

UNIVERSIDAD DE ALMERÍA.



Escuela Superior de Ingeniería.

Ingeniería Agrícola.

Mención en Hortofruticultura y Jardinería.

Trabajo Fin de Grado.

**Efecto de la reiteración de la biodesinfección del suelo en la
producción de un cultivo de tomate.**

Alumno:

Francisco José Castillo Díaz

Directores:

Dr. Ing. Agr. Julio César Tello Marquina

Ing. Agr. Pablo García Raya

ALMERÍA, SEPTIEMBRE 2017

AGRADECIMIENTOS:

Agradecer la ayuda recibida de todas aquellas personas que han contribuido al desarrollo de este proyecto de una manera u otra.

A mis padres, Joaquín y Paquita, los cuales son el pilar fundamental en mi vida. Gracias por transmitirme todos los valores y educación, ya que todo lo que soy es gracias a vosotros.

A todos los integrantes del grupo de investigación AGR-200 por todo el apoyo y ayuda recibida, así como hacer más amena mi integración al mismo.

A Pablo y César unos compañeros que se han convertido en amigos. Gracias por todas las explicaciones y correcciones realizadas durante este año, ya que sin ellos no hubiese sido posible la culminación de este trabajo fin de grado.

Agradecer al director de este trabajo fin de grado, Dr. Tello, por brindarme la oportunidad de formar parte del grupo de investigación y transmitirme su entusiasmo por la agricultura

A Carbelo y Elena, los cuales han pasado de ser compañeros de clase a grandes amigos. Gracias por todos esos momentos de risas, acompañarme en los momentos difíciles y hacer más llevadero el día a día. Tampoco me puedo olvidar de José Manuel, Daniel, M^a Ángeles y Miguel personas que han sido muy importante en este proceso.

A José y Nico, por estar ahí en todo momento y ofrecerme vuestra ayuda incondicional.

Índice:

1	INTERÉS Y OBJETIVOS.....	1
2	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	2
2.1	Importancia del cultivo del tomate	2
2.2	Restos vegetales	2
2.2.1	Características de los restos vegetales.....	2
2.2.2	Problemática de los restos de cosecha	3
2.2.3	Gestión de los restos vegetales	4
2.3	Biosolarización.....	5
2.4	Antecedentes de la aplicación de materia orgánica y su efecto sobre la producción en el cultivo del tomate	6
2.4.1	Ensayos realizados por el grupo de investigación AGR-200.....	6
2.4.2	Trabajos realizados en Almería fuera del grupo de investigación AGR-200 12	
3	MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1	Localización del ensayo	14
3.2	Características del invernadero.....	14
3.2.1	Características generales.....	14
3.2.2	Sistema de riego	15
3.3	Agua de riego.....	16
3.4	Diseño experimental.....	16
3.4.1	Descripción del sistema experimental utilizado.....	16
3.4.2	Disposición de los tratamientos	17
3.5	Proceso de incorporación de la materia orgánica al suelo	17
3.6	Material vegetal.....	21
3.6.1	Ciclo de producción y características de la variedad empleada.....	21
3.6.2	Labores realizadas	21
3.7	Parámetros a evaluar.....	25
3.7.1	Producción	25
3.7.2	Calidad	26

3.7.3	Análisis de datos.....	27
4	Resultados y discusión.....	30
4.1	Producción.....	30
4.1.1	Producción por unidad de superficie.....	30
4.1.2	Peso del fruto.....	35
4.2	Calidad.....	38
4.2.1	Calibre del fruto.....	38
4.2.2	Firmeza del fruto.....	41
4.2.3	Contenido en sólidos solubles totales (SST).....	44
4.2.4	pH (acidez).....	47
4.2.5	Concentración de nitratos.....	50
5	CONCLUSIONES.....	55
6	BIBLIOGRAFÍA.....	56

Índice de figuras:

Figura 1.	Localización a gran escala de las instalaciones de la finca UAL-ANECOOP.....	14
Figura 2.	Localización del invernadero que albergó el ensayo en el interior de las instalaciones de la fundación UAL-ANECOOP.....	14
Figura 3.	Detalle del sistema de ventilación del invernadero U14, a la izquierda podemos observar las ventanas cenitales, a la izquierda un detalle de las ventanas laterales, ambas presentan una apertura y cierre automatizado.....	15
Figura 4.	Balsas de riegos de la Finca Experimental UAL-ANECOOP.....	16
Figura 5.	Esquema del diseño experimental.....	17
Figura 6.	Triturado de restos vegetales en el pasillo central del invernadero.....	19
Figura 7.	En la primera ilustración se observan los restos de cosecha esparcidos sobre el suelo a razón de $3,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$. En la segunda se puede observar el momento en el cual el tractor se encontraba homogenizando los residuos vegetales en el perfil superior del suelo mediante el rotovator.....	19
Figura 8.	Apertura de carillas en el sector norte del invernadero para la aplicación de BioFence® y pesada de este mismo producto para su posterior aplicación.....	20

Efecto de la reiteración de la biodesinfección del suelo en la producción de un cultivo de tomate.

Figura 9. Verificación de los emisores de riego, en la imagen se observa una mayor densidad de ramales porta-goteros para una mayor eficiencia en el proceso de descomposición de la materia orgánica..	20
Figura 10. Puesta del plástico transparente en el suelo y riego hasta capacidad de campo. .	20
Figura 11. Trasplante de tomate cv. Pitenza el 06/09/2016 en el invernadero U14 de la Finca Experimental UAL-ANECOOP.	21
Figura 12. Frutos de tomate empleados para el análisis que se realizó a los 170 DDT.	26
Figura 13. Balanza Metter Toledo® con una sensibilidad de 0,01 kg.	28
Figura 14. Detalle de un calibre MITUTOYO modelo Digital Caliper Within.	28
Figura 15. Penetrómetro modelo PENEFEL DFT14 Digital Firmnesstester. Agrotechnologie e incisiones realizadas sobre el fruto para obtener el valor de firmeza.	28
Figura 16. Detalle de un refractómetro modelo PAL-1 ATAGO® POCKET.	29
Figura 17. Detalle de un pH-metro modelo CRISON pH 25.	29
Figura 18. Ionómetro modelo 2305GL de LAQUA Twin®.	29

Índice de tablas:

Tabla 1. Listado de los diez principales productores de tomate.	2
Tabla 2. Tratamientos empleados en los proyectos fin de carrera de Agüero-González (2003) y Ruíz-Morante (2005).	7
Tabla 3. Tratamientos empleados en el proyecto fin de carrera de Martínez-Ocaña (2006).	8
Tabla 4. Tratamientos empleados por Vargas-Vargas (2013) en su proyecto fin de carrera.	8
Tabla 5. Tratamientos empleados en el proyecto fin de carrera de Merlo-Valverde (2015).	9
Tabla 6. Tratamientos empleados en los trabajos fin de grado de Salman (2015) y Leung (2016).	10
Tabla 7. Tratamientos empleados en el trabajo fin de grado de Agustín-Peinado (2016).	11
Tabla 8. Tratamientos empleados en el ensayo de Torres Nieto (2007).	13
Tabla 9. Composición nutritiva suministrada por el fabricante del BioFence®.	18
Tabla 10. Fecha de las principales operaciones realizadas durante el ciclo del cultivo.	22
Tabla 11. Número de cosechas realizadas a lo largo del ciclo de cultivo y su correspondencia con el DDT*.	23

Efecto de la reiteración de la biodesinfección del suelo en la producción de un cultivo de tomate.

Tabla 12. Listado de las diferentes conductividades eléctricas ($\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$) de las soluciones nutritivas aplicadas al sector norte.	23
Tabla 13. Listado de productos fitosanitarios aplicados a lo largo del ciclo de producción....	25
Tabla 14. Efecto de la aplicación de diversas materias orgánicas mediante solarización y fertirriego sobre la producción puntual por unidad de superficie ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$), y su desviación típica para un cultivo de tomate cv. Pitenza en ciclo largo de producción.	31
Tabla 15. Efecto de la aplicación de diversas materias orgánicas mediante solarización y fertirriego sobre la producción acumulada por unidad de superficie ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$), y su desviación típica para un cultivo de tomate cv. Pitenza en ciclo largo de producción.	34
Tabla 16. Efecto de la aplicación de diversas materias orgánicas mediante solarización y fertirriego sobre el peso por fruto (g), y su desviación típica para un cultivo de tomate cv. Pitenza en ciclo largo de producción.	37
Tabla 17. Efecto de la aplicación de diversas materias orgánicas mediante solarización y fertirriego sobre el calibre del fruto (mm), y su desviación típica para un cultivo de tomate cv. Pitenza en ciclo largo de producción.	40
Tabla 18. Efecto de la aplicación de diversas materias orgánicas mediante solarización y fertirriego sobre la firmeza de la pulpa del fruto ($\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$), y su desviación típica para un cultivo de tomate cv. Pitenza en ciclo largo de producción.	43
Tabla 19. Efecto de la aplicación de diversas materias orgánicas mediante solarización y fertirriego sobre el contenido en sólidos solubles totales (SST) ($^{\circ}\text{Brix}$), y su desviación típica para un cultivo de tomate cv. Pitenza en ciclo largo de producción.	46
Tabla 20. Efecto de la aplicación de diversas materias orgánicas mediante solarización y fertirriego sobre el pH, y su desviación típica para un cultivo de tomate cv. Pitenza en ciclo largo de producción.	49
Tabla 21. Efecto de la aplicación de diversas materias orgánicas mediante solarización y fertirriego sobre la concentración de nitratos en la pulpa del fruto (ppm), y su desviación típica para un cultivo de tomate cv. Pitenza en ciclo largo de producción.	53

Índice de gráficas:

Gráfica 1. Destino de los residuos vegetales de las diversas explotaciones agrícolas.....	5
Gráfica 2. Evolución del efecto de la adición de diversas materias orgánicas y fertirriego sobre la producción puntual por unidad de superficie ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$) en un cultivo de tomate cv. Pitenza en un ciclo largo de producción.	32

Efecto de la reiteración de la biodesinfección del suelo en la producción de un cultivo de tomate.

Gráfica 3. Evolución del efecto de la adición de diversas materias orgánicas y fertirriego sobre la producción acumulada por unidad de superficie ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$) en un cultivo de tomate cv. Pitenza en un ciclo largo de producción.	35
Gráfica 4. Evolución del efecto de la adición de diversas materias orgánicas y fertirriego sobre el peso por fruto (g) en un cultivo de tomate cv. Pitenza en un ciclo largo de producción. ...	38
Gráfica 5. Evolución del efecto de la adición de diversas materias orgánicas y fertirriego sobre el calibre del fruto (mm) en un cultivo de tomate cv. Pitenza en un ciclo largo de producción.	41
Gráfica 6. Evolución del efecto de la adición de diversas materias orgánicas y fertirriego sobre la firmeza de la pulpa del fruto ($\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$) en un cultivo de tomate cv. Pitenza en un ciclo largo de producción.....	44
Gráfica 7. Evolución del efecto de la adición de diversas materias orgánicas y fertirriego sobre la concentración de sólidos solubles totales en la pulpa del fruto ($^{\circ}\text{Brix}$) en un cultivo de tomate cv. Pitenza en un ciclo largo de producción.	47
Gráfica 8. Evolución del efecto de la adición de diversas materias orgánicas y fertirriego sobre el pH en un cultivo de tomate cv. Pitenza en un ciclo largo de producción.....	50
Gráfica 9. Evolución del efecto de la adición de diversas materias orgánicas y fertirriego sobre el pH en un cultivo de tomate cv. Pitenza en un ciclo largo de producción.....	54

INTERÉS Y OBJETIVOS

1 INTERÉS Y OBJETIVOS

La provincia de Almería presenta uno de los mayores sistemas agrícolas de producción protegida del mundo, con un total de 30.230 ha para la campaña 2015/2016 (Cajamar, 2016) dedicadas a cultivos hortícolas. Como consecuencia de lo anterior, este sistema, produce una elevada cantidad de residuos vegetales que se cifran en un máximo de 1,8 millones de toneladas (Junta de Andalucía, 2016) suponiendo un problema a la hora de su gestión, más aún si se une la estacionalidad de los mismos, debido a que se concentran en un periodo muy concreto siendo en los meses de febrero, junio y julio.

En los últimos 25 años se ha pretendido una gestión adecuada de los restos vegetales producidos en este sistema, y así mantener el campo en unas condiciones óptimas y cumplir con las exigencias de los consumidores, aunque todavía queda mucho camino que recorrer debido a que sigue siendo un problema de gran envergadura ya que las plantas de gestión no dan abasto con los residuos que llegan a ella.

Una alternativa a la gestión mayoritaria actual, que es la entrega de los residuos a un gestor autorizado, es la autogestión por parte del agricultor para que de esta manera evitar un gasto en la retirada de los restos vegetales de la finca, además de reducir el consumo y el desembolso económico en fertilizantes de síntesis ya que estos residuos pueden suministrar elementos nutritivos a nuestro cultivo y mejorar fertilidad del suelo.

Cabe destacar que este trabajo fin de grado es la prolongación de una serie de proyectos (Merlo-Valverde, 2015; Salman, 2015; Leung, 2016; Peinado-López, 2016) que se iniciaron en el invernadero donde se realizó este ensayo, que tenían por objetivo la mejora en la estructura del suelo. Como antecedente, el suelo del invernadero ha sufrido una degradación de la estructura del sistema edáfico la cual fue originada por una aplicación de carbonato cálcico (CaCO_3) (marmolina) de la industria del mármol en el sector sur del invernadero, cuyo objetivo principal era mejorar la retención de humedad en él, pero se obtuvieron resultados adversos debido a que el suelo era incapaz de desarrollar un ciclo de cultivo, desembocando en el abandono del invernadero durante los tres años posteriores a la aplicación de CaCO_3 , originando posiblemente una mayor degradación de la misma. A partir de esta problemática lo que se planteó en el grupo de investigación AGR-200 desde hace 4 años ha sido realizar una recuperación del suelo mediante la aplicación de los restos de cultivo.

A la vista de los hechos anteriormente expuestos, el objetivo que se pretende en el desarrollo de este trabajo fin de grado es el de evaluar el efecto de la adición restos de cultivos y otras materias orgánicas mediante la técnica de biosolarización de suelos frente al fertirriego sobre la producción y la calidad de los frutos de un cultivo de tomate desarrollado en un ciclo largo de producción

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Importancia del cultivo del tomate

El tomate es una hortaliza que se encuentra muy extendida a escala mundial, presentando una producción global de 170.886.876 t para el año 2014, donde España ocupó el octavo lugar con una cantidad de 4.888.880 t (Tabla 1), obtenidas a partir de una superficie de 54.750 ha (FAOSTAT, 2016).

Tabla 1. Listado de los diez principales productores de tomate (FAOSTAT, 2016).

Posición	País	Producción (t)
1º	China	52.722.967
2º	India	18.735.910
3º	EEUU	14.516.060
4º	Turquía	11.850.000
5º	Egipto	8.288.043
6º	Irán	5.973.275
7º	Italia	5.624.245
8º	España	4.888.880
9º	Brasil	4.302.777
10º	México	3.536.305

Según el MAPAMA (2016) en España hay un total de 19.894 ha dedicadas al cultivo del tomate bajo invernadero, de las cuales más de la mitad se encuentran en la provincia de Almería (concretamente 10.836 ha), representando un 20 % de la superficie total bajo plástico cultivada, siendo la hortaliza más exportada en este sistema, con una cuantificación de 534.577 t para la campaña 2015/2016 (Cajamar, 2016).

2.2 Restos vegetales

2.2.1 Características de los restos vegetales

Como se ha mencionado en el apartado de interés y objetivos de este proyecto los restos vegetales que se producen en las explotaciones agrícolas de la provincia de Almería son un problema medioambiental. Estas materias están caracterizadas como residuos y por lo que respecta a su gestión deben cumplir con las normativas correspondientes, como son la Ley 7/2007 de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental (Ley GICA), la Ley 22/2011, del 28 de julio, de residuos y suelos contaminados y el Decreto Ley 5/2014 de medidas normativas para reducir las trabas administrativas para las empresas.

Efecto de la reiteración de la biodesinfección del suelo en la producción de un cultivo de tomate.

Según la Junta de Andalucía (2016) los residuos vegetales que se originan en los invernaderos se encuentran formados por tallos, hojas, frutos de destrío y plantas completas que se arrancan al finalizar el ciclo de cultivo, llegando a ser la porción con mayor importancia derivada de la actividad productiva. Así mismo, estos son restos vegetales verdes, es decir, son recolectados antes de que se produzca la muerte de la planta, por lo que todos ellos presentan unas características que son similares entre sí, a saber:

- Presentan una rápida biodegradación.
- Elevado contenido de humedad (pudiendo llegar a alcanzar valores de hasta el 60 % tras su retirada).
- Alta concentración de sales.

2.2.2 Problemática de los restos de cosecha

Junto a los problemas comentados con anterioridad hay que añadirle otra serie de inconvenientes, según la Junta de Andalucía (2016) nos encontramos con una carencia de espacio en las explotaciones, que se acrecienta en las que se encuentran situadas en la comarca del Campo de Dalías y el término municipal de Almería, provocado por la alta densidad de fincas y su proximidad a los núcleos urbanos.

A los problemas antes citados, hay que añadirle la imposibilidad de disponer una estrategia de transporte adecuada para la movilización de los residuos hacia las plantas de procesamiento en la época de mayor producción de restos vegetales. Así mismo, hay que añadir otros inconvenientes ligados al transporte, como son:

- El limitado horario de apertura de las plantas de tratamiento en los meses de mayor producción.
- Idéntica normativa al transporte por carretera a larga distancia.

Así mismo, hay que unir la dificultad que supone la cuantificación de los restos vegetales debido a la multitud de variables que intervienen a la hora de realizar el proceso, cosa que resulta imprescindible a la hora de realizar el dimensionamiento de la de las capacidades de tratamiento.

Cabe destacar, que la presencia de residuos en la planta como es el caso de la rafia aumenta el coste de la producción del compost generado por los centros de tratamiento y dificulta la autogestión de los restos en la propia finca. Lo ideal sería emplear rafias biodegradables, pero presenta un gran problema como es la fractura de ellas durante el ciclo de cultivo con sus consiguientes pérdidas.

Otros aspectos a tener en cuenta a la hora de procesar estos residuos son el decadente estado fitosanitario que pueden presentar debido a la afección de plagas y enfermedades que han sufrido a lo largo del ciclo de producción y las diversas materias activas que hayan sido aplicadas sobre estas, ya que de estas va a depender su manipulación y tratamiento. Aunque

Efecto de la reiteración de la biodesinfección del suelo en la producción de un cultivo de tomate.

hay que resaltar que en el sistema almeriense este último problema se ha reducido como consecuencia del empleo de lucha biológica, logrando aminorar el uso de productos químicos.

2.2.3 Gestión de los restos vegetales

Según la Junta de Andalucía (2016) las principales formas de gestión de residuos son las siguientes:

2.2.3.1 Entrega a un gestor autorizado

Cuando se emplea esta manera de procesamiento, es el agricultor quien carga con el coste del servicio de retirada y transporte a una planta de tratamiento, este va a depender del volumen a transportar, pero suele tener un coste medio de 990 €·ha⁻¹. Cabe destacar que se requiere la colaboración de un agente que transporte los residuos, que va a mediar con el agricultor y la planta de gestión, el cual necesita una autorización previa de la Junta de Andalucía para realizar dicha actividad.

2.2.3.2 Alimentación animal

Los restos vegetales pueden servir como alimento o cama para el ganado. Los frutos no comerciales (el destrío) se puede emplear como alimento, pero presentan un problema, y es la gran cantidad de humedad que poseen, dificultando su manejo en las explotaciones ganaderas como consecuencia de que son fácilmente putrescibles, fermentables y emiten gran cantidad de lixiviados, así mismo, los restos vegetales verdes se pueden emplear con este mismo fin, siendo las plantas de melón y sandía muy apreciadas para ello.

2.2.3.3 Nuevos sistemas de gestión en desarrollo

Así mismo, contempla nuevos sistemas de gestión como son las empresas que se asientan en la provincia de Almería. Son unos sistemas colectivos formados por una red de microplantas con una capacidad de gestión que equivale a 150 ha de invernadero. Este producto tiene como destino enmiendas orgánicas o alimento para el ganado.

2.2.3.4 Otros destinos

Estas formas de gestión se realizan en casos particulares, como en algunos municipios de la zona de la producción de La Costa (Granada), siendo las más común la entrega al vertedero municipal. En determinados municipios los vertederos se emplean como un centro de acopio.

2.2.3.5 Autogestión de los restos vegetales

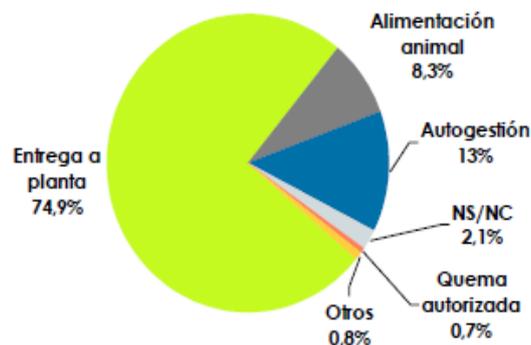
La autogestión de los restos de cosecha también es una realidad. Si se emplea este sistema se necesita que el agricultor realice:

- Un diseño previo de la gestión.

Efecto de la reiteración de la biodesinfección del suelo en la producción de un cultivo de tomate.

- Separación de las rafias y elementos plásticos que puedan acompañar a la planta.
- Picado o triturado de los restos.

Esta opción le supondría un coste medio al agricultor de 1030 €·ha⁻¹, ascendiendo a 1950 €·ha⁻¹ si se tratase de un arenado tradicional, pero supondría una disminución cuantitativa del fertilizante aportado a la planta para realizar el ciclo de cultivo y una mejora en las condiciones fisicoquímicas del suelo.



Gráfica 1. Destino de los residuos vegetales de las diversas explotaciones agrícolas. Fuente: Estrategia de gestión de restos vegetales en la horticultura de Andalucía.

2.3 Biosolarización

Una forma de realizar la autogestión de los restos producidos en las explotaciones es aplicación de la técnica de biosolarización que se deriva del método de biodesinfección de suelos, la cual combina los procesos de biofumigación y solarización. En otras palabras, se realiza el compostaje de materia orgánica *"in situ"* (Kirkegaard, 1993), junto con el empleo de un plástico transparente como cobertura del suelo para producir un incremento en la temperatura por efecto la radiación solar percibida (Katan, 1976), lo que además permite una mejora en la descomposición de la materia orgánica, impidiendo la volatilización de los compuestos generados en este proceso. Para ello, debe de regarse hasta capacidad de campo y dejarse sellado en un periodo mínimo para el sureste español de 30 días. Así mismo, este método hace una contribución en la mejora la problemática ambiental derivada de los residuos generados en la agroindustria, que son una fuente magnífica de materia orgánica y, en cambio se consideran un factor de contaminación ambiental (Bello *et al.*, 1997).

Cabe destacar que en este método se emplea materia orgánica con un bajo grado de descomposición, presentado estas una relación C/N superior a 8 y pueden llegar a alcanzar valores de 30. Dentro de las materias orgánicas utilizadas existe diversas fuentes que pueden ser desde restos agrícolas, estiércoles hasta subproductos provenientes de la industria agroalimentaria (Bello *et al.*, 1997), aunque en su origen la técnica de biofumigación de suelos

fue diseñada para hacer uso de plantas de especies brasicáceas (Kirkegaard, 1993). Durante el proceso de descomposición de la materia orgánica se originan diversas sustancias, siendo descritas hasta más de 100, entre las que podemos destacar los glucosilatos, isotiocianatos, amonio, amoniaco, funfural, etc (Leung, 2016).

Existe una correspondencia entre el nivel productivo de un cultivo y la aplicación de biodesinfección, la cual ha sido analizada en profundidad por diversos autores (Guerrero *et al.*, 2004; Guerrero *et al.*, 2006; Martínez *et al.*, 2006; Mauromicale *et al.*, 2011; Vargas-Vargas, 2013; Leung, 2016; Marín-Guirao, 2016; Peinado-López, 2016), pudiendo estar relacionada por una mejora en las características fisicoquímicas del suelo (Fernández *et al.*, 2004) debido a que mediante la adición de materia orgánica se produce un tamponamiento del pH, aumento de la porosidad, suministro de nutrientes y una mejora en un sinnúmero de propiedades, por lo que se incrementa la fertilidad del suelo (Marín-Guirao, 2016). Otro aspecto relevante de esta técnica es el efecto desinfectante producido sobre los diversos agentes patogénicos que se encuentran en el perfil edáfico (Lamers *et al.*, 2010; Núñez-Zofio, 2011; Chamorro, 2015), y finalmente, esta técnica se considera respetuosa con el medio ambiente debido a que no se emplean productos químicos de síntesis en el proceso de desinfección (Bello *et al.*, 1997).

2.4 Antecedentes de la aplicación de materia orgánica y su efecto sobre la producción en el cultivo del tomate

2.4.1 Ensayos realizados por el grupo de investigación AGR-200

Agüero-González (2003) para el desarrollo de su proyecto fin de carrera, evaluó la producción y calidad de los frutos de tomate en racimo, a partir de un compost procedente de la mezcla de residuos urbanos (RSU) y residuos sólidos agrícolas (RSA) como abonado de fondo y alternativa al estiércol en un suelo arenado. La constitución del compost se produjo mediante la técnica “windrow” (consistiendo ésta en el apilamiento y volteo en montículos de 5 m de anchura y 2,5 m de altura).

El objeto fue proponer alternativas a la escasez de estiércoles y gestión a los residuos generados en las ciudades y explotaciones.

Este ensayo tuvo lugar en un invernadero tipo “raspa y amagado” situado en la localidad del Alquíán (Almería), con una superficie de 21.000 m² de los cuales 646,8 m² se dedicaron al ensayo. Este era de nueva puesta, por lo que se le realizó un enarenado típico de la zona. En este, se aplicó un abonado de fondo que se encontraba formado por 10 kg·m⁻² independientemente del compost empleado, un abonado mineral (sulfato amónico y urea) con una dosis de 300 a 500 kg·ha⁻¹ (para favorecer la vida microbiana en este), superfosfato de cal a cantidad de 3.000 a 4.000 kg·ha⁻¹ y una aplicación de 800 a 1.000 kg·ha⁻¹ de sulfato potásico. Los tratamientos empleados se detallarán en la Tabla 2

Tabla 2. Tratamientos empleados en los proyectos fin de carrera de Agüero-González (2003) y Ruíz-Morante (2005).

Tratamientos	Composición
Testigo	Estiércol vacuno.
A	33 % BDAR* + 66 % de residuos varios de parques y jardines.
B	40 % fracción orgánica de RSU + 60 % de residuos varios de parques y jardines.
C	25 % BDAR + 25 % de fracción orgánica RSU + 50 % de residuos varios de parques y jardines.
D	Compost procedente de Níjar de sandía, melón, tomate, calabacín y pimiento.

BDAR*: Biosólidos de depuradoras de aguas residuales.

La conclusión de este proyecto fin de carrera fue que la incorporación de los diferentes compost no supuso pérdidas para el agricultor ni en calidad ni en producción, siendo estos una alternativa para el estiércol en abonado de fondo en un suelo arenado.

Ruiz-Morante (2005), con motivo de su proyecto fin de carrera continuó con el trabajo explicado anteriormente, para ello siguió evaluando la producción y calidad de un tomate cv. Pitenza. Se realizó en el mismo invernadero y con los mismos tratamientos expuestos con anterioridad (Tabla 2).

A la conclusión que se llegó con este ensayo, fue que en este segundo año las aplicaciones de las enmiendas como alternativa al estiércol no afectaron significativamente a los parámetros estudiados, por lo que son una alternativa al uso de estiércol y con su empleo ayudan a gestionar los residuos agrícolas y urbanos.

Martínez-Ocaña (2006) elaboró un proyecto fin de carrera, en el que se trataba la producción de un cultivar ecológico de tomate tipo Daniela empleando diversos residuos agrícolas. Además, se emplearon los restos de sandía del ciclo de primavera anterior, que habían sido amontonados y conservados en un plástico negro, distintos estiércoles (oveja, cerdo, vacuno, gallinaza y caballo) que había sido fermentados durante 4 o 5 meses con adiciones de agua y tres tipos de "microorganismos eficaces" (bacterias fototróficas, bacterias de ácido láctico y levadura) (Tabla 3).

En el proyecto se estudiaba la producción comercial acumulada (por unidad de superficie y por planta), número de frutos y el peso de cada uno de ellos.

Efecto de la reiteración de la biodesinfección del suelo en la producción de un cultivo de tomate.

En sus conclusiones se establece que no se apreciaron, entre los diferentes tratamientos, diferencias significativas en los parámetros estudiados. Además, la segunda conclusión que se establece es que el uso de restos vegetales de sandía del año anterior mezclados o no con estiércol o en su variante con “microorganismos beneficiosos” no influyeron negativamente con el testigo sin tratar, implicando que el empleo de estos como abonado de fondo son una alternativa viable para la regeneración de la materia orgánica.

Tabla 3. Tratamientos empleados en el proyecto fin de carrera de Martínez-Ocaña (2006).

Tratamientos	Composición
T1	5 kg·m ⁻² de plantas de sandía.
T2	2,5 kg·m ⁻² de mezclas de estiércoles (50 % estiércol de oveja + 15 % de estiércol de cerdo + 15 % de estiércol vacuno + 10 % de estiércol de gallinaza + 10 % de estiércol de caballo) + 0,45 L·m ⁻² de preparados de microorganismos.

Vargas-Vargas (2013) desarrolló un ensayo para su proyecto fin de carrera, en el que se experimentaba la adición de materia orgánica con aplicación o no de la técnica de solarización sobre un ciclo corto de un cultivo de tomate cv. Almida, en él se analizó la producción total y por unidad de superficie, número de frutos y calidad de estos.

Se emplearon como materias orgánicas: pellets de *Brassica carinata* (BioFence®), brócoli deshidratado, gallinaza y un activador microbiológico (“cocktail”). Los tratamientos empleados se exponen en la Tabla 4.

Tabla 4. Tratamientos empleados por Vargas-Vargas (2013) en su proyecto fin de carrera.

Tratamientos	Composición
T0	-
T1	0,3 kg·m ⁻² de BioFence®.
T2	0,8 kg·m ⁻² de brócoli deshidratado.
T3	0,8 kg·m ⁻² de brócoli deshidratado + 0,15 kg·m ⁻² de gallinaza deshidratada.
T4	0,3 kg·m ⁻² de BioFence® y un activador microbiológico “cocktail”.

A lo largo de del transcurso del proyecto se analizó la producción total y comercial, número de frutos y calidad de la producción.

Tras concluir su investigación, Vargas-Vargas, formuló las siguientes conclusiones:

- Los tratamientos que habían sido sometidos a la técnica de solarización mostraron una mayor producción, indistintamente de haber adicionado o no materia orgánica. El aumento de la producción se debió al mayor número de frutos en las parcelas solarizadas en comparación con las no solarizadas. Así mismo, el testigo no presentó diferencias significativas en comparación con ninguna de las materias orgánicas, hecho que podría ser debido a la cantidad de nutrientes almacenados en el suelo.
- La calidad del fruto de tomate es indiferente a la técnica de desinfección empleada, pero si influye el tipo de materia orgánica utilizada, sin embargo, los resultados no son firmes para decantarse sobre las diversas materias orgánicas empleadas en el ensayo. Así mismo, resaltar que para el caso de las Brassicas deshidratadas adicionadas mediante biofumigación, se obtuvo mayor calibre y acidez en comparación con el testigo, pero la firmeza de estos frutos fue significativamente inferior.

Merlo-Valverde (2015) efectuó un proyecto fin de carrera, en el que a través de la adición de distintas materias orgánicas junto con solarización se trataba de recuperar el suelo de un invernadero, en él se efectuó un ciclo corto con diferentes variedades de tomates. El invernadero donde se llevó a cabo el ensayo se encuentra situado en la finca UAL-ANECOOP y dentro de esta codificado como U14, es de tipo “raspa y amagado”, con una superficie de 1764 m². En los tratamientos se incorporaron las materias orgánicas que se pueden observar en la Tabla 5 los cuales no fueron abonados durante el desarrollo del ciclo, exceptuando el tratamiento T4, el cual fue sometido a una fertirrigación convencional.

Tabla 5. Tratamientos empleados en el proyecto fin de carrera de Merlo-Valverde (2015).

Tratamientos	Composición
T1	Gallinaza (2 kg·m ⁻²) + solarización.
T2	Restos de tomate y calabacín (5 kg·m ⁻²) + gallinaza (2 kg·m ⁻²) + solarización.
T3	Restos de plantas afectadas por FORL* (5 kg·m ⁻²) + solarización.
T4	Fertirrigación.

*FORL: *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*.

Las conclusiones que se obtuvieron de este trabajo fueron que no se manifestó *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* durante el ciclo de cultivo y, que tanto en calidad

Efecto de la reiteración de la biodesinfección del suelo en la producción de un cultivo de tomate.

de los frutos de tomate y vigor de las plantas no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre el testigo convencional y el patógeno *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* (patógeno que no estaba presente en el suelo, pero que fue inoculado antes del ensayo con la adición de plantas infectadas).

Salman (2015) realizó su trabajo fin de grado continuando con la recuperación del suelo del invernadero del proyecto fin de carrera de Merlo-Valverde (2015) comentado con anterioridad. En él desarrolló un ciclo corto de tomate cv. Pitenza y se examinaron diversos parámetros de calidad de los frutos, como son el diámetro ecuatorial, pH (acidez), firmeza de la pulpa y concentración de sólidos solubles totales. La Tabla 6 muestra los tratamientos empleados en este ensayo, es necesario resaltar que se modificaron con respecto al proyecto anterior.

Entre sus conclusiones establece que todos los tratamientos obtuvieron unos valores similares entre sí, aplicando fertirriego o biosolarización (sin abonado en el ciclo) en ellos durante el ciclo corto de producción.

Tabla 6. Tratamientos empleados en los trabajos fin de grado de Salman (2015) y Leung (2016).

Tratamientos	Composición
T0	Testigo.
T1	Fertirriego.
T2	2,29 kg·m ⁻² de plantas afectadas por FORL* aplicando solarización.
T3	2,02 kg·m ⁻² de plantas de mostaza
T4	1,57 kg·m ⁻² de plantas de rábanos.
T5	0,3 kg·m ⁻² de pellets de <i>Brassica carinata</i> (BioFence®).
T6	0,8 kg·m ⁻² de brócoli deshidratado.
T7	0,3 kg·m ⁻² de pellets de <i>Brassica carinata</i> (BioFence®) y fertirriego.

FORL*: *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*.

Leung (2016) con motivo de su trabajo fin de grado evaluó el efecto producido por la adición de diversas materias orgánicas sobre los parámetros de producción, descenso hídrico en función del componente orgánico que se empleó y equiparar el gasto económico de las diversas materias orgánicas y el testigo convencional. Cabe destacar que este autor realizó el ensayo conjuntamente con Salman (2015), por lo que las condiciones de ensayo tanto en tratamientos (Tabla 6) empleados como en localización fueron idénticas al anterior.

En las conclusiones de este trabajo se estableció que la totalidad de las materias orgánicas ocasionaron un aumento de la producción (tanto en producción por unidad de superficie como en el peso acumulado) frente al testigo convencional. Además, se produjo un descenso del consumo de agua en un 44% y un ahorro de 1.500 €·ha⁻¹ en fertilizante comparándolo con el fertirriego. Así mismo, se produjo un control completo de *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* (el cual se inoculó mediante plantas enfermas antes de realizar el ensayo).

Peinado-López (2016) continuó con el proyecto de regeneración del suelo del invernadero comentado en los tres proyectos anteriores. Hay que destacar que este trabajo tuvo las mismas condiciones y tratamientos que el nuestro y que es el ciclo que antecede a nuestro ensayo. En él se realizó un ciclo largo de tomate cv. Pitenza, examinándose la producción por unidad de superficie y peso por fruto. Los tratamientos del cultivo se modificaron con respecto a los del proyecto de Leung (2016) y Salman (2015), estos se pueden observar en la tabla que aparece a continuación (Tabla 7).

Tabla 7. Tratamientos empleados en el trabajo fin de grado de Agustín-Peinado (2016).

Tratamientos	Composición
T ₀	Testigo sin adición de materia orgánica ni fertirriego.
T ₁	Testigo con fertirriego.
T ₂	Fertirriego junto con 0,5 kg·m ⁻² de pellets de <i>Brassica carinata</i> (BioFence®).
T ₃	Fertirriego junto con 1 kg·m ⁻² de pellets de <i>Brassica carinata</i> (BioFence®).
T ₄	3,5 kg·m ⁻² de los restos vegetales de tomate del cultivo anterior.
T ₅	3,5 kg·m ⁻² de los restos vegetales de tomate del cultivo anterior y 0,5 kg·m ⁻² de pellets de <i>Brassica carinata</i> (BioFence®).
T ₆	3,5 kg·m ⁻² de los restos vegetales de tomate del cultivo anterior y 1 kg·m ⁻² de pellets de <i>Brassica carinata</i> (BioFence®).

Las conclusiones de este trabajo fueron las siguientes:

- En relación con la producción total por unidad de superficie en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$:
 - Realizando una comparación con el testigo, el cual no ha percibido ningún abonado, comienzan a revelarse diferencias estadísticamente significativas con el resto de tratamientos a partir del día 133 después del trasplante, coincidiendo con la 7ª cosecha.
 - Los tratamientos en los que se empleó fertirrigación con o sin BioFence® (el cual se aplicó a una dosis mucho mayor a la recomendada por el fabricante) no presentaron diferencias significativas a lo largo de todo el ciclo de producción.
 - Durante 214 días después del trasplante no se observaron diferencias entre los tratamientos en los que se agregaron los restos vegetales de tomate del cultivo anterior.
 - La producción global de los tratamientos en los que se empleó fertirriego (con o sin BioFence®) difirieron significativamente de los tratamientos en los que se empleó restos de plantas de tomate del cultivo anterior (con o sin BioFence®) a partir de 214 días después del trasplante.

- En cuanto al peso por fruto, en el testigo en blanco las diferencias significativas empezaron desde la primera cosecha (91 días tras el trasplante). Para los demás tratamientos las diferencias significativas se mostraron a partir del día 214 después del trasplante, coincidiendo con la tendencia de la producción total.

2.4.2 Trabajos realizados en Almería fuera del grupo de investigación AGR-200

Torres Nieto (2007) evaluó el efecto biofumigante de diversas materias orgánicas en combinación con la técnica de solarización frente al control de nematodos formadores de nódulos del género *Meloidogyne* como alternativa no química, recuperando las labores tradicionales de aplicación de esta y mostrar como la biodesinfección es una alternativa que no se había tenido en cuenta por la oposición de los productores a “fogar el estiércol”. El ensayo se realizó en un invernadero comercial tipo “raspa y amagado” con una superficie útil de 3400 m², situada en el municipio de Níjar (Almería), los tratamientos empleados en el ensayo se pueden observar en la Tabla 8.

Tabla 8. Tratamientos empleados en el ensayo de Torres Nieto (2007).

Tratamientos	Composición	Producción
T₀	Testigo solarizado.	9,4
T₁	Carilla mecanizada (0,8 kg·m ⁻² de estiércol pelletizado)	9,1
T₂	Restos de cultivo (9,2 kg·m ⁻²)	8,9
T₃	Carilla al centro (10 kg·m ⁻² de estiércol a granel)	9
T₄	Carilla a la línea (10 kg·m ⁻² de estiércol a granel)	8,3
T₅	Retranqueo (20 kg·m ⁻² de estiércol a granel)	7,8

Observando los resultados de las producciones se contempla que el tratamiento el cual registró una mayor producción fue el testigo solarizado, pero no se registraron diferencias estadísticamente significativas debido al aporte de materia orgánica. En el trabajo se estableció que las pérdidas en producción se debieron a la presencia de salinidad que provienen de un deficiente manejo de los volúmenes de suelo inspeccionado por los sistemas radiculares y del lavado de las sales del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Efecto de la reiteración de la biodesinfección del suelo en la producción de un cultivo de tomate.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del ensayo

El ensayo se realizó en el invernadero codificado como U14 (Figura 2), que se encuentra en las instalaciones de la Fundación Experimental UAL-ANECOOP, ubicada en El Paraje “Los Goterones”, perteneciente a la localidad de Retamar (Almería) (Figura 1), referenciada en el catastro en el polígono 24, parcela 281. Este se realizó durante la campaña 2016/2017.



Figura 1. Localización a gran escala de las instalaciones de la finca UAL-ANECOOP. Fuente: Google maps.



Figura 2. Localización del invernadero que albergó el ensayo en el interior de las instalaciones de la fundación UAL-ANECOOP. Fuente: http://nevada.ual.es/fincaexp/detalle_insta.asp.

3.2 Características del invernadero

3.2.1 Características generales

El invernadero empleado para el ensayo fue de tipo “raspa y amagado” con un suelo mezclado con arena. Cuenta con una superficie de 1764 m², de los cuales 1600 m² se destinaron al ensayo. Entre sus características, presenta una separación entre dos raspas

Efecto de la reiteración de la biodesinfección del suelo en la producción de un cultivo de tomate.

consecutivas de 8 m y su distancia entre líneas contiguas es de 2 m, siendo la situación espacial de los amagados idéntica a la de las raspas. La altura de la raspa es de 4,70 m (tubo + bloque).

La altura de la banda es de 3,40 m. Los pies perimetrales se encuentran formados por perfiles laminados de acero IPN-120, con una inclinación aproximada de 60° respecto al suelo y una separación entre dos pies consecutivos de 2 m.

La orientación del eje principal de este se encuentra situada Noroeste-Suroeste, estableciéndose las líneas de cultivo con una orientación idéntica.

Respecto al sistema de ventilación, dispone de ventanas cenitales de tipo cremallera y ventanas laterales enrollables de plástico (Figura 3), ambas presentan una apertura y cierre automatizado. La superficie total destinada a ventilación es aproximadamente de 126 m², que se componen de diversos segmentos que suman un total de 180 m lineales por 0,7 m de alto. Todas las ventanas se encuentran construidas por tubos galvanizados de 25x25 mm y protegidas por mallas antitrips con una densidad de hilos de 20x10 hilos·cm⁻² con el fin de evitar la introducción de pagas e insectos vectores de enfermedades.



Figura 3. Detalle del sistema de ventilación del invernadero U14, a la izquierda podemos observar las ventanas cenitales, a la izquierda un detalle de las ventanas laterales, ambas presentan una apertura y cierre automatizado.

3.2.2 Sistema de riego

Se empleó un sistema de riego localizado por goteo debido a su alta eficiencia en el uso del agua, además de reducir la mano de obra en esta labor. El sistema se halla dividido en dos secciones (norte y sur) lo que permitió realizar un manejo independiente de los tratamientos que serán especificados en siguientes apartados. La instalación de dicho sistema está formada por una serie de tuberías dispuestas sobre la superficie del suelo fabricadas a partir de polietileno de baja densidad (LDPE). Cada sector se encuentra constituido por 44 ramales porta-goteros (colocados en la misma orientación que las líneas de cultivo y en sentido descendente) estructurados en líneas dobles, exceptuando las líneas de los extremos que fueron líneas individuales, con 40 emisores cada una, obteniendo así un total de 1760 emisores por sector, presentando cada uno caudal nominal de 3 L·h⁻¹·emisor⁻¹. La separación

Efecto de la reiteración de la biodesinfección del suelo en la producción de un cultivo de tomate.

entre camas de cultivo fue de 2 m y la separación entre las líneas de cama fue de 80 cm, además de tener una distancia entre goteros de 0,5 m.

Dicha instalación se abasteció mediante una red de tuberías de PVC subterráneas, que parten desde el cabezal de riego del invernadero.

3.3 Agua de riego.

El agua empleada para realizar este ensayo se obtuvo de dos balsas situadas en la propia finca, cada una posee una capacidad de 5000 m³. Estas presentan una cubierta de polietileno de color negro para evitar la proliferación de algas y la caída de residuos. En una de ellas se vierte agua de dos proveedores, siendo uno la Estación Depuradora de Aguas Residuales de Almería, que suministra un agua con una conductividad eléctrica de 1,8-2 dS·m⁻¹ y el otro es un pozo cercano. La segunda balsa se emplea para el almacenamiento del agua de lluvia, que es recogida mediante una red de tuberías que conducen el agua drenada a partir de las canaletas del invernadero hasta la propia balsa, siendo su conductividad eléctrica de 0,3-0,6 dS·m⁻¹.



Figura 4. Balsas de riegos de la Finca Experimental UAL-ANECOOP.

Para la impulsión del agua presente en las balsas hacia las zonas más alejadas de la finca, cada una de ellas posee una bomba multicelular. Además, el sistema de riego permite mezclar el agua de ambas balsas, obteniendo así una conductividad eléctrica específica para cada uno de los cultivos que se encuentran en la Finca Experimental UAL-ANECOOP.

3.4 Diseño experimental

3.4.1 Descripción del sistema experimental utilizado

En el ensayo se empleó un diseño experimental de bloques aleatorios para la aplicación de siete tratamientos con cuatro repeticiones cada uno, utilizando la técnica de

biodesinfección de suelos. El objetivo fue realizar una distribución uniforme de las diversas parcelas experimentales y así evitar diferencias en cuanto a producción y calidad relativas a su disposición en el invernadero.

3.4.2 Disposición de los tratamientos

Los tratamientos realizados en el ensayo fueron los siguientes:

- T0 (Tb): Testigo sin restos vegetales y sin fertilización.
- T1 (Fert): Testigo convencional (fertirriego).
- T2 (Fert + BF (0,5)): Aplicación de BioFence® (0,5 kg·m⁻²) y de fertirriego.
- T3 (Fert + BF (1)): Aplicación de BioFence® (1 kg·m⁻²) y de fertirriego.
- T4 (RV): Aplicación de restos de cosecha (3,5 kg de materia fresca de restos de plantas de tomate·m⁻²).
- T5 (RV + BF (0,5)): Aplicación de restos de cosecha (3,5 kg de materia fresca de restos de plantas de tomate·m⁻²) y BioFence® (0,5 kg·m⁻²).
- T6 (RV + BF (1)): Aplicación de restos de cosecha (3,5 kg de materia fresca de restos de plantas de tomate·m⁻²) y BioFence® (1 kg·m⁻²).

Cada una de las repeticiones constituyó una parcela elemental con una superficie de 40 m² por parcela, que se distribuyeron aleatoriamente en el invernadero. En cuanto al efecto borde, se remedió mediante las enmiendas en carillas. La distribución de los tratamientos y geometría del invernadero se describen en la siguiente imagen (Figura 5).

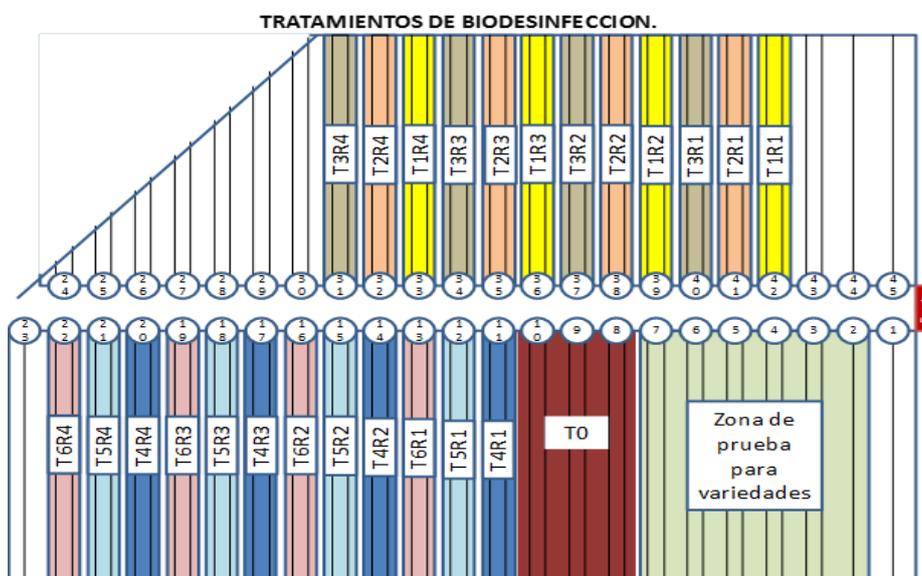


Figura 5. Esquema del diseño experimental.

3.5 Proceso de incorporación de la materia orgánica al suelo

El proceso de biodesinfección del suelo aplicado para los tratamientos fue el siguiente:

Primero se trituraron los restos vegetales de tomate de la campaña 2015/16 el 13 de mayo de 2016, realizándose en el pasillo central del invernadero y empleando una picadora

Efecto de la reiteración de la biodesinfección del suelo en la producción de un cultivo de tomate.

de martillo (Figura 6). Una vez que se realizó esto, se esparcieron en el sector sur a razón de 3,5 kg de materia fresca de restos vegetales de tomate·m⁻², a excepción del lugar reservado para el testigo en blanco (Tb) donde no se aplicó nada (Figura 7). Posteriormente, se procedió a dar un pase de rotovator (Figura 7) con el fin de homogeneizar la materia orgánica en el perfil superior del suelo, además, en el sector norte también se dio un pase con este instrumento para eliminar la costra superficial que se pudiera haber formado durante el desarrollo del ciclo anterior de cultivo.

Una vez consumada la incorporación de los restos de cosecha, el 16 de mayo de 2016 se realizó la apertura de carillas de 0,40x20x0,25 m y se aplicó BioFence® (pellets de *Brassica carinata*) en los tratamientos correspondientes, donde se esparció 0,5 kg·m⁻² en los tratamientos Fert + BF (0,5) y RV + BF (0,5) y, 1 kg·m⁻² en los tratamientos Fert + BF (1) y RV + BF (1) (Figura 8).

El BioFence® es un producto compuesto a partir de *Brassica carinata*, en la siguiente tabla (Tabla 9) se ilustra la contribución nutricional que suministra el fabricante (BioFence, 2015).

Tabla 9. Composición nutritiva suministrada por el fabricante del BioFence®.

Elemento nutritivo	Porcentaje de elemento (%)
Nitrógeno orgánico	6
Fosforo orgánico disponible	3
Materia orgánica	85

Cuando se concluyó la incorporación de las diversas materias orgánicas en suelo se reinstaló el sistema de riego, pero con la particularidad de que en el sector sur se incorporaron el doble de ramales porta-goteros para una mayor homogeneidad en el proceso de descomposición de la materia orgánica. Seguidamente se comprobó la correcta aplicación de agua por parte de los emisores debido a la importancia que supone para el proceso (Figura 9).

Al terminar, se realizó la instalación de un plástico transparente de 200 galgas sobre la superficie del suelo, el cual fue sellado en los bordes mediante tierra y entre plásticos empleando grapas entre los mismos, dicha actividad se realizó durante los días 24 a 30 de mayo de 2016. Una vez instalado se aplicaron riegos de 2 horas durante los 4 días posteriores (Figura 10).

Al terminar todo el proceso, el invernadero, se dejó sellado hasta el día 30 de agosto de este mismo año, cuando se comenzó a retirar el plástico empleado para la biosolarización. Seguidamente se retiraron los ramales porta-goteros, tanto del sector sur como del norte, eliminado en el sector sur los ramales porta-goteros que se incorporaron de más para facilitar la descomposición de la materia orgánica. Posteriormente, el 31 de agosto de 2016, se dio un pase con un rotovator manual en las líneas de cultivo de todo el invernadero, para así eliminar

Efecto de la reiteración de la biodesinfección del suelo en la producción de un cultivo de tomate.

cualquier costra superficial que se pudiera haber formado en el proceso de biosolarización. Una vez realizado se volvió a reinstalar los ramales porta-goteros y se aplicó el día 3 de septiembre de este mismo año un riego de 40 minutos.



Figura 6. Triturado de restos vegetales en el pasillo central del invernadero.



Figura 7. En la primera ilustración se observan los restos de cosecha esparcidos sobre el suelo a razón de $3,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$. En la segunda se puede observar el momento en el cual el tractor se encontraba homogenizando los residuos vegetales en el perfil superior del suelo mediante el rotovator.

Efecto de la reiteración de la biodesinfección del suelo en la producción de un cultivo de tomate.



Figura 8. Apertura de carillas en el sector norte del invernadero para la aplicación de BioFence® y pesada de este mismo producto para su posterior aplicación.



Figura 9. Verificación de los emisores de riego, en la imagen se observa una mayor densidad de ramales porta-goteros para una mayor eficiencia en el proceso de descomposición de la materia orgánica..



Figura 10. Puesta del plástico transparente en el suelo y riego hasta capacidad de campo.

Efecto de la reiteración de la biodesinfección del suelo en la producción de un cultivo de tomate.

3.6 Material vegetal

3.6.1 Ciclo de producción y características de la variedad empleada

Se realizó un ciclo largo de producción, el cual comenzó el día 6 de septiembre de 2016 y finalizó el 20 de abril de 2017.

En él se empleó una variedad de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.) tipo rama cv. Pitenza (Enza Zaden, 2017). La empresa productora describe a esta variedad de la siguiente manera:

- Planta abierta y vigorosa.
- Comportamiento frente al frío adecuado.
- Produce ramos perfectos y sueltos, obteniéndose así frutos firmes y de color rojo intenso.
- Presenta resistencia a:
 - Virus del mosaico del tomate (ToMV).
 - *Verticillium albo-atrum* (Va).
 - *Verticillium dahliae* (Vd).
 - *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* razas 0, 1 (Fol: 0,1).

3.6.2 Labores realizadas

3.6.2.1 Trasplante

Esta labor se realizó el día 6 de septiembre de 2016 empleando plántulas de tomate de la variedad comentada en el apartado anterior, con una densidad de plantación de 2 plantas·m⁻².

Tras el trasplante, se programaron 2 riegos de 15 minutos cada uno para los días 6,7 y otro para el día 8 de 25 minutos. Una vez realizado este último no se irrigó el cultivo durante los próximos 10 días, con el fin de potenciar el desarrollo del sistema radicular del cultivo.



Figura 11. Trasplante de tomate cv. Pitenza el 06/09/2016 en el invernadero U14 de la Finca Experimental UAL-ANECOOP.

Efecto de la reiteración de la biodesinfección del suelo en la producción de un cultivo de tomate.

3.6.2.2 Principales labores tras el trasplante

Las labores que se realizaron al cultivo fueron idénticas a las elaboradas en una producción comercial de tomate, estas fueron las siguientes:

- Destallado.
- Pinzamiento de ramilletes.
- Entutorado.
- Descuelgue.
- Deshojado.
- Despuntado.

En la siguiente tabla se ilustrarán las fechas de ejecución de las diversas labores realizadas al cultivo (Tabla 10).

Tabla 10. Fecha de las principales operaciones realizadas durante el ciclo del cultivo.

Labor	Realización
Destallado, pinzamiento de ramilletes y entutorado.	Estas labores se realizaron semanalmente durante el ciclo de cultivo.
Descuelgues.	El primer descuelgue se realizó los días 28, 29 y 30 de noviembre de 2016.
	El segundo descuelgue se realizó los días 29 y 30 de diciembre de 2016.
Deshojados.	El primero se realizó durante los días 21, 22, 23 y 24 de noviembre del 2016.
	El segundo se realizó durante los días 13, 14, 19 y 20 de diciembre del 2016.
	El tercero se realizó durante los días 17, 18 y 19 de enero del 2016.
Despunte.	Se realizó el día 7 de marzo de 2017.

3.6.2.3 Recolección

La recolección se realizó de manera manual y unitaria, toda la producción fue destinada a tomate suelto. Las fechas de recolección se ilustran en la siguiente tabla (Tabla 11).

Tabla 11. Número de cosechas realizadas a lo largo del ciclo de cultivo y su correspondencia con el DDT*.

Cosecha	DDT*	Fecha
1 ^a	99	14/12/2016
2 ^a	106	21/12/2016
3 ^a	113	28/12/2016
4 ^a	120	04/01/2017
5 ^a	127	11/01/2017
6 ^a	134	18/01/2017
7 ^a	142	26/01/2017
8 ^a	148	01/02/2017
9 ^a	155	08/02/2017
10 ^a	162	15/02/2017
11 ^a	170	23/02/2017
12 ^a	177	02/03/2017
13 ^a	184	09/03/2017
14 ^a	198	23/03/2017
15 ^a	212	06/04/2017
16 ^a	226	20/04/2017

*DDT: Días después del trasplante.

3.6.2.4 Riegos y fertilización

En cada sector se asignaron riegos específicos dadas las necesidades de cada uno, irrigando el cultivo con el agua indispensable para el correcto desarrollo de este.

En cuanto a la fertilización, en el sector norte que está relacionado con los tratamientos fertirrigados (Fert, Fert + BF (0,5) y Fert + BF (1)), se aplicó una solución nutritiva para satisfacer sus requerimientos nutritivos, realizando incrementos en la conductividad eléctrica conforme iba transcurriendo el ciclo de cultivo hasta llegar a un valor de 3 dS·m⁻¹, dichos incrementos fueron de 0,5 dS·m⁻¹ (a partir de un agua con una conductividad eléctrica de 0,5 dS·m⁻²) y fueron paulatinos (Tabla 12), para la conformación de las soluciones se empleó la solución nutritiva universal de Steiner (Steiner, 1984).

Tabla 12. Listado de las diferentes conductividades eléctricas (dS·m⁻¹) de las soluciones nutritivas aplicadas al sector norte.

Fecha	Conductividad eléctrica de la solución nutritiva (dS·m ⁻¹)
06/09/2016-22/09/2016	0,5*
23/09/2016-29/09/2016	1
30/09/2016-13/10/2016	1,5
14/10/2016-25/10/2016	2
26/10/2016-03/11/2016	2,5
04/11/2016-20/04/2017	3

*Conductividad eléctrica del agua de riego.

3.6.2.5 Tratamientos fitosanitarios

A lo largo del ciclo de producción se mostraron los problemas típicos fitosanitarios que se producen en un cultivo comercial. En semillero se colocó *Nesidiocoris tenuis* para el control de la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y así evitar la transmisión del virus de la cuchara (TYLCV), aunque en determinadas zonas del invernadero se desarrolló la virosis, pero de manera marginal.

Al inicio del cultivo, y con mayor incidencia en el sector sur, el ácaro bronceador del tomate (*Aeculops lycopersici*) afectó a varias plantas, al no ser un problema generalizado este se solventó con aplicaciones puntuales de azufre micronizado a las plantas perjudicadas. Además, se mostraron brotes de oídio (*Leveiulla taurica*) en las épocas cálidas y *Fulvia fulva* en periodos frescos de temperatura, pero estos no mostraron importancia y no se requirió tratamiento. Conforme fue avanzando el ciclo, a partir de la época fría, se observó ataque de *Botrytis cinerea* en el cultivo (alrededor del 31 de diciembre de 2016), este patógeno se instaló en las heridas realizadas en las plantas por efecto de diversas prácticas culturales, por lo que se aplicó una pasta a base de arcilla para protegerlas y así evitar su instalación. Como las pérdidas causadas fueron bastantes graves (siendo mayores en el sector norte), requirió de aportes de fitosanitarios químicos para su control, que acompañado con un cambio en las condiciones climáticas se logró parar el desarrollo de la enfermedad.

Al mejorar las condiciones climáticas del lugar, el ácaro bronceador del tomate (*Aeculops lycopersici*) volvió a desarrollarse en el cultivo, pero esta vez tuvo una mayor incidencia en él, por lo que se requirió dar una aplicación generalizada con azufre mojable. Los tratamientos realizados se especifican en la tabla que se encuentra a continuación (Tabla 13).

Efecto de la reiteración de la biodesinfección del suelo en la producción de un cultivo de tomate.

Tabla 13. Listado de productos fitosanitarios aplicados a lo largo del ciclo de producción.

Fecha	Nombre comercial	Nº de registro	Titular	Formulado	Dosis
31/12/2017	Switch	21714	Syngenta España S.A.	Ciprodinil 37,5% + fludioxonil 25% (ESP) [WG] P/P	1 g·L ⁻¹
21/01/2017	Switch	21714	Syngenta España S.A.	Ciprodinil 37,5% + fludioxonil 25% (ESP) [WG] P/P	1 g·L ⁻¹
28/01/2017	Pyrus 400 sc	24524	Arysta lifescience benelux sprl	Pirimetaniil 40% (ESP) [SC] P/V	1,75 g·L ⁻¹
03/02/2017	Switch	21714	Syngenta España S.A.	Ciprodinil 37,5% + fludioxonil 25% (ESP) [WG] P/P	1 g·L ⁻¹
11/02/2017	Pyrus 400 sc	24524	Arysta lifescience benelux sprl	Pirimetaniil 40% (ESP) [SC] P/V	1,9 g·L ⁻¹
17/02/2017	Oberón	24010	Bayer cropscience S.L.	Spiromesifen 24% [SC] P/V	0,5 mL·L ⁻¹
25/02/2017	Azufril flow	23184	Trade corporation International S.A.	Azufre 80% [SC] P/V	3 g·L ⁻¹

3.7 Parámetros a evaluar

3.7.1 Producción

Las medidas de producción se realizaron semanalmente durante las cosechas. La primera recolección se realizó el día 14 de diciembre de 2016 y la última el 20 de abril de 2017, para llevar a cabo las medidas se empleó una balanza electrónica con una sensibilidad de 0,01 g Metter Toledo® (Figura 13), que proporcionó la producción total a partil de la suma de las

Efecto de la reiteración de la biodesinfección del suelo en la producción de un cultivo de tomate.

producciones parciales comerciales. El peso medio del fruto comercial se obtuvo a partir de la pesada de 25 frutos escogidos al azar de cada repetición.

Los frutos no comerciales (destrío) que poseían algún daño mecánico o fisiopatía se separaron con el fin de que la muestra fuese lo más representativa posible.

3.7.1.1 Producción por unidad de superficie

Para obtener este parámetro, en primer lugar, se pesaron las cajas donde se realizaban el pesaje de la producción (con el fin de descontar el peso de éstas). Una vez hecho esto, se procedió a pesar la producción de cada tratamiento de forma separada.

Así mismo, es necesario conocer el número de plantas que se disponen en cada unidad experimental para poder obtener los kilogramos obtenidos por planta de cada repetición. Por último, para obtener la producción por unidad de superficie se extrapolaba a la densidad de plantación inicial ya mencionada en apartados anteriores, de esta forma se evitó una estimación a la baja de los resultados.

3.7.1.2 Peso por fruto comercial

Para poder obtener esta medida se seleccionaron 25 frutos al azar de cada repetición durante todas las cosechas, para después pesarlos en una caja de peso conocido (con el fin de descontarla) y posteriormente dividir entre 25 obteniendo así el peso promedio de cada fruto.

3.7.2 Calidad

Las variables para poder determinar la calidad del fruto se analizaron cada 3 cosechas y se realizaron 5 veces a lo largo del ciclo de cultivo. Para ello, se seleccionaron 10 frutos comerciales al azar de cada tratamiento y repetición en cada uno de los análisis de calidad, y a partir de estos se realizaron los diversos análisis.



Figura 12. Frutos de tomate empleados para el análisis que se realizó a los 170 DDT.

3.7.2.1 Calibre del fruto

Para obtener este parámetro se midió el diámetro ecuatorial de cada fruto, empleando un calibre electrónico MITUTOYO®, modelo Digital Caliper Within (MEDID) (Figura 14) Max.

Efecto de la reiteración de la biodesinfección del suelo en la producción de un cultivo de tomate.

150 mm con sensibilidad de 0,01 mm, este instrumento debía ser calibrado al inicio del análisis.

3.7.2.2 Firmeza del fruto

La firmeza del fruto se obtuvo mediante el penetrómetro modelo PENEFEL DFT14 Digital Firmnesstester Agrotechnologie con puntal de 8 mm de diámetro y una sensibilidad de 0,001 Kg·cm⁻² (Figura 15).

Antes de realizar las medidas, se eliminó la epidermis de tres puntos situados en la zona ecuatorial del fruto, con una equidistancia entre ellos de 120°. Una vez que fue eliminada, se procedió a realizar las medidas de firmeza con el penetrómetro descrito anteriormente.

3.7.2.3 Contenido en sólidos solubles totales (SST)

Se empleó el refractómetro modelo PAL-1 ATAGO® POCKET (Figura 16) (Brix 0,0-53,0 %) con una precisión de 0,1 °Brix para obtener el contenido de sólidos solubles. En primer lugar, se realizó el calibrado del instrumento, para ello se empleó agua destilada y así obtener una lectura en blanco. Después, se depositó pulpa de tomate de la muestra a analizar sobre el lector y se obtenían el contenido en sólidos solubles totales del fruto. Así mismo, después de realizar cada lectura hay que limpiar el lector para así evitar distorsiones en los valores obtenidos con dicho instrumento.

3.7.2.4 pH (acidez)

Se empleó para obtener los valores de pH de cada fruto el pH-metro modelo CRISON pH 25 (Electrodo de pH 50 50 T) con una sensibilidad de 0,01 (Figura 17), este instrumento debe ser calibrado con unas soluciones de pH conocido suministradas por el fabricante antes de utilizarse. Una vez calibrado, se extrajo pulpa de cada fruto de tomate, para posteriormente realizar la medida con el pH-metro. Después de cada medida es necesario limpiar la sonda para evitar distorsiones en las medidas.

3.7.2.5 Contenido en nitratos

Para poder obtener este parámetro se empleó ionómetro modelo 2305GL de LAQUA Twin® con una sensibilidad de 1 ppm (Figura 18). En primer lugar, el instrumento se calibró con unas soluciones de concentración de nitratos conocida. Una vez hecho esto, se depositó jugo de tomate en el lector del instrumento y se selló para obtener la concentración de nitratos. Después de cada medida el lector debía ser limpiado para evitar distorsiones en las muestras.

3.7.3 Análisis de datos.

Para realizar el estudio estadístico de los datos obtenidos de los diferentes tratamientos se empleó un análisis de la varianza (ANOVA) mediante el test de mínimas

Efecto de la reiteración de la biodesinfección del suelo en la producción de un cultivo de tomate.

diferencias significativas (LSD) con un nivel de confianza del 95%, para comparar los parámetros de producción y calidad de cada tratamiento durante las recolecciones, utilizando el programa estadístico Statgraphics Centurion XVI. En lo que se refiere a la representación de estos, se empleó el Microsoft Office Excel.



Figura 13. Balanza Mettler Toledo® con una sensibilidad de 0,01 kg.



Figura 14. Detalle de un calibre MITUTOYO modelo Digital Caliper Within.



Figura 15. Penetrómetro modelo PENEFFEL DFT14 Digital Firmnesstester. Agrotechnologie e incisiones realizadas sobre el fruto para obtener el valor de firmeza.

Efecto de la reiteración de la biodesinfección del suelo en la producción de un cultivo de tomate.



Figura 16. Detalle de un refractómetro modelo PAL-1 ATAGO® POCKET.



Figura 17. Detalle de un pH-metro modelo CRISON pH 25.

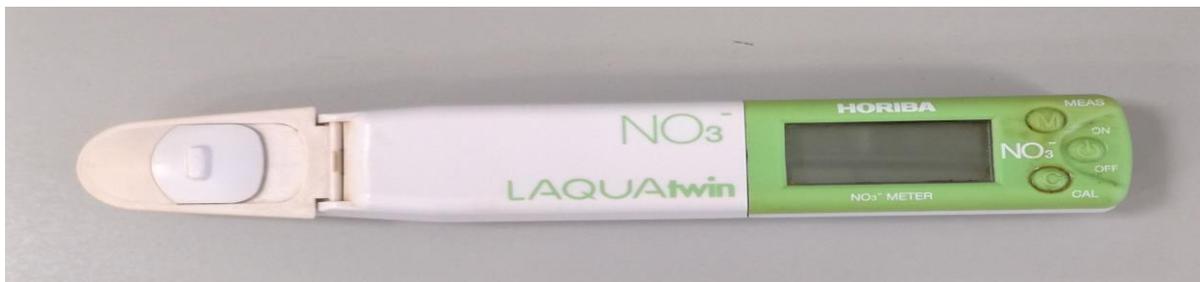


Figura 18. Ionómetro modelo 2305GL de LAQUA Twin®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4 Resultados y discusión

4.1 Producción

4.1.1 Producción por unidad de superficie

4.1.1.1 Producción puntual

Los resultados obtenidos de las diversas cosechas realizadas durante el ciclo de producción se observan en la Tabla 14, en el cual se aprecia como el tratamiento Tb (Testigo en blanco) fue al inicio del ciclo el que mayor producción obtuvo, comportamiento que es revertido a partir de la segunda cosecha (106 DDT) donde todos los tratamientos, excepto el Fert (Fertirriego) y el Tb (Testigo en banco) mostraron un incremento en la producción de forma estadísticamente significativa. A partir de este momento el testigo en blanco (Tb) se mantiene con niveles bajos de producción en todas las cosechas y los demás tratamientos prácticamente mantienen la misma producción y no es sino hasta la sexta cosecha (134 DDT) donde se empieza a apreciar una clara tendencia en el comportamiento de los tratamientos que llevan fertirriego y aquellos que llevan restos vegetales, en el cual son los del fertirriego los que empiezan a presentar una mayor producción (Gráfica 2).

Estos datos anteriormente comentados si los comparamos con los de Peinado-López (2016) difieren en su comportamiento durante las primeras cuatro cosechas en el tratamiento donde se aplicó fertirriego debido a que este autor obtuvo diferencias estadísticamente significativas con el resto de tratamientos, en cambio, en nuestro ensayo dichas diferencias no se apreciaron. Además, en su estudio los tratamientos donde se aplicó fertirriego fueron mayores al bloque con restos vegetales a partir de los 172 DDT, hecho que se repite en nuestro ensayo hasta el final del cultivo. En este punto es necesario señalar que la adición de BioFence® no parece representar ninguna ventaja productiva ni en el fertirriego ni en los tratamientos con aplicación de los restos vegetales. El testigo en blanco (Tb) disminuye progresivamente desde el día 142 después del trasplante.

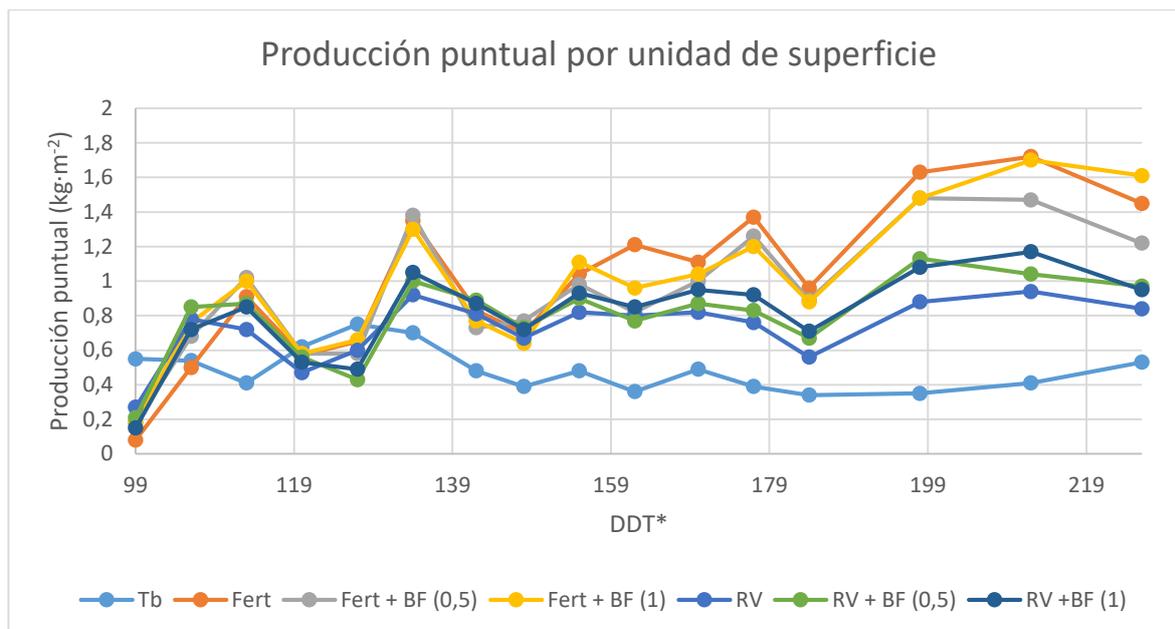
Efecto de la reiteración de la biodesinfección del suelo en la producción de un cultivo de tomate.

Tabla 14. Efecto de la aplicación de diversas materias orgánicas mediante solarización y fertirriego sobre la producción puntual por unidad de superficie ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$), y su desviación típica para un cultivo de tomate cv. Pitenza en ciclo largo de producción.

DDT ¹	Testigo en blanco		Fertirriego		Fertirriego + 0,5 kg de BioFence®·m ⁻²		Fertirriego + 1 kg de BioFence®·m ⁻²		Restos vegetales		Restos vegetales + 0,5 kg de BioFence®·m ⁻²		Restos vegetales + 1 kg de BioFence®·m ⁻²		P _{valor}
99	0,55 ± 0,11	a	0,08 ± 0,03	c	0,18 ± 0,04	bc	0,18 ± 0,05	bc	0,27 ± 0,22	b	0,21 ± 0,12	bc	0,15 ± 0,12	bc	0,0004
106	0,54 ± 0,02	cd	0,50 ± 0,12	d	0,68 ± 0,08	bc	0,76 ± 0,07	ab	0,78 ± 0,09	ab	0,85 ± 0,05	a	0,72 ± 0,21	ab	0,0013
113	0,41 ± 0,12	c	0,91 ± 0,05	a	1,02 ± 0,07	a	1,00 ± 0,12	a	0,72 ± 0,16	b	0,87 ± 0,15	ab	0,85 ± 0,08	ab	0,0000
120	0,62 ± 0,09	a	0,57 ± 0,11	a	0,58 ± 0,17	a	0,58 ± 0,03	a	0,47 ± 0,09	a	0,56 ± 0,10	a	0,53 ± 0,08	a	0,5784
127	0,75 ± 0,07	a	0,65 ± 0,03	ab	0,58 ± 0,09	abc	0,66 ± 0,11	ab	0,60 ± 0,19	abc	0,43 ± 0,23	c	0,49 ± 0,12	bc	0,0489
134	0,70 ± 0,10	c	1,35 ± 0,14	a	1,38 ± 0,18	a	1,30 ± 0,14	a	0,92 ± 0,12	b	1,00 ± 0,16	b	1,05 ± 0,17	b	0,0000
142	0,48 ± 0,09	b	0,83 ± 0,09	a	0,73 ± 0,14	a	0,77 ± 0,12	a	0,81 ± 0,23	a	0,89 ± 0,16	a	0,87 ± 0,15	a	0,0133
148	0,39 ± 0,07	b	0,70 ± 0,09	a	0,77 ± 0,18	a	0,64 ± 0,02	a	0,67 ± 0,10	a	0,73 ± 0,10	a	0,72 ± 0,11	a	0,0010
155	0,48 ± 0,07	b	1,04 ± 0,24	a	0,98 ± 0,12	a	1,11 ± 0,44	a	0,82 ± 0,17	a	0,90 ± 0,16	a	0,93 ± 0,15	a	0,0160
162	0,36 ± 0,03	c	1,21 ± 0,21	a	0,82 ± 0,25	b	0,96 ± 0,13	b	0,80 ± 0,17	b	0,77 ± 0,09	b	0,85 ± 0,07	b	0,0000
170	0,49 ± 0,07	d	1,11 ± 0,15	a	1,00 ± 0,04	abc	1,04 ± 0,21	ab	0,82 ± 0,15	c	0,87 ± 0,16	bc	0,95 ± 0,10	abc	0,0001
177	0,39 ± 0,18	c	1,37 ± 0,19	a	1,26 ± 0,20	a	1,20 ± 0,16	a	0,76 ± 0,25	b	0,83 ± 0,22	b	0,92 ± 0,08	b	0,0000
184	0,34 ± 0,22	d	0,96 ± 0,10	a	0,89 ± 0,12	ab	0,88 ± 0,18	ab	0,56 ± 0,15	cd	0,67 ± 0,16	bc	0,71 ± 0,09	bc	0,0001
198	0,35 ± 0,16	c	1,63 ± 0,23	a	1,48 ± 0,26	a	1,48 ± 0,28	a	0,88 ± 0,25	b	1,13 ± 0,18	b	1,08 ± 0,04	b	0,0000
212	0,41 ± 0,11	d	1,72 ± 0,35	a	1,47 ± 0,27	ab	1,70 ± 0,28	a	0,94 ± 0,15	c	1,04 ± 0,28	c	1,17 ± 0,29	bc	0,0000
226	0,53 ± 0,12	c	1,45 ± 0,35	a	1,22 ± 0,18	ab	1,61 ± 0,32	a	0,84 ± 0,17	bc	0,97 ± 0,38	b	0,95 ± 0,28	b	0,0002

¹DDT: Días después del trasplante.

Letras diferentes entre valores de las filas (líneas horizontales), representan diferencias significativas al 95 % de confianza con el test de mínimas diferencias significativas (LSD).



Gráfica 2. Evolución del efecto de la adición de diversas materias orgánicas y fertirriego sobre la producción puntual por unidad de superficie ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$) en un cultivo de tomate cv. Pitenza en un ciclo largo de producción.

DDT*: Días después del trasplante.

4.1.1.2 Producción acumulada

En este apartado se analizan los datos acumulados de las distintas cosechas realizadas en el ciclo, que son visibles en la Tabla 15, en el cual se aprecia un claro comportamiento en la disminución de forma estadísticamente significativa en la producción del testigo en blanco (Tb) en comparación a los demás tratamientos a partir de la sexta cosecha (134 DDT), tal y como se aprecia en las curvas de producción de la Gráfica 3. Es también a partir de este momento cuando se aprecia una ligera disminución en el comportamiento productivo de los tratamientos con restos vegetales con o sin BioFence® a las dos dosis ensayadas frente a los tratamientos que tuvieron fertirriego a lo largo del ciclo de cultivo, pero no es sino hasta decimosegunda cosecha (177 DDT) cuando este comportamiento es muy marcado, tal y como se aprecia en las curvas de producción. Por lo tanto, fueron los tratamientos con fertirriego con y sin BioFence® a las dos dosis ensayadas fueron los que tuvieron la mayor producción comercial en el ciclo de producción y sin mostrar diferencias significativas entre dichos tratamientos.

Tal y como se aprecia en los datos de producción acumulada la adición de BioFence® (a las dosis ensayadas) no ejerció ningún papel significativo ni en los tratamientos con fertirriego, ni en los tratamientos con restos de cosecha.

Nuestros resultados, durante la primera parte del ensayo (170 DDT), presentan el mismo comportamiento (a excepción de los tratamientos restos vegetales (RV) y testigo en

blanco (Tb)) que los que obtuvieron Agüero-González (2003), Ruíz-Morante (2005), Martínez-Ocaña (2006) y Vargas-Vargas (2013) en los que no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre los diversos tratamientos aplicados en un ciclo corto de producción, pero si es necesario resaltar que hubo una aplicación generalizada de fertirriego a los diferentes tratamientos empleados por estos autores. Leung (2016), a pesar de que sus resultados no son comparables como consecuencia de que este autor realizó un ciclo corto de producción obtiene unos resultados que difieren de los nuestros, debido a que al término de su ciclo, coincidiendo con los 168 DDT obtuvo que los tratamientos que han sido menores estadísticamente fueron donde se aplicó fertirriego y fertirriego + 0,3 kg de BioFence®·m⁻², siendo los demás tratamientos similares entre sí, en cambio, en nuestro ensayo no se sigue ese comportamiento debido a que en ese punto del ciclo (170 DDT) son los tratamientos que presentan un aporte con restos vegetales y testigos en los que se observó una menor producción. El ensayo que fue realizado por Peinado-López (2016) presentó un comportamiento similar al nuestro debido a que se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos donde había sido aplicado fertirriego y donde se aplicaron restos vegetales junto con el testigo, y que estas diferencias fueron visibles de forma posterior dos cosechas en comparación a la nuestra, por lo que podemos pensar que hemos llegado de manera más rápida a un punto de agotamiento en el suelo, por lo que tal y como se aprecia en los datos de producción acumulada la adición de BioFence® no ejerció ningún papel significativo ni en los tratamientos con fertirriego, ni en los tratamientos con restos de cosecha.

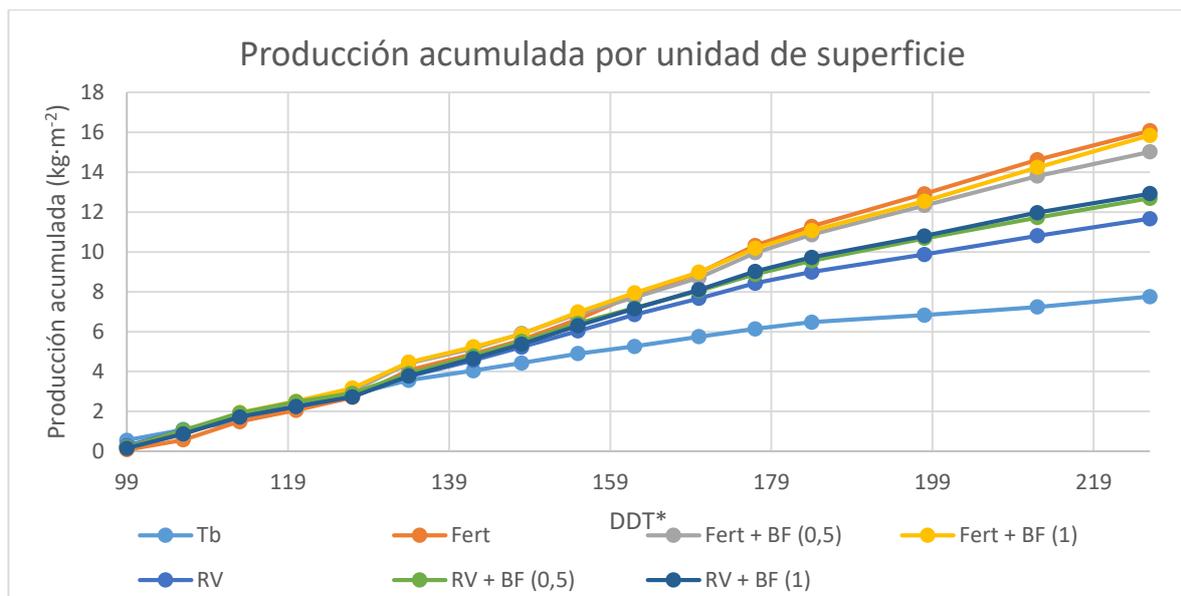
Efecto de la reiteración de la biodesinfección del suelo en la producción de un cultivo de tomate.

Tabla 15. Efecto de la aplicación de diversas materias orgánicas mediante solarización y fertirriego sobre la producción acumulada por unidad de superficie ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$), y su desviación típica para un cultivo de tomate cv. Pitenza en ciclo largo de producción.

DDT ¹	Testigo en blanco		Fertirriego		Fertirriego + 0,5 kg de BioFence®·m ⁻²		Fertirriego + 1 kg de BioFence®·m ⁻²		Restos vegetales		Restos vegetales + 0,5 kg de BioFence®·m ⁻²		Restos vegetales + 1 kg de BioFence®·m ⁻²		P _{valor}
99	0,55 ± 0,11	a	0,08 ± 0,03	c	0,18 ± 0,04	bc	0,18 ± 0,05	bc	0,27 ± 0,22	b	0,21 ± 0,12	bc	0,15 ± 0,12	bc	0,0004
106	1,09 ± 0,10	a	0,58 ± 0,14	b	0,86 ± 0,09	a	0,94 ± 0,08	a	1,05 ± 0,22	a	1,06 ± 0,16	a	0,87 ± 0,30	A	0,0068
113	1,50 ± 0,11	b	1,50 ± 0,15	b	1,88 ± 0,11	a	1,94 ± 0,15	a	1,77 ± 0,10	a	1,92 ± 0,17	a	1,72 ± 0,31	ab	0,0032
120	2,11 ± 0,19	b	2,06 ± 0,25	b	2,46 ± 0,21	a	2,51 ± 0,17	a	2,24 ± 0,07	ab	2,48 ± 0,24	a	2,24 ± 0,27	ab	0,0279
127	2,87 ± 0,21	ab	2,71 ± 0,26	b	3,04 ± 0,16	ab	3,17 ± 0,26	a	2,84 ± 0,20	ab	2,91 ± 0,45	ab	2,73 ± 0,22	b	0,2193
134	3,56 ± 0,25	c	4,06 ± 0,17	ab	4,42 ± 0,31	a	4,47 ± 0,36	a	3,76 ± 0,10	bc	3,90 ± 0,44	bc	3,78 ± 0,28	bc	0,0014
142	4,04 ± 0,18	d	4,88 ± 0,24	abc	5,15 ± 0,43	ab	5,24 ± 0,43	a	4,56 ± 0,16	c	4,78 ± 0,54	abc	4,65 ± 0,27	bc	0,0019
148	4,43 ± 0,14	c	5,58 ± 0,26	ab	5,91 ± 0,51	a	5,87 ± 0,43	a	5,23 ± 0,26	b	5,51 ± 0,63	ab	5,37 ± 0,38	ab	0,0008
155	4,90 ± 0,09	c	6,63 ± 0,47	ab	6,89 ± 0,61	a	6,98 ± 0,83	a	6,04 ± 0,42	b	6,41 ± 0,76	ab	6,30 ± 0,35	ab	0,0006
162	5,26 ± 0,11	c	7,84 ± 0,72	a	7,71 ± 0,56	ab	7,94 ± 0,93	a	6,85 ± 0,56	b	7,18 ± 0,85	ab	7,15 ± 0,42	ab	0,0001
170	5,75 ± 0,15	c	8,95 ± 0,71	a	8,70 ± 0,58	a	8,98 ± 1,13	a	7,67 ± 0,59	b	8,05 ± 0,86	ab	8,10 ± 0,42	ab	0,0000
177	6,14 ± 0,30	e	10,32 ± 0,87	a	9,96 ± 0,75	abc	10,18 ± 1,26	ab	8,43 ± 0,83	d	8,88 ± 1,04	cd	9,02 ± 0,41	bcd	0,0000
184	6,48 ± 0,49	e	11,28 ± 0,93	a	10,86 ± 0,83	abc	11,06 ± 1,35	ab	8,99 ± 0,98	d	9,55 ± 1,17	cd	9,73 ± 0,49	bcd	0,0000
198	6,83 ± 0,36	d	12,91 ± 1,10	a	12,33 ± 1,08	ab	12,54 ± 1,62	a	9,87 ± 1,21	c	10,68 ± 1,24	c	10,80 ± 0,52	bc	0,0000
212	7,24 ± 0,47	d	14,62 ± 1,43	a	13,80 ± 1,29	ab	14,23 ± 1,86	a	10,81 ± 1,34	c	11,72 ± 1,52	c	11,97 ± 0,72	bc	0,0000
226	7,76 ± 0,51	d	16,07 ± 1,75	a	15,02 ± 1,28	ab	15,84 ± 2,14	a	11,66 ± 1,50	c	12,69 ± 1,84	c	12,92 ± 0,98	bc	0,0000

¹DDT: Días después del trasplante.

Letras diferentes entre valores de filas (líneas horizontales), representan diferencias significativas al 95 % de confianza con el test de mínimas diferencias significativas (LSD).



Gráfica 3. Evolución del efecto de la adición de diversas materias orgánicas y fertirriego sobre la producción acumulada por unidad de superficie ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$) en un cultivo de tomate cv. Pitenza en un ciclo largo de producción.

DDT*: Días después del trasplante.

4.1.2 Peso del fruto.

Analizando los datos de este parámetro en las distintas cosechas (Tabla 16) se pudo apreciar de primera mano que los diversos tratamientos afectaron al calibre de manera estadísticamente significativa a través de las distintas cosechas, además de apreciarse que todos los tratamientos presentaron la misma tendencia como se observan en las curvas de la Gráfica 4, siendo los frutos obtenidos en el testigo en blanco (Tb) los que menor calibre tuvieron en todo el ciclo, exceptuando la primera cosecha (99 DDT). Es necesario hacer énfasis en las fluctuaciones que hubo en el tamaño del fruto para todos los tratamientos con un comportamiento decreciente en el calibre de manera general, excepto a los 198 DDT, en donde todos los tratamientos tuvieron un incremento sustancial en el peso de los frutos, lo cual puede deberse a efectos climáticos que influyeron en el comportamiento de la planta. A partir de esta fecha volvió a presentarse un detrimento en el peso de los frutos en todos los tratamientos lo que afectó de manera directa a la producción final tal y como se apreció en el apartado anterior (producción acumulada). Por último, apuntar que durante todo el ciclo los frutos obtenidos de los tratamientos con fertirriego fueron los que mayor peso presentaron.

El comportamiento presentado en los ensayos realizados por Agüero-González (2003), Ruíz-Morante (2005), Martínez-Ocaña (2006), Vargas-Vargas (2013) y Merlo-Valverde (2015) difieren del nuestro, ya que esto no obtuvieron unas diferencias estadísticas del peso del fruto entre los tratamientos fertirrigados y a los que aplicaron materia orgánica. En cambio, obtenemos resultados que concuerdan con Salman (2016), Leung (2016) y Peinado-López

Efecto de la reiteración de la biodesinfección del suelo en la producción de un cultivo de tomate.

(2016) debido a que estos autores obtuvieron diferencias estadísticamente significativas, aunque es necesario resaltar que los dos primeros autores realizaron un ciclo corto de producción de tomate y el tercero un ciclo largo. Al igual a lo ocurrido en los dos apartados anteriores (producción puntual por unidad de superficie y producción acumulada por unidad de superficie) la adición de BioFence® no supuso ninguna ventaja productiva en los distintos tratamientos donde fue aplicado.

Efecto de la reiteración de la biodesinfección del suelo en la producción de un cultivo de tomate.

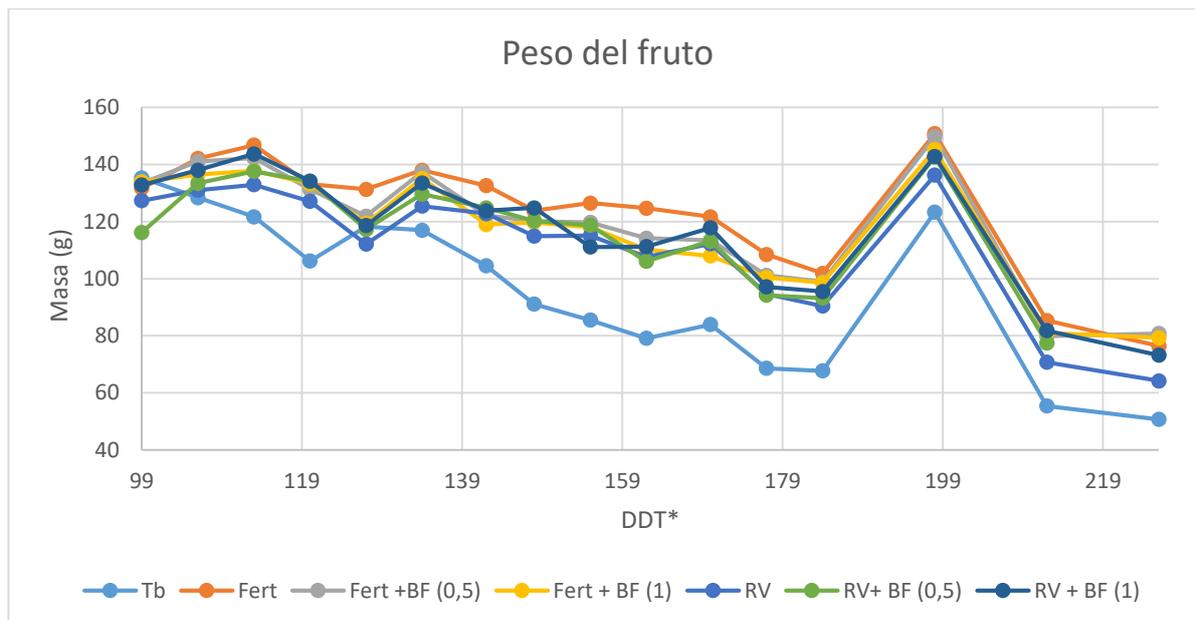
Tabla 16. Efecto de la aplicación de diversas materias orgánicas mediante solarización y fertirriego sobre el peso por fruto (g), y su desviación típica para un cultivo de tomate cv. Pitenza en ciclo largo de producción.

DDT ¹	Testigo en blanco		Fertirriego		Fertirriego + 0,5 kg de BioFence®·m ⁻²		Fertirriego + 1 kg de BioFence®·m ⁻²		Restos vegetales		Restos vegetales + 0,5 kg de BioFence®·m ⁻²		Restos vegetales + 1 kg de BioFence®·m ⁻²		P _{valor}
99	135,30 ± 6,58	a	131,70 ± 11,42	ab	133,50 ± 2,68	a	133,90 ± 4,33	a	127,35 ± 13,47	ab	116,20 ± 15,05	b	132,80 ± 16,30	a	0,2575
106	128,40 ± 6,61	c	142,10 ± 5,07	a	141,10 ± 5,76	a	136,50 ± 5,85	abc	131,00 ± 9,82	bc	133,40 ± 4,69	abc	138,00 ± 6,39	ab	0,0577
113	121,70 ± 11,39	c	146,80 ± 5,13	a	142,30 ± 7,44	ab	137,80 ± 3,56	ab	132,90 ± 9,81	bc	137,60 ± 8,20	ab	143,70 ± 8,18	ab	0,0056
120	106,20 ± 4,51	b	133,10 ± 7,75	a	131,30 ± 6,74	a	133,30 ± 11,67	a	127,10 ± 13,07	a	134,10 ± 17,19	a	134,20 ± 12,98	a	0,0216
127	118,20 ± 4,05	b	131,30 ± 2,18	a	121,90 ± 8,77	ab	119,40 ± 8,03	b	112,10 ± 6,49	b	117,30 ± 10,13	b	118,60 ± 9,52	b	0,0617
134	117,00 ± 12,45	b	138,00 ± 3,38	a	137,40 ± 5,63	a	135,10 ± 6,23	a	125,40 ± 13,09	ab	129,60 ± 8,29	ab	133,50 ± 18,62	a	0,1212
142	104,50 ± 13,80	b	132,60 ± 4,62	a	122,20 ± 9,10	a	119,00 ± 6,45	ab	122,80 ± 16,50	a	124,80 ± 13,60	a	123,80 ± 8,56	a	0,0679
148	91,10 ± 4,61	b	123,80 ± 3,95	a	120,10 ± 8,49	a	119,70 ± 8,26	a	114,90 ± 11,38	a	120,30 ± 9,98	a	124,80 ± 10,25	a	0,0002
155	85,50 ± 1,94	b	126,50 ± 5,04	a	119,70 ± 8,21	a	118,00 ± 12,11	a	115,10 ± 19,71	a	118,70 ± 15,39	a	111,10 ± 18,90	a	0,0081
162	79,10 ± 1,61	c	124,70 ± 4,54	a	114,20 ± 6,01	ab	110,20 ± 10,78	b	107,60 ± 12,10	b	106,10 ± 11,35	b	111,20 ± 11,42	b	0,0000
170	83,90 ± 6,22	c	121,70 ± 9,45	a	113,40 ± 2,97	ab	108,00 ± 4,39	b	112,20 ± 9,36	ab	113,20 ± 9,81	ab	117,80 ± 5,39	ab	0,0000
177	68,60 ± 8,75	c	108,50 ± 6,08	a	101,20 ± 4,77	ab	100,40 ± 0,73	ab	94,60 ± 12,58	b	94,20 ± 8,15	b	97,10 ± 7,54	b	0,0000
184	67,70 ± 5,41	b	101,90 ± 1,61	a	98,90 ± 7,87	a	98,60 ± 6,00	a	90,40 ± 18,30	a	93,20 ± 7,89	a	95,50±8,57	a	0,0007
198	123,30 ± 18,57	b	150,80 ± 7,32	a	149,80 ± 10,59	a	145,20 ± 14,28	a	136,30 ± 9,46	ab	142,70 ± 8,70	a	142,80±5,81	a	0,0415
212	55,40 ± 7,23	c	85,30 ± 6,92	a	79,90 ± 10,81	ab	81,00 ± 7,38	ab	70,70 ± 5,23	b	77,50 ± 10,39	ab	81,80±6,11	ab	0,0006
226	50,70 ± 4,31	c	76,40 ± 8,41	ab	80,80 ± 12,76	a	79,30 ± 14,22	a	64,20 ± 7,23	bc	73,30 ± 10,43	ab	73,20±5,32	ab	0,0031

1DDT: Días después del trasplante.

Letras diferentes entre valores de filas (líneas horizontales), representan diferencias significativas al 95 % de confianza con el test de mínimas diferencias significativas (LSD).

Efecto de la reiteración de la biodesinfección del suelo en la producción de un cultivo de tomate.



Gráfica 4. Evolución del efecto de la adición de diversas materias orgánicas y fertirriego sobre el peso por fruto (g) en un cultivo de tomate cv. Pitenza en un ciclo largo de producción.

DDT*:Días después del trasplante.

4.2 Calidad

4.2.1 Calibre del fruto

En la Tabla 17 correspondiente con los valores del diámetro ecuatorial de los frutos (mm) podemos observar que hubo diferencias estadísticamente significativas entre los distintos tratamientos a lo largo de los diferentes muestreos.

Para el primer análisis (127 DDT), el tratamiento fertirriego (Fert) presentó un mayor diámetro de forma estadísticamente significativa en comparación a los demás. En los tratamientos donde se incorporó BioFence®, indistintamente de la dosis aplicada, no se mostraron diferencias estadísticamente significativas incorporando restos vegetales o aplicando fertirriego, además de no presentar diferencias con el testigo en blanco (Tb). Los frutos del tratamiento donde solo se incorporó restos vegetales (RV) presentaron un menor diámetro para este primer muestreo.

En lo que se refiere al segundo análisis (142 DDT), los frutos de los tratamientos fertirriego (Fert), fertirriego + BF (0,5) (Fert + BF (0,5)), restos vegetales (RV) y restos vegetales + BF (0,5) (RV + BF (0,5)) presentaron un diámetro similar entre todos ellos. Si hubo diferencias estadísticas entre el tratamiento fertirriego (siendo este el superior), testigo en blanco (Tb), fertirriego+ BF (1) (Fert + BF (1)) y restos vegetales + BF (1) (RV + BF (1)), no mostrando este último diferencias significativas entre los demás tratamientos a los cuales se le aplicaron restos vegetales.

En cuanto al tercer día de estudio (170 DDT), hubo una mayor uniformidad del parámetro estudiado entre los distintos tratamientos (exceptuando en el testigo en blanco (Tb)). Solo el tratamiento fertirriego (Fert) fue superior estadísticamente a los tratamientos fertirriego + BF (1) (Fert + BF (1)) y testigo en blanco (Tb), mostrando este último el menor diámetro y presentando un descenso muy marcado con respecto al muestreo precedente.

Se puede observar como en el cuarto análisis (184 DDT) los tratamientos que incorporan fertirriego con o sin BioFence® presentaron un mayor diámetro, mostrando diferencias estadísticamente significativas a los tratamientos que llevaron restos vegetales, puntualizando que dicha diferencia no fue tan evidente al comparar el tratamiento fertirriego+ BF (1) (Fert + BF (1)) y restos vegetales + BF (0,5) (RV + BF (0,5)). Cabe destacar que el tratamiento testigo en blanco (Tb) volvió a presentar el menor diámetro de todos ellos, presentado diferencias estadísticamente significativas con respecto a los demás.

Por último, en el quinto análisis (198 DDT) los tratamientos fertirriego (Fert) y fertirriego + BF (0,5) (Fert + BF (0,5)) fueron superiores estadísticamente al resto de los demás. En cambio, el tratamiento fertirriego + BF (1) (Fert + BF (1)) no resultó no tener diferencias estadísticamente significativas a los tratamientos a los cuales se aplicaron restos vegetales. El testigo en blanco (Tb) volvió a ser el tratamiento que menor diámetro presentó, además de que mostró diferencias estadísticamente significativas con los demás.

Los datos que han sido comentados con anterioridad se encuentran representados en la Gráfica 5, todos ellos se mantuvieron de manera similar en los dos primeros análisis, siendo a partir del tercer análisis (170 DDT) cuando comenzó un descenso paulatino del diámetro. Este se mantuvo presente hasta el quinto análisis (198 DDT), en el cual el diámetro de los frutos ascendió ligeramente. Cabe destacar, que el tratamiento testigo en blanco (Tb) tuvo una dinámica diferente, debido a que en este la disminución del parámetro estudiado se presentó a partir del segundo (142 DDT) análisis y fue mucho más marcada que en el resto de tratamientos, al igual que el resto de tratamientos el último muestreo ascendió de diámetro ligeramente.

Estos resultados no concuerdan con los datos obtenidos en los ensayos realizados por Vargas-Vargas (2013), Merlo-Valverde (2015) y Salman (2016) en un ciclo corto, los cuales no obtuvieron diferencias estadísticamente significativas a lo largo del ciclo de producción entre sus diversos tratamientos, pero al igual que lo ocurrido en los ensayos de estos tres autores, hay un descenso del diámetro del fruto conforme avanzó el ciclo de producción. Cabe destacar que la aplicación de BioFence® no parece representar ninguna ventaja en cuanto al calibre del fruto ni en los tratamientos fertirrigados, ni en los que fueron aplicados restos vegetales.

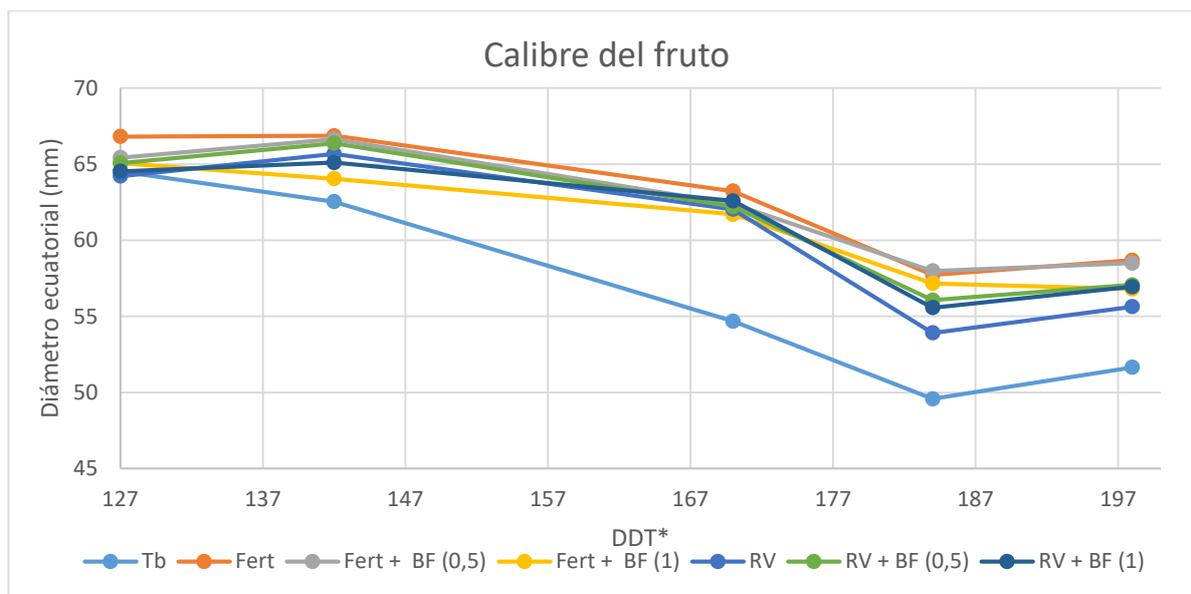
Efecto de la reiteración de la biodesinfección del suelo en la producción de un cultivo de tomate.

Tabla 17. Efecto de la aplicación de diversas materias orgánicas mediante solarización y fertirriego sobre el calibre del fruto (mm), y su desviación típica para un cultivo de tomate cv. Pitenza en ciclo largo de producción.

Tratamientos	DDT ¹									
	127		142		170		184		198	
Tb	64,52 ± 2,50	bc	62,53 ± 3,89	d	54,68 ± 3,44	c	49,58 ± 2,18	e	51,65 ± 4,30	d
Fert	66,81 ± 2,10	a	66,87 ± 2,68	a	63,23 ± 2,57	a	57,73 ± 2,09	a	58,69 ± 3,21	a
Fert + BF (0,5)	65,43 ± 2,87	b	66,63 ± 3,31	ab	62,38 ± 2,34	ab	57,98 ± 2,21	a	58,50 ± 2,97	a
Fert + BF (1)	65,06 ± 2,05	bc	64,04 ± 3,53	cd	61,71 ± 2,89	b	57,17 ± 2,19	ab	56,80 ± 2,84	bc
RV	64,21 ± 2,54	c	65,67 ± 3,79	ab	62,03 ± 3,64	ab	53,91 ± 4,29	d	55,63 ± 2,72	c
RV + BF (0,5)	65,07 ± 3,07	bc	66,37 ± 3,47	ab	62,21 ± 3,23	ab	56,06 ± 3,17	bc	57,07 ± 2,90	b
RV + BF (1)	64,53 ± 2,70	bc	65,10 ± 3,87	bc	62,59 ± 2,62	ab	55,57 ± 2,24	c	56,94 ± 2,72	bc
P_{Valor}	0,0002		0,0000		0,0000		0,0000		0,0000	

¹DDT: Días después del trasplante.

Letras diferentes entre valores de las columnas (líneas verticales), representan diferencias significativas al 95 % de confianza con el test de mínimas diferencias significativas (LSD).



Gráfica 5. Evolución del efecto de la adición de diversas materias orgánicas y fertirriego sobre el calibre del fruto (mm) en un cultivo de tomate cv. Pitenza en un ciclo largo de producción.

DDT*: Días después del trasplante.

4.2.2 Firmeza del fruto

La Tabla 18 muestra los resultados de la firmeza del fruto ($\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$) en la que se observa como en el primer análisis (127 DDT), los tratamientos a los cuales fueron aplicados en BioFence®, indistintamente la cantidad aplicada y aplicando restos vegetales o fertirriego presentaron un mismo comportamiento al igual que el testigo en blanco (Tb) obteniendo una mayor firmeza de fruto de forma estadísticamente significativa. Así mismo, los tratamientos donde solo se aplicó fertirriego o restos vegetales presentaron los menores valores.

En lo que respecta al segundo día de estudio (142 DDT), los frutos del tratamiento fertirriego + BF (1) (Fert + BF (1)) presentaron el mayor valor de firmeza de todos ellos, aunque no mostró diferencias estadísticamente significativas con el testigo en blanco (Tb) y si con el resto de tratamientos.

En el tercer análisis (170 DDT), tanto los tratamientos donde se aplicó fertirriego como en aquellos donde se incorporó restos vegetales no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre ellos, pero si con respecto al testigo en blanco (Tb) el cual presentó una firmeza menor al resto.

En cuanto al cuarto análisis (184 DDT), el tratamiento donde se aplicaron los restos vegetales + BF (0,5) (RV + BF (0,5)) presentaron los frutos con mayor firmeza, aunque no mostró diferencias estadísticamente significativas con su homónimo en fertirriego, sí las hubo con el resto de tratamientos. Con respecto a los demás tratamientos no hubo diferencias estadísticamente significativas entre estos, a excepción del testigo en blanco (Tb) el cual volvió

a presentar el menor de valor de firmeza de fruto, siendo evidente un descenso marcado con respecto al anterior muestreo.

Finalmente, en el quinto día de análisis (198 DDT) los tratamientos en los que fueron aplicados restos vegetales junto con el tratamiento fertirriego + BF (1) (Fert + BF (1)) fueron superiores de forma estadística al resto de tratamientos. Hay que resaltar que igual que en los dos anteriores análisis los frutos pertenecientes al testigo en blanco (Tb) fueron los que volvieron presentar una menor firmeza.

En la Gráfica 6 se muestran representados los valores de firmeza de los frutos comentados con anterioridad, observándose como todos los tratamientos presentaron un comportamiento similar a lo largo de todo el ciclo a excepción del tratamiento testigo en blanco (Tb). Podemos observar como el conjunto de tratamientos muestran un ascenso inicial del parámetro estudiado en las primeras etapas del ciclo, este ascenso dura hasta el segundo muestreo (142 DDT), y es a partir del tercer análisis (170 DDT) cuando se apreció un descenso en la firmeza de frutos en el tratamiento testigo en blanco (Tb), en cambio, para el resto de tratamientos los valores de firmeza mantienen un grado de constancia hasta el cuarto análisis (184 DDT), incluso aumentando ligeramente como es el caso del tratamiento restos vegetales + BF (1) (RV + BF (1)), y es a partir de este muestreo donde comenzó la caída de todos los tratamientos, apreciándose como al final del ciclo los tratamientos en los que se aplicaron restos vegetales con y sin BioFence® y el fertirriego + BF (1) (Fert + BF (1)) fueron los que mantuvieron la mayor firmeza del fruto.

Podemos apreciar como los datos que se han comentado anteriormente no siguen la tendencia por los obtenidos en un ciclo corto de producción por Vargas-Vargas (2013), Merlo-Valverde (2015) y Salman (2016), debido a que en sus distintos análisis todos los tratamientos fueron iguales estadísticamente, solo en nuestro tercer análisis (170 DDT) se obtuvo este comportamiento, a excepción del testigo el cual fue inferior. En cambio, hay una correspondencia entre la evolución de la firmeza en su ciclo y en el nuestro, es decir, siguen el mismo comportamiento que se puede observar en la Gráfica 6.

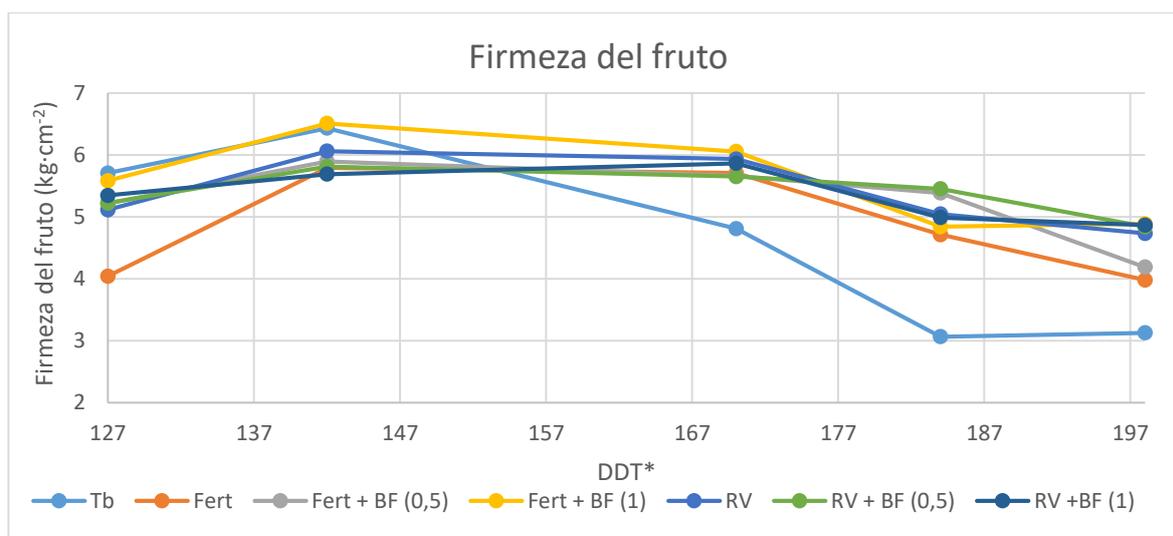
Efecto de la reiteración de la biodesinfección del suelo en la producción de un cultivo de tomate.

Tabla 18. Efecto de la aplicación de diversas materias orgánicas mediante solarización y fertirriego sobre la firmeza de la pulpa del fruto ($\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$), y su desviación típica para un cultivo de tomate cv. Pitenza en ciclo largo de producción.

Tratamientos	DDT ¹									
	127		142		170		184		198	
Tb	5,705 ± 1,213	a	6,428 ± 0,706	ab	4,809 ± 0,790	b	3,063 ± 0,691	d	3,126 ± 0,887	c
Fert	4,039 ± 1,091	d	5,790 ± 0,726	c	5,705 ± 0,859	a	4,709 ± 0,942	c	3,978 ± 0,847	b
Fert + BF (0,5)	5,218 ± 1,243	bc	5,894 ± 0,819	c	5,659 ± 0,884	a	5,384 ± 0,963	ab	4,186 ± 1,007	b
Fert + BF (1)	5,580 ± 0,946	ab	6,506 ± 0,823	a	6,053 ± 1,098	a	4,838 ± 0,822	c	4,885 ± 0,875	a
RV	5,112 ± 0,853	c	6,058 ± 1,044	bc	5,933 ± 1,093	a	5,043 ± 0,772	bc	4,730 ± 1,068	a
RV + BF (0,5)	5,221 ± 0,854	bc	5,809 ± 0,886	c	5,649 ± 0,982	a	5,450 ± 1,011	a	4,840 ± 0,789	a
RV + BF (1)	5,343 ± 0,774	abc	5,687 ± 1,000	c	5,863 ± 1,092	a	4,986 ± 1,009	c	4,865 ± 0,858	a
P_{Valor}	0,0000		0,0000		0,0000		0,0000		0,0000	

¹DDT: Días después del trasplante.

Letras diferentes entre valores de las columnas (líneas verticales), representan diferencias significativas al 95 % de confianza con el test de mínimas diferencias significativas (LSD).



Gráfica 6. Evolución del efecto de la adición de diversas materias orgánicas y fertirriego sobre la firmeza de la pulpa del fruto ($\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$) en un cultivo de tomate cv. Pitenza en un ciclo largo de producción.

DDT*: Días después del trasplante

4.2.3 Contenido en sólidos solubles totales (SST)

La Tabla 19 se corresponde con el contenido de sólidos solubles totales expresados en °Brix. Cabe destacar que se mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los distintos tratamientos en el transcurso de los muestreos.

En el primer análisis (127 DDT) se mostró como el tratamiento fertirriego + BF (1) (Fert + BF (1)) fue el de mayor contenido de forma estadísticamente significativa en sólidos solubles totales. Así mismo, el resto de tratamientos mostraron unos valores similares entre ellos, siendo el tratamiento de fertirriego el que menor valor presentó en este parámetro.

En lo que se refiere al segundo análisis (142 DDT) los tratamientos que presentaban 1 kg de BioFence[®]·m⁻², indistintamente si fueron sometidos a fertirrigación o aplicación de restos vegetales fueron los que presentaron mayor concentración de °Brix de forma estadísticamente significativa y al igual que primer muestreo (127 DDT) el tratamiento fertirriego (Fert) fue el que menor concentración de °Brix presentó al igual el tratamiento de fertirriego + BF (0,5) (Fert + BF (0,5)).

Con respecto al tercer análisis (170 DDT), los tratamientos testigo en blanco (Tb) y fertirriego +BF (1) (Fert + BF (1)) fueron los que mostraron un mayor contenido de sólidos solubles de manera estadística frente al resto de tratamientos. Así mismo, aunque para los demás tratamientos se presentaron diferencias en el contenido de °Brix, dichas diferencias son muy pequeñas.

En el cuarto análisis (184 DDT) se apreció que los tratamientos a los cuales se les añadió restos vegetales con o sin BioFence® y el testigo en blanco (Tb) fueron los que mayor concentración en de sólidos solubles totales presentaron.

Para el quinto análisis (198 DDT) los resultados mostraron como los tratamientos de fertirriego +BF (1) (Fert + BF (1)), restos vegetales (RV), restos vegetales +BF (1) (RV + BF (1)) fueron los que mantuvieron la mayor concentración de °Brix en fruto, seguido del testigo en blanco (Tb) y, finalmente por el fertirriego (Fert), fertirriego + BF (0,5) (Fert + BF (0,5)) y restos vegetales + BF (0,5) (RV + BF (0,5)) los cuales fueron los que presentaron la menor concentración en este parámetro estudiado.

Se puede observar como la Gráfica 7 correspondiente al contenido de sólidos solubles totales en pulpa de fruto de los distintos tratamientos presentaron un comportamiento similar entre todos ellos a lo largo del ciclo de producción, observándose como hubo un descenso en la concentración del parámetro estudiado entre el primer (127 DDT) y segundo muestreo (142 DDT), donde a partir de este momento se apreció un incremento en el contenido de sólidos solubles totales en fruto hasta el tercer muestro y, es a partir de este punto donde se produce un ligero descenso el cual se mantiene hasta el fin del ciclo.

Los datos que se comentaron anteriormente difieren al comportamiento mostrado por los de Salman (2016) en un ciclo corto, este autor no obtuvo diferencias estadísticas en sus tres análisis entre sus diversos tratamientos a lo largo de su ciclo, además de que la tendencia mostrada es diferente, el obtuvo un ascenso en sólidos solubles en su segundo muestreo y un descenso en el tercero, cosa que no ocurre en el nuestro si extrapolamos a un ciclo corto. En cambio, los resultados obtenidos por Vargas-Vargas (2013) mostraron diferencias estadísticas entre sus distintos tratamientos en sus respectivos análisis al igual que ocurre en nuestro estudio, pero al igual que ocurre con el anterior autor la evolución a lo largo del ciclo de producción es diferente debido a que el obtuvo un grado de constancia en todos los tratamientos en el transcurso del mismo lo que pudo ser debido a la fertilización continua que realizó para todos los tratamientos tanto de biofumigación como biosolarización, incluidos los de materia orgánica caso que no ocurrió en nuestro ensayo.

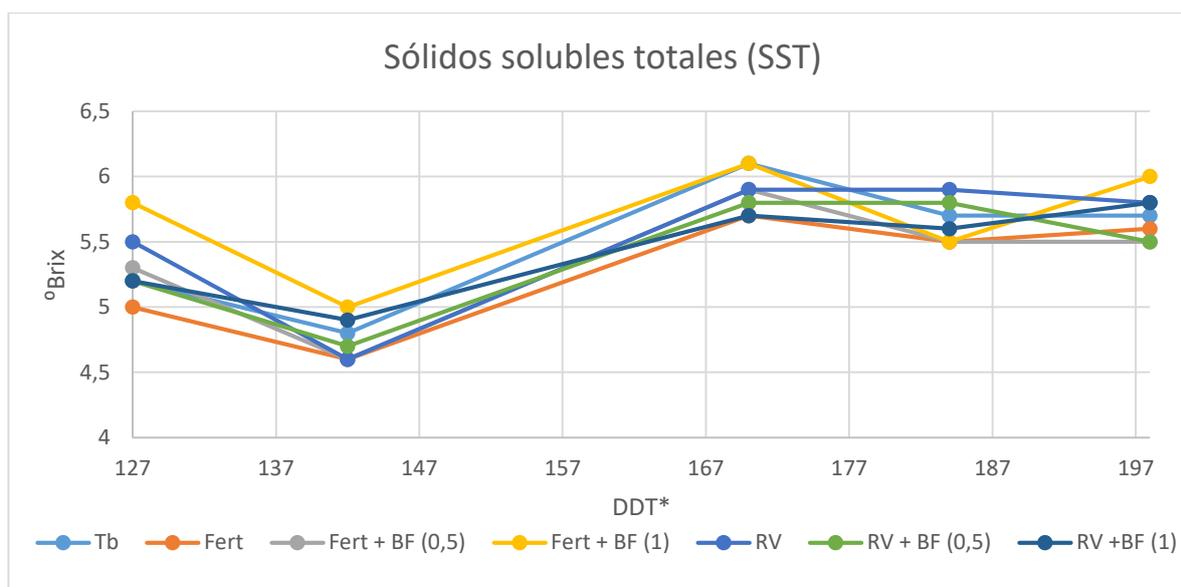
Efecto de la reiteración de la biodesinfección del suelo en la producción de un cultivo de tomate.

Tabla 19. Efecto de la aplicación de diversas materias orgánicas mediante solarización y fertirriego sobre el contenido en sólidos solubles totales (SST) (°Brix), y su desviación típica para un cultivo de tomate cv. Pitenza en ciclo largo de producción.

Tratamientos	DDT ¹									
	127		142		170		184		198	
Tb	5,2 ± 0,6	bcd	4,8 ± 0,6	bc	6,1 ± 0,5	a	5,7 ± 0,7	ab	5,7 ± 0,5	bc
Fert	5,0 ± 0,5	d	4,6 ± 0,5	c	5,7 ± 0,4	c	5,5 ± 0,6	b	5,6 ± 0,7	c
Fert + BF (0,5)	5,3 ± 0,5	bc	4,6 ± 0,5	c	5,9 ± 0,5	bc	5,5 ± 0,5	b	5,5 ± 0,5	c
Fert + BF (1)	5,8 ± 0,5	a	5,0 ± 0,5	a	6,1 ± 0,6	ab	5,5 ± 0,5	b	6,0 ± 0,6	a
RV	5,5 ± 0,5	b	4,7 ± 0,5	bc	5,9 ± 0,7	bc	5,9 ± 0,9	a	5,8 ± 0,5	abc
RV + BF (0,5)	5,2 ± 0,7	cd	4,7 ± 0,6	bc	5,8 ± 0,5	c	5,8 ± 0,7	ab	5,5 ± 0,6	c
RV + BF (1)	5,2 ± 0,7	bcd	4,9 ± 0,5	ab	5,7 ± 0,4	c	5,6 ± 0,6	ab	5,8 ± 0,6	ab
P_{Valor}	0,0000		0,0026		0,0003		0,1506		0,0025	

¹DDT: Días después del trasplante.

Letras diferentes entre valores de las columnas (líneas verticales), representan diferencias significativas al 95 % de confianza con el test de mínimas diferencias significativas (LSD).



Gráfica 7. Evolución del efecto de la adición de diversas materias orgánicas y fertirriego sobre la concentración de sólidos solubles totales en la pulpa del fruto (°Brix) en un cultivo de tomate cv. Pitenza en un ciclo largo de producción.

DDT*: Días después del trasplante.

4.2.4 pH (acidez)

Se puede observar en la Tabla 20 los resultados correspondientes a los valores de pH de la pulpa del fruto, se mostraron diferencias estadísticamente significativas a lo largo de los distintos muestreos que se realizaron entre los diversos tratamientos.

Para el primer análisis (127 DDT), los tratamientos fertirrigados mostraron un mayor pH de manera estadísticamente significativas con respecto al control (Tb) y a los diferentes tratamientos que se aplicaron restos vegetales.

En cuanto al segundo análisis (142 DDT), aunque se apreciaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, prácticamente todos los ellos presentaron unos valores próximos de pH, salvo en el tratamiento que solo se aplicó fertirriego (Fert).

En lo que respecta al tercer análisis (170 DDT) se apreció como los tratamientos testigo en blanco (Tb), fertirriego (Fert), fertirriego + BF (0,5) (Fert + BF (0,5)) y restos vegetales +BF (0,5) (RV + BF (0,5)) fueron los que tuvieron un mayor pH en comparación a los demás tratamientos.

Para el cuarto análisis (184 DDT) se puede apreciar como los tratamientos fertirrigados con y sin BioFence® más el testigo en blanco (Tb) fueron los que tuvieron un mayor pH de forma estadísticamente significativa en comparación a los tratamientos con aplicación de restos vegetales con y sin BioFence®.

Finalmente, para el quinto análisis (198 DDT) el comportamiento no fue el mismo al del anterior muestreo, donde el testigo en blanco (Tb) fue estadísticamente superior a los demás tratamientos.

Los datos analizados anteriormente son expresados mediante la Gráfica 8, en la cual se aprecia que todos los tratamientos siguieron un mismo comportamiento a lo largo de los distintos análisis, donde se apreció como después del primero (127 DDT) hubo una caída en los valores de pH de forma generalizada, produciéndose después un incremento general de dichas valores hasta producirse en el penúltimo análisis (184 DDT) otra caída en los valores, para finalmente volverse a producir un incremento del pH, excepto en los tratamientos fertirriego (Fert) y fertirriego + BF (1) (Fert + BF (1)) donde se mantuvo una disminución en el pH de los fruto.

Los resultados que obtuvieron Vargas-Vargas (2013), Merlo-Valverde (2015) y Salman (2015) en un ciclo corto de producción difieren de los comentados con anterioridad, todos ellos no obtuvieron diferencias significativas a lo largo de los diferentes análisis que realizaron en sus respectivos ciclos de producción. Si hay correspondencia entre la evolución de la acidez a lo largo de su ciclo y el nuestro, en cambio, difieren con los de Salman (2015) debido a que este autor obtiene un descenso marcado de la acidez en su segundo análisis y se mantiene constante en el tercero (su último análisis).

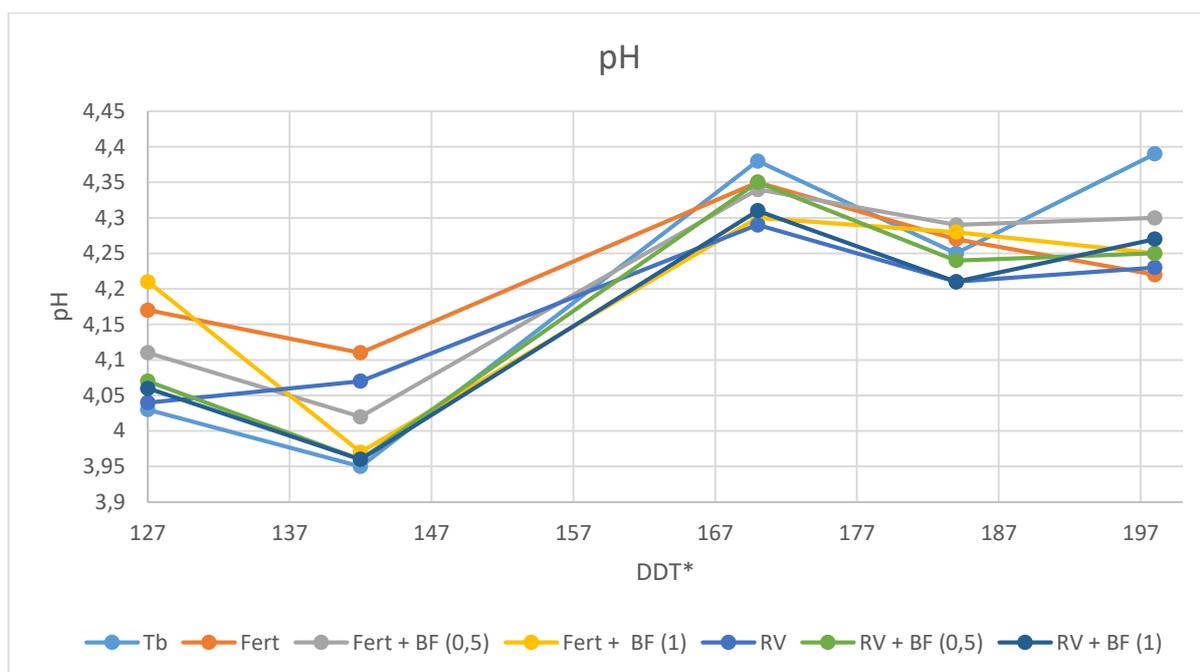
Efecto de la reiteración de la biodesinfección del suelo en la producción de un cultivo de tomate.

Tabla 20. Efecto de la aplicación de diversas materias orgánicas mediante solarización y fertirriego sobre el pH, y su desviación típica para un cultivo de tomate cv. Pitenza en ciclo largo de producción.

Tratamientos	DDT									
	127		142		170		184		198	
Tb	4,03 ± 0,12	c	3,95 ± 0,09	b	4,38 ± 0,20	a	4,25 ± 0,11	abc	4,39 ± 0,23	a
Fert	4,17 ± 0,15	ab	4,11 ± 0,50	a	4,35 ± 0,16	ab	4,27 ± 0,11	ab	4,22 ± 0,11	c
Fert + BF (0,5)	4,11 ± 0,15	bc	4,02 ± 0,13	ab	4,34 ± 0,09	abcd	4,29 ± 0,08	a	4,30 ± 0,12	b
Fert + BF (1)	4,21 ± 0,54	a	3,97 ± 0,09	b	4,30 ± 0,07	cd	4,28 ± 0,06	ab	4,25 ± 0,11	bc
RV	4,04 ± 0,11	c	4,07 ± 0,52	ab	4,29 ± 0,07	d	4,21 ± 0,11	cd	4,23 ± 0,11	c
RV + BF (0,5)	4,07 ± 0,11	c	3,96 ± 0,10	b	4,35 ± 0,12	abc	4,24 ± 0,08	bcd	4,25 ± 0,11	bc
RV + BF (1)	4,06 ± 0,11	c	3,96 ± 0,11	b	4,31 ± 0,07	bcd	4,21 ± 0,09	d	4,27 ± 0,14	bc
P_{Valor}	0,0026		0,0844		0,0109		0,0002		0,0000	

1DDT: Días después del trasplante.

Letras diferentes entre valores de las columnas (líneas verticales), representan diferencias significativas al 95 % de confianza con el test de mínimas diferencias significativas (LSD).



Gráfica 8. Evolución del efecto de la adición de diversas materias orgánicas y fertirriego sobre el pH en un cultivo de tomate cv. Pitenza en un ciclo largo de producción.

DDT*: Días después del trasplante.

4.2.5 Concentración de nitratos

En la Tabla 21 se muestra los resultados correspondientes a la concentración de nitratos en la pulpa del fruto expresados en ppm.

En el primer análisis (127 DDT), los tratamientos en los que fueron aplicados 1 kg de BioFence®·m⁻² ya sea con fertirriego o restos vegetales mostraron un comportamiento similar entre ellos. Así mismo, los tratamientos con restos vegetales (RV) y restos vegetales + BF (0,5) (RV + BF (0,5)) presentaron la mayor concentración de nitratos en la pulpa de fruto, apreciándose en comparación al resto de tratamientos. Cabe resaltar, que la menor concentración de nitratos se obtuvo en los tratamientos testigo en blanco (Tb) y fertirriego (Fert).

En lo que se refiere al segundo análisis (142 DDT) todos los tratamientos presentaron el mismo comportamiento al análisis anterior. Lo que cabría de apuntar es como de manera general existió un incremento en la concentración de nitratos para todos los tratamientos, a excepción del tratamiento en el que se aplicaron restos vegetales (RV).

En cuanto al tercer análisis (170 DDT) se apreció que hubo una mayor uniformidad en la concentración de nitratos en la pulpa del fruto, a excepción de los tratamientos con restos vegetales los cuales presentaron el mayor valor para este parámetro, mostrando diferencias estadísticamente significativas con el resto de tratamientos, mientras que donde se aplicaron restos vegetales + BF (1) (RV + BF (1)) presentaron el valor más bajo. Es necesario hacer énfasis

en como la concentración de nitratos para todos los tratamientos ha ido en aumento en comparación a los dos primeros análisis realizados.

Para el cuarto análisis (184 DDT), se puede observar como el tratamiento que presentaba solo restos vegetales (RV) mostró una mayor concentración de nitratos en la pulpa del fruto de manera estadísticamente significativa con respecto a los demás tratamientos. Así mismo, el tratamiento fertirriego + BF (1) (Fert + BF (1)) fue inferior al comentado anteriormente, pero superior al resto de tratamientos. Cabe resaltar, que el testigo en blanco (Tb) y restos vegetales + BF (1) (RV + BF (1)) obtuvieron los menores valores de este parámetro y fueron inferiores estadísticamente al resto.

Finalmente, en el quinto muestreo (198 DDT), a pesar de haber diferencias estadísticamente significativas entre los distintos tratamientos el comportamiento que se observó no fue igual a los dos análisis anteriores, y es que en este muestreo los tratamientos que tuvieron mayor concentración de nitratos en pulpa fueron aquellos en los que se aplicó fertirriego (Fert) y fertirriego + BF (1) (Fert + BF (1)). Y de forma opuesta fueron los tratamientos testigo en blanco (Tb) y restos vegetales + BF (0,5) (RV + BF (0,5)) los que presentaron la menor concentración en este parámetro estudiado.

Se observan en la Gráfica 9 los datos que se han explicado anteriormente, podemos observar como todos ellos presentaron un comportamiento similar a lo largo del ciclo. Desde el primer análisis (127 DDT) comienza un ascenso en la concentración de nitratos en la pulpa del fruto que dura hasta el tercer análisis (170 DDT) excepto el tratamiento de restos vegetales (RV) el cual muestra una disminución en la concentración de nitratos durante el segundo muestreo (142 DDT), a pesar de esto es necesario resaltar que este tratamiento fue el que mayor ascenso presentó y, el tratamiento con restos vegetales + BF (1) (RV + BF (1)) fue el que menor concentración presentó. Fue a partir del tercer análisis (170 DDT) cuando comenzó a presentarse un descenso de la concentración de nitratos que duró hasta el fin del ciclo, a excepción del tratamiento de restos vegetales + BF (1) (RV + BF (1)) que ascendió ligeramente en el quinto análisis (198 DDT). Lo que sí se aprecia con claridad es que la concentración de nitratos al final ha sido mayor que en el inicio del ciclo de producción.

Si realizamos una comparación de los datos que se han comentado con anterioridad con los obtenidos por Leyva *et al.* (2005) lo cuales se han obtenido en México en unas condiciones de cultivo que difieren de las nuestras, ellos realizaron una comparación de la concentración de nitratos albergada en la pulpa de fruto de tomate de la variedad Sierra Madre empleando un sistema de riego localizado y otro por gravedad. Cabe destacar que los respectivos análisis los realizaron cada 15 días a partir de la primera cosecha. Centrándonos en los datos que obtuvieron en fertirriego observamos cómo estos alcanzaron unas concentraciones de nitratos superiores a las de este ensayo en los tratamientos donde aplicaron una fertilización nitrogenada, donde solo en los tratamientos que se aplicaron restos

Efecto de la reiteración de la biodesinfección del suelo en la producción de un cultivo de tomate.

vegetales (RV) obtuvimos una concentración de manera puntal similar al parámetro al término de su ciclo. En cambio, en los tratamientos donde estos autores suprimen la fertilización nitrogenada obtuvieron unos valores similares a estos en el fin de su ciclo. Por otra parte, nuestros valores sobrepasan los máximos establecidos por Santamaría (2006) el cual fija que los frutos de tomate deben presentar una concentración de nitratos inferior a $200 \text{ mg}\cdot\text{kg}$ de materia fresca⁻¹.

Es necesario hacer énfasis que la aplicación de BioFence® no le otorgó ninguna ventaja a los tratamientos donde fue aplicado, indistintamente si se trataba de los fertirrigados o los a los que fueron aplicados restos vegetales.

Efecto de la reiteración de la biodesinfección del suelo en la producción de un cultivo de tomate.

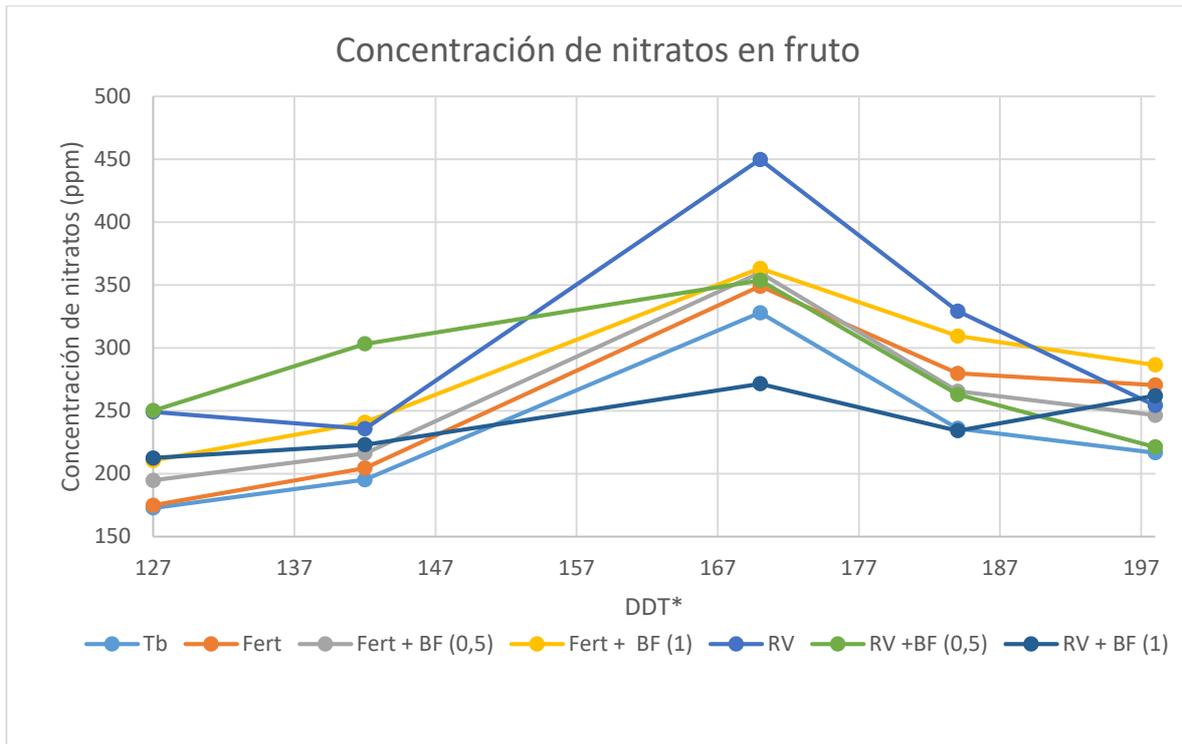
Tabla 21. Efecto de la aplicación de diversas materias orgánicas mediante solarización y fertirriego sobre la concentración de nitratos en la pulpa del fruto (ppm), y su desviación típica para un cultivo de tomate cv. Pitenza en ciclo largo de producción.

Tratamientos	DDT ¹									
	127		142		170		184		198	
Tb	172,75 ± 35,95	d	195,25 ± 36,58	d	328,00 ± 163,82	b	236,00 ± 40,56	d	216,75 ± 45,26	d
Fert	175,00 ± 24,60	d	204,50 ± 23,64	cd	349,00 ± 62,67	b	279,75 ± 46,93	c	270,50 ± 30,63	ab
Fert + BF (0,5)	194,75 ± 15,69	c	216,25 ± 35,78	c	359,75 ± 57,67	b	265,50 ± 36,79	c	246,50 ± 34,46	c
Fert + BF (1)	210,50 ± 19,34	b	241,00 ± 27,81	b	363,25 ± 53,03	b	309,50 ± 40,57	b	286,50 ± 57,63	a
RV	249,25 ± 48,54	a	235,75 ± 52,37	b	449,75 ± 66,35	a	329,25 ± 55,63	a	254,25 ± 33,12	bc
RV + BF (0,5)	250,25 ± 34,01	a	303,25 ± 70,98	a	353,75 ± 61,21	b	263,00 ± 49,93	c	221,25 ± 22,44	d
RV + BF (1)	212,50 ± 31,11	b	223,00 ± 35,10	bc	271,50 ± 31,99	c	234,25 ± 26,78	d	262,00 ± 38,11	bc
Pvalor	0,0000		0,0000		0,0000		0,0000		0,0000	

¹DDT: Días después del trasplante.

Letras diferentes entre valores de las columnas (líneas verticales), representan diferencias significativas al 95 % de confianza con el test de mínimas diferencias significativas (LSD).

Efecto de la reiteración de la biodesinfección del suelo en la producción de un cultivo de tomate.



Gráfica 9. Evolución del efecto de la adición de diversas materias orgánicas y fertirriego sobre el pH en un cultivo de tomate cv. Pitenza en un ciclo largo de producción.

DDT*: Días después del trasplante.

CONCLUSIONES

5 CONCLUSIONES.

Tras el análisis de los resultados que fueron expuestos con anterioridad del trabajo de los ensayos se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1. La adición de restos vegetales a dosis de 3,5 kg de materia fresca·m⁻², con o sin BioFence®, no fueron suficientes para realizar un ciclo largo de producción en comparación a un cultivo al cual ha sido fertilizado durante la campaña completa (aplicando o no BioFence®). Conforme al peso por fruto, los valores obtenidos con la adición de restos vegetales no difirieron de aquellos en los que se aplicó fertirriego con o sin BioFence® durante un ciclo largo de producción.
2. En cuanto a los parámetros de calidad estudiados (calibre del fruto, firmeza del fruto, contenido en sólidos solubles totales, pH (acidez) y concentración de nitratos) estos no se vieron influenciados por la aplicación de los diversos tratamientos con enmiendas orgánicas ni por aquellos en que el tratamiento base fue la aplicación de la fertilización mineral durante un ciclo completo de producción.

BIBLIOGRAFÍA

6 BIBLIOGRAFÍA.

- Agüero-Gonzalez J.M.** 2003. Efecto del compost como abonado de fondo y alternativa al estiércol en suelo enarenado y cultivo de tomate cv. Pitenza bajo invernadero. Proyecto Final de Carrera. Universidad de Almería. Escuela Politécnica Superior. 102 pp.
- Bello A., González J.A., Tello J.** 1997. La biofumigación como alternativa a la desinfección de suelos. Horticultura Internacional. 41-43 pp.
- BioFence.** 2015. Ficha técnica. www.agrium.cl
- Cajamar.** 2016. Análisis de la campaña hortofrutícola de Almería, campaña 2015/2016. Cajamar Caja Rural. 46, 14 pp.
- Chamorro M., Miranda L., Domínguez P., Medina J.J., Soria C., Romero F., López Aranda J.M., de los Santos B.** 2015. Evaluation of biosolarization for the control of charcoal rot disease (*Macrophomina phaseolina*) in strawberry. Crop Protection. 279-286 pp.
- Decreto-ley 5/2014,** de 22 de abril, de medidas normativas para reducir las trabas administrativas para las empresas. BOJA Boletín número 82 de 30/04/2014.
- Enza Zaden.** 2017. Pitenza. <http://www.enzazaden.es/products-and-services/our-products/Pitenza>. Consultado el 12/04/2017.
- FAOSTAT.** 2016. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>. Consultado el 04/07/2017.
- Fernández P., Guerrero M.M., Ros C., Bello A., García A., Lacasa A.** 2004. Efecto de la biofumigación + solarización sobre la características físicas y químicas de los suelos de pimiento del Sureste español. Actas de Horticultura 42, 6-12 pp.
- Guerrero M.M., Lacasa A., Ros C., Martínez M.C., López J.A. Guirado P., Bello A., Torres J., González, A.** 2004. La reiteración de la biofumigación con solarización en la desinfección de suelos de invernaderos de pimiento. In: Lacasa A., Guerrero M.M., Ocina M., Mora J.A. (Eds.) Desinfección de suelos en invernadero de pimiento. Jornada 16. Publicaciones de la Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente, Región de Murcia (España). 239-258 pp.
- Guerrero M.M., Martínez M.A., Ros C., Martínez M.C., Bello A., Lacasa A.** 2006. Biosolarización y biofumigación para la producción de pimiento ecológico en invernadero.
- Junta de Andalucía.** 2016. Estrategia de restos vegetales en la horticultura de Andalucía. 18-25 pp.

- Katan J., Greenberger A., Alon H., Grinstein A.** 1976. Solar heating by polyethylene mulching for the control of diseases caused by soil-borne pathogens. *Phytopathology*. 66: 683-688 pp
- Kirkegaard J.A., Gardner J., Desmarchelier J.M., Angus J.F.** 1993. Biofumigation using Brassica species to control pest and diseases in horticulture and agriculture. In: Wrather N., Mailes R.J. (Eds.), *Proceedings of 9th Australian Research Assembly on Brassicas*. Waga Wagga, Australia. October 5-7. 77-82 pp.
- Lamers J.G., Runia W.T., Molendijk L.P.G., Bleeker P.O.** 2010. Perspectives of Anaerobic Soil Disinfestation. *Proc. VIth IS on Chem. and Non-Chem. Soil and Substrate Disinfestation. Acta Hort.* 883. 277-284 pp
- Leung A.** 2016 Evaluación de la aplicación de diferentes materias orgánicas mediante la técnica de biosolarización sobre producción de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.). Trabajo Fin de Grado. Universidad de Almería. Escuela Politécnica superior. 52 pp
- Ley 7/2007**, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental. BOJA núm. 143 de 20 de julio de 2007 y BOE núm. 190 de 09 de agosto de 2007.
- Ley 22/2011**, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados. BOE núm. 181 de 29 de Julio de 2011.
- Leyva G., Sánchez P., Alcántar G., Valenzuela J.G., Gavi F. y Martínez A.** 2005. Contenido de nitratos en extractos celulares de peciolo y frutos de tomate. *Revista de Fitotecnia Mexicana*. Vol. 28 (2). 145-150 pp
- Mapama.** 2016. Disponible en: <http://www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticasagrarias/agricultura/superficies-producciones- anuales-cultivos/>. Consultado el: 04/07/2017.
- Marín-Guirao J.I.** 2016. Evaluación del efecto de distintas materias orgánicas sobre la microbiota edáfica, contenido de nitratos en suelo, y producción y calidad de cultivos de tomate y sandía en suelo arenado bajo plástico. Tesis Doctoral. Universidad de Almería.
- Martínez M.A., Guerrero M.M., Martínez M.C., Ros C., Lacasa A., Tello J.** 2006. Efecto de la biosolarización reiterada sobre la microbiota fúngica en cultivos de pimiento. VII Congreso SEAE Zaragoza, Nº 212.
- Martínez-Ocaña A.M.** 2006. Efectos sobre la producción de tomate larga vida Daniela en el cultivo ecológico de la biofumigación con distintas dosis de residuos agrícolas. Proyecto Final de Carrera. Universidad de Almería. Escuela Politécnica Superior. 97 pp.

- Mauromicale G., Longo A.M.G., LoMonaco A.** 2011. The effect of organic supplementation of solarized soil on the quality of tomato fruit. *Scientia Horticulturae*. 129: 189-196.
- Merlo-Valverde J.D.** 2015. Ensayo de recuperación de un suelo de invernadero mediante la utilización de diferentes tipos de materias orgánicas aplicadas mediante solarización sobre diferentes tipos de tomate (*Solanum lycopersicum*). Proyecto Final de Carrera. Universidad de Almería. Escuela Politécnica Superior. 155 pp.
- Núñez-Zofío M.** 2011. Evaluación de la biodesinfección para el control de *Phytophthora capsici* en el cultivo de pimiento en invernadero. Tesis doctoral. Universidad del País Vasco. 305 pp.
- Peinado-López A.** 2016. Evaluación de la aplicación de diferentes materias orgánicas mediante la técnica de biosolarización sobre la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.). Trabajo Fin de Grado. Universidad de Almería. Escuela Politécnica superior. 46 pp.
- Ruíz E.** 2005. Efectos de distintos tipos de compost como abonado de fondo en suelo arenado sobre la producción y calidad en tomate cv. Pitenza. Proyecto Final de Carrera. Universidad de Almería. Escuela Politécnica Superior. 114 pp.
- Salman E.B.** 2015. Evaluación de la aplicación de diferentes materias orgánicas sobre la calidad de frutos en un cultivo de tomate bajo invernadero. (*Solanum lycopersicum* Mill.). Trabajo fin de Grado. Universidad de Almería. Escuela Politécnica Superior. 90 pp.
- Santamaría P.** 2006. Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 10-17 pp
- Steiner A.A.** 1984. The universal nutrient solution. Proceedings 6th International Congress on Soils Culture. Wageningen. The Netherlands. 633-650 pp.
- Torres-Nieto J.M.** 2007. Evaluación del efecto biofumigante de las técnicas de aplicación de materia orgánica en enarenado combinadas con solarización: Control de nematodos del género *Meloidogyne*. Proyecto fin de carrera. Universidad de Almería. 241 pp.
- Vargas-Vargas A.** 2013. Evaluación de la adición en el suelo arenado de materia orgánica con y sin solarización sobre la producción y calidad de (*Lycopersicon esculentum* cv. Amilda). Proyecto final de carrera. Universidad de Almería. Escuela Politécnica Superior. 186 pp.