

Octubre 2021

WORKING PAPER

Impacto económico de la fertilización carbónica en los invernaderos de Almería

Autores: Blanca Cuadrado-Alarcón, Javier Martínez-Dalmau,
Alfonso Expósito y Julio Berbel



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

Una versión de este trabajo ha sido publicada como capítulo de libro.

Cita:

Cuadrado-Alarcón, B., Martínez-Dalmau, J., Expósito A. y J. Berbel (2021) “Impacto económico de la fertilización carbónica en los invernaderos de Almería” en *INUNDACIONES Y SEQUÍAS. Análisis Multidisciplinar para Mitigar el Impacto de los Fenómenos Climáticos Extremos*. Joaquín Melgarejo, M^a Inmaculada López-Ortiz, Patricia Fernández-Aracil (Editores). Universitat d’Alacant ISBN: 978-84-1302-138-6. Pág.1295-1304



INUNDACIONES Y SEQUÍAS

Análisis Multidisciplinar para Mitigar
el Impacto de los Fenómenos
Climáticos Extremos.

Joaquín Melgarejo Moreno
M^a Inmaculada López Ortiz
Patricia Fernández Aracil

(Editores)

A STUDY OF JUDICIAL REMEDIES FOR WATER RIGHTS DISPUTES IN EARLY TWENTIETH CENTURY IN CHINA, Yang Yang y Yu Pin Ai	1229
LOS HUMEDALES Y SU EFICACIA PARA EL CORRECTO CONTROL DE AVENIDAS Y PREVENCIÓN DE INUNDACIONES: EVOLUCIÓN JURÍDICO-AMBIENTAL EN EL MARCO TERRITORIAL VALENCIANO, Francisco José Abellán Contreras	1243
ACTITUDES HACIA LAS MEDIDAS DE GESTIÓN DE LAS INUNDACIONES EN ZAMORA: UNA ESTRATEGIA METODOLÓGICA PARA SU MEDICIÓN Y CAMBIO, Fernando Talayero Sebastián, Juan Antonio García Martín, Raquel Pérez-López, Andrés Díez-Herrero, José María Bodoque del Pozo, Lucía Poggio Lagares y María Amérigo Cuervo-Arango	1255
EL ESTADO DE EXCEPCIÓN FRENTE A FENÓMENOS DE SEQUÍAS E INUNDACIONES EN ECUADOR, Andrés Martínez Moscoso e Israel Castro Enríquez.....	1267
LA UTILIZACIÓN DE LA EDUCACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN AMBIENTAL EN ESCOLARES COMO ELEMENTO CLAVE PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO: UN CASO PRÁCTICO, Juan Carlos García Prieto, Manuel García Roig, Diana Málaga Martín, María Mercedes Ramos Rodríguez, Alicia Gutiérrez del Valle, Francisco Javier Burguillo Muñoz, Felipe José Bello Estévez, Maite del Arco Aláinez, Rebeca Martín Castilla y Juan Carlos Rico Jiménez	1279
EXPLORANDO EL IMPACTO ECONÓMICO DE LA FERTILIZACIÓN CARBÓNICA EN LOS INVERNADEROS, DE ALMERÍA, Blanca Cuadrado-Alarcón, Javier Martínez-Dalmau, Alfonso Expósito y Julio Berbel	1294
TECNOLOGÍAS PARA EL APRENDIZAJE Y EL CONOCIMIENTO DEL PATRIMONIO HIDRÁULICO EN LA VEGA BAJA DEL RÍO SEGURA, María Francisca Zaragoza Martí, José Manuel Mira Martínez y Alfredo Ramón Morte.....	1305
ANÁLISIS DEL ESTADO Y CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS EN LA COMUNIDAD VALENCIANA (ESPAÑA), Antonio Jódar Abellán, Daniel Prats Rico, Miguel Ángel Pardo Picazo, Irene Sentana Gadea y Jesús Rodrigo-Comino	1321
SISTEMA DE DOS NIVELES PARA UNA COBERTURA ÓPTIMA DEL RIESGO DE INUNDACIÓN, Joaquín Torres y Sonia Sanabria	1333

EXPLORANDO EL IMPACTO ECONÓMICO DE LA FERTILIZACIÓN CARBÓNICA EN LOS INVERNADEROS DE ALMERÍA

Blanca Cuadrado-Alarcón

Instituto de Agricultura Sostenible (IAS-CSIC), Córdoba, España
bcuadrado@ias.csic.es
<https://orcid.org/0000-0003-1985-7787>

Javier Martínez-Dalmau

WEARE–Water, Environmental and Agricultural Resources Economics Research Group, Departamento de Economía Agraria, Universidad de Córdoba, España
javier.martinez@uco.es
<https://orcid.org/0000-0003-4571-2928>

Alfonso Expósito

WEARE–Water, Environmental and Agricultural Resources Economics Research Group, Departamento de Economía Aplicada, Universidad de Málaga, España
aexposito@uma.es
<https://orcid.org/0000-0002-9248-4879>

Julio Berbel

WEARE–Water, Environmental and Agricultural Resources Economics Research Group, Departamento de Economía Agraria, Universidad de Córdoba, España
berbel@uco.es
<https://orcid.org/0000-0001-6483-4483>

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo evaluar el impacto económico/empresarial de la fertilización carbónica (CF) en los invernaderos, teniendo en cuenta el agua utilizada y considerándola un recurso económico relevante en zonas de escasez hídrica. El estudio se centra en el caso de los invernaderos de la zona del Campo de Dalías, situado en Almería (España). La evaluación económica realizada, muestra que la FC, además de mejorar la producción y aumentar la calidad de los cultivos, puede contribuir de forma significativa a la viabilidad empresarial en esta zona agrícola de España.

1. INTRODUCCIÓN

Campo de Dalías es una comarca agraria situada al suroeste de Almería (España), caracterizada por una alta actividad hortícola. Dispone de una superficie de 21.285 ha de invernaderos dedicados a la producción de hortalizas (CAPDR, 2017). Según Baeza Cano (2014) el 40% de la actividad económica de la comarca lo compone la agricultura, esta zona tiene la mayor densidad e invernaderos de Europa y es una de las zonas de invernaderos más importantes del mundo en cuanto a la producción y comercialización de hortalizas.

Campo de Dalías se caracteriza por una tecnología propia, los invernaderos tipo Almería, entre los cuales el subtipo raspa y amagado es el más común (Valera et al., 2017). Su principal ventaja es un menor consumo energético en comparación con otros tipos de invernadero, beneficiándose de las características climáticas de la zona (Cajamar, 2020; Valera et al., 2017).

En la actualidad, el sector de producción de hortalizas en Campo de Dalías se ve acotado por invernaderos de alta tecnología, con una mayor producción por superficie, como ocurre con los invernaderos de Holanda, y por sistemas de menor tecnología como los de Marruecos con menor coste de producción (Costa and Heuvelink, 2005). Esta situación ha derivado en la desaparición de la producción de ciertos cultivos en la zona (i.e. judía verde y tomate), siendo su producción inviable económicamente (Aznar-Sánchez et al., 2020).

Debido al valor social y económico de la horticultura para la comarca de Campo de Dalías, y su relevancia como zona estratégica de producción de hortalizas de la Unión Europea, es necesario evaluar escenarios futuros de producción, incluyendo innovaciones en tecnología agrícola, como es el caso de la fertilización carbónica (FC). Este trabajo pretende evaluar la dimensión económica/empresarial de la adopción de la FC como tecnología para la mejorar la competitividad de la mayor zona de invernaderos de España (Campo de Dalías) en el mercado internacional, así como sus principales impactos en el sistema agrícola.

La FC es una técnica capaz de mejorar tanto el rendimiento del cultivo, como la calidad final del producto hortícola, y plantas ornamentales (Hand, 1990). Un estudio reciente de Dong et al. (2020), ofrece una revisión detallada del impacto de la FC en el rendimiento de los cultivos. Se considera el sistema óptimo para mejorar la calidad del producto y el crecimiento vegetativo, resultando en recolecciones más tempranas, frutos de mayor tamaño, y mejor calidad organoléptica (Sánchez-González et al., 2016). Estas ventajas ofrecen además un mayor control al agricultor sobre su producción, pudiendo anticipar su recolección a los momentos en que los precios de mercado son mayores.

Junto con esta mejora del cultivo, reconocida internacionalmente, se ha prestado especial atención a la revisión bibliográfica de estudios que tratan de forma específica los cambios en los requerimientos hídricos asociados a la FC, ya que el agua se considera un recurso económico relevante en zonas con escasez de agua. Aunque la literatura existente es escasa, los estudios existentes parecen estar de acuerdo en que el incremento del rendimiento del cultivo en un invernadero debido a FC no incrementa el consumo de agua (Idso & Idso, 1994). Como presentan varios estudios, esto se debe al incremento de la eficiencia del uso del agua, por parte del cultivo (Conley et al., 2001; Sánchez-Guerrero et al., 2009). Una alta concentración de CO₂ produce el cierre parcial de estomas de la planta, y reduce la velocidad de transpiración. Como consecuencia el uso de los recursos hídricos es más lento de lo normal (Idso & Idso, 1994), de hecho, la respuesta relativa de crecimiento con FC podría ser mayor cuando los recursos hídricos son el factor limitante. En esta misma línea, Yang et al. (2020) argumenta que la FC es una estrategia prometedora para la mejora de la calidad en la producción hortícola bajo invernadero con condiciones hídricas limitantes. Además, Sánchez-González et al. (2016) indica que la FC puede ayudar a mitigar el efecto negativo de la salinidad en la producción, sin comprometer las propiedades organolépticas de los frutos, y siendo una técnica agronómica efectiva para las condiciones Mediterráneas.

En la literatura podemos encontrar análisis del impacto de la FC en variables agronómicas y sus impactos ambientales. Sin embargo, la dimensión económica de la FC, tanto para el sector agrícola en general, como para el agricultor en particular, no han recibido aún mucha atención. El presente estudio pretende ofrecer una evaluación completa del impacto económico de la FC aplicada en una zona agrícola extensa, como es el caso del Campo de Dalías, sobre las bases agronómicas establecidas en estudios existentes.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos sobre el sector de los invernaderos están disponibles a nivel provincial, por lo que los datos a nivel local han sido estimados a partir de la información disponible. Los datos publicados sobre la gestión de cultivos en Almería han sido recopilados para su uso en un modelo de cálculo de los márgenes netos en el que se ha simulado cada rotación de cultivos. A continuación, se describen las fuentes de información:

- a. Superficie de invernadero del Campo de Dalías en ha. Recogido de publicaciones regulares de la Junta de Andalucía (CAPDR, 2017).
- b. Combinaciones de cultivos presentes en el Campo de Dalías. La gran variedad de productos dificulta la caracterización de la actividad agrícola, se ha tomado como referencia el estudio de Lopez Perez et al. (2015). Que recoge las principales rotaciones existentes y su presencia en la zona.
- c. Rendimiento del cultivo por tipo de invernadero en Kg/ha. Valera et al. (2017) publicó un estudio detallado de los rendimientos de los cultivos dependiendo de su ciclo.
- d. Costes del cultivo en euros/ha, se han obtenido del Observatorio de Precios y Mercados (OPM, 2014-2019a).
- e. Distribución mensual de los productos comercializados en tanto por ciento, también ha sido obtenido del Observatorio de Precios y Mercados (OPM, 2014-2019b).
- f. Necesidad de agua de los cultivos en m³/ha. La estación experimental de Cajamar ubicada en El Ejido (Almería) publica una estimación del agua consumida bajo plástico para cada cultivo (EEFC, 2009; Fernández et al., 2007).
- g. Precio mensual del cultivo en EUR/kg. Obtenido del Observatorio de Precios y Mercados (OPM, 2014-2019c). Para este estudio se han utilizado precios mensuales de producto en origen.
- h. Respuesta de los cultivos a la fertilización carbónica. Sintetizada de diferentes estudios (Alonso et al., 2010, 2012; Dong et al., 2020; Lorenzo et al., 1990; Sánchez-González et al., 2016; Sánchez-Guerrero, 1999; Villachica-León, 2018).

Adicionalmente, se ha entrevistado a varios profesionales e investigadores expertos en la zona de estudio, para contrastar las variables estimadas con la realidad de la actividad agraria en el Campo de Dalías. Entre los colaboradores más importantes se encuentran: el Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA-La Mojonera); la Estación Experimental de Cajamar; la Agencia de Gestión Agraria y Pesquera de Andalucía (AGAPA); la Universidad de Almería; la Asociación Agraria de Jóvenes Agricultores (ASAJA) de Almería; y otros agentes del sector local.

La FC no es viable en los invernaderos de tipo “raspa y amagado”, típicos de la zona, debido a que estos necesitan de una constante ventilación, mientras que la FC necesita estanqueidad.

Por lo tanto, para analizar la aplicación de esta innovación tecnológica en Campo de Dalías, es necesario evaluar previamente el impacto de la implantación de invernaderos aptos para aplicar la FC, como son los invernaderos “Multitunnel”, ya implantados en casos puntuales en Campo de Dalías.

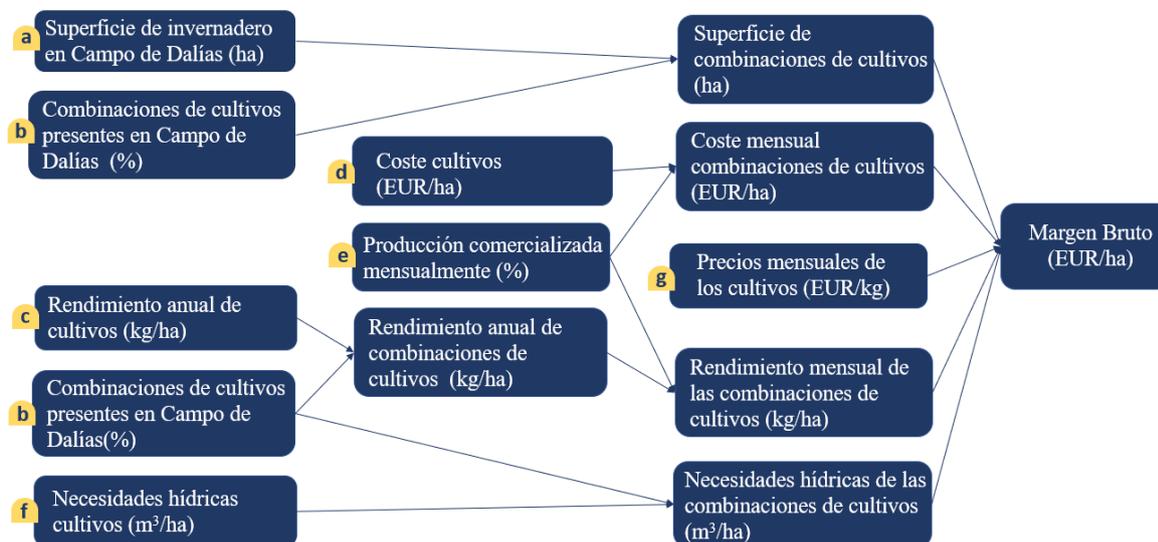


Figura 1. Modelización del margen bruto de los invernaderos tipo “raspa y amagado” (las letras indican la fuente de los datos). Fuente: elaboración propia.

A partir de los datos originales, se ha realizado una estimación del beneficio proporcionado por cada hectárea cultivada bajo el sistema de invernaderos actualmente instalado en la zona, el “raspa y amagado”. La Figura 1 muestra el proceso de cálculo realizado en el modelo, hasta llegar a la estimación del margen bruto para cada combinación de cultivos. Las letras del esquema en amarillo indican la fuente de datos de la que provienen, descrita al principio de esta sección.

Una vez estimados los márgenes brutos, podemos estimar los parámetros de incremento de costes e ingresos correspondientes al cambio de tecnología, primero del sistema “raspa y amagado” al de “Multitunnel” y posteriormente, de éste al sistema de invernadero “Multitunnel + FC”.

Los resultados obtenidos, por hectárea, se extrapolaron a toda la superficie de invernaderos de la comarca. Y se establecieron tres posibles escenarios futuros:

- Escenario 0. El 95% de la superficie total de invernaderos con ‘raspa y amagado’; 5% de la superficie total de invernaderos con “Multitunnel” (Valera et al., 2017) de los cuales solo el 10% utiliza CF. Este escenario se corresponde con la situación actual en Campo de Dalías.
- Escenario 1. Crecimiento en el uso de la FC que se utilizaría en el 100% de los invernaderos “Multitunnel”, pero siguiendo el patrón del tipo de invernadero respecto al escenario 0, es decir, 95% “raspa y amagado”; 5% “Multitunnel” (todos ellos ya con FC).
- Escenario 2. El 25% de los invernaderos del Campo de Dalías pasan a ser invernaderos “Multitunnel”, todos ellos con CF.

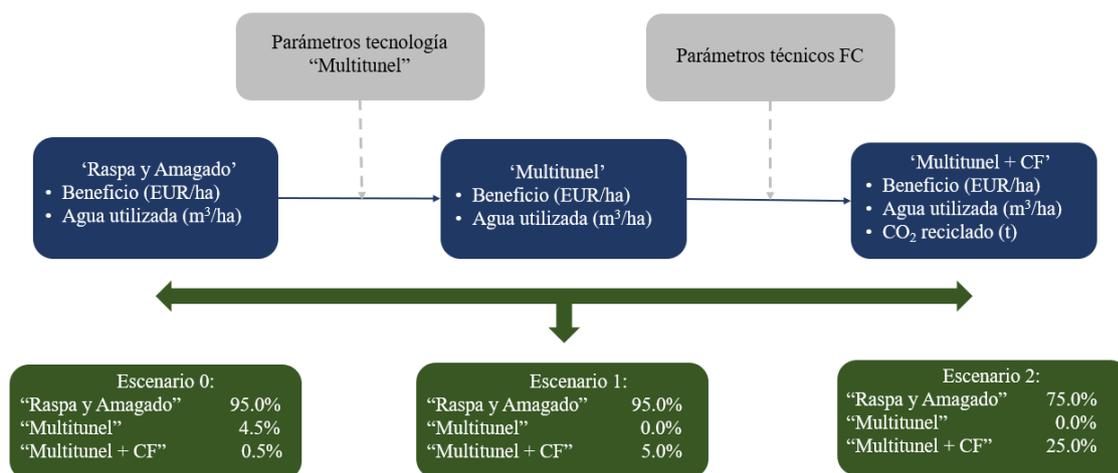


Figura 2. Esquema general de la estimación de los diferentes escenarios. Fuente: elaboración propia.

Finalmente, debido a la incertidumbre sobre el incremento de precio inducido por la FC en el producto final comercializado, realizamos un análisis de sensibilidad de cada escenario de acuerdo con las siguientes hipótesis:

- La FC no induce ningún aumento de precios del producto hortícola.
- La FC induce un aumento de precios en el producto del 10%

3. RESULTADOS

En la tabla 1 se presentan las estimaciones medias por hectárea para los dos tipos de invernaderos, y las dos hipótesis de precios al incluir la fertilización carbónica, con y sin incremento del 10% del precio del producto.

INDICADORES ECONÓMICOS (EUR/ha)	RASPA Y AMAGADO	MULTITUNEL	MULTITUNEL + FC (a)	MULTITUNEL + FC (b)
Ingresos	80.801	115.837	136.032	148.149
Costes directos	34.228	38.311	38.938	38.938
Margen bruto	46.573	77.526	97.094	109.211
Coste fijo + depreciación	13.066	31.886	31.886	31.886
Coste fijo del CO ₂	0	0	2.675	2.675
Coste variable del CO ₂	0	0	10.000	10.000
Beneficios	33.507	45.640	52.532	64.649
Indicadores medioambientales	Raspa y amagado	Multitunnel	Multitunnel + FC (a)	Multitunnel + FC (b)
CO2 reutilizado (t/ha)	0	0	100	100
Riego (m3/ha)	4.192	5.524	5.524	5.524

Tabla 1. Síntesis de los indicadores y resultados obtenidos por superficie para las diferentes casuísticas planteadas. Fuente: elaboración propia.

Los resultados obtenidos en la tabla 1 muestran que la adopción de nuevas tecnologías aporta valor económico al sistema. A pesar de haber optado por escenarios conservadores en cuanto a la estimación de los diferentes parámetros, el incremento en los beneficios debido a la implantación de la tecnología multitunel, a multitunel + FC sin aumento de precio, y a multitunel + FC con un 10% de aumento del precio, son del 32%, 57% y 93% respectivamente.

La tabla 2 resume los impactos de la FC en términos de beneficio económico, necesidades de mano de obra, CO₂ reciclado y uso del agua cuando se aplica a las 21.285 ha cultivadas en Campo de Dalías bajo los escenarios alternativos (1, 2) y la variación de precios (a, b) definidos en la sección 2.

Todos los indicadores registran una mejora. En concreto, en el escenario 1a, la rentabilidad económica de la comarca aumenta 5,3 MEUR respecto a la situación de partida (escenario 0), con una creación de 22.515 nuevos puestos de trabajo y un consumo de 95.783 t de CO₂ industrial reciclado. En este caso, se asume que no existe aumento en el consumo de agua, debido a la reducción de la tasa de transpiración del cultivo, provocada por la alta concentración de CO₂. En el escenario 1b, que supone un aumento del precio de los cultivos del 10% debido a la FC, el incremento de la rentabilidad económica asciende a 18,2 MEUR, también sin impacto en el consumo hídrico.

	Δ BENEFICIO (EUR)	Δ MANO DE OBRA (JORNALAS)	Δ CO2 RECICLADO (t/a)	Δ AGUA USADA (m ³)
Escenario 1a (sin Δ precio por FC)	5.323.060	22.515	95.783	--
Escenario 1b (con Δ precio=10% por FC)	18.208.578	22.515	95.783	--
Escenario 2a (sin Δ precio por FC)	68.092.799	227.702	425.700	5.673.547
Escenario 2b (con Δ precio=10%)	132.570.389	227.702	425.700	5.673.547

Tabla 2. Resultados de los diferentes escenarios frente al escenario de referencia (Escenario 0).
Fuente: elaboración propia.

Tanto el escenario 2a como el 2b muestran un aumento significativo de los beneficios económicos hasta 68 y 132 MEUR, respectivamente. El aumento de las necesidades de mano de obra es diez veces superior al del escenario 1 y el CO₂ reciclado aumenta en 425.700 t/a, en comparación con el escenario de referencia. En este escenario (2), el paso de la tecnología “raspa y amagado” a la “multitunel” induce un aumento de la producción, lo que explica un aumento en la demanda de agua de 5,6 Mm³ frente a la del escenario de referencia, debido exclusivamente al cambio de tipología del invernadero.

4. CONCLUSIONES

Este estudio muestra cómo el uso de CF en forma de CO₂ reciclado capturado del sector industrial (por ejemplo, la generación de energía) puede mejorar la rentabilidad del sector de los invernaderos en la zona del Campo de Dalías. Este resultado está en consonancia con otros estudios, como el de Alonso et al. (2012) y el de Stanghellini et al. (2008) que afirman que el

aumento de los ingresos debido a la mayor productividad es mayor que los costes del FC, lo que garantiza un beneficio económico. Sin embargo, no se encuentra la misma unanimidad a la hora de evaluar la aplicación de esta técnica en las condiciones tecnológicas y climáticas de Almería. De Pascale and Maggio (2008) indican que la sostenibilidad de la FC en los invernaderos de Almería está ligada a la aplicación de sistemas de calefacción, que en Almería no se utilizan debido a sus características climáticas. Como se desprende de la evaluación económica realizada en este estudio, el uso de la FC puede contribuir significativamente a mejorar la producción, aumentar la calidad de las cosechas y asegurar la viabilidad del negocio en esta zona agrícola de España. Todos estos beneficios redundan en una mayor rentabilidad de la explotación de los invernaderos, aumentando así su viabilidad empresarial y su competitividad en el mercado.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado en el marco del proyecto GOTHAM (“Governance tool for sustainable water resources allocation in the Mediterranean through Stakeholder’s collaboration. Towards a paradigm shift in groundwater management by end-users”, Programa PRIMA, Unión Europea).

REFERENCIAS

- Alonso, F., Lorenzo, P., Medrano, E., & Sánchez-Guerrero, M. (2010). Greenhouse sweet pepper productive response to carbon dioxide enrichment and crop pruning. En: *XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People, IHC2010* (pp. 345-351).
- Alonso, F., Lorenzo, P., Medrano, E., & Sánchez-Guerrero, M. (2012). Evaluación de la técnica de enriquecimiento carbónico en invernadero mediterráneo en un cultivo de pimiento. *Actas de Horticultura*, 60, 348-353.
- Aznar-Sánchez, J. A., Velasco-Muñoz, J. F., García-Arca, D., & López-Felices, B. (2020). Identification of Opportunities for Applying the Circular Economy to Intensive Agriculture in Almería (South-East Spain). *Agronomy*, 10(10), 1499. <https://doi.org/10.3390/agronomy10101499>
- Baeza Cano, R., López Segura, J. G., Dominguez Prats, P., de Miguel Gómez, J., & Cánovas Fernandez, G. (2014). *Los recursos hídricos en el Campo de Dalías. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural*. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera Centro IFAPA La Moraleja.
- Cajamar (2020). *Análisis de la campaña hortofrutícola. Campaña 2018/2019*. <https://infogram.com/analisis-de-la-campana-hortofruticola-1hd12y9wyv3x6km>
- CAPDR (2017). *Cartografía de Invernaderos en Almería, Granada y Málaga*. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, Junta de Andalucía.
- Conley, M. M., Kimball, B., Brooks, T., Pinter Jr., P., Hunsaker, D., Wall, G., Adam, N., LaMorte, R., Matthias, A., & Thompson, T. (2001). CO₂ enrichment increases water use efficiency in sorghum. *New Phytologist*, 151(2), 407-412. <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2001.00184.x>
- Costa, J., & Heuvelink, E. (2005). *Introduction: the tomato crop and industry, Tomatoes*. CABI Publishing.
- De Pascale, S., & Maggio, A. (2008). Plant stress management in semiarid greenhouse. En:

International Society for Horticultural Science, ISHS (pp. 205-215).

- Dong, J., Gruda, N., Li, X., Tang, Y., Zhang, P., & Duan, Z. (2020). Sustainable vegetable production under changing climate: The impact of elevated CO₂ on yield of vegetables and the interactions with environments-A review. *Journal of Cleaner Production*, 253, 119920. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119920>
- EEFC (2009). *Dosis de riego para los cultivos hortícolas bajo invernadero en Almería*. Estación Experimental de la Fundación Cajamar.
- Fernández, M., González, A., Carreño, J., Perez, C., & Bonachela, S. (2007). Analysis of on-farm irrigation performance in Mediterranean greenhouses. *Agricultural Water Management*, 89(3), 251-260. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2007.02.001>.
- Hand, D. W. (1990). CO₂ Enrichment in greenhouses: problems of CO₂ acclimation and gaseous air pollutants. *Acta Horticulturae*, <https://doi.org/81-102>. 10.17660/ActaHortic.1990.268.7
- Idso, K. E., & Idso, S. B. (1994). Plant responses to atmospheric CO₂ enrichment in the face of environmental constraints: a review of the past 10 years' research. *Agricultural and Forest Meteorology*, 69(3-4), 153-203. [https://doi.org/10.1016/0168-1923\(94\)90025-6](https://doi.org/10.1016/0168-1923(94)90025-6)
- Lopez Perez, R., Lorbach Kelle, M., Polonio Baeyens, D., & Manrique Gordillo, T. (2015). *Caracterización de los invernaderos de Andalucía*. Junta de Andalucía.
- Lorenzo, P., Maroto, C., & Castilla, N. (1990). CO₂ in plastic greenhouse in Almeria (Spain). *Acta Horticulturae*, 268, 165-169.
- OPM. (2014-2019a). *Costes de producción por producto. Hortícolas protegidas*. <https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/observatorio/servlet/FrontController?action=List&table=11210&page=1>
- OPM (2014-2019b). *Datos básicos del producto. Hortícolas protegidas*. <https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/observatorio/servlet/FrontController?action=List&table=11114&page=1>
- Sánchez-González, M. J., Sánchez-Guerrero, M. C., Medrano-Cortés, E. M., Porras, M. E., Baeza, E. J., & Lorenzo-Mínguez, P. (2016). Carbon dioxide enrichment: a technique to mitigate the negative effects of salinity on the productivity of high value tomatoes. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 14(2), 14, doi: <http://dx.doi.org/10.5424/sjar/2016142-8392>.
- Sánchez-González, M. J., Sánchez-Guerrero, M. C., Medrano-Cortés, E. M., Porras, M. E., Baeza, E. J., & Lorenzo-Mínguez, P. (2016). Carbon dioxide enrichment: a technique to mitigate the negative effects of salinity on the productivity of high value tomatoes. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 14(2), 14. <https://doi.org/10.5424/sjar/2016142-8392>
- Sánchez-Guerrero, M. (1999). *Enriquecimiento carbónico en cultivos hortícolas bajo invernadero de polietileno*. Universidad de Murcia.
- Sánchez-Guerrero, M. C., Lorenzo, P., Medrano, E., Baille, A., Castilla, N. (2009). Effects of EC-based irrigation scheduling and CO₂ enrichment on water use efficiency of a greenhouse cucumber crop. *Agricultural Water Management*, 96(3), 429-436. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2008.09.001>
- Stanghellini, C., Incrocci, L., Gázquez, J. C., & Dimauro, B. (2008). Carbon dioxide concentration in Mediterranean greenhouses: how much lost production?. En: *International Society for Horticultural Science, ISHS* (pp. 1541-1550).
- Valera, D. L., Belmonte, L. J., Molina-Aiz, F. D., López, A., & Camacho, F. (2017). The greenhouses of Almería, Spain: technological analysis and profitability. En: *International Society for Horticultural Science, ISHS* (pp. 219-226).
- Villachica-León, C., Villachica-Llamosas, J., Villachica-Llamosas, L. & Bueno-Llamosas, J. (2018). *Proceso HEVA: economía circular que integra la minería e industria con la ag-*

ricultura y acuicultura. Foro Ayacucho / Perú.

- Yang, X., Zhang, P., Wei, Z., Liu, J., Hu, X., & Liu, F. (2020). Effects of CO2 fertilization on tomato fruit quality under reduced irrigation. *Agricultural Water Management*, 230, 105985. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105985>