





**UNIVERSIDAD DE ALMERÍA ESCUELA  
SUPERIOR DE INGENIERÍA**

**GRADO EN INGENIERÍA AGRICOLA  
MECANIZACIÓN Y CONSTRUCCIONES RURALES.**

EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE DIFERENTES MATERIAS  
ORGÁNICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE BIOSOLARIZACIÓN SOBRE  
PRODUCCIÓN DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* Mill.).

**ALUMNO:**

**Alejandro Lokjon Leung Mayoral**

**DIRECTORES:**

**Dr. Julio César Tello Marquina**

**D. César Antonio Ruíz Olmos**

## Agradecimientos:

Este proyecto ha sido posible realizarlo por el cruce de muchos caminos a lo largo de mi vida, que han logrado aportarme en cada momento esa fuerza y esas ganas para que hoy pueda exponer este documento. Quiero dar gracias a todas esas personas que de forma desinteresada me ayudaron para ser hoy quien está escribiendo estas palabras y decir que estaré siempre agradecido por haber compartido cada momento de mi crecimiento con cada uno de ellos. Que sepan que no me olvido ni me olvidaré de ellos, desde la infancia hasta el día de hoy, recordaré cada uno de esos profesores, amigos y familia que han estado siempre apoyándome incondicionalmente. Con estas palabras quiero que se sientan identificados y conocedores de mi inmensa gratitud.

## Índice:

1	Interés y objetivos. ....	1
2	Fases de realización y cronograma.....	2
3	Revisión bibliográfica.....	3
3.1	Importancia del cultivo del tomate. ....	3
3.1.1	Contexto y situación del sector agrícola provincial.....	3
3.1.2	El cultivo de tomate.....	4
3.2	Antecedentes de la relación materia orgánica-producción en el cultivo de tomate..	5
3.2.1	Trabajos realizados dentro del grupo de investigación AGR-200. ....	5
4	Materiales y métodos.....	11
4.1	Localización del ensayo. ....	11
4.2	Características del invernadero.....	11
4.2.1	Orientación.....	13
4.2.2	Sistema de ventilación.....	13
4.2.3	Instalaciones de riego.....	13
4.2.3.1	Sistema de riego. ....	13
4.2.3.2	Balsa de riego. ....	14
4.3	Suelo.....	14
4.3.1	Antecedentes del suelo. ....	14
4.3.2	Proceso de incorporación de la materia orgánica en el suelo. ....	15
4.3.2.1	Adición de las plantas de tomate del cultivo anterior. ....	15
4.3.2.2	Siembra de rábanos y mostaza. Preparación de los tratamientos T3 y T4. ..	15
4.3.2.3	Preparación del diseño experimental. Incorporación de todos los tratamientos.....	16
4.4	Diseño experimental. ....	18
4.5	Desarrollo del ciclo de producción.....	19
4.5.1	Material vegetal. ....	19
4.5.2	Manejo de cultivo.....	20
4.5.2.1	Ciclo de cultivo. ....	20
4.5.2.2	Trasplante.....	20
4.5.2.3	Destallado.....	20
4.5.2.4	Entutorado.....	20

4.5.2.5	Polinización.....	20
4.5.2.6	Deshojado/despunte .....	21
4.5.2.7	Descripción de los riegos.....	21
4.5.2.8	Tratamientos fitosanitarios .....	22
4.5.2.9	Recolección.....	23
4.5.2.10	Fin de cultivo .....	23
4.6	Parámetros a evaluar. Producción. ....	23
4.6.1	Producción por unidad de superficie. ....	24
4.6.2	Peso por fruto.....	24
4.7	Análisis de datos.....	24
5	Resultados y discusión.....	26
5.1	Resultados. ....	26
5.1.1	Producción por unidad de superficie .....	26
5.1.2	Peso por fruto.....	29
5.1.3	Aproximación comparativa de costes. ....	31
5.1.4	Expresión de la fusariosis del cuello de las raíces de tomate. ....	31
6	Conclusiones:.....	34
7	Bibliografía.....	35

## Índice de figuras.

Figura 1.	Ubicación de las instalaciones de la fundación UAL-ANECOOP. ....	11
Figura 2.	Localización y acceso a la finca UAL-ANECOOP.....	11
Figura 3.	Distribución de las parcelas de la fundación. Localización del invernadero del ensayo. ....	12
Figura 4.	Cumbrera del invernadero. ....	12
Figura 5.	Vista lateral de pies perimetrales.....	12
Figura 6.	Orientación del invernadero. ....	13
Figura 7.	Ventana lateral del invernadero.....	13
Figura 8.	Vista de la cubierta del invernadero. ....	13
Figura 9.	Sistema de riego. ....	14

Figura 10. Distribución de los restos de cosecha e incorporación al suelo.....	15
Figura 11. Plantas de mostaza cultivadas en invernadero antes del ciclo productivo. ....	16
Figura 12. Plantas de rábano cultivadas en el invernadero antes del ciclo productivo.....	16
Figura 13. Picado de la materia e incorporación al suelo de los tratamientos de mostaza y rábano. .	16
Figura 14. Incorporación por carillas de los tratamientos de brócoli deshidratado y biofence®. ....	17
Figura 15. Visión de todos los tratamientos incorporados con el riego por goteo y puesta de plástico para biosolarización. ....	18
Figura 16. Esquema del dispositivo experimental.....	19
Figura 17. Plantas deshojadas y maduración de frutos. ....	21
Figura 18. Despunte y gran deshojado.....	21
Figura 19. Cosecha de un tratamiento. ....	24

### Índice de tablas.

Tabla 1. Evolución de la superficie (ha) y producción (t) del cultivo de tomate en España.....	4
Tabla 2. Cantidades aportadas de materia en cada tratamiento (kg·m <sup>-2</sup> ). ....	18
Tabla 3. Nutrición total empleada en fertirriego. ....	22
Tabla 4. Número de cosechas y fechas después del trasplante.....	23
Tabla 5. Producción de cada tratamiento en cada cosecha (kg·m <sup>-2</sup> ) en cultivo de tomate cv Pitenza.	28
Tabla 6. Producción de cada tratamiento en cada cosecha (kg·m <sup>-2</sup> ) en cultivo de tomate cv Pitenza.	28
Tabla 7. Peso por fruto (kg·m <sup>-2</sup> ) en cada cosecha en cultivo de tomate cv Pitenza.....	30
Tabla 8. Tabla de precios utilizados para el cálculo de los gastos en (€·m <sup>-2</sup> ).....	31
Tabla 9. Tabla de costes económico referenciados a una hectárea para cada tratamiento aplicado por ciclo corto de producción (€).....	32

### Índice de gráficas

Gráfico 1 Porcentaje de los tipos de tomate cultivados en la provincia de Almería. ....	3
---	---

Evaluación de la adición de diferentes materias orgánicas mediante la técnica de biosolarización sobre producción de tomate.

Gráfica 2. Producción por unidad de superficie y cosecha a lo largo del ciclo de cultivo en un tomate cv Pitenza..... 27

Gráfica 3 Producción acumulada por unidad de superficie y cosecha a lo largo del ciclo de cultivo en un tomate cv Pitenza..... 27

Gráfico 4. Peso por fruto y cosecha a lo largo del ciclo de cultivo en un tomate cv Pitenza ..... 29

Gráfico 5. Gráfica de costes económico de cada uno de los tratamientos (€). ..... 32

# **INTERÉS Y OBJETIVOS**

## **1 Interés y objetivos.**

La producción de restos de cosecha en Almería se ha calculado en 1.700.000 t anuales. Desde hace 25 años se ha intentado gestionar estos residuos vegetales para cumplir con la exigencia de los consumidores de mantener el campo limpio, pero la gestión no ha sido suficientemente eficaz y actualmente representa un problema de amplia envergadura. El trabajo contenido en este trabajo fin de grado participa de alguna manera en la autogestión de los residuos de cosecha. Es decir, cada agricultor gestionará el uso de sus residuos vegetales. Por otro lado la no utilización de restos de cosecha supone un desperdicio que tiene doble significado, primero suplir las necesidades de nitrógeno, fósforo y potasio y otros elementos nutritivos de las plantas por abonos de síntesis. En segundo lugar hacer que los suelos estén carentes de materia orgánica que es la base del mantenimiento de la fertilidad en el suelo.

En este marco se inserta el trabajo fin de grado contenido en las páginas siguientes. El trabajo de investigación forma parte de otro más amplio que comenzó en la campaña 2013-2014. El trabajo estudia la influencia de los residuos de cosecha y otras formas de materia orgánica en la producción y su calidad en tomate.

Como consecuencia de esta situación se plantean los siguientes objetivos de este trabajo final de grado que son:

- Evaluar la producción de tomate cv Pitenza en un ciclo corto de tomate.
- Evaluar la disminución del agua de riego en los diferentes tratamientos con diferentes materias orgánicas (restos de tomate del cultivo anterior, biofence®, plantas de rábano y plantas de mostaza).
- Hacer una aproximación comparativa de los gastos generados por la utilización de las distintas materias orgánicas en comparación con el testigo utilizando fertirriego.

**FASES DE REALIZACION**

**Y**

**CRONOGRAMA**

## 2 Fases de realización y cronograma.

En la realización de este trabajo fin de grado se diseñó un programa de actuación que mostraba los pasos a seguir para la incorporación de restos de cosecha, materias a estudiar, seguimiento del ciclo de cultivo y finalización del mismo para la campaña siguiente.

El cronograma de actuación fue:

Acción a realizar	Fecha de actuación
Picado y rotovator	2 abril 2014
Siembra de mostaza y rábano	29 abril 2014
Aplicación enmienda de plantas infectadas con FORL	3 junio 2014
Aplicación de los demás tratamientos	4 junio 2014
Aplicación de mostaza y rábano	9 junio 2014
Puesta del plástico de solarización	18 junio 2014
Petición de plantas al semillero	30 junio 2014
Retirada del plástico de solarización	1 septiembre 2014
Trasplante	4 septiembre 2014
Fin de cultivo	19 febrero 2015

Las demás labores se mantenimiento del cultivo (deshojado, entutorado, aplicación de fitosanitarios, etc.) fueron realizadas los días libres entre semana durante la duración del cultivo.

# **REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### 3 Revisión bibliográfica.

#### 3.1 Importancia del cultivo del tomate.

El tomate es una hortaliza cultivada ampliamente a escala mundial. Para tener una idea de su importancia hay que centrarse en las cifras de producción donde en el año 2012 se registró una producción mundial de 161.793.834 t en la que España representó el noveno lugar como país productor con 4.007.000 t producidas en 48.800 ha (FAOSTAT, 2012) lo que representó un valor de 1.215.542.000 € (MAGRAMA, 2012).

Dentro de España, la provincia de Almería cuenta con una superficie invernada de 28.491 ha donde el tomate se cultiva en el 24% de la superficie total (8.693 ha) que representa una producción anual de 787.562 t (Junta de Andalucía, 2011), en los que se engloban diversos tipos como lo son larga vida (47%), rama (22%), pera (10%), liso (10%), asurcado (7%), cherry (3%) y otros (1%). (Junta de Andalucía, 2011).

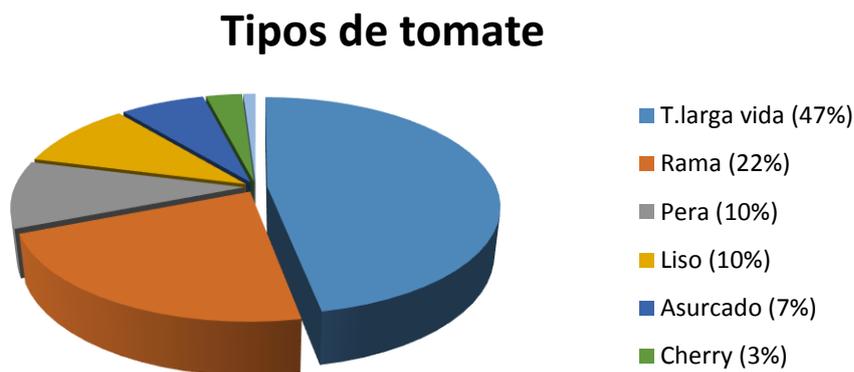


Gráfico 1. Porcentaje de los tipos de tomate cultivados en la provincia de Almería.

##### 3.1.1 Contexto y situación del sector agrícola provincial.

En los últimos años el sector que ha podido ofrecer una cierta estabilidad a la maltrecha economía provincial ha sido el de la agricultura. Su demanda se mantiene estable, su capacidad de penetración en nuevos mercados y su adaptabilidad han permitido que no se note en demasía el efecto de la crisis sobre dicha demanda, a pesar del evidente descenso de los niveles de consumo en el mercado nacional (Cajamar, 2011).

La producción hortícola de Almería representa el 91% de la producción agrícola de la provincia y el 60% de toda la producción hortícola andaluza. Esta aportación convierte a Almería en el modelo de referencia mundial de la horticultura protegida (Junta de Andalucía, 2011).

### 3.1.2 El cultivo de tomate.

El tomate es la hortaliza más difundida en todo el mundo y la de mayor valor económico. Su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio. El incremento anual de la producción en los últimos años se debe principalmente al aumento en el rendimiento y en menor proporción al aumento de la superficie cultivada.

A escala europea el tomate es una de las hortalizas de mayor producción, con más de 15.860.034 toneladas. España ha ido incrementando sus producciones en el último periodo, aumentando su producción en un 21.86% pasando de 3.874.720 t en el año 1999, a 4.810.301 t en 2005, aunque luego empezó a disminuir de nuevo hasta llegar al valor de 3.821.490 t en el año 2010.

Analizando los datos emitidos por FAO, se llega a la conclusión de que el tomate es un producto fundamental en el seno de la horticultura española, siendo la especie hortícola más comercializada en Europa y más concretamente en la zona mediterránea con mayor nivel de producción y distribución. A escala nacional, presenta continuos incrementos en los rendimientos (Tabla 1), consecuencia de un aumento en la producción y en menor medida de la superficie cultivada.

**Tabla 1. Evolución de la superficie (ha) y producción (t) del cultivo de tomate en España.**

	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Producción (t)	4081477	4049753	4798053	4312709	3864120	4007000
Superficie (ha)	53297	54868	62200	58300	49913	48800

*Datos extraídos a partir de datos Faostat y hortoinfo. <http://faostat.fao.org>; <http://www.hortoinfo.es/> [Consulta 09 Marzo 2016].*

La representatividad de Andalucía tanto en superficie como en producción es indiscutible, con especial influencia en la provincia de Almería. El tomate es, hoy por hoy, la primera hortaliza de Almería, no sólo por extensión de cultivo, sino también por producción. Y es que este cultivo supone, por sí solo, casi la tercera parte de toda la producción hortícola provincial. En este sentido, según los datos más recientes de la Delegación Provincial de Agricultura y Pesca, en la 2011-12 se recolectaron en torno a 929.800 toneladas de tomate, unas 37.300 toneladas más que la campaña anterior (Vargas 2013).

Además, en lo que a la superficie de cultivo se refiere, esta campaña 2011-12 alcanzó las 9.100 hectáreas de las cuales 100 han sido al aire libre y 9.000 protegidas. Esta cifra supone un incremento de 70 hectáreas más con relación a la campaña del año pasado. (Vargas 2013).

La fortaleza del tomate es tal que, de hecho, en 2011, y por tercer año consecutivo, se convirtió en la hortaliza más internacional de Almería. Según los datos de la Administración, en 2011 se enviaron a los mercados exteriores tomates valorados en 447,5 millones de euros, lo que supone un 20,8 por ciento de las exportaciones de la provincia de Almería y un incremento del 4 por ciento sobre el año 2010. Además, entre los meses de enero y abril de 2012, el tomate siguió manteniendo su liderazgo en las exportaciones y, en ese período, Almería comercializó producto valorado en casi 273 millones de euros en los mercados foráneos, el 25% del total de las ventas al exterior. El tomate seguirá siendo

la principal hortaliza de Almería en las campañas venideras. De hecho, según las primeras estimaciones de la Delegación Provincial de Agricultura y Pesca, para la campaña 2012/2013, se preveía un incremento de la cantidad de plántula de tomate de entre el 10% y el 15% con respecto al ejercicio actual, con lo cual, se confirma una “tendencia al alza” en el futuro de este cultivo. Este incremento, tal y como afirman desde la Administración andaluza, “se debe al aumento de la demanda de tomate injertado”, una práctica cada vez más extendida por su eficacia para combatir, entre otras cosas, las enfermedades del suelo (Vargas 2013).

La campaña hortícola 2012-2013 de la provincia de Almería comenzó con aumentos de entre el 10 y el 15 por ciento en la superficie de cultivo de tomate, de acuerdo a los primeros datos recabados por la Consejería de Agricultura de Andalucía entre las principales empresas de semillas (Vargas 2013).

El incremento esperado en el tomate es del 10 por ciento, lo que previsiblemente elevará la extensión de este cultivo hasta las 10.000 hectáreas, con lo que reforzará su posición como el principal producto de la huerta almeriense (Vargas 2013).

Según ha explicado la Delegación Territorial de la Consejería en un comunicado, esta apuesta del agricultor por el tomate, en sus distintos tipos y presentaciones, está relacionada con el mantenimiento de un buen nivel de precios durante la pasada campaña (Vargas 2013).

## **3.2 Antecedentes de la relación materia orgánica-producción en el cultivo de tomate.**

### **3.2.1 Trabajos realizados dentro del grupo de investigación AGR-200.**

En 2003 Agüero González realizó un ensayo para un proyecto final de carrera sobre el efecto del compost procedente de mezclas de residuos sólidos urbanos (RSU) y residuos sólidos agrícolas (RSA) como abonado de fondo y alternativa al estiércol en suelo arenado en invernadero, estudiando la producción y la calidad en un ciclo de cultivo de tomate cv Pitenza en racimo. Las materias utilizadas en el ensayo fueron cuatro tipos de compost y un testigo abonado con estiércol vacuno. El ensayo se realiza en un invernadero de “raspa y amagao” localizado en el término municipal de Almería (El Alquíán), con unas dimensiones de 21000 m<sup>2</sup> de los cuales se dedica al ensayo 646,8 m<sup>2</sup>. El sistema de riego era de fertirriego por goteo. Las enmiendas ensayadas fueron: cuatro tipos de compost; el de tipo A (lo conformaba un 33% biosólidos de depuradoras de aguas residuales + 66% procedente de biomasa de restos vegetales de parques y jardines), un tipo B (40% de fracción orgánica de RSU + 60% de biomasa de restos vegetales de parques y jardines), un tipo C (25% de biosólidos de depuradoras de aguas residuales + 25% de fracción orgánica de RSU + 50% procedente de biomasa de restos vegetales de parques y jardines) y un cuarto, compost Níjar (procedente de sandía, melón, pimiento, calabacín y tomate) y el testigo abonado con estiércol vacuno. Los restos utilizados para la formación del compost fueron realizados mediante la técnica de “windrow” (apilamiento y volteo en montículos de 5 m de ancho y 2,5 m de alto). Estas materias se eligieron como alternativa a la escasez de estiércoles y para dar una gestión a los residuos generados por las ciudades y explotaciones.

El suelo del invernadero era de nueva puesta por lo que a la tierra de cañada se le aplicó un nivelado y un abonado de fondo que consistía en una aplicación de la enmienda a estudiar a razón de 10 kg·m<sup>-2</sup> indistintamente del tipo de compost utilizado, un abono mineral nitrogenado para favorecer

la vida microbiana (sulfato amónico y urea) con una dosis de 300 a 500 kg·ha<sup>-1</sup>, superfosfato de cal con dosis de 3000 a 4000 kg·ha<sup>-1</sup> y sulfato potásico en dosis de 800 a 1000 kg·ha<sup>-1</sup> y por último se aportó la capa de arena.

**En las conclusiones de este ensayo nos muestra que los resultados obtenidos no producirán pérdidas para el agricultor ni en calidad ni en producción siendo estas materias una alternativa al uso de estiércol en abonado de fondo en suelo arenado.**

Como continuación de este trabajo en 2005 Ruíz Morante realizó otro trabajo final de carrera sobre los efectos de distintos tipos de compost como abonado de fondo en suelo arenado para evaluar la producción y calidad en tomate cv Pitenza. Las materias utilizadas fueron cuatro tipos de compost y estiércol para el testigo. Este ensayo fue llevado a cabo en el término municipal de Almería (El Alquíán) en un invernadero de 21000m<sup>2</sup> de tipo “raspa y amagao”. El sistema de riego era por goteo realizando aportes de fertilizantes en los mismos sobre un suelo arenado. Las materias a estudiar fueron: cuatro tipos de compost; el de tipo A (lo conformaron un 33% biosólidos de depuradoras de aguas residuales + 66% procedente de biomasa de restos vegetales de parques y jardines), un tipo B (40% de fracción orgánica de RSU + 60% de biomasa de restos vegetales de parques y jardines), un tipo C (25% de biosólidos de depuradoras de aguas residuales + 25% de fracción orgánica de RSU + 50% procedente de biomasa de restos vegetales de parques y jardines) y un cuarto, compost Níjar (procedente de sandía, melón, pimiento, calabacín y tomate) y el testigo abonado con estiércol vacuno. Los restos utilizados para la formación del compost fueron realizados mediante la técnica de “windrow” (apilamiento y volteo en montículos de 5 m de ancho y 2,5 m de alto). Estas materias se eligieron como alternativa a la escasez de estiércoles y para dar una gestión a los residuos generados por las ciudades y explotaciones.

El suelo fue de primera puesta el año anterior por lo que se mantuvieron dichas enmiendas por tanto se trabajaba con un suelo de características inferiores al primero.

**Las conclusiones de este ensayo nos muestran que este segundo año las aplicaciones de estas enmiendas como alternativa al estiércol no han afectado significativamente a todos los parámetros estudiados por lo que son una alternativa al uso del estiércol y que con su uso se puede dar salida a los residuos generados por las actividades urbanas y agrícolas de Almería.**

En 2006 Martínez Ocaña realizó un proyecto fin de carrera donde abordaba el tema de la producción del tomate Daniela en un cultivo ecológico utilizando distintos residuos agrícolas. Utilizó además de estiércol y los restos de sandía del cultivo anterior, “microorganismos eficaces” y solarización. En el proyecto se estudiaba la producción comercial acumulada, por unidad de superficie y por planta así como la producción comercial y el número de frutos por planta y su peso. El ensayo se encontraba en un invernadero en el término municipal de Níjar y se hacía un manejo ecológico certificado por el CAE. Era el primer año de cultivo ecológico. El invernadero era de tipo “raspa y amagao” con una superficie de 7500 m<sup>2</sup>. El riego era por goteo y el suelo estaba arenado. Las materias motivo de ensayo fueron restos de sandía cultivadas en la primavera anterior a la realización del ensayo y estiércoles de oveja, cerdo, vacuno, gallinaza, y de caballo, estos estiércoles habían sido fermentados durante 4 o 5 meses con adiciones de agua. Los microorganismos beneficiosos utilizados pertenecían a tres tipos: bacterias fototróficas, bacterias de ácido láctico y levadura. La adición de

estos microorganismos se justificaba por sus efectos antioxidantes que favorecen una rápida descomposición de la materia orgánica e incrementan el contenido en humus y se pretendía, además, inducir resistencia sistémica a enfermedades en el cultivo, evitar la propagación de patógenos y el desarrollo de enfermedades, incremento del vigor la calidad, la floración y la fructificación del tomate. Las plantas de sandía del cultivo anterior fueron amontonadas y cubiertas con plástico negro iniciándose así un proceso de descomposición anaeróbica.

La adición de materia orgánica se hizo retranqueando la arena y extendiéndola sobre el suelo de cañada, las cantidades de materia orgánica obtenidas fueron  $5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  de plantas de sandía,  $2,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  de la mezcla de estiércoles (50% de estiércol de oveja +15% de estiércol de cerdo + 15% de estiércol vacuno + 10% de estiércol de gallinaza + 10%de estiércol de caballo) en el tratamiento de mezcla de estiércoles uno de ellos fue enriquecido con  $0,45 \text{ l}\cdot\text{m}^{-2}$  de microorganismos.

**En sus conclusiones explican que no se apreciaron entre los diferentes tratamientos estudiados diferencias estadísticamente significativas en lo concerniente al número de fruto, peso medio del fruto, y producción total. La segunda conclusión establece que el uso de los restos del cultivo anterior de sandía mezclados o no con estiércol o en su variante con microorganismos eficientes no influyeron negativamente en los parámetros estudiados con respecto al testigo sin tratar, lo cual implica que el uso de estos materiales como abonado de fondo son una alternativa viable para la regeneración de la materia orgánica del suelo.**

En 2013 Vargas Vargas realizó un proyecto fin de carrera en el cual se experimentaba el tema de la adición de materia orgánica con y sin solarización sobre un cultivo de tomate cv Amilda de ciclo corto. Las enmiendas realizadas para este ensayo fueron la incorporación distintas materias orgánicas con un complejo microbiológico en uno de los ensayos. En este proyecto se analizó la producción total y comercial, el número de frutos y la calidad de dicha producción. Dicho ensayo se ubicó en el término municipal de Almería (Retamar, finca UAL-ANECOOP) en un invernadero de tipo “raspa y amagao” con una superficie de  $1917 \text{ m}^2$ . El riego utilizado fue fertirriego mediante riego por goteo. Las materias que dieron motivo de estudio fueron: biofence®, brócoli deshidratado, gallinaza y un activador microbiológico (“cocktail”).

El diseño experimental seguido contaba con cinco tratamientos, los cuales se introdujeron en carillas previas al trasplante. Los tratamientos fueron: el testigo sin adición de materia orgánica, aplicación de biofence® a razón de  $0,3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ , aplicación de brócoli deshidratado a razón de  $0,8 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ , aplicación de brócoli deshidratado a razón de  $0,8 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2} + 0,15 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  de gallinaza deshidratada y biofence® a razón de  $0,3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2} +$  activador microbiológico “cocktail”.

**En sus conclusiones el autor nos expone que los tratamientos solarizados mostraron mayor producción independientemente de haber o no adicionado materia orgánica, además de que ninguna materia presenta diferencias frente al testigo alegando que podría deberse a nutrientes almacenados por los cultivos anteriores. Su segunda conclusión fue: La calidad del fruto de tomate es independiente de la técnica de desinfección empleada. La materia orgánica si influye en la calidad del fruto de tomate, sin embargo, los resultados no son consistentes en favor de ninguna de las diferentes materias orgánicas empleadas en el ensayo. Tan solo resaltar el caso de las brásicas deshidratadas adicionadas mediante biofumigación, que reportó de manera significativa mayor**

**calibre y acidez del fruto frente al testigo, mientras que la firmeza del mismo fue significativamente inferior.**

En 2015 Merlo Valverde realizó un proyecto fin de carrera en que expone la recuperación de un suelo de invernadero mediante diferentes materias orgánicas con solarización en un ciclo corto sobre diferentes tipos de tomates. Entre las materias estudiadas están restos de cosecha, plantas infectadas con *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* (FORL), gallinaza pelletizada y biofence®, incorporándolas al suelo mediante la técnica de biosolarización. En el proyecto se analiza la producción de los tratamientos así como la calidad del fruto y la estructura de la planta. El invernadero donde se realiza el proyecto está ubicado en el término municipal de Almería (retamar) en la finca UAL-ANECOOP, en un invernadero de tipo “raspa y amagao” con una superficie total de 1917 m<sup>2</sup>, el sistema de riego que presenta es por goteo fertirrigando solo el testigo convencional.

Las materias estudiadas que se incorporaron en los tratamientos fueron las siguientes: un tratamiento T1 con gallinaza (2 kg·m<sup>-2</sup>), un T2 con restos de cosecha de tomate y calabacín (5 kg·m<sup>-2</sup>) + gallinaza (2 kg·m<sup>-2</sup>) + solarización, un T3 con restos de plantas infectadas con FORL (5 kg·m<sup>-2</sup>) + solarización y un último T4 testigo fertirrigado. Solo el T4 se fertirrigó y todos los tratamientos menos el T4 se solarizaron. La adición de estos tratamientos fue realizada en carillas. En los tratamientos con materia orgánica no se añadieron.

**En sus conclusiones expuso que la fusariosis del cuello de las raíces de tomate no se manifestó durante el ciclo de cultivo. Y su segunda conclusión fue que la calidad de los frutos y el vigor de las plantas obtenidas no difirieron de a los resultados para el cultivo convencional (fertirrigación) y el patógeno *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*.**

**Este último proyecto comentado es el antecedente de lo que se ha ensayado en el trabajo fin de grado (TFG) que se presenta.** Los antecedentes de este proyecto son comunes a los de Merlo, el cual es el punto de partida del suelo del invernadero. El suelo que presentaba el invernadero del ensayo era un suelo al que se le incorporó carbonato cálcico procedente de las industrias del mármol, con el objetivo de hacer un estudio que permitiese una mejor irrigación del suelo. Esto provocó que el suelo del tablar sur del invernadero presentase una capa calcárea (TAP) que no permitiese la filtración del agua, y cuya solución fue romper mediante un subsolado para poder añadir materia orgánica y restos de cosecha que se ensayan en esta serie de proyectos. Además, el invernadero estuvo los tres años anteriores en baldío.

En 2015 se realizó el trabajo contenido en este TFG complementario del trabajo realizado por Salman B. donde en este trabajo se evalúa la calidad de la producción y cuyas conclusiones que se obtienen son las siguientes:

**Para nuestras condiciones de ensayo, el uso de diversas materias orgánicas mediante la técnica de biodesinfección más un desarrollo del cultivo con agua y sin fertilización produjo frutos de tomate con mayor peso en comparación con aquellos tratamientos en los que el cultivo fue desarrollado utilizando la técnica de fertirrigación durante el ciclo de producción.**

**Los parámetros de la calidad de los frutos de tomate (diámetro ecuatorial, firmeza de la pulpa, concentración de sólidos solubles totales y acidez) se mantuvieron dentro de los mismos valores tanto en los tratamientos donde fue utilizada la aplicación de diversas materias orgánicas mediante biodesinfección como en los tratamientos donde se aplicó fertirriego durante todo el ciclo de producción.**

La relación entre la biodesinfección del suelo y la producción del cultivo donde se aplica ha sido abordada por diferentes autores, y dentro de España se han desarrollado diferentes trabajos de investigación largos y muy medidos. El término biodesinfección abarca la aplicación al suelo de materia orgánica poco descompuesta (relaciones C/N superiores a 8 y pudiendo alcanzar valores de 30) que mediante la adición de agua al suelo hasta capacidad de campo permite su descomposición. Realmente se trata de un compostado de la materia orgánica en el suelo. La eficacia del proceso se incrementa considerablemente, cuando se cubre el suelo con una cubierta tan impermeable como sea posible. Normalmente, en horticultura se utilizan plásticos transparentes u opacos.

Se han descrito más de 100 sustancias que se originan en la descomposición, entre otros, glucosilonatos, isotiocianatos, amonio, furfural, etc.

Cuando la biodesinfección se aplica aprovechando la energía solar el proceso se conoce como biosolarización. En este caso las temperaturas ayudan al proceso de desinfección del suelo (Lacasa, et al. 1997; Lacasa et al. 2002; Lacasa et al. 2004; Lacasa et al. 2010; Guerrero et al. 2010). Sin embargo bastan las cubiertas de plástico transparente, aunque la solarización adicional al proceso de descomposición de la materia orgánica, sea muy leve para que el proceso de desinfección sea igualmente eficaz, como demostraron para el País Vasco Núñez-Zofío et al. (2010) y Núñez-Zofío (2011) en el cultivo de pimiento. En el cultivo de clavel bajo invernadero en Cádiz García Ruíz et al (2009) obtuvieron resultados muy eficaces para el control de la fusariosis vascular con temperaturas comparables a las reseñadas para el País Vasco y muy inferiores a las conseguidas en Murcia para el cultivo del pimiento bajo invernadero. Según muestra Núñez-Zofío, es el amonio producido durante el proceso de descomposición de la materia orgánica uno de los responsables mayores en el control de patógenos del suelo. Advierte la autora que durante el proceso de biosolarización ocurre un periodo de anaerobiosis al consumirse el oxígeno y se originan gases como el metano, anhídrido carbónico y óxido nítrico, conocidos como gases de efecto invernadero (GEI).

Se desprende de la revisión bibliográfica realizada que la biodesinfección, aparte de un eficaz control de los patógenos, tiene una influencia considerable en la mejora de las propiedades físico químicas del suelo, especialmente en la porosidad, incremento de la materia orgánica, solubilización del fósforo (actividad fosfatasa), aumento del contenido en potasio entre otros. Todo ello parece influir en el incremento de la producción final en el cultivo del pimiento en Murcia y País Vasco y en el clavel en la costa noroeste de Cádiz.

Atendiendo a estos resultados de incremento de la producción, en este TFG, se pretende evaluar solamente el efecto de la biosolarización con restos del cultivo del tomate y otras materias orgánicas sobre la producción final.

# **MATERIALES Y MÉTODOS**

## 4 Materiales y métodos.

### 4.1 Localización del ensayo.

El ensayo fue realizado en las instalaciones de la finca UAL-ANECOOP, durante la campaña 2014/2015, localizada en El Paraje "Los Goterones" en la localidad de Retamar (Almería). La identificación catastral es polígono 24, Parcela 281 (figura 1 y 2).



Figura 1. Ubicación de las instalaciones de la fundación UAL-ANECOOP.



Figura 2. Localización y acceso a la finca UAL-ANECOOP.

Las instalaciones cuentan con una superficie aproximada de 11 ha, ocupada por invernaderos de tipo "raspa y amagado" y de tipo multitúnel, utilizados para explotación y experimentación de ensayos. También, las instalaciones, presentan zonas de distintos usos (oficinas, salas de riego, laboratorios, aseos, etc.).

### 4.2 Características del invernadero.

El ensayo se desarrolló en un invernadero de tipo raspa y amagado codificado como "U14" (este tipo de invernadero es el más común en la provincia de Almería, por lo que será representativo para la zona), con una superficie total aproximada de 1900 m<sup>2</sup> (figura 3), de los cuales 1784 m<sup>2</sup> se utilizaron para el soporte de las plantas y su desarrollo.



Figura 3. Distribución de las parcelas de la fundación. Localización del invernadero del ensayo.

Este invernadero presenta dentro de sus características una distancia entre raspas consecutivas de 8 m, altura en la raspa o cumbrera de 4,70 m (tubo + bloque). La distancia entre tubos de la misma fila es de 2 m, así como la distancia de amagados de la misma fila (figura 4).



Figura 4. Cumbrera del invernadero.

La altura de la banda del invernadero es de 3,40 m. La distancia entre pies perimetrales consecutivos de la banda es de 2 m y están formados por perfiles de acero laminado IPN-120, con una inclinación de 60 ° aproximadamente respecto al suelo (figura 5).



Figura 5. Vista lateral de pies perimetrales.

Referente a los materiales empleados en la estructura, los postes son tubos de acero galvanizado y la cuadrícula (33 x 33 cm) de alambre de acero triple galvanizado. El material de la cubierta es de plástico tricapa de 800 galgas, color blanco y de 3 campañas de duración. Este plástico tiene efecto térmico para evitar o disminuir posibles riesgos de inversión térmica, favoreciendo en este aspecto el desarrollo del cultivo, así como un efecto de difusión de la luz que penetra en el invernadero que reduce el sombreado o falta de luz en plantas y frutos.

#### 4.2.1 Orientación.

La orientación del invernadero es Noroeste-Sureste, y las líneas de cultivo están diseñadas Noreste-Suroeste.



Figura 6. Orientación del invernadero.

#### 4.2.2 Sistema de ventilación.

El invernadero dispone de ventanas laterales enrollables de plástico con apertura automatizada, las ventanas cenitales son de tipo cremallera y con apertura automatizada. En total la superficie de ventanas es de aproximadamente 126 m<sup>2</sup>, que se componen de varias unidades de ventanas que suman 180 m de largo por 0,7 m de alto. Dichas ventanas están construidas con tubos galvanizados de 25 x 25 mm y protegidas con mallas antitrips de 20 x 10 hilos-cm<sup>-1</sup> para evitar la entrada de plagas e insectos vectores de enfermedades (Figuras 7 y 8).



Figura 7. Ventana lateral del invernadero.



Figura 8. Vista de la cubierta del invernadero.

#### 4.2.3 Instalaciones de riego.

##### 4.2.3.1 Sistema de riego.

El sistema de riego empleado es de riego por goteo, con la finalidad de reducir el uso del agua y la mano de obra de esta labor. La instalación se compone de una serie de tuberías dispuestas sobre la superficie del suelo, fabricadas con polietileno de baja densidad que portan a los goteros,

permitiendo la emisión de agua al exterior de forma calibrada. El agua llega hasta el invernadero desde el cabezal de riego mediante tuberías enterradas de PVC que conectan las tuberías superficiales de polietileno y suministran el agua a través de ellas. Los ramales portagoteros están colocados en la misma dirección que las líneas de cultivo y el sentido de circulación del agua en ellos es descendente para evitar que, al finalizar el riego, el agua que llena las tuberías se desplace hacia los primeros goteros de los ramales y éstos reciban más agua que los últimos. Con ello se consigue que el cultivo sea más homogéneo en su desarrollo al ser también la distribución del agua más uniforme en la parcela (figura 9).



Figura 9. Sistema de riego.

#### 4.2.3.2 Balsa de riego.

La finca dispone de 2 balsas para riego, con una capacidad de unos 5000 m<sup>3</sup> cada una, impermeabilizadas y cubiertas con malla de polietileno negro. Una de las balsas obtiene agua procedente de la planta depuradora de Almería, que presenta una CE 1,8-2 dS·m<sup>-1</sup>. La otra balsa recoge agua de lluvia, que es recogida por las canaletas instaladas en los invernaderos de la finca y reconducida a través de una red de tuberías, su CE es de 0,3-0,6 dS·m<sup>-1</sup>.

Para impulsar el agua, existen dos bombas centrífugas multicelulares (una para cada balsa). El sistema permite mezclar el agua según requerimientos del cultivo.

### 4.3 Suelo.

#### 4.3.1 Antecedentes del suelo.

Este invernadero tuvo en su origen un suelo arenado al que se le realizó una aplicación de carbonato cálcico, ya mencionada, rompiendo su estructura y características físicas, esto dio lugar a su abandono que duró tres años. En este punto se decidió retomar este invernadero y realizarle una serie de ensayos a lo largo de varios años para poder recuperar su productividad incorporando materia orgánica y ver su efecto tanto en producción como en calidad. Comenzaron así los ensayos de los cuales este proyecto conforma el segundo año. En su primer año se introdujeron restos de cosechas de tomate y calabacín de invernaderos vecinos, gallinaza y restos de plantas enfermas con *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* (Forl) en el tablar sur y en el tablar norte solo un paso de rotovator como testigo. Estas acciones hicieron pasar de un suelo arenado a un suelo mezclado de textura arenosa.

#### 4.3.2 Proceso de incorporación de la materia orgánica en el suelo.

##### 4.3.2.1 Adición de las plantas de tomate del cultivo anterior.

Como se ha mencionado este ensayo fue la continuación en su segundo año en el proceso de recuperación del suelo, en él se realizó la incorporación de los restos de cosecha del cultivo anterior en el suelo del suelo, el proceso se describe a continuación:

Primero, entorno a los días 1-3/4/2014, se distribuyó la totalidad de las plantas de tomate del ciclo anterior sobre el tablar sur respetando la zona donde estaría ubicado un tratamiento testigo (T0, sin enmienda orgánica y sin fertilización en el ciclo de producción). Se realizaron pases para triturar con una picadora de martillo acoplada a un tractor y se mezclaron con el rotovator con pases cruzados para una buena homogeneización. Una vez hecho esto se colocaron las tuberías de riego y se aplicaron 5 horas de riego durante los días 8, 9, 10, 11, 12 de abril una hora cada día para promover la descomposición de la materia orgánica con la humedad. La cantidad aportada de planta fue la siguiente: en el tablar norte cada planta pesaba 1,01 kg de peso fresco y en el tablar sur 0,72 kg. Sabiendo que en el tablar norte había 1675 plantas y en el sur 1720 plantas, al suelo del tablar sur excluyendo el T0, se aplicó 2930 kg de materia fresca del ciclo anterior en una superficie de 780 m<sup>2</sup> dando una media de 3,75 kg·m<sup>-2</sup> (figura 10).



Figura 10. Distribución de los restos de cosecha e incorporación al suelo.

##### 4.3.2.2 Siembra de rábanos y mostaza. Preparación de los tratamientos T3 y T4.

Para los tratamientos T3 y T4 se realizó una actuación previa, y fue la de siembra de esos cultivos antes de incorporarlos al suelos, el 29/4/2014 se realizó la siembra de los rábanos con la técnica del voleo con una densidad de siembra de 3,75 kg de semillas·2500 m<sup>-2</sup> que equivale a 180 g de semillas·120 m<sup>-2</sup>, ese mismo día se sembró también la mostaza a razón de 3,75 kg de semillas·5000 m<sup>-2</sup> que equivalen a 360 g·120 m<sup>-2</sup> (las dos cantidades citadas son recomendaciones del fabricante) y se regó tres veces en semana 15 minutos cada riego (figuras 11, 12 y 13).



Figura 11. Plantas de mostaza cultivadas en invernadero antes del ciclo productivo.



Figura 12. Plantas de rábano cultivadas en el invernadero antes del ciclo productivo.



Figura 13. Picado de la materia e incorporación al suelo de los tratamientos de mostaza y rábano.

#### 4.3.2.3 Preparación del diseño experimental. Incorporación de todos los tratamientos.

La incorporación de los tratamientos se explica a continuación:

Para los tratamientos T0 y T1 no hubo aplicación de materia orgánica por lo que sólo les fue realizado un paso cruzado de rotovator. Se dejó la estructura de suelo original y se aplicó agua (T0) y agua con fertirriego (T1).

En el tratamiento T2 se aplicaron restos de plantas de tomate que mostraron ataque de Forl y que estaban en fase de descomposición, este proceso se realizó en un invernadero tipo “insole”, dichos restos fueron esparcidos en la totalidad del área y posteriormente se les dio un pase cruzado de rotovator para mezclar los residuos en el suelo. La cantidad de estos restos introducida fue de 274,75

kg, repartidos en toda la superficie mostrando una densidad por metro cuadrado de  $2,29 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  siendo la incorporación de esta materia el día 3/6/2014.

Una vez sembrado el rábano y cosechado (9/6/2014) para el T3, se hizo un muestreo para calcular la cantidad de materia vegetal producida en el área lo que nos dio un aporte de  $2,02 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  de materia fresca el cual contenía un 56 % de humedad lo que se tradujo en un peso seco de  $0,88 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ . Este material de igual modo se esparció por toda la superficie y se hicieron pases de rotovator cruzados.

En el T4, se realizaron las mismas labores que en el T3, solo que en este caso se trabajó con mostaza, donde el muestreo realizado arrojó como datos, que la cantidad de materia verde aplicada al suelo fue de  $1,57 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  de materia fresca el cual tenía un 50 % de humedad lo que se tradujo en una aplicación de  $0,64 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  de materia seca. Es necesario apuntar que el follaje desarrollado por las plantas de mostaza no fue el esperado ya que debido a las condiciones climáticas que fueron muy cálidas y soleadas para este cultivo, provocaron que las plantas floreciesen rápidamente produciendo menor material vegetal para su incorporación. Posteriormente después de ser esparcida la mostaza sobre el terreno, ésta fue incorporada mediante un pase cruzado con un rotovator manual.

En el T5 se incorporó biofence®, el cual es un producto a base de pellets deshidratados compuestos por *Brassica carinata*, y distribuido en las líneas de cultivo mediante el uso de carillas (de 0,4 m ancho por 20 m largo) a una dosis de  $0,3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  (figura 14).

En el tratamiento 6, la aplicación de restos de brócoli deshidratado se realizó mediante la incorporación en carillas de la materia (0,4 m ancho por 20 m largo), levantando el suelo de las líneas de cultivo e introduciendo la materia orgánica con su posterior enterrado a razón de  $0,8 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  (figura 14).

En el tratamiento 7 se aplicó biofence® sobre el suelo mediante carillas (de 0,4 m ancho por 20 m largo) a una dosis de  $0,3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ .



Figura 14. Incorporación por carillas de los tratamientos de brócoli deshidratado y biofence®.

Una vez realizados todos y cada uno de los tratamientos, se instaló el riego por goteo, en cada una de las líneas de cultivo y se evaluó su correcto funcionamiento. Esta labor se realizó para dar un riego abundante de 15 minutos con el fin de tener un perfil mojado para poder realizar seguidamente una biosolarización en todo el invernadero con la utilización de una cobertura plástica sobre el suelo del invernadero. El plástico fue de 200 galgas, que sólo es utilizado para esta actividad, y finalmente se dio un riego de 8 horas (figura 15).



Figura 15. Visión de todos los tratamientos incorporados con el riego por goteo y puesta de plástico para biosolarización.

El aporte final al suelo de cada tratamiento se refleja en la tabla siguiente (tabla2):

Tabla 2. Cantidades aportadas de materia en cada tratamiento ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ).

Tratamiento	Materia añadida	Cantidad ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ )
T0	nada	0
T1	nada	0
T2	restos de plantas de tomate con FORL	2,29
T3	Rábanos	2,02*
T4	Mostaza	1,57**
T5	biofence®	0,3
T6	brócoli deshidratado	0,8
T7	biofence®	0,3

\*Cantidad aportada en peso seco fue de  $0,88 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ .

\*\* Cantidad aportada en peso seco fue de  $0,64 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ .

#### 4.4 Diseño experimental.

El diseño experimental aplicado fue el de un diseño anidado de siete tratamientos con cuatro repeticiones para cada uno:

- T0: Testigo sin restos vegetales y sin fertirrigación.
- T1: Testigo convencional (fertirrigación).

- T2: Aplicación de restos vegetales de tomate infectados con *F. oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici* (Forl) (2,29 kg·m<sup>-2</sup>).
- T3: Mostaza (2,02 kg·m<sup>-2</sup>).
- T4: Rábanos (1,57 kg·m<sup>-2</sup>).
- T5: Biofence® (0,3 kg·m<sup>-2</sup>).
- T6: Restos de brócoli deshidratados (0,8 kg·m<sup>-2</sup>).
- T7: Biofence® (0,3 kg·m<sup>-2</sup>) + fertirriego.

La disposición de los tratamientos se hizo de la siguiente forma, en cada zona de cada tratamiento se tomaron 6 líneas sencillas de cultivo, de las cuales 2 no se utilizaron para la toma de datos por evitar el solape en los resultados de los tratamientos contiguos (efecto borde), por lo que solo obtuvimos resultados de las 4 líneas interiores que representaban las repeticiones denominadas R1, R2, R3 y R4. Cada tratamiento contó con una superficie total de 120 m<sup>2</sup>. La disposición de los tratamientos y la morfología del invernadero se muestran a continuación en la siguiente figura (ilustración 16).

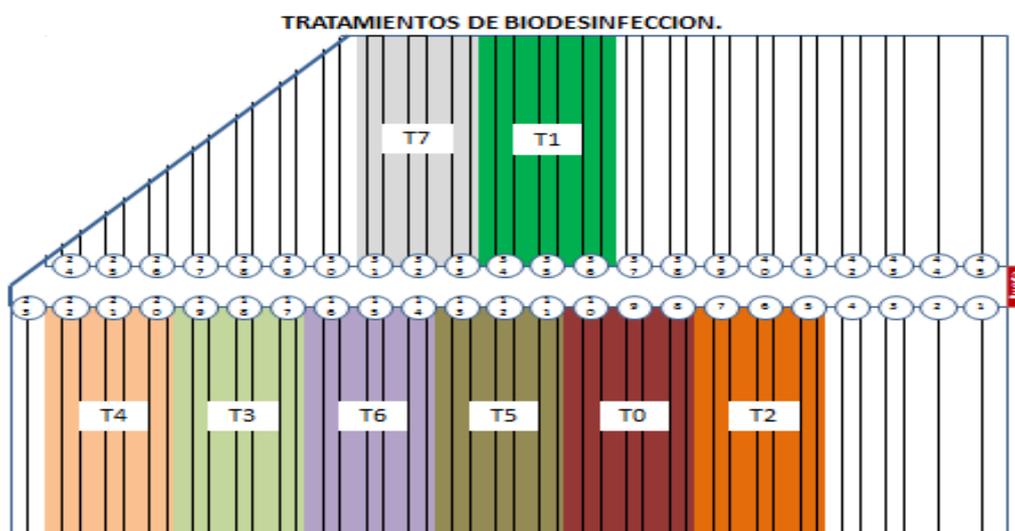


Figura 16. Esquema del dispositivo experimental.

## 4.5 Desarrollo del ciclo de producción.

### 4.5.1 Material vegetal.

Para el desarrollo de nuestro ensayo ha sido implantado un cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) tipo rama cv. Pitenza (Enza Zaden). Esta variedad está definida según la empresa productora como una planta abierta y vigorosa, con buen comportamiento frente al frío y producción en ramos perfectos y sueltos, de textura extraordinariamente firme, los frutos presentan un color rojo intenso y es resistente a HR: ToMV/Va/Vd/Fol: 0,1, el trasplante en Almería aconseja la empresa suministradora que se realice entre Agosto y Septiembre.

## **4.5.2 Manejo de cultivo.**

### **4.5.2.1 Ciclo de cultivo.**

El ciclo del ensayo fue un ciclo corto de producción, en el cual los trabajos de preparación del suelo comenzaron en el mes de junio de 2014 y terminaron en el mes de febrero de 2015 con la última cosecha. En el mes de junio de 2014 las semillas del cultivar a emplear fueron llevadas al semillero para que estuviesen preparadas en septiembre (04/09/2014), fecha de su trasplante en el invernadero del ensayo. El cultivo fue desarrollándose y cosechándose hasta febrero donde con la última cosecha se descolgó y finalizó el ciclo de ese año.

### **4.5.2.2 Trasplante.**

El trasplante se realizó 30-35 días después de la siembra en semillero, se trasplanto el día 4 de Septiembre de 2014. Y para su desarrollo fue necesario retirar los plásticos del suelo 4 días antes del trasplante. Primeramente, se realizó un pase de rotovator solo en las líneas de cultivo, y se dio un riego de 1 hora, y 24 horas antes del trasplante se procedió a realizar los agujeros donde las plantas iban a ser establecidas a densidad de población de 2 plantas·m<sup>-2</sup>. Posterior al trasplante se dio un riego de media hora durante los siguientes 3 días, para después dejar las plantas sin riego por 10 días para forzarla a desarrollar raíces.

### **4.5.2.3 Destallado.**

Esta práctica consiste en eliminar los brotes axilares para un mejor crecimiento del tallo principal, y se realizó tantas veces como fue necesario para evitar el desvío de fotoasimilados a partes sin interés para la explotación. Se tuvo cuidado en el proceso de corte con las heridas producidas haciéndolas lo más limpias posible y cercanas al tallo para evitar infecciones por hongos como *Botrytis cinérea*.

### **4.5.2.4 Entutorado.**

Practica esencial para mantener la planta erguida, esto ayuda a que los frutos no estén en contacto con el suelo, la planta tenga una mayor aireación, mayor captación de radiación, la recolección sea más rápida y podamos manejar mejor la planta, disminuyendo el riesgo de enfermedades.

En nuestro ensayo esta práctica se realizó con rafia negra, se anudaba a la base de la planta y se la guiaba por el tallo principal hasta la percha, la cual permitía soportar el crecimiento de la planta hasta su despunte.

### **4.5.2.5 Polinización**

Cuando comenzó la floración y las flores disponían de suficiente polen se introdujo una colmena de abejorros comerciales de *Bombus terrestris* (polibiol), de unos 60-80 individuos por

colmena. El tiempo útil de esta colmena variaba entre las 6 y 8 semanas tiempo suficiente para nuestro cultivo.

#### 4.5.2.6 Deshojado/despunte

A lo largo del ciclo de cultivo, cuando la planta iba produciendo tomates se iban realizando un deshojado para una maduración más rápida, quitando las hojas más viejas y proporcionándole a la planta una mayor aireación y mejor captación de radiación para los frutos, para tener así una mejor calidad (figura 17).

El despunte de la planta se produjo el 22 de diciembre del 2014. Con esto se pretendía que la planta no crezca más en altura y que los ramilletes planificados para el fin del cultivo tengan un buen calibre (figura 18).



Figura 17. Plantas deshojadas y maduración de frutos.



Figura 18. Despunte y gran deshojado.

#### 4.5.2.7 Descripción de los riegos.

El sistema de riego utilizado en nuestro ensayo fue por goteo, presentando cada tablar 44 ramales porta goteros (21 líneas dobles y dos líneas extra en los extremos), y cada uno de los ramales 40 goteros haciendo un total de 1750 unidades ( $2 \text{ goteros} \cdot \text{m}^{-2}$ ). La separación entre pares de líneas fue de 1,5 m. y dentro de los pares de líneas los goteros se distribuyen a 0,5 m dentro de su misma línea y 0,8 m entre pares de líneas. Cada uno de estos goteros tiene un caudal de  $3 \text{ l} \cdot \text{h}^{-1}$ .

#### 4.5.2.7.1 Riegos y fertilización.

Los riegos se realizaron divididos para cada uno de los tablares ya que cada uno tuvo riegos específicos. Comenzando por la zona norte la fertilización mineral empleada que se realizó fue utilizando como base una nutrición con 8 mM de  $\text{NO}_3^-$ , 2,5 mM de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , 2,5 mM de  $\text{SO}_4^{2-}$ , 5 mM de  $\text{K}^+$ , 4 mM de  $\text{Ca}^{+2}$ , 2 mM  $\text{Mg}^{+2}$ , y microelementos aumentando la conductividad eléctrica gradualmente hasta alcanzar una máxima para el cultivo de  $2,7 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ . Para poder suministrar esos aportes fueron utilizados los siguientes fertilizantes químicos, mostrando la cantidad utilizada de los mismos en nuestro ciclo corto de tomate por metro cuadrado (tabla 3).

Tabla 3. Nutrición total empleada en fertirriego.

Fertilizante	$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$	$\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$
$\text{MgSO}_4$	62,105	621,047
$\text{K}_2\text{SO}_4$	31,052	310,524
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	93,799	937,989
Micros	1,876	18,760
$\text{KNO}_3$	47,837	478,374
$\text{H}_3\text{PO}_4$	15,107	151,066

Estas cantidades fueron distribuidas en diferentes riegos modificando las concentraciones de cada uno en función de los estados nutricionales demandados por el cultivo. Al comiendo del cultivo y durante 22 días después del trasplante se realizaron aportes solo de agua a ambos tablares, una vez pasados estos días a la zona norte se le hicieron aportes diarios de 20 minutos cada uno demandando un gasto total al final del ciclo de  $120,25 \text{ l}\cdot\text{planta}^{-1}$ . A lo largo de estos aportes la conductividad de la solución fue aumentando desde valores de  $0,5 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ,  $2,2 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$  y  $2,4 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$  logrando una conductividad final de  $2,7 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$  tomando en cuenta la propia conductividad del agua de riego.

En el tablar sur los aportes nutricionales fueron aportados por la materia orgánica por lo que no hizo falta aportes minerales químicos. El riego fue suministrado tres veces en semana 20 minutos de riego cada vez, por lo que el cultivo demandó para la zona sur en la totalidad del ciclo  $67,50 \text{ l}\cdot\text{planta}^{-1}$ . La conductividad del agua de riego fue constante mostrando un valor de  $0,3 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ .

#### 4.5.2.8 Tratamientos fitosanitarios

A lo largo del ensayo se tuvo que combatir el ataque de mancha gris (*Botrytis cinerea*) aunque las condiciones climáticas predominantes en el ciclo no permitieron un desarrollo de la enfermedad que pudiera tener connotaciones negativas sobre la producción. Además hubo presencia de oídio (*Leveiulla taurica*) que trató de controlarse con aplicaciones tanto de azufre espolvoreado como mojable pero que dada las condiciones secas que predominaron no se pudo realizar un control total de la enfermedad aunque tampoco fue apreciado una disminución en el rendimiento de las plantas, no hizo falta realizar ninguna otra intervención ni foliar ni sobre el suelo.

Respecto a las plagas, se observó la presencia de *Aeculops lycopersici* (*Vasates* o ácaro bronceador) sobre los meses de diciembre-enero y que se controló con la aplicación de azufre espolvoreado sobre la zona infectada. Se apreció ligera presencia de mosca blanca, pero no llegó a constituir un serio problema para la plantación ya que se realizó un control de la población mediante lucha biológica con *Nesidiocoris tenuis* el cual fue aplicado desde el semillero, siendo esa la única liberación realizada. A pesar de la baja población de mosca blanca se tuvo un pequeño foco de plantas afectadas por el virus de la cuchara (TYLCV) que no representó más del 0,5% de la población y que dicho problema se presentó cuando las plantas prácticamente tenían la producción realizada por lo que no afectó su rendimiento.

#### 4.5.2.9 Recolección

La recolección se hizo de forma manual y de forma unitaria, no se cogió en ningún momento ramilletes de tomate. Fue todo destinado a tomate suelto.

Las fechas de recolección a lo largo del ciclo fueron las siguientes (tabla4):

Tabla 4. Número de cosechas y fechas después del trasplante.

Cosecha	Fecha	DDT
1ª	11/12/2014	(98 DDT)
2ª	17/12/2014	(104 DDT)
3ª	23/12/2014	(110 DDT)
4ª	08/01/2015	(126DDT)
5ª	25/01/2015	(143 DDT)
6ª	04/02/2015	(153 DDT)
7ª	19/02/2015	(168 DDT)

\*DDT= días después del trasplante.

#### 4.5.2.10 Fin de cultivo

El ciclo de cultivo se dio por terminado el día 19/02/2015 (168 DDT) arrancando las plantas. Los restos de material vegetal se dejaron en el pasillo del invernadero varios días para su deshidratación y posteriormente se trituraron y se incorporaron al suelo, realizando un aporte de materia orgánica para el siguiente ciclo de cultivo.

#### 4.6 Parámetros a evaluar. Producción.

Las medidas de producción que se han llevado a cabo han sido un total de 7, siendo la primera cosecha el 11 de diciembre de 2014 (98 DDT), y la última el 19 de febrero de 2014 (168 DDT). Se estudió la producción total ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ) de los frutos de cada tratamiento y cosecha. Se pesó con una balanza electrónica de 0,01 kg de precisión, obteniendo la producción total como la suma de las producciones parciales comerciales. El peso medio del fruto comercial se obtuvo de pesar 10 frutos comerciales seleccionados al azar.

El criterio designado para delimitar la producción no comercial fue separar de la producción comercial todos aquellos frutos que debido a una fisiopatía o daño mecánico que mostraba no eran apropiados para su comercialización.



Figura 19. Cosecha de un tratamiento.

#### **4.6.1 Producción por unidad de superficie.**

La producción por unidad de superficie fue tomada de la siguiente manera: se cosechó cada una de las repeticiones de los tratamientos por independiente, y cada cosecha se dejó delante de su línea. Seguidamente se pesó cada una de las cajas descontando el peso de la misma en una balanza electrónica y se sumaron cada producción con las de su misma línea. Se obtuvo así el peso total de la producción por superficie en cada repetición de cada tratamiento en una cosecha. Este procedimiento se repitió en cada cosecha realizada.

La producción acumulada es la suma de cada una de las cosechas realizadas a lo largo del cultivo.

#### **4.6.2 Peso por fruto.**

Esta medida se realiza una vez que se han recogido toda la producción de cada repetición, midiendo el peso de 10 frutos cogidos aleatoriamente y pesados en bolsas anotando tratamiento y repetición.

#### **4.7 Análisis de datos**

Se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) mediante el test de mínimas diferencias significativas (LSD) con un nivel de confianza del 95% para comparar los parámetros de producción de los distintos tratamientos durante las recolecciones, utilizando el programa estadísticos Statgraphics Centurion XVI.

# **RESULTADOS**

## 5 Resultados y discusión.

### 5.1 Resultados.

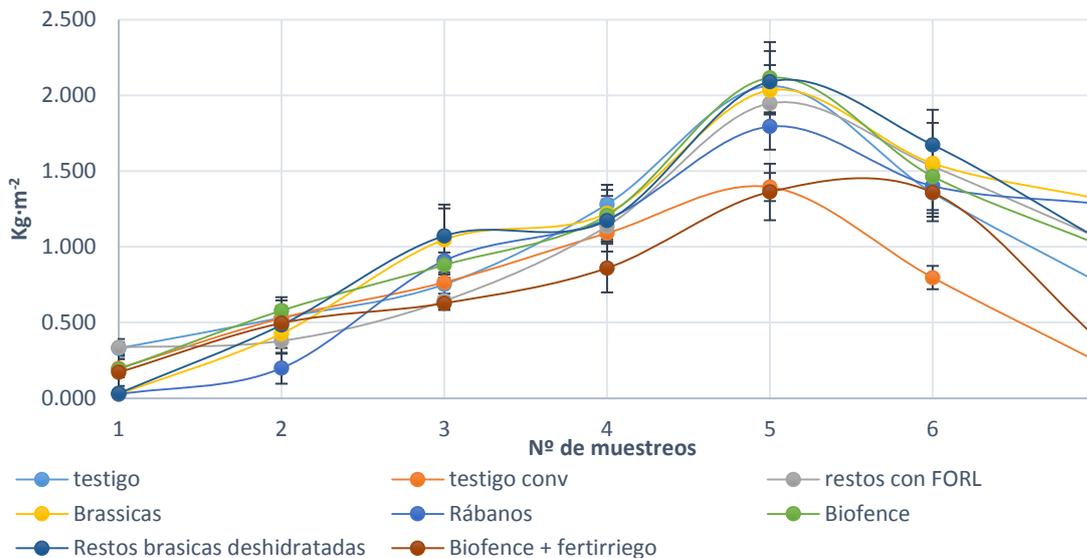
#### 5.1.1 Producción por unidad de superficie

En la tabla 5 y la gráfica 2 se resumen los resultados obtenidos en las diversas cosechas en el ciclo de producción. Realizando una interpretación de los resultados se pudo observar como la dinámica de los tratamientos es similar a lo largo de todo el ciclo de cultivo, pero se puede resaltar que en las cosechas 5 y 7 se presentaron diferencias estadísticamente significativas, donde se observó como en la cosecha 5 se generaron dos grupos entre los tratamientos empleados: los fertirrigados frente a los abonados con enmiendas orgánicas, siendo el testigo (T0) superior al fertirriego. Los tratamientos de testigo convencional (T1) y fertirriego + biofence® (T7) caen en su producción por debajo del resto. Estas diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos nos aportan datos que no se aprecian en la producción acumulada (gráfico 3), los cuales se diluyen cuando se realiza el respectivo análisis, donde se observó que durante la quinta cosecha no hubo diferencias marcadas. Sin embargo, estas diferencias si lo fueron en la última cosecha pudiendo apreciarse que en los tratamientos del testigo convencional (T1) y fertirriego + biofence® (T7) llegaron a diferir  $1 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  (tabla 5) lo que se tradujo en una diferencia acumulada de  $2,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  de producción en comparación a los demás tratamientos con enmiendas orgánicas en el suelo (tabla 6).

Finalmente es necesario resaltar el comportamiento productivo del testigo absoluto (T0) donde no hubo aplicación de fertirriego ni enmiendas orgánicas y sin embargo terminó agrupado junto con los tratamientos donde se ensayaron diversas materias orgánicas. Esta situación podría ser explicado con las prácticas realizadas en el primer año de cultivo ya que fueron aplicados restos de plantas de tomate y calabacín más gallinaza en dicha zona (Merlo Valverde, 2015).

Autores como Agüero González (2003), Ruíz Morante (2005), Martínez Ocaña (2006) y Vargas Vargas (2013) que están citados en la introducción no siguen este tipo de resultados ya que ellos no encontraron diferencias entre sus testigos sin materia orgánica y las diversas enmiendas que utilizan. También es cierto que ellos siguen una fertilización con abono de síntesis pese a que utilizan materia orgánica mientras que nuestros resultados (tabla 5) se obtuvieron sin aplicar dichos abonos de síntesis.

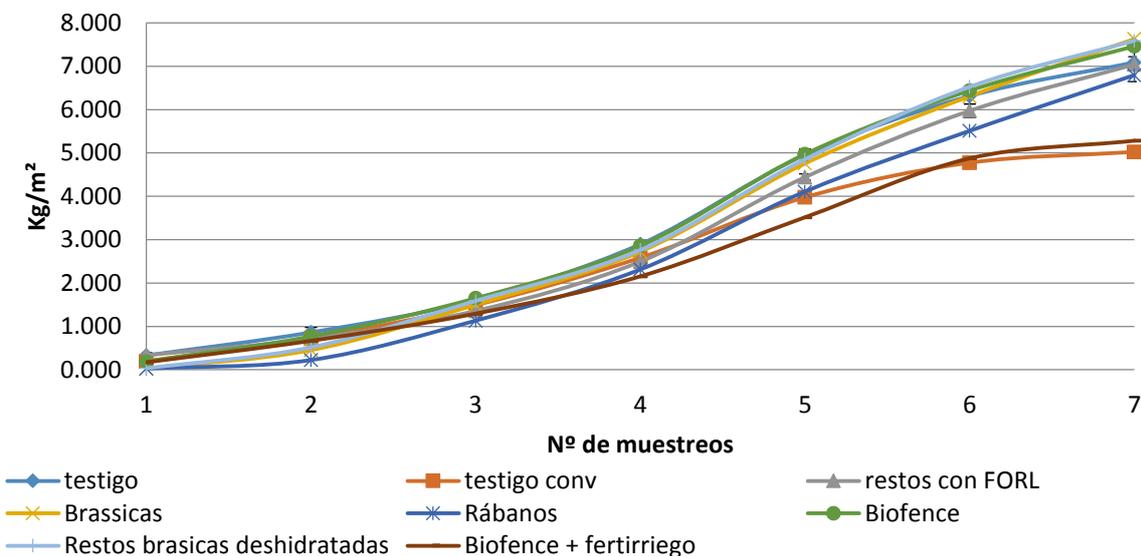
### Producción por unidad de superficie



Gráfica 2. Producción por unidad de superficie y cosecha a lo largo del ciclo de cultivo en un tomate cv Pitenza.

Testigo (sin enmienda orgánica ni fertirriego), Testigo convencional (fertirrigado), restos vegetales FORL (2,29 kg·m<sup>-2</sup>), Rábano (1,57 kg·m<sup>-2</sup> de materia fresca), Mostaza (2,02 kg·m<sup>-2</sup> de materia fresca), Biofence® (0,3 kg·m<sup>-2</sup>), Brócoli deshidratado (0,8 kg·m<sup>-2</sup>), Biofence® + fertirriego (0,3 kg·m<sup>-2</sup>+ fertirriego).

### Producción acumulada



Gráfica 3 Producción acumulada por unidad de superficie y cosecha a lo largo del ciclo de cultivo en un tomate cv Pitenza.

Testigo (sin enmienda orgánica ni fertirriego), Testigo convencional (fertirrigado), restos vegetales FORL (2,29 kg·m<sup>-2</sup>), Rábano (1,57 kg·m<sup>-2</sup> de materia fresca), Mostaza (2,02 kg·m<sup>-2</sup> de materia fresca), Biofence® (0,3 kg·m<sup>-2</sup>), Brócoli deshidratado (0,8 kg·m<sup>-2</sup>), Biofence® + fertirriego (0,3 kg·m<sup>-2</sup>+ fertirriego).

Evaluación de la adición de diferentes materias orgánicas mediante la técnica de biosolarización sobre producción de tomate.

**Tabla 5. Producción de cada tratamiento en cada cosecha (kg·m<sup>-2</sup>) en cultivo de tomate cv Pitenza.**

Cosecha	DDT	Testigo		Testigo convencional		Restos vegetales FORL		Mostaza		Rábano		Biofence®		Restos de brócoli deshidratado		Biofence® + fertirriego		P. valor
1	98	0.330±0.040	a	0.198±0.060	b	0.336±0.057	a	0.027±0.025	c	0.026±0.020	c	0.198±0.129	b	0.033±0.021	c	0.171±0.089	b	0,000
2	104	0.531±0.114	ab	0.529±0.079	ab	0.379±0.047	c	0.427±0.132	bc	0.199±0.102	d	0.579±0.088	a	0.484±0.122	abc	0.496±0.074	abc	0,004
3	110	0.752±0.081	b	0.765±0.118	b	0.644±0.048	b	1.074±0.195	a	1.105±0,402	a	0.88±0.084	ab	1,073±0.182	a	0.627±0.044	b	0,002
4	126	1.281±0.054	a	1.090±0.060	a	1.136±0.101	a	1.222±0.188	a	1.181±0.132	a	1.209±0.083	a	1.173±0.203	a	0,859±0.159	b	0,007
5	143	2.062±0.139	a	1.395±0.093	c	1.948±0.074	ab	2.035±0.078	a	1,795±0.154	b	2,115±0.237	a	2,091±0.203	a	1,363±0.186	c	0,000
6	153	1.357±0.186	b	0.797±0.077	c	1.531±0.156	ab	1.551±0.353	ab	1,402±0.157	b	1,466±0,091	ab	1.673±0.145	a	1.359±0.136	b	0,000
7	168	0.776±0.130	b	0.250±0.084	c	1.069±0.394	ab	1.321±0.329	a	1,286±0.117	a	1,022±0.235	ab	1,064±0.244	ab	0,407±0,272	c	0,000

Testigo (sin enmienda orgánica ni fertirriego), Testigo convencional (fertirrigado), restos vegetales FORL (2,29 kg·m<sup>-2</sup>), Rábano (1,57 kg·m<sup>-2</sup>de materia fresca), Mostaza (2,02 kg·m<sup>-2</sup>de materia fresca), Biofence® (0,3 kg·m<sup>-2</sup>), Brócoli deshidratado (0,8 kg·m<sup>-2</sup>), Biofence® + fertirriego (0,3 kg·m<sup>-2</sup>+ fertirriego).

Test de mínimas diferencias significativas. Valores numéricos seguidos de distinta letra denotan significación estadística para P.valor<0,05.

**Tabla 6. Producción de cada tratamiento en cada cosecha (kg·m<sup>-2</sup>) en cultivo de tomate cv Pitenza.**

Cosecha	DDT	Testigo		Testigo convencional		Restos vegetales con Forl		Mostaza		Rábanos		Biofence®		Restos de brócoli deshidratado		Biofence® + fertirriego		P. valor
1	98	0,330±0,040	a	0,198±0,060	b	0,336±0,057	a	0,027±0,025	c	0,026±0,020	c	0,191±0,129	b	0,033±0,221	c	0,171±0,090	b	0,000
2	104	0,862±0,100	a	0,727±0,135	a	0,715±0,088	a	0,454±0,142	c	0,224±0,118	d	0,770±0,194	a	0,517±0,105	bc	0,668±0,157	ab	0,000
3	110	1,614±0,130	a	1,492±0,233	a	1,358±0,097	a	1,527±0,177	a	1,329±0,452	a	1,650±0,118	a	1,589±0,145	a	1,295±0,149	a	0,177
4	126	2,895±0,138	a	2,583±0,271	ab	2,494±0,119	bc	2,749±0,266	ab	2,510±0,454	bc	2,858±0,127	ab	2,762±0,213	ab	2,155±0,292	c	0,009
5	143	4,957±0,199	a	3,978±0,362	de	4,442±0,185	bcd	4,784±0,313	abc	4,305±0,458	cd	4,973±0,219	a	4,853±0,359	ab	3,517±0,465	e	0,000
6	153	6,313±0,372	ab	4,775±0,376	c	5,973±0,332	ab	6,335±0,552	ab	5,706±0,510	b	6,439±0,258	a	6,526±0,426	a	4,876±0,561	c	0,000
7	168	7,089±0,353	a	5,024±0,341	b	7,042±0,701	a	7,656±0,793	a	6,993±0,585	a	7,461±0,381	a	7,591±0,402	a	5,283±0,452	b	0,000

Testigo (sin enmienda orgánica ni fertirriego), Testigo convencional (fertirrigado), restos vegetales FORL (2,29 kg·m<sup>-2</sup>), Rábano (1,57 kg·m<sup>-2</sup>de materia fresca), Mostaza (2,02 kg·m<sup>-2</sup>de materia fresca), Biofence® (0,3 kg·m<sup>-2</sup>), Brócoli deshidratado (0,8 kg·m<sup>-2</sup>), Biofence® + fertirriego (0,3 kg·m<sup>-2</sup>+ fertirriego).

Test de mínimas diferencias significativas. Valores numéricos seguidos de distinta letra denotan significación estadística para P.valor<0,05.

### 5.1.2 Peso por fruto.

Los resultados mostrados en la gráfica 3 y tabla 7 resumen el comportamiento de los diversos tratamientos, donde se aprecian una regularidad en el peso de los frutos a lo largo del ciclo de producción para los tratamientos fertirrigados (T1 y T7). Sin embargo para los tratamientos con brásicas ya sean restos de brócoli deshidratados (T5) o biofence® (T6) se apreció una caída del peso en la cosecha 3 a lo cual no encontramos explicación alguna, como tampoco podemos explicar el comportamiento que presentan las cosecha 3 y 4 donde se observó incrementos en el peso de fruto al aplicar rábano (T3) como enmienda. Finalmente, en la última cosecha se pudo apreciar un descenso conjunto del peso de los frutos para todos los tratamientos, diferenciándose el tratamiento con restos de plantas con FORL (T2) donde el efecto fue menos acusado.

Estas tendencias observadas difieren en su comportamiento a los valores expresados por distintos autores como Agüero (2003), Ruíz (2005), Martínez (2006), Vargas (2013) y Merlo (2015) donde la aplicación de diversas materias orgánicas y/o fertirriego no afectó el comportamiento en el peso de los frutos, aunque la tendencia a disminuir los pesos de forma general es un comportamiento que si se observaron. Dicho comportamiento pudo ser debido al agotamiento de la materia orgánica disponible para nutrir al cultivo o a la pérdida del potencial productivo de la propia planta debido al envejecimiento de las mismas.

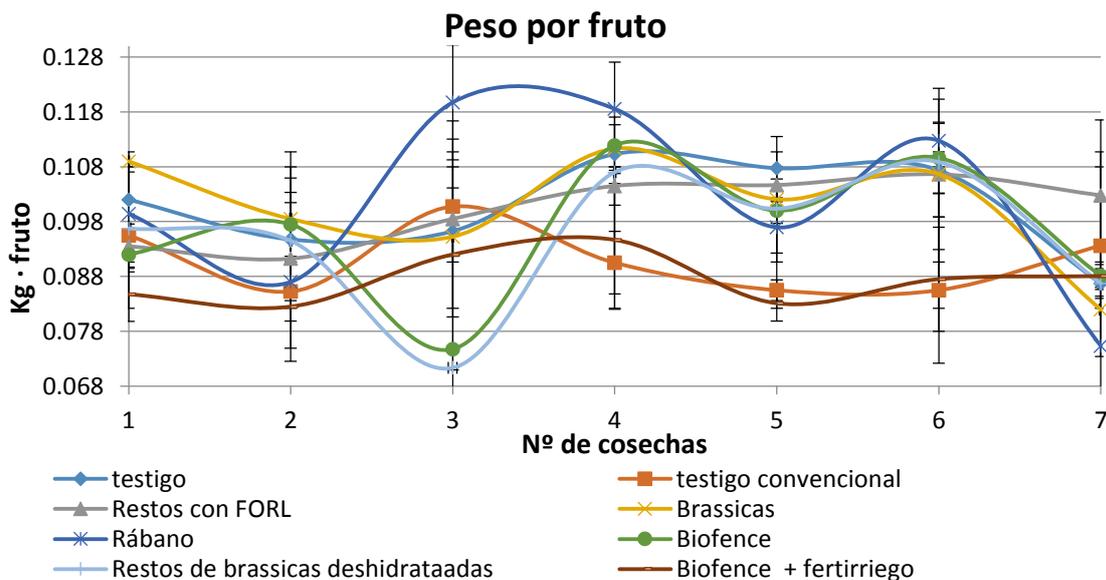


Gráfico 4. Peso por fruto y cosecha a lo largo del ciclo de cultivo en un tomate cv Pitenza

Testigo (sin enmienda orgánica ni fertirriego), Testigo convencional (fertirrigado), restos vegetales FORL (2,29 kg·m<sup>-2</sup>), Rábano (1,57 kg·m<sup>-2</sup> de materia fresca), Mostaza (2,02 kg·m<sup>-2</sup> de materia fresca), Biofence® (0,3 kg·m<sup>-2</sup>), Brócoli deshidratado (0,8 kg·m<sup>-2</sup>), Biofence® + fertirriego (0,3 kg·m<sup>-2</sup>+ fertirriego).

Evaluación de la adición de diferentes materias orgánicas mediante la técnica de biosolarización sobre producción de tomate.

Tabla 7. Peso por fruto (kg·m<sup>-2</sup>) en cada cosecha en cultivo de tomate cv Pitenza.

Cosecha	DDT	Testigo		Testigo convencional		Restos vegetales FORL		Mostaza		Rábano		Biofence®		Restos brócoli deshidratada		Biofence® + fertirrigación		P. valor
1	98	0.102±0.006	a	0.096±0.004	a	0.094±0.004	a	0.109±0.005	a	0.099±0.008	a	0.092±0.003	a	0.097±0.012	a	0.085±0.005	a	0,153
2	104	0.095±0.011	a	0.085±0.005	a	0.091±0.006	a	0.099±0.006	a	0.087±0.014	a	0.098±0.006	a	0.095±0.006	a	0.083±0.008	a	0,105
3	110	0.096±0.005	abcd	0.101±0.003	ab	0.099±0.018	abc	0.095±0.005	bcd	0.120±0.010	a	0.075±0.023	cd	0.071±0.027	d	0.092±0.021	bcd	0,020
4	126	0.110±0.005	ab	0.090±0.006	d	0.105±0.003	bc	0.111±0.013	ab	0.119±0.009	a	0.112±0.005	ab	0.107±0.007	ab	0.095±0.013	cd	0,001
5	143	0.108±0.006	a	0.085±0.002	d	0.105±0.001	ab	0.102±0.003	bc	0.097±0.005	c	0.100±0.002	bc	0.100±0.004	bc	0.083±0.003	d	0,000
6	153	0.107±0.009	a	0.086±0.013	b	0.107±0.014	a	0.107±0.007	a	0.113±0.010	a	0.110±0.007	a	0.109±0.012	a	0.088±0.009	b	0,004
7	168	0.087±0.003	a	0.094±0.008	a	0.103±0.014	a	0.082±0.008	a	0.075±0.009	a	0.088±0.002	a	0.087±0.017	a	0.088±0.015	a	0,080

Testigo (sin enmienda orgánica ni fertirriego), Testigo convencional (fertirrigado), restos vegetales FORL (2,29 kg·m<sup>-2</sup>), Rábano (1,57 kg·m<sup>-2</sup>de materia fresca), Mostaza (2,02 kg·m<sup>-2</sup>de materia fresca), Biofence® (0,3 kg·m<sup>-2</sup>), Brócoli deshidratado (0,8 kg·m<sup>-2</sup>), Biofence® + fertirriego (0,3 kg·m<sup>-2</sup>+ fertirriego).

Test de mínimas diferencias significativas. Valores numéricos seguidos de distinta letra denotan significación estadística para P.valor<0,05.

### 5.1.3 Aproximación comparativa de costes.

Para la evaluación de los costes que ha conllevado la realización de cada uno de los tratamientos se han manejado la siguiente lista de precios de cada uno de los insumos diferenciando para cada tratamiento los agentes utilizados (tabla8). Los datos que vamos a manejar para cada tratamiento han sido extrapolados a una hectárea para una mejor comparación ente ellos.

Tabla 8. Tabla de precios utilizados para el cálculo de los gastos en (€·m<sup>2</sup>).

Concepto	Precio	
Agua	0,43	€/m <sup>3</sup>
Fertilizantes	1496	€/ha
Tractor	55,00	€/h
Eliminación de restos	900,00	€/ha
Semillas de rábano	80,00	€/saco 7,5 kg
Semillas de mostaza	80,00	€/saco 7,5 kg
Carilla / rotovator	5,00	€/h

Los datos referentes a los tratamientos de brócoli deshidratado y restos de plantas de tomate con FORL no han sido incluidos como gasto puesto que en el mercado no se encuentran estas materias para la venta y no ha sido posible su comparación provocando que estos tratamientos obtengan un menor coste sin poder atribuirle el de las materias utilizadas. Los costes comunes a los dos tipos de manejos no han sido tomados en cuenta.

A continuación se expondrá que conceptos se tomaron en cuenta para el cálculo del gasto en cada tratamiento:

- Testigo: tractor, riego y eliminación de restos.
- Testigo convencional: riego, fertilizante, eliminación de restos y tractor.
- Restos con FORL: riego, tractor y carillas.
- Mostaza: riego, tractor, carillas, semillas y riego específico.
- Rábano: riego, tractor, carillas, semillas y riego específico.
- Biofence®: riego, tractor, biofence® y rotovator.
- Restos de brócoli deshidratado: riego, tractor y carillas.
- Biofence® + fertirriego: riego, fertilizante, eliminación de restos, tractor y biofence®.

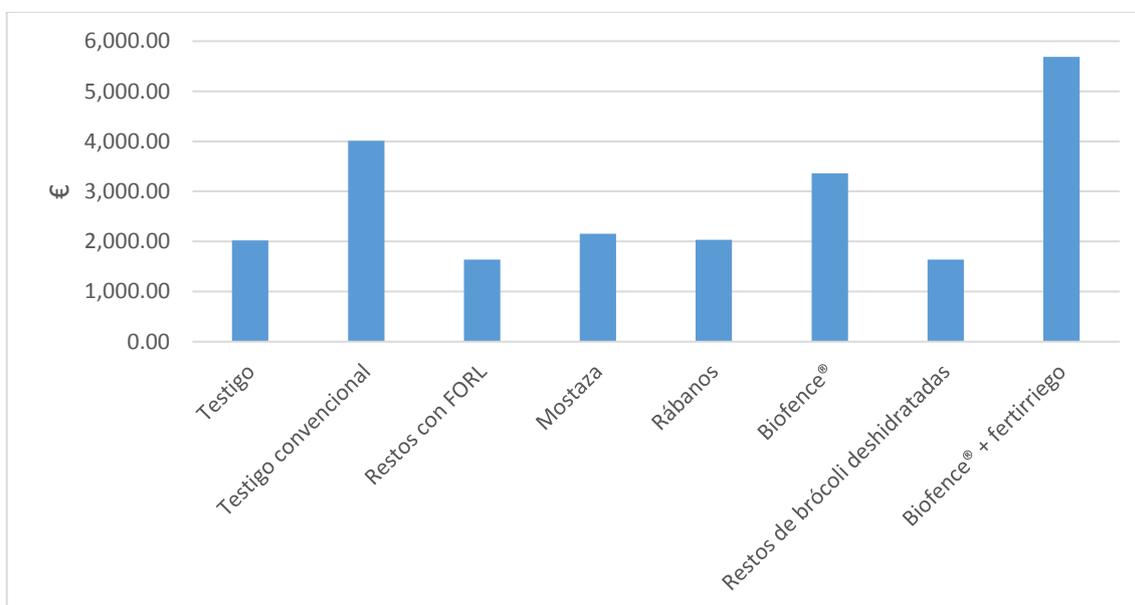
Los datos de los costes de cada tratamiento en una hectárea queda representada en la siguiente tabla (tabla 9) y gráfica (grafica5):

**Tabla 9. Tabla de costes económico referenciados a una hectárea para cada tratamiento aplicado por ciclo corto de producción (€).**

	Testigo	Testigo convencional	Restos con FORL	Mostaza	Rábanos	Biofence®	Restos de brócoli deshidratadas	Biofence® + fertirriego
Gasto(€)	2.020,75	4.009,56	1.641,58	2.155,08	2.033,78	3.360,28	1.641,58	5.689,56

Testigo (sin enmienda orgánica ni fertirriego), Testigo convencional (fertirrigado), restos vegetales FORL (2,29 kg/m<sup>2</sup> de materia fresca), Rábano (1,57 kg/m<sup>2</sup> de materia fresca), Mostaza (2,02 kg/m<sup>2</sup> de materia fresca), Biofence® (0,3 kg/m<sup>2</sup>), Brócoli deshidratado (0,8 kg/m<sup>2</sup>), Biofence® + fertirriego (0,3 kg/m<sup>2</sup> + fertirriego).

**Gráfico 5. Gráfica de costes económico de cada uno de los tratamientos (€).**



Se puede apreciar como los tratamientos de la zona enmendada son todos económicamente inferiores al testigo convencional sea cual sea la materia ensayada. Los tratamientos que menor coste han obtenido son los enmendados con plantas infectadas con *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* y con restos de brócoli deshidratado, debido a que no se ha encontrado un coste para estas materias en el mercado, en concreto el brócoli deshidratado fue un material vegetal donado gratuitamente para ensayar. Después de estos tratamientos el siguiente a prestar atención será el tratamiento testigo, que sin hacer ninguna aplicación de una materia su coste aumenta a causa del elevado precio de la retirada de restos de cosecha impidiendo que tome un valor más bajo aun si haber hecho aplicación ni de fertirriego ni materia orgánica. Los tratamientos de mostaza y rábano aun teniendo que cultivar las plantas, in situ, para su ensayo, también obtuvieron valores inferiores a un fertirriego convencional. El tratamiento con biofence también obtuvo valores inferiores a un fertirriego siendo esta materia con el coste más elevado del ensayo.

Seguidos a los tratamientos enmendados quedan los tratamientos fertirrigados, mostrando unos valores de costes superiores al resto y si además miramos la combinación de fertirriego con biofence podemos ver como el coste se dispara.

#### **5.1.4 Expresión de la fusariosis del cuello de las raíces de tomate.**

A lo largo de todo el cultivo no se expresó la enfermedad que causa *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*. Estos resultados son comparables a los obtenidos por Merlo (2015) en el mismo invernadero en la campaña 2013-2014.

# **CONCLUSIONES**

## 6 Conclusiones:

Ante la coherencia de los resultados obtenidos podemos extraer las siguientes conclusiones:

1. Todas las materias orgánicas utilizadas incrementan la producción (peso por unidad de superficie y peso acumulado) frente al fertirriego.
2. En lo que concierne al ahorro obtenido en este ensayo cabe destacar os aspectos:
  - a. El ahorro en el agua de riego que pasa de utilizar 120,25 l·planta<sup>-1</sup> en fertirriego sea o no con biofence® (*Brassica carinata*) a 67,50 l·planta<sup>-1</sup> en los tratamientos con materia orgánica lo cual supone un ahorro de 453,65 € para una hectárea.
  - b. El gasto de fertilizante en el fertirriego ha sido de 2517,76 kg·ha<sup>-1</sup> en un ciclo corto de tomate que se traduce entorno a los 1500€.
3. El control de *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* fue completo.

# **BIBLIOGRAFÍA**

## 7 Bibliografía.

- Agüero 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.102pp.
- Cajamar, 2012. <http://www.fundacioncajamar.es/es/comun/>
- F.A.O. 2012. <http://www.fao.org/home/en/>
- García Ruiz A., Tello Marquina J.C., Avilés Guerrero M., Ordovás Ascaso J., 2009. Fusariosis vascular del clavel. Ed. Ediciones Agrotecnicas. Madrid. 275pp.
- Guerrero M.M., Guirado P., Lacasa A., Ros C., Torres J., Martínez M.C., Ocina M., Bielza P., Contreras J. 2004a. La mezcla de dicloropropeno y cloropicrina, una alternativa al bromuro de metilo en la desinfección de suelo para 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), 99-128.
- Guerrero M.M., Lacasa A., Ros C., Bello A., Martínez M.C., Torres J., Fernandez P., 2004b. Efecto de la biofumigación con solarización sobre los hongos del suelo y la producción: fechas de desinfección y enmiendas. 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), 209-238.
- Guerrero M.M., Lacasa A., Ros C., Martínez M.C., López J.A. Guirado P., Bello A., Torres J., González A., 2004c. 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.
- Guerrero M.M., Ros C., Martínez M.A., Barceló N., Martínez M.C., Guirado P., Bello A., Contreras J., Lacasa A. 2004d. estabilidad en la eficacia desinfectante de la biofumigación con la solarización en cultivos de pimiento. Actas de horticultura, 42, 20-32.
- Guerrero M.M., Ros C., Martínez M.A., Torres J., Martínez M.C., Bielza P., Contreras J., Lacasa A. 2006. Uso reiterado de 1-3 dicloropropeno y cloropicrina en la desinfección de suelos de invernadero de pimiento. In: XIII Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología. Murcia, 18-22 de Septiembre. Libro de Resúmenes y Ponencias, 352.

- Guerrero M.M., Lacasa C.M., Ros C., Martínez V., Fenoll J., Torres J., Beltrán C., Fernandez P., Bello A., Lacasa A. 2009. "Pellets" de brásicas como enmiendas para biosolarización de invernaderos de pimiento. *Actas de Horticultura*, 54,424-429.
- Guerrero M.M., Ros C., Lacasa C.M., Martínez V., Lacasa A., Fernandez P., Martinez M.A., Núñez-Zofío M., Laregla S., Díez-Rojo M.A., Bello A. 2010. Effect of biosolarization using pellets of *Brassica carinata* on soil-borne pathogens in protected pepper crops. *Acta Horticulturae*, 337-344
- Junta de Andalucía. 2011. <http://www.juntadeandalucia.es/index.html>
- Lacasa A., Guerrero M.M., Guirado P., Ros C. 2002. Alternatives to Methyl Bromide in sweet pepper crops in Spain. In; Batchelor T., Bolívar J.M. (Eds). *Proceedings of international Conference on Alternatives to Methyl Bromide*. European Commission, 172-177.
- Lacasa A., Guerrero M.M., Ocina M., Mora J.A., 2004. Desinfección de suelos en invernaderos de pimiento, vol. 16. Publicaciones Consejería de Medio Ambiente, Agricultura y Agua, Murcia (España), 355pp.
- Lacasa A., Guerrero M.M., Ros C., Martínez V., Lacasa A., Fernández P., Núñez-Zofío M., Larregla S., Martínez M.A., Díez-Rojo M.A., Bello A., 2010. Efficacy of biosolarization with sugar beet vinasses for soil desinfection in pepper greenhouses. *Acta horticulturae*, 833,345-352.
- Magrama. 2012. <http://www.magrama.gob.es/es/>
- Martínez 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. 97pp.
- Merlo 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. 155pp.
- Núñez-Zofío M., Garbisu C., Larregla S. 2010. Application of organic amendments followed by plastic mulching for the control of *Phytophthora* root rot of pepper in Northern Spain. *Acta Horticulturae*, 833, 345-360.
- 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. 305pp.

Evaluación de la adición de diferentes materias orgánicas mediante la técnica de biosolarización sobre producción de tomate.

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. 114pp.

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. 90pp.

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. 186pp.