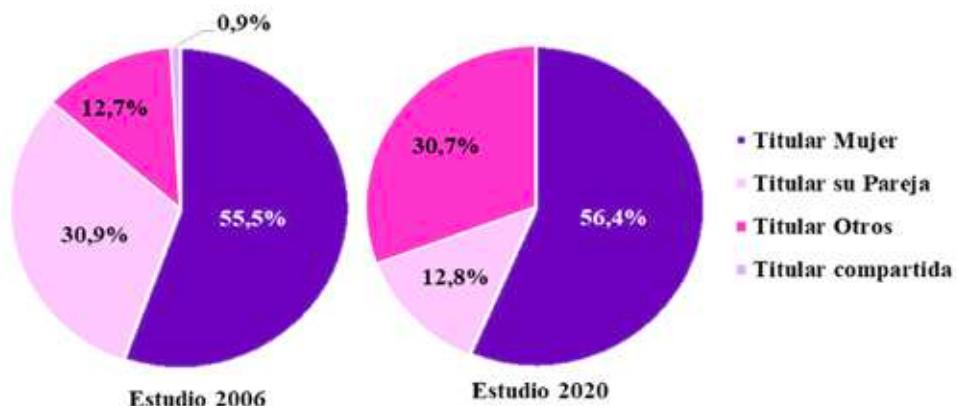
**Tabla 1.** Distribución porcentual de las mujeres según la facturación.

FACTURACIÓN	ESTUDIO PROSPECTIVO 2006		ESTUDIO PROSPECTIVO 2020
	ALMERÍA (110 MUJERES)	ALMERÍA (110 MUJERES)	GRANADA (40 MUJERES)
15000-30000 €	14,5%	7,3%	17,5%
30000-60000 €	28,2%	32,7%	17,5%
60000-120000 €	23,6%	40%	42,5%
120000-240000 €	5,5%	14,5%	22,5%
>240000 €	-	1,8%	-
Lo desconoce	28,2%	3,6%	-

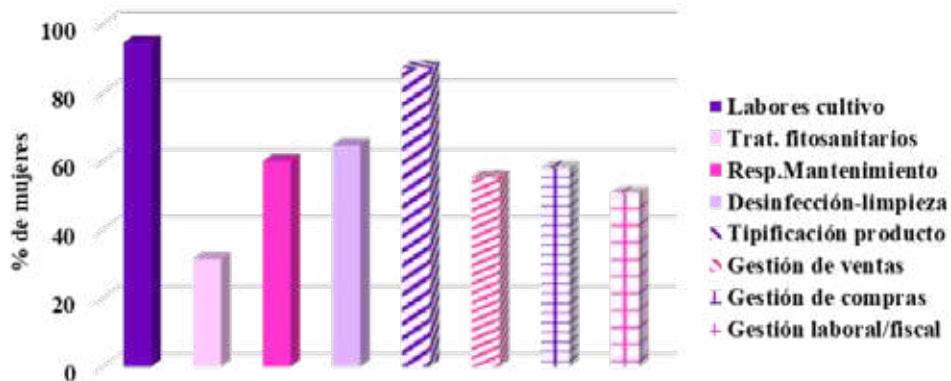
## FIGURAS



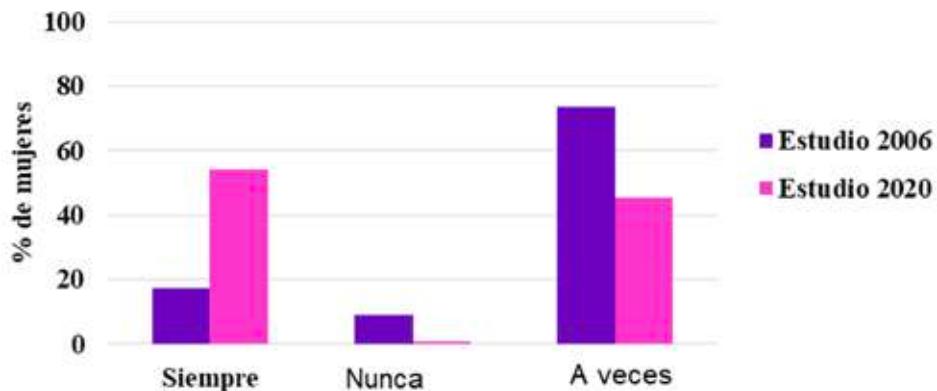
**Figura 1.** Comparativa del Nivel de Estudios de mujeres encuestadas. Estudios Prospectivos 2006/2020.



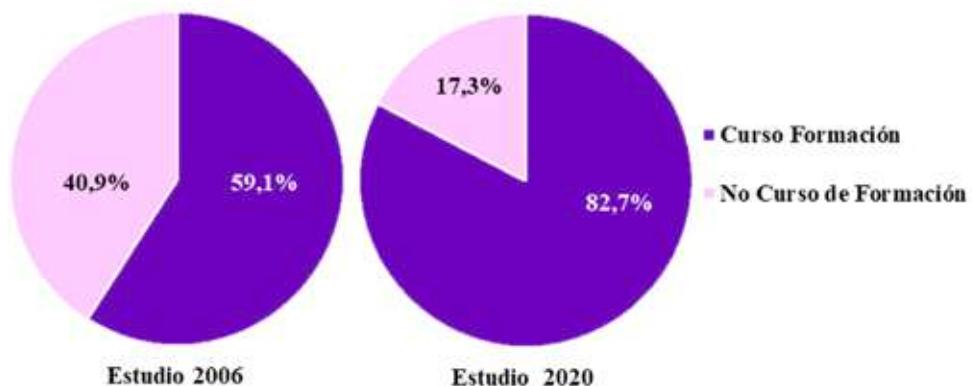
**Figura 2.** Comparativa de la Titularidad de la Explotación. Estudios Prospectivos 2006/2020.



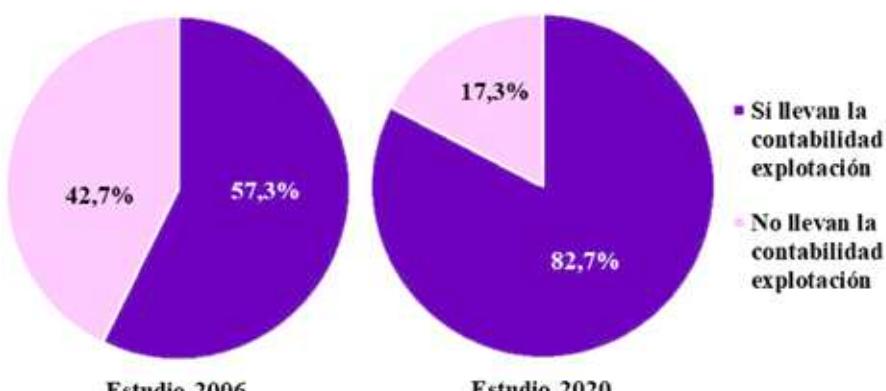
**Figura 3.** Funciones de la mujer en el invernadero (Estudio 2020).



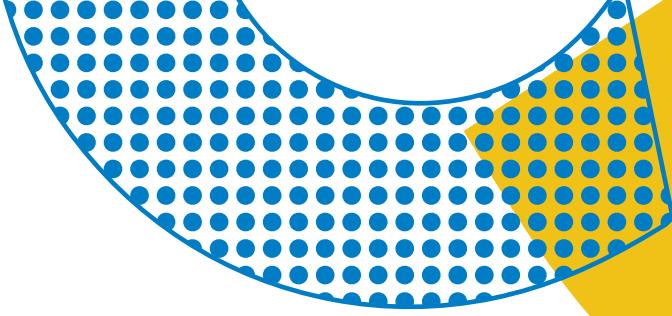
**Figura 4.** Comparativa de la Cotización. Estudios Prospectivos 2006/2020.



**Figura 5.** Comparativa de la Formación. Estudios Prospectivos 2006/2020.



**Figura 6.** Comparativa de la Contabilidad de la Explotación. Estudios Prospectivos 2006/2020.



# **LA TRANSFERENCIA Y LA FORMACIÓN COMO BASES DE UNA HORTICULTURA SOSTENIBLE: ANÁLISIS DE LAS ACTIVIDADES DEL IFAPA EN EL SECTOR HORTÍCOLA ALMERIENSE**

**L. Lara; V. Navarro; A. González; S. Aparicio; S. Parra y M.C. García -García**

Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción

Ecológica. IFAPA La Mojonera, Almería.

Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible, Junta de Andalucía.

---

## **RESUMEN**

---

La provincia de Almería cuenta actualmente con una superficie de 32.554 ha de cultivos hortícolas bajo invernadero (CAP, 2020) y una producción cercana a los tres millones y medio de toneladas, lo que sin duda la convierte en la mayor zona productiva de hortalizas de Europa. Se trata de un sector muy dinámico, capaz de asumir rápidamente las innovaciones y de adaptarse a las nuevas exigencias marcadas por la normativa.

La importancia del sector hortofrutícola en la provincia de Almería, origina una importante demanda formativa, que tiene respuesta por parte de la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible de la Junta de Andalucía, a través del Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA).

En este trabajo se presentarán las actuaciones que realiza el IFAPA tanto presenciales como online, para hacer una transferencia del conocimiento de forma ágil, suministrar al sector información relevante y ofrecer la formación necesaria para mejorar la cualificación de los profesionales. Entre estas actividades cabe destacar la plataforma de asesoramiento y transferencia del conocimiento agrario y pesquero de Andalucía (SERVIFAPA); los cursos de Formación Institucional sobre Producción Integrada (PI), Gestión Integrada de Plagas (GIP), Incorporación de Jóvenes a la Empresa Agraria y uso sostenible de Productos Fitosanitarios; Cursos de Formación Especializada de Riego, Agricultura Ecológica y Control Biológico de Plagas; Seminarios y Jornadas Técnicas; Talleres; Aplicaciones para móviles como IFAPA GUÍA, Plant-En, la página Web Diseñ-En; y participación en actividades de divulgación científica como “Café con Ciencia”, “La Noche Europea de los Investigadores” y “11F, Día Internacional de la Mujer y la Niña en la Ciencia”.

Además, dado el gran reto que supone dotar de la formación adecuada a todos los profesionales del sector, el IFAPA en su programa de formación institucional cuenta con la colaboración de entidades acreditadas, cuyas actividades gestiona y supervisa.

Los datos de participación de los profesionales del sector en todas estas actividades, po-

nen de manifiesto la importante contribución del IFAPA al impulso de la innovación tecnológica y de la formación en el sector hortícola.

**Palabras clave:** *cursos, jornadas, seminarios, App, SERVIFAPA.*

## INTRODUCCIÓN

La provincia de Almería cuenta actualmente con una superficie de 32.554 ha de cultivos hortícolas bajo invernadero (CAP, 2020) y una producción cercana a los tres millones y medio de toneladas, lo que sin duda la convierte en la mayor zona productiva de hortalizas de Europa. Se trata de un sector muy dinámico, capaz de asumir rápidamente las innovaciones y de adaptarse a las nuevas exigencias marcadas por la normativa.

La importancia del sector hortofrutícola de la provincia de Almería, se refleja en una gran demanda en actividades de formación y transferencia, tanto por parte de técnicos como de agricultores.

El Instituto de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA), es el organismo de La Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible de la Junta de Andalucía encargado de impulsar la innovación tecnológica y la formación en el ámbito agrícola. Sus objetivos son realizar una transferencia del conocimiento de forma ágil, suministrar al sector información relevante y ofrecer la formación necesaria para mejorar la cualificación de los profesionales, tanto con actividades presenciales como mediante el uso de las tecnologías de la información y comunicación (TIC).

En este trabajo se analizarán las principales actividades de formación y transferencia que ha realizado el IFAPA en el sector hortícola en los cinco últimos años.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Las actividades de formación, realizadas desde el IFAPA para el sector hortícola, se canalizan a través de Proyectos de Formación Institucional y Especializada. A continuación se presentan los principales proyectos formativos que se desarrollan en el Centro IFAPA La Mojonera (Almería).

- Proyecto de Formación Institucional de agricultores/as en los programas de incorporación de jóvenes a la agricultura, de modernización de explotaciones y de calificación de explotaciones prioritarias. Para la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible es fundamental que los beneficiarios de las ayudas para mejorar y modernizar las explotaciones agrarias y la instalación de jóvenes agricultores, tengan la adecuada capacidad y competencia profesional. La normativa establece que los programas formativos exigibles a los beneficiarios de ayudas públicas en el sector hortícola serán de 270 horas. Los cursos se dividen en 8 módulos de 30 horas lectivas cada uno, exceptuando el módulo de aplicador de productos fitosanitarios nivel cualificado, que es de 60 horas (BOJA, 2002). Estos

cursos se imparten desde el IFAPA, tanto en modalidad presencial como en modalidad online

- Proyecto de Formación Institucional para técnicos en producción integrada (PI) y gestión integrada de plagas (GIP). Los operadores de producción integrada deben disponer de servicios técnicos competentes, responsables de dirigir y controlar el cumplimiento de las normas de producción integrada. Por ello, los componentes del servicio técnico competente y los operadores que dirijan su propia explotación, deberán superar un curso de formación con una carga lectiva de 60 horas, que se imparten en el IFAPA de forma presencial y online (BOJA, 2005). Además, este proyecto engloba la realización de actividades formativas para fomentar el desarrollo y la aplicación de las técnicas GIP, mediante talleres dirigidos a técnicos y agricultores, con el objetivo de conseguir prácticas de bajo consumo de productos fitosanitarios dando prioridad, cuando sea posible, a métodos no químicos (BOE, 2012).
- Proyecto de Formación Institucional para el uso sostenible de productos fitosanitarios. La normativa establece que los usuarios profesionales y vendedores de productos fitosanitarios, deben tener los conocimientos apropiados para realizar su actividad, por ello en función de los productos fitosanitarios a utilizar y el grado de responsabilidad que ostenten, es necesario realizar un curso de nivel básico (de 25 h de duración), nivel cualificado (de 60h) y/o nivel fumigador (de 25h). El IFAPA es el organismo competente para impartir esta formación (BOJA, 2016) y es en el marco de este proyecto en el que se imparten estos cursos.
- Proyecto de Formación Institucional en colaboración con entidades acreditadas. Dado el gran reto que supone dotar de la formación adecuada a todos los profesionales del sector, el IFAPA en su programa de formación institucional de aplicador de productos fitosanitarios, cuenta con la colaboración de entidades acreditadas, cuyas actividades gestiona y supervisa (BOJA, 2016). Los centros docentes o entidades de formación, tanto privadas como públicas, no pertenecientes a la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible y el profesorado que deseé impartir dichos cursos, deberán cumplir los requisitos y seguir el procedimiento especificado en la normativa para acreditarse (BOJA, 2.020), siendo el IFAPA el encargado de realizar los exámenes y certificar que los usuarios han adquirido los conocimientos necesarios para realizar su actividad. En la página Web del IFAPA, pueden consultarse las entidades acreditadas para impartir cursos.
- Proyectos de Formación Especializada. A través de estos proyectos se imparten cursos sobre temas específicos en horticultura, entre los que destacan cursos de iniciación al Riego, Fertirrigación, Agricultura Ecológica y Control Biológico de Plagas.

Cabe destacar que desde el organismo se ha hecho un importante esfuerzo para ofrecer cursos no solo de forma presencial, sino también online, con el objetivo de facilitar a los profesionales del sector la formación requerida.

Desde el IFAPA también se realiza una importante actividad de transferencia del conocimiento y de divulgación científica. Para ello, regularmente se organizan Seminarios,

Jornadas y Talleres en los que se presentan los resultados de los diferentes proyectos de investigación y Transferencia. Además, dada la importancia del uso de las TIC, se han desarrollado herramientas digitales, de asesoramiento y formación para los profesionales del sector hortícola.

El Centro IFAPA de La Mojónera también participa en actividades divulgativas que contribuyen a acercar la horticultura y sus avances científicos a la población en general y a los jóvenes en particular, como el Café con Ciencia, la Noche de los Investigadores y el 11F.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En relación a la Formación Institucional, la programación anual de actividades formativas se realiza en función de la demanda del sector.

En la tabla 1 pueden observarse el número de cursos y alumnos/as por año, de los proyectos de Formación Institucional de uso sostenible de productos fitosanitarios, PI y GIP, e incorporación a la empresa agraria. Como puede observarse, la mayor actividad formativa corresponde a los cursos de incorporación a la empresa agraria en horticultura intensiva, dado que son requisito imprescindible para la recepción de ayudas institucionales y solo se imparten en el IFAPA. En el caso de PI, la formación también se imparte solamente en el IFAPA, no obstante, la cantidad de cursos es menor, puesto que sólo son necesarios para técnicos de entidades certificadas en PI. Respecto a los cursos de productos fitosanitarios, cabe destacar que al ser esta una formación que también imparten las entidades acreditadas, la demanda formativa es variable a lo largo de los años. Como se muestra en la tabla, en estos tres proyectos se han formado 7.193 alumnos/as en el periodo 2.016 a 2.020.

En la tabla 2 se muestran los cursos impartidos por las entidades acreditadas y el número de alumnos/as que han superado las pruebas de evaluación realizadas por el Centro IFAPA de La Mojónera. Como se observa, en torno a 14.000 alumnos han obtenido el certificado acreditativo de superación del curso desde 2.016 a 2.020.

El número de alumnos/as del resto de actividades formativas, tanto de formación especializada, como actividades de transferencia de proyectos (de investigación y transferencia), se representan en la figura1. Están incluidos cursos de agricultura ecológica, riego y fertirrigación, tecnología de invernaderos, formación de formadores en aplicación de plaguicidas nivel fumigador, formación especializada orientada al desarrollo de productos listos para consumir de alta calidad sensorial y nutricional, así como diferentes jornadas y seminarios. El número de actividades formativas es bastante variable a lo largo de los años, puesto que depende en gran medida del desarrollo de los proyectos y de la demanda del sector. No obstante, cabe destacar que un total de 3.438 alumnos/as han asistido a estas actividades en el periodo 2.016 a 2.020.

En la figura 2 se muestra la evolución de la formación online desde 2.016 a 2.020. Aquí están incluidas todas las actividades formativas del IFAPA relacionadas anteriormente. Como puede observarse, el porcentaje de cursos online ha ido aumentando progresivamente desde un 18% en 2.016, llegando en 2.020 a más del 47%.

En relación al uso de las TIC, el IFAPA ha desarrollado diversas herramientas que facilitan el acceso de los profesionales a toda la información disponible, como son:

- SERVIFAPA. Se trata de una plataforma de asesoramiento y transferencia del conocimiento, destinada a facilitar información al sector agrario y pesquero. Se ofrece la información por sectores productivos y está organizada en informes científico técnicos, recomendaciones, material didáctico, recursos formativos, etc. (Foto 1). También cuenta con un buscador de contenidos, que agiliza el acceso al tema seleccionado.
- IFAPA GUÍA. Es una App desarrollada para cultivos hortícolas, que incluye más de 200 fotografías para facilitar la identificación de plagas y enemigos naturales y más de 50 fotografías de síntomas de los principales virus. Se trata de una herramienta de ayuda práctica y ágil, para contribuir a la difusión del control biológico de plagas y al conocimiento de las enfermedades causadas por virus (Foto 2)
- Plant-En. App desarrollada conjuntamente con la Fundación Cajamar, que contiene información sobre plantas autóctonas atractivas para conservar los enemigos naturales de las plagas de los cultivos. Facilita información sobre métodos de conservación de la fauna autóctona (diseño de setos y manejo adecuado de vegetación espontánea) y herramientas para aumentar la biodiversidad. (Foto 3)
- Diseñ-En. Página Web desarrollada con la Fundación Cajamar, con la que se pueden diseñar infraestructuras ecológicas que faciliten y fomenten el control biológico por conservación.
- El Centro IFAPA La Mojonera, durante estos años, también ha participado en actividades de divulgación científica como:
  - “Café con Ciencia”. Actividad organizada por la Fundación Descubre que consiste en un desayuno de trabajo en el que investigadores e investigadoras del Centro se sientan con un grupo reducido de estudiantes de secundaria y bachillerato, para conversar alrededor de una mesa. Durante el encuentro, el experto/a desgrana su actividad científica, cómo es su día a día o sus aficiones, conversando con los participantes en un ambiente distendido y cercano, alejado del tradicional esquema ponente-asistente. Tras la charla en común, los estudiantes visitan los ensayos de campo y de laboratorio.
  - “La Noche Europea de los Investigadores”. Es un proyecto europeo de divulgación científica. El objetivo de esta actividad es mostrar el impacto que tiene el trabajo científico en la vida cotidiana, al mismo tiempo que despertar vocaciones científicas en los jóvenes y potenciar la carrera investigadora como salida profesional.

**“La Noche Europea de los Investigadores es un proyecto de divulgación científica cuyo objetivo esta actividad es mostrar el impacto que tiene el trabajo científico en la vida cotidiana”.**

Generalmente se hace en el centro de los núcleos urbanos, para facilitar el acceso de los ciudadanos a las diferentes actividades.

- “11F, Día Internacional de la Mujer y la Niña en la Ciencia”. Es una iniciativa ciudadana para conmemorar el Día Internacional de la Mujer y la Niña en la Ciencia a través de actividades que permitan visibilizar el trabajo de las mujeres que se dedican a las áreas STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics), creando así referentes femeninos para la infancia, que puedan contribuir a la elección de estas áreas como carreras profesionales.

## CONCLUSIONES

---

Hay una importante participación de los profesionales del sector hortícola en las actividades formativas y de transferencia impartidas por el IFAPA y una preferencia clara en los últimos años por la formación online.

Las herramientas digitales como la Plataforma del conocimiento, las App y páginas Web, han tenido una gran acogida por parte de técnicos y agricultores, poniendo de manifiesto la importante contribución del IFAPA al impulso de la innovación tecnológica y de la formación en el sector hortícola.

También cabe destacar la gran afluencia de público en las actividades de divulgación científica que se han desarrollado durante todos estos años y que han permitido acercar los avances en horticultura a toda la población.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- BOE, 2012. Real Decreto 1311/2012 de 15 de septiembre, (BOE núm.223), por el que se establece el marco de actuación para conseguir un uso sostenible de los productos fitosanitarios. Boletín Oficial del Estado, pp.65.127-65.170.
- BOJA, 2002. Orden del 18 de enero de 2002, (BOJA núm.17), por la que se regula la formación de agricultores en los programas de incorporación de jóvenes a la agricultura, de modernización de explotaciones y de calificación de explotaciones prioritarias. Boletín Oficial Junta de Andalucía, pp.2035- 2040.
- BOJA, 2005. Orden del 24 de octubre de 2005 (BOJA núm.212), por la que se modifica la de 13 de diciembre de 2004, por la que se desarrolla el Decreto 245/2003, de 2 de septiembre, por el que se regula la producción integrada y su indicación en productos agrarios y sus transformados. Boletín Oficial Junta de Andalucía, pp.17- 20.
- BOJA, 2016. Decreto 96/2016, de 3 de Mayo, (BOJA núm.86), por el que se regula la prevención y lucha contra las plagas, el uso sostenible de los productos fitosanitarios, la inspección de equipos para su aplicación y se crea el censo de equipos de aplicación de productos fitosanitarios, desarrolla para Andalucía el Real Decreto 1311/2010 y Real Decreto 1702/2011. Boletín Oficial Junta de Andalucía, pp.17- 50
- BOJA, 2020. Orden de 17 de junio de 2020 (BOJA núm.119), por la que se desarrolla el Decreto 96/2016, por la que se regula la formación en materia de aplicación de

productos fitosanitarios y por la que se modifica la Orden de 12 de junio de 2015, por la que se regula la formación en bienestar animal. Boletín Oficial de la Junta de Andalucía, pp.42-83.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte de los proyectos “Producción Integrada y GIP” (PP.FAI.FAI201900.003), “Incorporación de Jóvenes a la Empresa Agraria” (PP.FAI.FAI201900.005) y “Formación en colaboración con Entidades Acreditadas” (PP.FAI.FAI201900.002), que están cofinanciados al 90% por FEADER, dentro del PDR de Andalucía 2014-2020.

## FOTOGRAFÍAS

**1** **SERVIFAPA** SERVICIO DE INVESTIGACIÓN Y FORMACIÓN EN AGROALIMENTARIO Y TRANSFERENCIAS CONOCIMIENTO AGRARIO Y PESQUERO EN ANDALUCÍA

**CATÁLOGO DE CAPACIDADES CIENTÍFICO TÉCNICAS**

ACUICULTURA Y PESCA  
AGROINDUSTRIA  
CULTIVOS HERBÁCEOS  
FRUTALES Y VÍG  
GANADERÍA Y BOSQUE  
HORTICULTURA  
MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES  
CLIMA  
RIEGO

**2** **IFAPA Guía**

“Esta APP es una guía en imágenes que te permitirá identificar plagas, enemigos naturales y síntomas de virus en hortícolas”

IFAPA Guía

Plagas y Enemigos Naturales de las hortalizas  
Mosca Blanca  
Virus

QR codes for App Store and Google Play

**3** **PlantEN** Plantas y Enemigos

Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera  
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, PESCA Y DESARROLLO SOSTENIBLE

Una APP que ayuda al agricultor a diseñar setos para atraer y conservar a los enemigos naturales de las plagas de sus cultivos

IOS - App Store  
Android - Play Store

QR codes for iOS and Android

**Fotografía 1.** Página de inicio web SERVIFAPA.

**Fotografía 2.** Página de inicio de la App IFAPA Guía.

**3**

**Fotografía 3.** Página de inicio de la App PlantEn.

## TABLAS

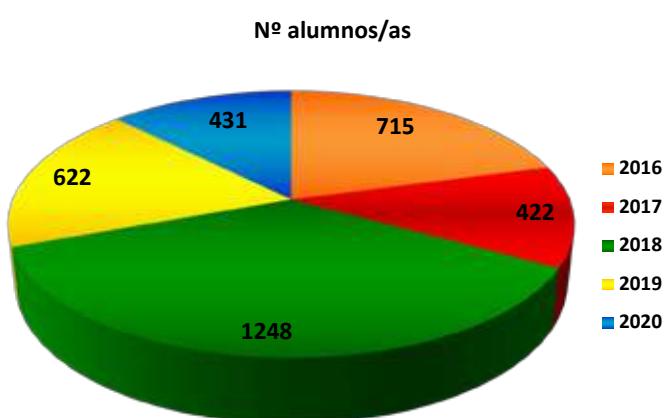
**Tabla 1.** Número de cursos y alumnos/as de las Programas de Formación Institucional de uso sostenible de productos fitosanitarios, PI y GIP, e Incorporación a la empresa agraria.

AÑO	USO SOSTENIBLE DE PRODUCTOS FITOSANITARIOS		PRODUCCIÓN INTEGRADA GESTIÓN INTEGRADA DE PLAGAS		INCORPORACIÓN A LA EMPRESA AGRARIA	
	CURSOS	ALUMNOS/AS	CURSOS	ALUMNOS/AS	CURSOS	ALUMNOS/AS
2016	18	409	6	121	35	985
2017	26	646	3	70	63	1403
2018	16	350	5	110	51	1202
2019	8	164	8	161	28	599
2020	8	147	9	92	35	734
<b>TOTAL</b>	<b>76</b>	<b>1716</b>	<b>31</b>	<b>554</b>	<b>212</b>	<b>4923</b>

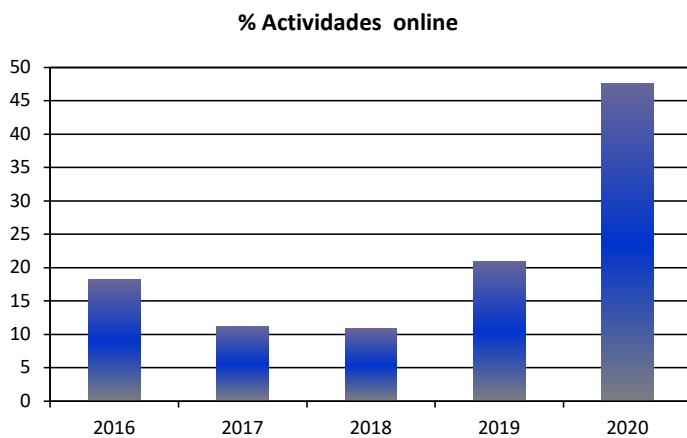
**Tabla 2.** Número de cursos impartidos por entidades acreditadas y alumnos/as que han obtenido el certificado.

AÑO	CURSOS	ALUMNOS/AS CON CERTIFICADO EMITIDO
2016	170	2.271
2017	384	6.726
2018	194	2.736
2019	136	1.601
2020	67	696

## FIGURAS



**Figura 1.** Número de alumnos/as en actividades de formación especializada, jornadas, seminarios y talleres, en los diferentes años.



**Figura 2.** Porcentaje de actividades online en los diferentes años.

# POTENCIAL DE ADOPCIÓN DE SOLUCIONES INNOVADORAS EN HORTICULTURA BAJO ABRIGO

Sayadi-Gmada, S.<sup>1</sup>; Bertuglia, A.<sup>1</sup>; González-Roa, M.C.<sup>1</sup>; Rodríguez-Pleguezuelo, C. R.<sup>1</sup>; Rojas-Serrano, F.<sup>1</sup>; García-García, G.<sup>1</sup>; García-García, M. C.<sup>2</sup>; Parra-Gómez, S.<sup>2</sup>; Parra-López, C.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> IFAPA Centro Camino de Purchil (Granada). Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible. Junta de Andalucía.

(\*e-mail: samir.sayadi@juntadeandalucia.es)

<sup>2</sup> IFAPA Centro La Mojonería (Almería). Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible. Junta de Andalucía.

## RESUMEN

La horticultura protegida de Almería está considerada como un ejemplo a nivel internacional de producción agraria por ser capaz de generar productos hortícolas de calidad y con todas las garantías de seguridad alimentaria, utilizando una mínima superficie y con un aprovechamiento muy eficiente de los recursos. Es un sector piloto a nivel internacional por su dinamismo, eficiencia y nivel tecnológico y se considera como un reto al que hacen referencia todos los informes de organismos internacionales en las previsiones para el año 2050. La horticultura almeriense tiene que ser también un ejemplo de aproximación a la bioeconomía circular, especialmente en el aprovechamiento y gestión sostenible de los residuos orgánicos y no orgánicos, así como en la utilización eficiente de los inputs y recursos utilizados. En este sentido, se han identificado diferentes prácticas innovadoras para disminuir y paliar el problema y el impacto de los residuos inorgánicos en horticultura en invernaderos y se ha analizado el nivel de conocimiento, preocupación y potencial de adopción por parte de los productores. La información manejada se ha obtenido a partir de la realización de una encuesta llevada a cabo a 17 expertos del sector, constituidos por investigadores, técnicos de cooperativas, gestores de residuos, etc. Las encuestas se llevaron a cabo durante la primera quincena del mes de febrero de 2020. Los resultados por lo tanto de este estudio se basan en el ‘expertise’ y ‘background’ que los expertos tienen sobre el sector y las soluciones innovadoras que potencialmente reducen o minimizan los residuos, así como de una revisión de diversa bibliografía como artículos, informes, etc. al respecto. Finalmente se ofrecen algunas conclusiones y estrategias para favorecer la adopción de las prácticas innovadoras en el sector hortícola productor para reducir y/o minimizar la generación de residuos inorgánicos conforme a la bioeconomía circular.

**Palabras Clave:** Adopción de innovaciones; Residuos; Horticultura bajo abrigo; bioeconomía circular; gestión sostenible.

## INTRODUCCIÓN

La adopción es el proceso por el cual los productores deciden incorporar a sus sistemas de producción nuevas técnicas que hayan sido generadas y desarrolladas por ciertas entidades de investigación y desarrollo (I+D). En general, hay una relación directa entre la adopción de nuevas tecnologías o productos y las ventajas económicas, técnicas y medioambientales derivadas de su utilización.

Diversos estudios confirman que la adopción de la innovación es un elemento clave para conseguir una mayor competitividad y valor añadido en los sistemas de producción agroalimentaria (Sánchez y Spiet, 2013; Rogers, 2003; Hinojosa *et al.* 2014; Parra *et al.*, 2005, 2007 y 2015; Gavilán *et al.*, 2019; OECDE, 2019; Egea, 2021). En este sentido, cuando el agricultor o el productor no considera que existan estas ventajas en los productos o tecnologías que se le ofrecen, simplemente decide no adoptarlas. Actualmente, uno de los retos e innovaciones en el sector agroalimentario es minimizar la generación de los residuos en sus procesos productivos. Concretamente el sector hortícola intensivo bajo abrigo en Andalucía tiene la oportunidad de cambiar su manera de producir para generar menos residuos y contribuir a la economía circular. Dicho sector es pionero en innovación tecnológica y eficiencia, ya que produce más de tres millones de toneladas de productos hortícolas al año con todas las garantías de seguridad alimentaria. Es un sector referente a nivel internacional por su dinamismo, eficiencia y nivel tecnológico, y se considera como un reto al que hacen referencia todos los informes de organismos internacionales en las previsiones para el año 2050. La horticultura intensiva andaluza tiene que ser también un ejemplo en economía circular, especialmente en el aprovechamiento y disminución de los residuos orgánicos y no orgánicos.

Actualmente, la superficie ocupada por invernaderos en las provincias de Almería y Granada es más de 35.000 ha (un 90% en Almería), que produjeron 3.525.187 toneladas de productos hortícolas en la campaña 2018-2019. Para esta superficie, se estima que se generan 90.738 t y un volumen de 187.050 m<sup>3</sup> de residuos inorgánicos anualmente. El mantenimiento de la cubierta de estructura (43,22%) y los plásticos empleados para desinfección (23,21%) son las funciones productivas con el mayor porcentaje de generación de residuos inorgánicos (Sayadi *et al.*, 2019 y 2020). En este contexto, para abordar la problemática mencionada, y proporcionar soluciones en la horticultura intensiva andaluza, en el marco del proyecto TRANSFORMA, se han identificado diferentes potenciales soluciones innovadoras para disminuir y paliar el problema y el impacto de los residuos inorgánicos generados en el sector productor hortícola. Concretamente, se han seleccionado las siguientes cinco prácticas compuestas cada uno por varias alternativas innovadoras que se comparan con la práctica convencional y que son:

### 1- Uso de materiales alternativos al entutorado de rafia:

- Práctica convencional: uso de rafia de polipropileno.
- Alternativa 1: uso de rafia reutilizable.
- Alternativa 2: uso de rafia natural de origen vegetal (yute), 100% compostable.
- Alternativa 3: uso de rafia biodegradable mixta (natural + polímero).

**2- Uso de materiales alternativos para acolchado:**

- Práctica convencional: uso de acolchado de polietileno de baja densidad.
- Alternativa 1: uso de acolchado plástico compostable.
- Alternativa 2: uso de acolchado plástico biodegradable en suelo.

**3- Valorización energética de residuos de difícil gestión:**

- Práctica convencional: uso de los canales convencionales de gestión de residuos.
- Alternativa 1: valorización por gasificación.

**4- Aplicación de un modelo de trazabilidad documental de residuos:**

- Sistema de control documental convencional.
- Alternativa 1: sistema de control documental físico.
- Alternativa 2: sistema de control documental telemático.

**5- Establecimiento de un modelo de gestión de residuos a nivel asociativo.**

- Práctica convencional: gestión individual de los residuos.
- Alternativa 1: acuerdos entre los productores y las empresas de transporte.
- Alternativa 2: acuerdos entre los productores y diversas empresas de gestión de residuos.
- Alternativa 3: acuerdos entre los productores y una única empresa de gestión de residuos.
- Alternativa 4: la empresa productora se convierte en su propio gestor de residuos.

Posteriormente se ha realizado un análisis del nivel de conocimiento de los agricultores de las anteriores prácticas y su potencial de adoptarlas, así como su preocupación general por los residuos generados y su impacto en el sector.

---

**MATERIAL Y MÉTODOS**

---

La información manejada en este estudio se ha obtenido a partir de la realización de una encuesta llevada a cabo a 17 expertos del sector, constituidos por investigadores, técnicos de cooperativas, gestores de residuos, etc. Las encuestas se llevaron a cabo durante la primera quincena del mes de febrero de 2020. Los resultados por lo tanto de este estudio se basan en el ‘expertise’ y ‘background’ que los expertos tienen sobre el sector y las soluciones innovadoras que potencialmente reducen o minimizan los residuos, así como de una revisión de diversa bibliografía como artículos, informes, etc. al respecto.

De manera previa se realizó una encuesta piloto para verificar la correcta adaptación de ésta y poder realizar ciertos cambios antes de ejecutar la definitiva. La encuesta realizada se estructura, entre otros, de los siguientes bloques:

- I. Nivel de preocupación y conocimiento del sector de la problemática de los residuos inorgánicos y de las soluciones alternativas del mercado.
- II. Nivel de conocimiento de las prácticas innovadoras seleccionadas.
- III. Potencial de adopción de las mismas por parte del sector.

Para cuantificar la opinión de los expertos respecto a determinadas cuestiones (importancia, interés, etc.), se ha utilizado siempre la misma valoración escalar desde 1: nada

importante/nada interesante, etc.) a 9 (muy importante, muy interesante, etc.). Para el análisis de los datos obtenidos, se ha categorizado la información en 'baja' cuando el resultado esté entre 1 y 4, 'media', cuando sea entre 4 y 6 y 'alta' para aquellas puntuaciones mayores de 6.

En este trabajo se presenta solamente un análisis univariante cualitativo-descriptivo de los resultados más importantes de los diferentes bloques en forma de porcentajes, desviaciones típicas o coeficientes de variación de la información generada por las encuestadas.

En relación con los programas empleados en el tratamiento de los datos de las encuestadas, se han utilizado Excel 2000 de Microsoft para Windows y el programa SPSS 20.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

A continuación, se exponen los resultados descriptivos de la información obtenida según la opinión de los expertos entrevistados para el sector productor hortícola. Cabe recordar que dicha información ha sido basada en una escala de 1 a 9 según se ha detallado anteriormente en la metodología.

Nivel de preocupación y conocimiento de la problemática de los residuos inorgánicos generados en el sector hortícola productor y de las alternativas existentes en el mercado

Respecto a la problemática de la generación de residuos inorgánicos en el contexto global y concretamente en la producción hortícola, los resultados de las respuestas obtenidas según el grado de conocimiento y preocupación del sector se muestran en la Tabla 1.

Como se puede observar de los datos recopilados a través de la encuesta realizada, el conocimiento del sector sobre la problemática existente respecto a los residuos es alto (media 7,17) y del mismo modo la preocupación por la generación de éstos es alta también (media 6,17). Es importante destacar también que existe una clara homogeneidad en la opinión del sector, puesto que el coeficiente de variación (CV) obtenido es bajo. Sin embargo, el conocimiento por parte del sector de las soluciones alternativas existentes en el mercado para minimizar, reducir o eliminar los residuos inorgánicos es medio (media 5,33). Por lo tanto, a pesar de la alta preocupación y el conocimiento por parte del sector sobre la problemática de los residuos, existe un desconocimiento general de las alternativas disponibles en el mercado que sean de algún modo más sostenibles desde el punto de vista medioambiental. Lo anterior puede constituir un factor muy limitante del cambio hacia las posibles innovaciones que pueden existir en el mercado.

### **Nivel de conocimiento de las prácticas innovadoras en el sector hortícola productor**

Los resultados que se exponen en esta sección están relacionados con el conocimiento directos que el sector tiene sobre las prácticas innovadoras y se muestran en la Tabla 2.

Respecto al conocimiento que tiene el sector sobre los materiales alternativos de entuto-

rado (rafia), es necesario destacar que está a un nivel medio. En este sentido, las alternativas de entutorado de las cuales el sector tiene un mayor conocimiento son la rafia reutilizable y la rafia biodegradable (medias ambas de 5,50), seguidas por la rafia compostable (media 5,17).

Es necesario destacar también que contrariamente a las alternativas de entutorado, el conocimiento de los tipos de acolchado más sostenibles es considerablemente menor. En este contexto, el sector tiene un conocimiento medio-bajo, tanto sobre el acolchado plástico biodegradable (media de 4,17) como del acolchado plástico compostable (3,83). Consecuentemente, se debe incidir más en diseminar el conocimiento de este tipo de nuevos materiales para acolchado, puesto que además se trata de una de las funciones que más contribuyen a la generación de residuos en horticultura (ver Sayadi et al 2019, 2020).

Respecto a las alternativas de valorización energética que existen actualmente para los residuos de difícil gestión, el conocimiento que el sector tiene de éstas es bajo. Entre ellas, la alternativa de valorización energética por pirólisis es un poco más conocida que la alternativa de valorización por gasificación (3,17 y 3,00, respectivamente). Tenemos que volver a incidir en la necesidad de dar a conocer este tipo de vías alternativas a la hora de gestionar aquellos residuos del sector que tienen difícil tratamiento, ya que suponen una problemática importante.

Por otra parte, en cuanto a las alternativas testadas para la aplicación de un sistema de trazabilidad documental para la gestión de residuos, se observa que el nivel de conocimiento por parte del sector para la alternativa de la utilización de un sistema físico de trazabilidad es medio-alto (media de 5,17) y mucho mayor que el relacionado con la utilización de un software de trazabilidad, cuyo conocimiento es bajo (media de 3,17). Por lo tanto, el conocimiento de un sistema de seguimiento de trazabilidad de los residuos por medio de un software de trazabilidad no se conoce apenas, a pesar de ser potencialmente una vía eficaz para el seguimiento y caracterización de los residuos.

El conocimiento que el sector tiene sobre los distintos modelos asociativos también se muestra en la Tabla 2. El conocimiento existente sobre el modelo simple asociativo entre varias empresas y una única gestora de residuos es medio (4,33). Sin embargo, la alternativa por la cual la empresa productora se convierte en la propia gestora de residuos es muy poco conocida (media de 3,17). Esto hace suponer que este paso, en el cual las empresas son las propias gestoras de residuos, lo perciben como difícil de lograr. Por consiguiente, el sector considera que es más factible, o al menos se conoce más, la alternativa de modelo asociativo de varias empresas con un único gestor.

### Potencial de adopción de las prácticas innovadoras en el sector hortícola productor

Mediante esta cuestión, se evalúa, mediante el conocimiento de los expertos, el potencial de adopción por parte del sector hortícola productor en base a las distintas alternativas

innovadoras y comentadas en el apartado anterior. Los resultados se muestran en la Tabla 3.

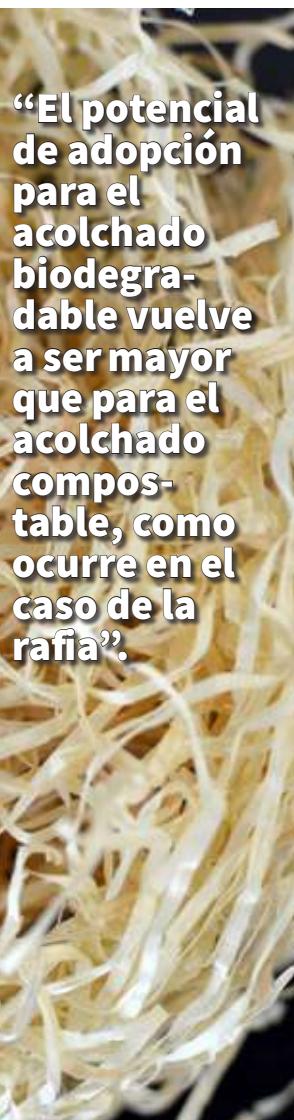
El potencial de adopción que el sector tiene relativo a las alternativas disponibles de entutorado o rafias es en todos los casos por encima de 5,50, con lo cual existe una predisposición media-alta utilizar estos nuevos materiales (medias de 5,57, 5,67 y 5,83 para la rafia compostable, reutilizable y la biodegradable, respectivamente). Por tanto, la problemática que generan las rafias convencionales, sobre todo en lo relativo a los restos de éstas en los residuos vegetales (que dificultan el tratamiento o compostaje de los restos vegetales), hace que el sector tenga una alta predisposición a adoptar otro tipo de rafias alternativas a las convencionales que solucionen o palíen este problema.

El potencial de adopción de las alternativas al acolchado por parte del sector hortícola es también alto, con medias de 6,00 y 6,17 para el acolchado compostable y para el acolchado biodegradable, respectivamente. El potencial de adopción para el acolchado biodegradable vuelve a ser mayor que para el acolchado compostable, como ocurre en el caso de la rafia, si bien esta diferencia es en esta ocasión menor. Cabe pensar que el concepto biodegradable es más conocido o aceptado por los agricultores y productores hortícolas que el compostable. Consecuentemente, se puede deducir la alta predisposición a adoptar estas alternativas de acolchado más sostenibles, al menos a corto o medio plazo.

En referencia al potencial de adopción de las alternativas de valorización energética de residuos de difícil gestión (valorización por pirólisis y valorización por gasificación), es necesario destacar también que el sector tiene una predisposición media a adoptar estas técnicas, en ambas obteniendo la misma media (5,17). Se hace por tanto visible la importante necesidad que el sector tiene de las alternativas innovadoras de este tipo de residuos plásticos de difícil gestión y de gran impacto para dar solución a este tipo de residuos.

Respecto a las alternativas de trazabilidad documental de los residuos inorgánicos, se pueden comentar los siguientes aspectos. Para ambas alternativas, la predisposición que se obtiene a la adopción de éstas es media, con 5,17 y 5,67 de media para el uso de un software de trazabilidad documental y para un sistema de trazabilidad físico, respectivamente. Por ello, los productores perciben de manera más factible el sistema de trazabilidad físico, posiblemente porque por el momento no existen softwares sólidos y desarrollados ligados a la trazabilidad documental de los residuos.

En relación con las alternativas respecto a los modelos de gestión asociativa para la gestión de residuos, el potencial de adopción de ambas alternativas en el sector hortícola es



**“El potencial de adopción para el acolchado biodegradable vuelve a ser mayor que para el acolchado compostable, como ocurre en el caso de la rafia”.**

medio, si bien es cierto que el sector tiene más predisposición de adoptar la alternativa por la cual las empresas establecen acuerdos de gestión de residuos con una única empresa gestora (media de 5,83). La alternativa en la que la empresa se convierte en la propia gestora de los residuos no tiene por parte del sector un potencial de adopción tan alto como la anterior (media de 4,67). Por lo tanto, es probable que la opción de que la empresa se convierta en su propia gestora de residuos sea una posibilidad que se perciba más complicada de conseguir, posiblemente por el tamaño relativamente pequeño de una gran parte de las empresas. Asimismo, existe un número importante de empresas (sobre todo de tipo comercializadoras) cuyo tamaño es mayor, pero del mismo modo, para ambos tipos de empresas, la alternativa de convertirse en su propia gestora de residuos se percibe complicada por la propia complejidad legal, administrativa y técnica.

## CONCLUSIONES

Se exponen a continuación las principales conclusiones de este estudio:

- El conocimiento y la preocupación del sector hortícolas productor acerca de la problemática asociada a los residuos es media-alta.
- El conocimiento que tiene el sector productor de las alternativas es más dispar:
  - a. Las rafias alternativas obtienen un nivel de conocimiento medio-alto.
  - b. Las opciones de valorización energética, así como los modelos de gestión asociativa son poco conocidos por parte del sector (puntuaciones medianas-bajas).
  - c. El conocimiento del sistema de trazabilidad documental física es muy conocido, en contraposición al sistema de trazabilidad documental mediante el uso de un software (conocimiento bajo).
- El potencial de adopción de todas las alternativas es medio-alto, por lo que existe una alta predisposición a implantar soluciones innovadoras en este sector que minimicen o eviten la generación de residuos.

Teniendo en cuenta las conclusiones anteriores, algunas de las recomendaciones que pueden plantearse como estrategias para favorecer la adopción de innovaciones son las siguientes:

- a. *Impulsar la investigación y transferencia* de resultados de alternativas sostenibles mediante distintas vías: ensayos de campo, workshops, videos en redes sociales, etc. y siempre que sea posible en las áreas productivas.
- b. *Crear la figura de asesor especialista* para divulgar nuevos conocimientos generados en torno a las alternativas disponibles en horticultura, sobre todo en entutorado de plantas y plásticos de acolchado.
- c. Promover las *certificaciones de calidad* relacionadas con el respeto al medio ambiente, concretamente con la disminución de residuos inorgánicos.
- d. Promover la existencia de *gestores específicos* para cada tipo de residuos y mejorar la red de *puntos de acopio fácilmente accesibles* (puntos verdes) don-

de los residuos puedan ser entregados a un coste asumible en un radio cercano a las zonas de producción.

- e. Desarrollar un marco normativo que incluya de forma diferenciada todos los tipos de residuos inorgánicos, garantizando la correcta gestión de los mismos a través de un sistema de responsabilidad ampliada (RAP).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- EGEA, F.J.; LÓPEZ-RODRÍGUEZ, M.D.; OÑA-BURGOS, P., CASTRO, A.J.; GLASS, C.R. 2021. Bioeconomy as a transforming driver of intensive greenhouse horticulture in SE Spain. *N Biotechnol*, 61, 50–56.
- GAVILÁN, P, RUIZ N, LOZANO D. 2019. Innovación y cambio tecnológico en los sistemas agrarios intensivos mediterráneos. El regadío en el Mediterráneo español. Una aproximación multidimensional. Ed Cajamar, pp. 181-206.
- HINOJOSA-RODRÍGUEZ, A.; PARRA-LÓPEZ, C.; CARMONA-TORRES, C.; SAYADI, S. 2014. Protected Designation of Origin in the olive growing sector: Adoption factors and goodness of practices in Andalusia, Spain. *New Medit*, 13(3): 2-12.
- OECD/EUROSTAT. 2019. Oslo Manual. Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, 4th Edition, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities, OECD Publishing, Paris/Eurostat, Luxembourg. <https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>.
- PARRA LÓPEZ, C.; CALATRAVA REQUENA, J. 2005. Factors related to the adoption of organic farming in Spanish olive orchards. *Spanish Journal of Agricultural Research* 3(1): 5-16.
- PARRA LÓPEZ, C.; HARO GIMÉNEZ, T.; CALATRAVA REQUENA, J. 2007. Diffusion and adoption of organic farming in the southern Spanish olive groves. *Journal of Sustainable Agriculture* 30(1): 105-151.
- PARRA-LÓPEZ, C.; HINOJOSA-RODRÍGUEZ, A.; SAYADI, S.; CARMONA-TORRES, C. 2015. Protected Designation of Origin as a Certified Quality System in the Andalusian olive oil industry: Adoption factors and management practices". *Food Control*, 51: 321-332.
- ROGERS E. 2003. Diffusion of innovations. New York, NY: Free Press.
- SÁNCHEZ T, SPIET S. 2013. Why innovations fail – The case of passive and active innovation resistance. *International Journal of Innovation Management* 17, 21-32.
- SAYADI S, RODRÍGUEZ CR, ROJAS F, PARRA C, PARRA S, GARCÍA MC, GARCÍA R, LORBACH MB, MANRIQUE T. 2019. Inorganic waste management in greenhouse agriculture in Almería (SE Spain): towards a circular system in intensive horticultural production. *Sustainability* 11, 1-16. <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/14/3782/htm>.
- SAYADI S, ROJAS F, MARTÍN E, LORBACH MB, PARRA C, PARRA S, GARCÍA MC, GARCÍA R, UFARTE A, RODRÍGUEZ CR. 2020. Retos para la gestión y el reciclado sostenible de los hortícolas: el proyecto REINWASTE. *Anenverde* 187, 4-5.

## AGRADECIMIENTOS

Trabajo realizado dentro del proyecto TRANSFORMA PPTRA.TRA2019.003, cofinanciado al 80% del Fondo Europeo de Desarrollo Regional dentro del Programa Operativo FEDER de Andalucía 2014-2020. Guillermo García-García agradece la ayuda Juan de la Cierva Incorporación financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 “FSE Invierte en tu futuro”.

## TABLAS

**Tabla 1.** Nivel de preocupación y conocimiento del sector de la problemática de los residuos inorgánicos y de las soluciones alternativas del mercado.

	MEDIA	DE	CV (%)
Grado de conocimiento general de la problemática de residuos en el sector	7.17	1.33	18.5
Nivel de preocupación sobre la problemática de los residuos inorgánicos generados en el sector	6.67	1.21	18.2
Grado de conocimiento de alternativas disponibles en el mercado para reducir los residuos inorgánicos	5.33	1.75	32.8

**Tabla 2.** Conocimiento de las soluciones innovadoras.

<b>NIVEL DE CONOCIMIENTO DE LAS ALTERNATIVAS</b>			
<b>Uso de materiales alternativos para elementos de entutorado (rafia)</b>			
	Media	DE	CV (%)
Uso de rafia compostable de origen 100% natural	5.17	1.72	33.3
Uso de rafia reutilizable	5.50	1.52	27.6
Uso de rafia biodegradable (mezcla de rafia biodegradable y bio-polímero)	5.50	1.38	25.1
<b>Uso de materiales alternativos para acolchado</b>			
Uso de acolchado plástico compostable	3.83	3	55.7
Uso de acolchado plástico biodegradable en suelo	4.17	3	55.6
Valorización energética de residuos de difícil gestión			
Valorización por gasificación	3.00	1.26	42.2
Valorización por pirólisis	3.17	1.47	46.5
<b>Aplicación de un modelo de trazabilidad documental para la gestión de residuos</b>			
Uso de un software de trazabilidad documental	3.17	2.64	83.4
Uso de un sistema de trazabilidad documental físico	5.17	2.64	51.1
<b>Modelos asociativos de gestión de residuos</b>			
La asociación de productores se convierte en la propia gestora de residuos	3.17	2.14	67.5
Acuerdos entre asociaciones de productores y una única empresa de gestión de residuos	4.33	1.86	43.0

**Tabla 3.** Potencial de adopción de las soluciones innovadoras.

<b>GRADO DE POTENCIAL DE ADOPCIÓN DE LAS SIGUIENTES ALTERNATIVAS DE INNOVACIÓN</b>			
<b>Uso de materiales alternativos para elementos de entutorado (rafia)</b>			
	<b>Media</b>	<b>SD</b>	<b>CV (%)</b>
Uso de rafia compostable de origen 100% natural	5.57	1.63	28.8
Uso de rafia reutilizable	5.67	1.63	28.8
Uso de rafia biodegradable (mezcla de rafia biodegradable y bio-polímero)	5.83	1.60	27.5
<b>Uso de materiales alternativos para acolchado</b>			
Uso de acolchado plástico compostable	6.00	1.90	31.6
Uso de acolchado plástico biodegradable en suelo	6.17	1.83	29.8
<b>Valorización energética de residuos de difícil gestión</b>			
Valorización por pirólisis	5.17	2.93	56.6
Valorización por gasificación	5.17	2.93	56.6
<b>Aplicación de un modelo de trazabilidad documental para la gestión de residuos</b>			
Uso de un sistema de trazabilidad documental físico	5.67	1.03	18.2
Uso de un software de trazabilidad documental	5.17	2.14	41.4
<b>Modelos asociativos de gestión de residuos</b>			
La asociación de productores se convierte en la propia gestora de residuos	4.67	1.97	42.1
Acuerdos entre asociaciones de productores y una única empresa de gestión de residuos	5.83	2.32	39.7

# OPTIMIZACIÓN DE LA SEGURIDAD ALIMENTARIA MEDIANTE NUEVOS BIOGEOFILTROS DE ECOSISTEMAS HORTÍCOLAS INTENSIVOS CONTAMINADOS CON ANTIBIÓTICOS

**Eymar, E.<sup>1</sup>; García-Delgado, C.<sup>2</sup>; Yunta, F.<sup>1</sup>; Delgado, L.<sup>1</sup>; Fernández-Martín, R.; Ruiz-García, A.I.<sup>2</sup>; Antón-Herrero, R.<sup>1</sup>; Mayans, B.<sup>1</sup>; Camacho-Arévalo, R.<sup>1</sup>; Mota, C.<sup>2</sup>; Segura, M.L.<sup>3</sup>; C.; Cuevas, J.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Química Agrícola y Bromatología, Universidad Autónoma de Madrid, 28049 Madrid, España.

<sup>2</sup>Departamento de Geología y Geoquímica, Universidad Autónoma de Madrid, 28049 Madrid, España.

<sup>3</sup>IFAPA La Mojonera. Junta de Andalucía.04745 Almería, España

## RESUMEN

La presencia de antibióticos en ecosistemas acuáticos y terrestres constituye un tema que genera una preocupación creciente aunque se disponen de datos científicos limitados así como de estrategias de eliminación para prevenir los problemas asociados como el de las resistencias a los antibióticos por consumo de dosis subclínicas de manera repetida. Uno de los sistemas de producción de alimentos más importantes en España, es el de las áreas de producción hortícola intensiva con escasos recursos hídricos (Sureste Español) en los que este problema se plantea de manera preocupante. Por un lado, por la utilización de aguas residuales regeneradas que sirven para un uso eficiente del riego y de la fertirrigación y que pueden contener pequeñas concentraciones de antibióticos. Por otro, las enmiendas y abonos orgánicos de origen animal, que sirven para una restitución de la fertilidad de los suelos y una fertilización más sostenible, pero también pueden contener residuos de los antibióticos usados en las granjas ganaderas. Esos insumos producen una introducción de antibióticos que los cultivos son capaces de absorber, y pasar a los alimentos vegetales que nutren al consumidor. En este trabajo se presenta una estrategia de biogefiltro que pretende reducir e incluso eliminar la presencia de antibióticos gracias al efecto combinado de geomateriales nanoestructurados y de ciertas enzimas producidas por hongos ligninolíticos capaces de degradar moléculas orgánicas.

**Palabras clave:** *residuos antibióticos, superbacterias, contaminantes emergentes, hongos ligninolíticos, geomateriales nanoestructurados, economía circular*

## INTRODUCCIÓN

La sobreprescripción de antibióticos para uso humano y veterinario en todo el mundo y concretamente en España es un problema de salud pública y medioambiental de primer orden por la generación de resistencias antimicrobianas (Hernando-Amado et al, 2019).

La resistencia a los antimicrobianos ha sido reconocida por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Comisión Europea como una de las amenazas más graves para la salud pública. La cantidad total de antibióticos vendidos con fines veterinarios en Europa ascendió a 6431,4 t en 2018; las más utilizadas fueron tetraciclinas (1973 t), penicilinas (1854 t) y sulfonamidas (544 t). España es el país europeo con mayores ventas con un importe total de 1724 t, que representa el 27% del total de antibióticos vendidos en la UE para agentes antimicrobianos veterinarios.

Los antibióticos se excretan como compuestos originales a altas tasas (hasta el 90% de la dosis administrada) del cuerpo a través de las heces y la orina (Halling-Sorensen *et al.*, 2002). Por tanto, estos fármacos se encuentran en concentraciones apreciables en aguas residuales, lodos de depuradora o estiércoles y por ello, su uso como fertilizantes o enmiendas orgánicas de suelos agrícolas o aguas residuales como agua de riego son fuente de antibióticos para los ecosistemas agrícolas (Kuppusamy *et al.*, 2018). El uso de insumos agrícolas contaminados con antibióticos altera las poblaciones microbianas del suelo y los propaga al medio ambiente (Solliec *et al.*, 2016). Está bien documentado que la presencia de bajas concentraciones en los ecosistemas agrícolas o el medio ambiente genera bacterias resistentes a estos fármacos con el grave problema adicional de salud pública que se genera (Berendonck *et al.*, 2015). En el suelo, los antibióticos son parcialmente adsorbidos por componentes del suelo como arcillas, oxihidróxidos metálicos y materia orgánica (Conde-Cid *et al.*, 2019). Otras fracciones pueden lixiviar a las aguas subterráneas o incluso los cultivos pueden absorber antibióticos con la consiguiente inclusión de estos fármacos en los alimentos vegetales [Picó *et al.*, 2019]. Esta es una fuente constante e involuntaria de antibióticos para la población con el consiguiente riesgo de generación de bacterias resistentes a estos. Por lo tanto, la entrada de estos fármacos en los ecosistemas agrícolas debe reducirse al mínimo para garantizar la seguridad alimentaria, la sostenibilidad de los suelos agrícolas y la minimización de la propagación de antibióticos al medio ambiente.

En este trabajo se proporcionan datos sobre los niveles de antibióticos (tetraciclinas y sulfonamidas) encontrados en tomates producidos en algunos invernaderos comerciales (Camacho *et al.*, 2021) y sobre la efectividad de los nuevos biogeofiltros que está desarrollando el grupo de investigación de los departamentos de Química Agrícola y Bromatología (Antón-Herrero *et al.* 2018, García-Delgado *et al.* 2018, Mayans *et al.*, 2020 y de Geología y Geoquímica de la Universidad Autónoma de Madrid (Cuevas *et al.*, 2019; Fernández *et al.* 2018), dentro del marco de los Proyectos de Prueba de Concepto financiados por el Ministerio de Ciencia e Innovación y la Agencia Estatal de Investigación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Evaluación de antibióticos en invernaderos comerciales

Se llevaron a cabo muestreos de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) al final del cultivo en dos años consecutivos (2018-2019) entre la última semana de marzo y la prime-

ra quincena de abril al final de la campaña en diversos invernaderos comerciales ubicados en Almería, España. En los dos invernaderos (GH1 y GH2) se utilizó sustrato enarenado con una adición de estiércol cada 3 años. Los dos invernaderos utilizaban agua residual regenerada (ARR) con un tratamiento terciario adicional con filtración procedente de la EDAR de Almería, agua desalinizada y agua subterránea para riego. Durante el primer año, ambos invernaderos utilizaron agua desalada para riego, mientras que durante el segundo año el primer invernadero (GH1) utilizó una mezcla (50/50 v/v) de ARR y agua de pozo y el segundo invernadero (GH2) solo usó ARR para riego. Se tomaron muestras de plantas de tomate al azar, eligiendo tres plantas de tomate completas de cada invernadero cada año. Se dividieron en raíces, hojas y frutos de tomate para su posterior extracción y análisis de sulfonamidas (SA), las raíces se lavaron cuidadosamente con agua para evitar posibles interferencias del suelo. Las muestras de plantas fueron refrigeradas inmediatamente a 4º C previa extracción y los análisis de SAs, se realizaron a las 48 h del muestreo.

Los SA son una de las familias de antibióticos más presentes en el medio ambiente, principalmente porque representan el 9,6% de los antibióticos más recetados para uso veterinario en la UE [22]. Los antibióticos analizados fueron 13 SA: sulfadiazina (SDZ), sulfatiazol (STZ), sulfapiridina (SP), sulfamerazina (SMR), sulfametizol (SMT), sulfametazona (SMZ), sulfametoxitipiridazina (SMP), sulfamonometoxina (SMM), sulfachloropiridazina (SCIP), sulfametoxazol (SMX), sulfadoxina (SDX), sulfisoxazol (SIX) y sulfadimetoxina (SDM). Todos los estándares se obtuvieron de Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, EE. UU.). Para la cuantificación se utilizaron dos patrones internos (IS), a saber, sulfatiazol-13C6 y sulfametoxitipiridazina-D3. Ambos IS se obtuvieron de Sigma-Aldrich. La extracción en fase sólida (SPE) se realizó con cartuchos Oasis HLB (Waters Corporation, Milford, MA, EE. UU.) para la extracción y purificación de los antibióticos. Todos los disolventes orgánicos utilizados fueron de grado HPLC y se compraron a Merck Corporation (Darmstadt, Alemania). Las SAs se analizaron usando un UHPLC-MS/MS con un módulo Acquity UPLC (Waters, Milford, MA, USA) acoplado a un detector de triple cuadrupolo (Waters, Milford, MA, USA).

Para el diseño del biogeofiltro se utilizarán una matriz inorgánica tipo geomaterial nanoestructurado en el que se inmovilizarán enzimas procedentes de algunas setas cultivadas. El biogeofiltro que se pretende generar gracias a un Proyecto “Prueba de Concepto” es un sistema sostenible, amigable con el medio ambiente y con los conceptos de economía circular. Los pilares de su composición, filosilicatos a base de arcillas especiales con una alta superficie específica y los residuos generados en la producción de hongos comestibles (Figura 1), ya han sido dilucidados gracias a trabajos anteriores de nuestro equipo de investigación, por lo que se dispone de un primer producto mínimo viable (MVP) del biogeofiltro.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La distribución de SAs en las plantas de tomate variaba dependiendo de la sulfonamida estudiada (Tabla 1). Durante 2018, cuando la fuente de riego fue agua desalada, SMX fue el antibiótico con mayor concentración en la planta de tomate, alcanzando casi 35 µg Kg<sup>-1</sup>

en fruto en GH1 y 17,6 µg Kg<sup>-1</sup> en GH2, y casi 1 µg Kg<sup>-1</sup> en raíces para ambos invernaderos. El otro antibiótico con más presencia fue el SDM, con mayor concentración en tomate en el GH1 (2,8 µg Kg<sup>-1</sup>) que en el GH2 (1,5 µg Kg<sup>-1</sup>) como sucedió con el SMX. Los otros antibióticos encontrados fueron SDZ, STZ, SP, SMT, solo se detectaron SP y SMT en el fruto del tomate en concentraciones entre 236 y 746 ng Kg<sup>-1</sup>, con menor concentración en GH2.

Las SA detectadas en 2019 fueron las mismas que en 2018 y los antibióticos con mayor concentración fueron SMX y SMT, con concentraciones entre 6 y 8 µg Kg<sup>-1</sup> (Camacho-Arévalo *et al.*, 2020). Para las tetraciclinas se observaron eliminaciones de más del 90% por los hongos, siendo el *P. ostreatus* el que mayor degradación de estos fármacos mostró (Figura 2). Esto se debe a la elevada actividad enzimática que este hongo mostraba responsable de la metabolización de estos contaminantes. Esto se mantuvo en el filtro diseñado por nuestro equipo (Figura 3), validándose así su eficacia en pruebas de laboratorio.

## CONCLUSIONES

Se ha obtenido un biogeofiltro basado en materiales nanoestructurados y enzimas procedentes de extractos de los sustratos postcultivo de ciertos hongos del género *Pleurotus*. Con este filtro se pretende optimizar la seguridad alimentaria de los productos agrícolas mediante la reducción al mínimo de antibióticos que pueden incrementar la presencia de bacterias resistentes en el medio ambiente que afectan a la salud humana. Con estos nuevos biogeofiltros se reduce en más de un 90% la presencia de antibióticos de las familias de las tetraciclinas y de las sulfonamidas. Los siguientes pasos están encaminados a hacer pruebas tras el escalado a dimensiones reales.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTÓN-HERRERO, A., C. GARCÍA-DELGADO, M. ALONSO-IZQUIERDO, G. GARCÍA-RODRÍGUEZ, J. CUEVAS, E. EYMAR. 2018. Comparative adsorption of tetracyclines on biochars and stevensite: Looking for the most effective adsorbent, *Appl. Clay Sci.* 160: 162–172.
- BERENDONK, T.U. *et al.* 2015. Tackling antibiotic resistance: the environmental framework, *Nat. Rev. Microbiol.* 13: 310–317.
- CAMACHO-ARÉVALO, R, GARCÍA-DELGADO, C., BEGOÑA MAYANS, RAFAEL ANTÓN-HERREIRO, JAIME CUEVAS, MARÍA LUZ SEGURA ENRIQUE EYMAR 2021. Sulfonamides in Tomato from Commercial Greenhouses Irrigated with Reclaimed Wastewater: Uptake, Translocation and Food Safety. *Agronomy Agronomy* 11, 1016. <https://doi.org/10.3390/agronomy11051016>

CONDE-CID, M. et al. 20419. Competitive adsorption of tetracycline, oxytetracycline and chlortetracycline on soils with different pH value and organic matter content, Environ. Res. 178: 108669.

CUEVAS, J.; N. DIROCIE, F. YUNTA, C. GARCÍA DELGADO, D.E. GONZÁLEZ SANTAMARÍA, A.I. RUIZ, R. FÉRNÁNDEZ, E. EYMAR. 2019. Evaluation of the Sorption Potential of Mineral Materials Using Tetracycline as a Model Pollutant, Minerals. 9: 453.

EUROPEAN MEDICINES AGENCY. 2020. Sales of veterinary antimicrobial agents in 31 European countries in 2018: Trends from 2010 to 2018.,

FERNÁNDEZ, R., A.I. RUIZ, C. GARCÍA-DELGADO, D.E. GONZÁLEZ-SANTAMARÍA, R. ANTÓN-HE-RRERO, F. YUNTA, C. POYO, A. HERNÁNDEZ, E. EYMAR, J. CUEVAS. 2018. Stevensite-based geofilter for the retention of tetracycline from water, Sci. Total Environ. 645, 146–155.

GARCÍA-DELGADO, C., E. EYMAR, R. CAMACHO-ARÉVALO, M. PETRUCCIOLI, S. CRONALE, A. D'ANNIBALE. 2018. Degradation of tetracyclines and sulfonamides by stevensite- and biochar-immobilized laccase systems and impact on residual antibiotic activity, J. Chem. Technol. Biotechnol. 93: 3394–3409.

HALLING-SORENSEN, B. et al. 2002. Toxicity of tetracyclines and tetracycline degradation products to environmentally relevant bacteria, including selected tetracycline-resistant bacteria, Arch. Environ. Contam. Toxicol. 42: 263–271.

HERNANDO-AMADO, S. et al. 2019. Defining and combating antibiotic resistance from One Health and Global Health perspectives, Nat. Microbiol. 4: 1432–1442.

KUPPUSAMY, S et al. 2018. Veterinary antibiotics (VAs) contamination as a global agro-eco-logical issue: A critical view, Agric. Ecosyst. Environ. 257: 47–59.

MAYANS, B; CAMACHO-AREVALO, R; GARCIA-DELGADO, C; ANTON-HERRERO, R; ESCOLASTICO, C; SEGURA, ML; EYMAR, E . 2020. An assessment of *Pleurotus ostreatus* to remove sulfonamides, and its role as a biofilter based on its own spent mushroom substrate. Env. Sci. Pol. Res.

SOLLIEC, M et al. 2016. Fractionation and analysis of veterinary antibiotics and their related degradation products in agricultural soils and drainage waters following swine manure amendment. Sci. Total Environ. 543: 524–535.

PICÓ, Y. et al. 2019. Uptake and accumulation of emerging contaminants in soil and plant treated with wastewater under real-world environmental conditions in the Al Hayer area (Saudi Arabia). Sci. Total Environ. 65: 562–572

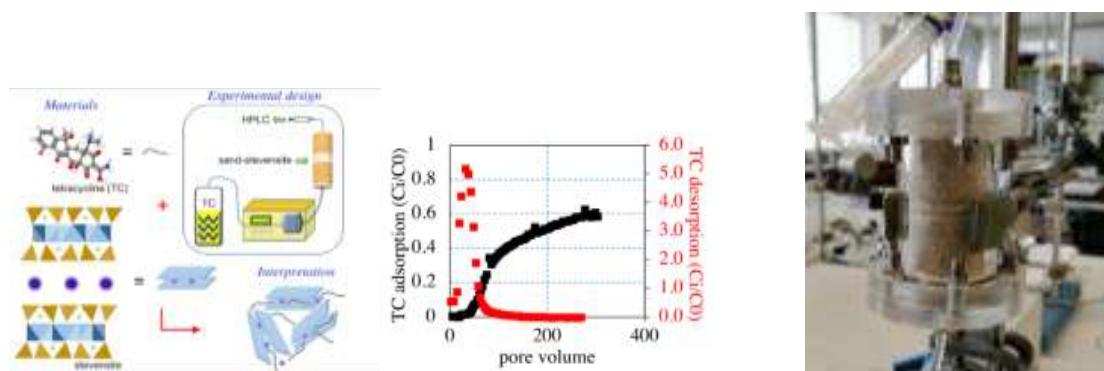
## AGRADECIMIENTOS

Los resultados obtenidos en este trabajo se obtuvieron gracias a la financiación del Ministerio de Ciencia e Innovación al proyecto AGL2016-78490-R. El escalado de los filtros a nivel comercial se realizará en los próximos años gracias al proyecto de prueba de concepto PDC2021-120744-I00 financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación.

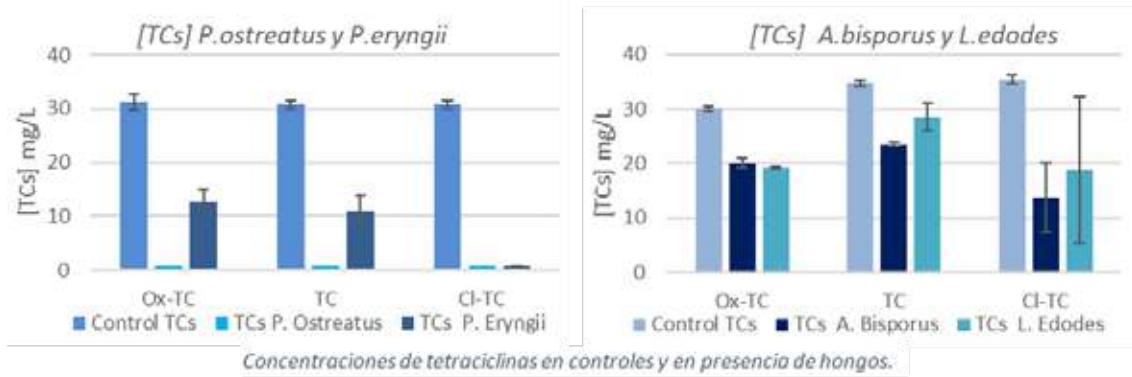
**TABLAS**

**Tabla 1.** Concentración de sulfonamidas en plantas de tomate ( $\text{ng Kg}^{-1}$ ) a lo largo de dos años. (media ± desviación estándar). <DL indica por debajo del límite de detección.

	RAÍCES		HO		FRUTO	
	GH1	GH2	GH1	GH2	GH1	GH2
2018	SDZ	235 ± 95	286 ± 57	<DL	2718 ± 653	<DL
	STZ	247 ± 102	322 ± 90	<DL	<DL	<DL
	SP	146 ± 58	76 ± 18	<DL	<DL	408 ± 253
	SMR	<DL	<DL	<DL	<DL	<DL
	SMT	249 ± 120	356 ± 168	<DL	<DL	746 ± 146
	SMX	9869 ± 851	9917 ± 3041	748 ± 188	1077 ± 190	34884 ± 4948
2019	SDM	560 ± 133	620 ± 359	22088 ± 8577	16709 ± 12103	2884 ± 1218
	SDZ	331 ± 70	202 ± 53	346 ± 98	3238 ± 846	51 ± 18
	STZ	236 ± 72	192 ± 35	88 ± 77	<DL	<DL
	SP	85 ± 17	193 ± 82	36 ± 17	<DL	14 ± 8
	SMR	<DL	<DL	<DL	<DL	<DL
	SMT	3667 ± 1281	3123 ± 363	1316 ± 318	2372 ± 1093	1452 ± 632
	SMX	2206 ± 997	2819 ± 830	2825 ± 986	3694 ± 1741	1927 ± 531
	SDM	261 ± 84	160 ± 59	263 ± 128	<DL	123 ± 42
						366 ± 116

**FIGURAS**

**Figura 1.** Biogeofiltros basados en la capacidad de adsorción de los geomateriales nanoestructurados utilizados en experimentos a escala de laboratorio.



**Figura 2.** Desaparición de tetraciclinas en presencia de hongos (*P. ostreatus*, *P. eryngii*, *A. bisporus*, *L. edodes*).



**Figura 3.** Evolución de la actividad enzimática lacasa en el filtro y de las concentraciones de sulfametoxazol y sulfapiridina en el biogeoфиro de escala de laboratorio.



# 50 Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura

