



Universidad de Valladolid
Campus de Palencia

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍAS AGRARIAS**

MÁSTER EN INGENIERÍA AGRONÓMICA

Valoración de compost y vermicompost
de residuos de jardinería como
fitosanitarios en producción sostenible
de patata y tomate

Alumno/a: Ana Isabel González Hernández

Tutor/a: Fernando Manuel Alves Santos

Cotutor/a: Remedios Morales Corts

Septiembre de 2014



Copia para el tutor/a

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS
AGRARIAS
MÁSTER EN INGENIERÍA AGRONÓMICA



VALORACIÓN DE COMPOST Y VERMICOMPOST DE
RESIDUOS DE JARDINERÍA COMO
FITOSANITARIOS EN PRODUCCIÓN SOSTENIBLE
DE PATATA Y TOMATE

TRABAJO FIN DE MÁSTER

SEPTIEMBRE 2014

AUTORA:

Ana Isabel González Hernández.

TUTORES:

Fernando Manuel Alves Santos.
Remedios Morales Corts.

En primer lugar, quisiera agradecer a la **Dra. Remedios Morales Corts** y al **Dr. Fernando Manuel Alves Santos**, tutores de este Trabajo de Fin de Máster, el haber hecho posible la realización de este estudio gracias a su gran colaboración, apoyo e integración. Asimismo, agradecerles su trato cercano y la confianza depositada en mí para la elaboración del mismo.

También, mostrar mi total agradecimiento al **Área de Producción Vegetal de la Universidad de Salamanca** y **viveros “El Arca”** por permitirme el uso del material necesario para llevar a cabo la fase de análisis de datos y, la cordialidad con la que siempre se me ha tratado.

Finalmente, me gustaría dar las gracias a mi **familia** y **amigos**, en especial a mis padres que, a pesar de las circunstancias, me han animado y apoyado en todo momento.

DEDICATORIA

A la memoria de D. Andrés Hernández
Herrero y D. Tomás González Marcos.

ÍNDICE

1. RESUMEN.....	7
2. ANTECEDENTES.....	10
2.1. RESIDUOS ORGÁNICOS.....	11
2.1.1. Introducción	11
2.1.2. Definición y concepto de residuo	11
2.1.3. Situación actual en España.....	13
2.1.4. Tipos de residuos.....	13
2.1.5. Los procesos de compostaje y vermicompostaje. Compost y vermicompost	14
2.2. HONGOS FITOPATÓGENOS.....	20
2.2.1. <i>Fusarium oxysporum</i>	20
2.2.2. <i>Rhizoctonia solani</i>	22
2.2.3. <i>Phytophthora cactorum</i>	24
2.3. CULTIVOS	26
2.3.1. El cultivo del tomate.....	26
2.3.2. El cultivo de la patata.....	27
3. OBJETIVOS	30
3.1. OBJETIVOS	31
3.2. PLAN DE TRABAJO.....	31
4. MATERIAL Y MÉTODOS	32
4.1. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO.....	33
4.1.1. Determinación del pH.....	33
4.1.2. Determinación de la conductividad eléctrica (CE)	33
4.1.3. Determinación de fósforo asimilable	34
4.1.4. Determinación de potasio, calcio, nitrato, amonio, sulfato y magnesio asimilables.....	34
4.2. ENSAYOS DE SUPRESIÓN <i>IN VITRO</i>	36
4.2.1. Preparación de los extractos.....	36
4.2.2. Preparación del medio e inoculación del hongo	36
4.2.3. Tratamientos.....	37
4.2.4. Parámetros medidos.....	38
4.3. ENSAYOS DE SUPRESIÓN <i>IN VIVO</i>	40
4.3.1. Material vegetal.....	40

4.3.2. Preparación del experimento	43
4.3.3. Inoculación de los patógenos.....	44
4.3.4. Inoculación en las macetas	45
4.3.5. Instalaciones.....	46
4.3.6. Parámetros analizados	46
4.3.7. Análisis estadístico de los datos.	49
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
5.1. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS.....	52
5.1.1. pH.....	52
5.1.2. Conductividad eléctrica.....	52
5.1.3. Determinación de los nutrientes asimilables	53
5.2. ENSAYOS <i>IN VITRO</i>	55
5.3. ENSAYOS <i>IN VIVO</i>	60
5.3.1. Efecto vigorizante	60
5.3.2. Efecto supresor contra <i>Phytophthora cactorum</i>	66
5.3.3. Efecto supresor contra <i>Rhizoctonia solani</i>	70
5.3.4. Efecto supresor contra <i>Fusarium oxysporum</i>	75
5.3.5. Balance global	79
6. CONCLUSIONES.....	80
7. BIBLIOGRAFÍA.....	82

1. RESUMEN

Los progresos en la agricultura a lo largo del siglo XX, con la consiguiente utilización de diversos productos químicos como fertilizantes y fungicidas, supusieron un desvinculo total del uso de las enmiendas orgánicas por parte de los agricultores. A medida que el tiempo transcurría, la materia orgánica iba mineralizándose, la estructura del suelo iba perdiéndose y, como resultado, muchos de los subproductos pasaron a ser residuos que se acumulaban de forma incontrolada, generando graves problemas medioambientales. Llegado este punto, el compostaje fue considerado como la principal alternativa de reciclado para esos residuos, generando así, un abono orgánico (compost) de diversos materiales que puede ser utilizado como material alternativo a sustratos no renovables o como enmienda para el suelo. Esto supuso, la inquietud de varios autores que, desde 1970, comenzaron a estudiar la supresividad natural y el control biológico de diversos composts frente a gran variedad de patógenos de las plantas.

Observando la evolución de todos los estudios realizados hasta la actualidad, se puede ver que estos composts presentan un efecto específico, no presentando todos ellos el mismo grado de supresividad natural. No obstante, dependiendo del tipo de compost del que se trate, se puede presentar distinto efecto supresor contra un determinado patógeno.

Se ha demostrado que los mecanismos asociados a los fenómenos de supresividad son varios en función del tipo de compost y del patógeno, atribuyéndose dichos efectos a distintos tipos de comunidades microbianas y a su actividad, así como a la disponibilidad de determinados nutrientes, pH y conductividad eléctrica. Considerando todos estos factores convenientes, también se ha procedido al estudio de los extractos acuosos de distintos compost, los cuales son aplicados sobre el cultivo en forma líquida y le proporcionan a éste gran cantidad de nutrientes y microorganismos beneficiosos.

Situados en este contexto, el presente trabajo se realizó durante el período de tiempo comprendido entre Septiembre de 2013 y Abril de 2014 en la facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales de Salamanca, con el objetivo de evaluar el efecto vigorizante y supresor de extractos de compost y vermicompost de residuos de poda y jardinería frente a *Fusarium oxysporum*, *Phytophthora cactorum* y *Rhizoctonia solani*. Para ello, se midieron las propiedades químicas de los extractos (pH, conductividad eléctrica y determinación de nutrientes asimilables) y se implantaron dos ensayos: *in vivo* e *in vitro*.

En el ensayo *in vivo* se aplicaron extractos de compost y vermicompost 1:5 (p/p) de seis meses de antigüedad sobre ensayos de tomate y patata en varios tratamientos, observando al final del ciclo de las plantas, los efectos positivos que estos extractos presentan en el crecimiento de la planta y en la supresión de los microorganismos patógenos. No obstante, el efecto vigorizante ha sido conferido por el alto contenido de nutrientes esenciales asimilables como nitrato y potasio presente en los extractos y, el efecto supresor es debido, principalmente, a la presencia de microorganismos que realizan una lucha biológica contra los hongos objeto de estudio.

El ensayo *in vitro* ha sido llevado a cabo en placas petri con PDA (Potato Dextrose Agar) inoculando el patógeno junto con el extracto a estudiar. Se utilizaron extractos de compost y vermicompost recientes (quince días) y, otros con seis meses de antigüedad para observar posibles diferencias en relación con la maduración del extracto. Transcurrida una semana de la inoculación del patógeno, se midieron parámetros de crecimiento (índice de crecimiento relativo) y número de unidades formadoras de colonias por placa aportadas por el extracto. A partir de estos parámetros, se ha podido concluir que, el extracto con mayor antigüedad ha presentado un efecto supresor alto con respecto al más reciente, que no confirma efecto supresor alguno.

2. ANTECEDENTES

2.1. RESIDUOS ORGÁNICOS

Se realizará una breve explicación del concepto de residuo. En este apartado se abarcarán los distintos tipos de residuos orgánicos y los procesos de compostaje y vermicompostaje.

2.1.1. Introducción

La elevada cantidad de residuos orgánicos generados por el sector agroalimentario, especialmente por la actividad agrícola intensiva, hace necesaria la gestión y el tratamiento de los mismos con la finalidad de evitar los problemas medioambientales y de manejo que ocasionan dichos residuos. Además, cabe destacar que, estos residuos son una fuente de materia orgánica y nutrientes esenciales a tener en cuenta. Por ello, el reciclado de los mismos mediante compostaje y el posterior uso de los productos resultantes (composts) reporta numerosos beneficios, entre los que se destacan (Raviv, 2005; Goldstein, 2005):

- Evita la degradación y contaminación del medio.
- Permite aprovechar los recursos contenidos en dichos residuos.
- Reduce el consumo de productos fertilizantes y fitosanitarios.

2.1.2. Definición y concepto de residuo

El concepto de “residuo” establecido en la ley 10/1998, de 21 de abril, de residuos (BOE nº.96 de 22-4-98) y posterior legislación, se define como cualquier sustancia u objeto del cual su poseedor se desprenda o tenga la intención u obligación de desprenderse (Bernal & Gondar, 2008). Esta consideración está aplicada a aquellos que figuran en el Catálogo Europeo de Residuos (CER), entre los que se encuentran los residuos de parques y jardines, a partir de los cuales se centra la producción de la planta de compostaje de viveros “El Arca”, lugar en el que se han producido los productos utilizados en la realización del presente estudio.

En la Ley 10/1998 de residuos, se determinan como “residuos urbanos o municipales” los generados en domicilios particulares, comercios, oficinas y servicios, así como aquellos que no tengan la calificación de peligrosos y que, por su naturaleza o composición, puedan asimilarse a los producidos en los anteriores lugares o actividades (Bernal & Gondar, 2008). Dentro de esta categoría, entre otros, se encuentran los residuos procedentes de zonas verdes y los de limpieza de las vías públicas.

El Real Decreto 1481/2001 de 27 de Diciembre (BOE nº. 25 de 29/1/2002) define el concepto de “residuos biodegradables” como todos los residuos que, en condiciones de vertido, pueden descomponerse de forma aerobia o anaerobia, tales como residuos de alimentos y de jardín, el papel o el cartón. Dentro de este concepto, se incluyen los restos de poda y de césped, residuos a partir de los cuales se han originado los composts utilizados en el presente estudio.

Considerando las cantidades tan elevadas de residuos que se obtienen diariamente se decretó la Orden MAM/304/2002 de 8 de Febrero, BOE nº. 43, 19/02/2002, por el Ministerio de Medio Ambiente, en la cual se describen las operaciones de valorización y la eliminación. La primera operación consiste en todo procedimiento que permita el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que puedan causar perjuicios para el medio ambiente y, el reciclado consistente en la transformación de los residuos, dentro de un sistema de producción, para su fin inicial o para otros fines, incluido el compostaje y la biometanización, pero no la incineración y la recuperación de energía (Bernal & Gondar, 2008). Asimismo, la actual directiva europea 2008/98/CE de 19 de Noviembre de 2008 sobre residuos modifica las anteriores directivas, clasificando los residuos en 16 categorías, estableciendo las operaciones de eliminación y las de valoración correspondientes.

Por otra parte, la potencialidad de la reutilización de los residuos se contempla en la Directiva 1999/31/CE, donde se establece la obligación de reducir la materia orgánica biodegradable que entra a los vertederos. Este hecho, supone una alternativa de transformación de los residuos con el objeto de mejorar su calidad y su reciclaje en el ámbito agrario (Flotats & Solé, 2008).

Un plan de gestión de residuos orgánicos debe tener como objetivo convertir los residuos en recursos. Para ello, se deben realizar acciones en tres ámbitos:

1. Reducción del residuo en origen.
2. Aplicación de tratamientos con el fin de conseguir un nivel de calidad acorde con el destino final.
3. Planificación y control del destino y uso del producto.

Estos planes de gestión deben establecerse, siempre que sea posible, con el objetivo de conseguir un producto de calidad que pueda ser aplicado al suelo como

enmienda o abono orgánico o que sea adecuado para la formulación de sustratos de cultivo (infoagro.com, 2014).

2.1.3. Situación actual en España

La cantidad total de residuos generados al año en España experimentó un incremento del 95,9% en el período de tiempo comprendido entre el año 1990 y el 2012. Por lo tanto, la generación de residuos urbanos contemplada desde todas las perspectivas está experimentando un crecimiento extremadamente alto en el país.

En el año 2013, se sometieron a compostaje más de medio millón (558474) de toneladas de residuos vegetales no peligrosos (www.ine.es, 2014). Ante este contexto, el tratamiento y estabilización de estos residuos excedentarios mediante procesos de compostaje y vermicompostaje, y su posterior uso en la producción de planta en maceta, constituye una alternativa viable para evitar la degradación del medio a la vez que se aprovechan las características de los mismos.

2.1.4. Tipos de residuos

Hoy en día, existe la siguiente clasificación en función del tipo de residuo considerado:

- Residuos ganaderos procedentes principalmente de la producción ganadera y de la producción de estiércol.
- Residuos agrícolas de cultivos extensivos obtenidos a partir de la producción agrícola.
- Residuos agroindustriales procedentes principalmente de la industria azucarera, vitinícola, cervecera, de aceites vegetales, de zumos y otros procesados de cultivos intensivos y, residuos de matadero y de la transformación de productos animales.
- Residuos urbanos entre los que se encuentran los lodos de depuradora y los residuos sólidos urbanos.

Este estudio se centra en el uso del compost y vermicompost, obtenidos a partir de los procesos de compostaje y vermicompostaje de residuos de jardinería y de poda, por tanto, se prestará especial interés al último punto. Los residuos sólidos urbanos (RSU) incluyen los residuos domésticos y residuos similares generados en comercios, oficinas, instituciones, además de los residuos de limpieza urbana, limpieza de mercados, parques y jardines.

Estos residuos vegetales procedentes de jardinería son estacionales, ya que en verano hay mayor producción de césped y en invierno, por el contrario, mayor volumen de residuos procedentes de la poda.

Ante la alta producción de residuos se hizo preciso el desarrollo de estrategias basadas en el reciclado de la fracción orgánica entre los cuales se encuentran los tratamientos aeróbicos que constituyen el proceso de compostaje, detallado más adelante.

2.1.5. Los procesos de compostaje y vermicompostaje. Compost y vermicompost

Según el Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes, el compostaje es el proceso controlado de transformación biológica aeróbica y termófila de materiales orgánicos biodegradables que da lugar a los tipos de abonos o enmiendas orgánicos. Dicho de otra forma, se trata de un proceso dinámico, biológico, aerobio y termófilo (Saña & Soliva, 1987), que para llevarse a cabo necesita: materia orgánica, población microbiana y las condiciones óptimas para que ésta se desarrolle con multiplicidad de funciones y actividades sinérgicas (Figura 1).

Por tanto, el proceso se basa en la interacción de varios factores. Las variables más importantes que afectan en el compostaje son los parámetros de seguimiento que han de ser medidos, seguidos durante todo el proceso y adecuados para que el proceso acontezca de forma adecuada (Jeris & Regan, 1973) y parámetros relativos a la naturaleza del sustrato que son aquellos que han de ser medidos y adecuados a sus valores correctos al inicio del proceso (Madejón *et al.*, 2001).

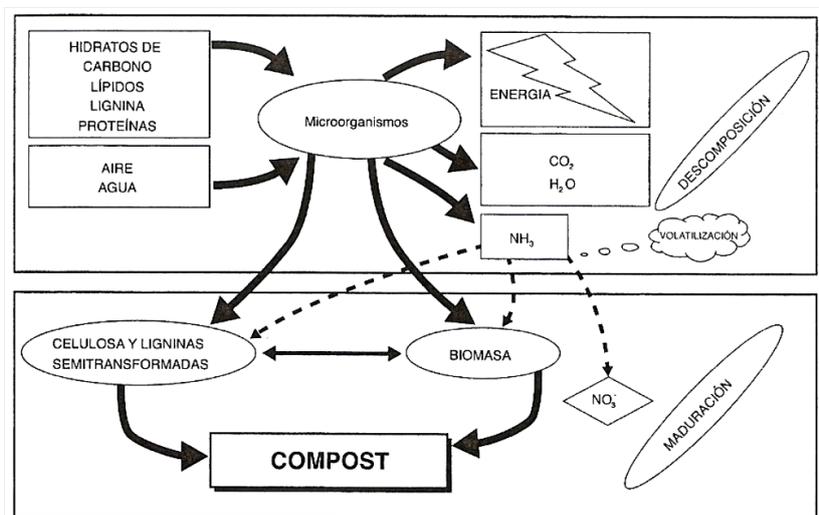


Figura 1. Esquema del proceso (Soliva *et al.*, 2008)

Entre los parámetros de seguimiento, se encuentran la temperatura, la humedad, el pH, la aireación y el espacio de aire libre y, como parámetros referidos a la naturaleza del sustrato están el tamaño de partícula, las relaciones C/N y C/P, los nutrientes, la materia orgánica y la conductividad eléctrica. Además, se contempla la acción de múltiples microorganismos aerobios que actúan continuamente sobre la materia orgánica inicial, en función del predominio de determinados factores, originando altas temperaturas, reduciendo el volumen y el peso de los residuos, dando lugar a su humidificación y oscurecimiento (Nakasaki, 2005). No obstante, constituye un ecosistema en el que diversas poblaciones microbianas constituidas por bacterias, hongos y actinomicetos, oxidan la materia orgánica en presencia de condiciones aerobias generando un producto estable humificado junto con gases, agua y calor como residuos del metabolismo microbiano. De acuerdo con las variaciones térmicas, el proceso se divide en cuatro fases (Figura 2): fase mesófila (10-42°C), fase termófila (45-70°C), fase de enfriamiento o segunda fase mesófila y, fase de maduración. De forma general, se puede dividir en dos fases globales: fase bio-oxidativa o de crecimiento activo de los microorganismos en la que existe una elevada disponibilidad de nutrientes y, la fase de maduración en la que la actividad microbiana disminuye y los nutrientes están limitados.

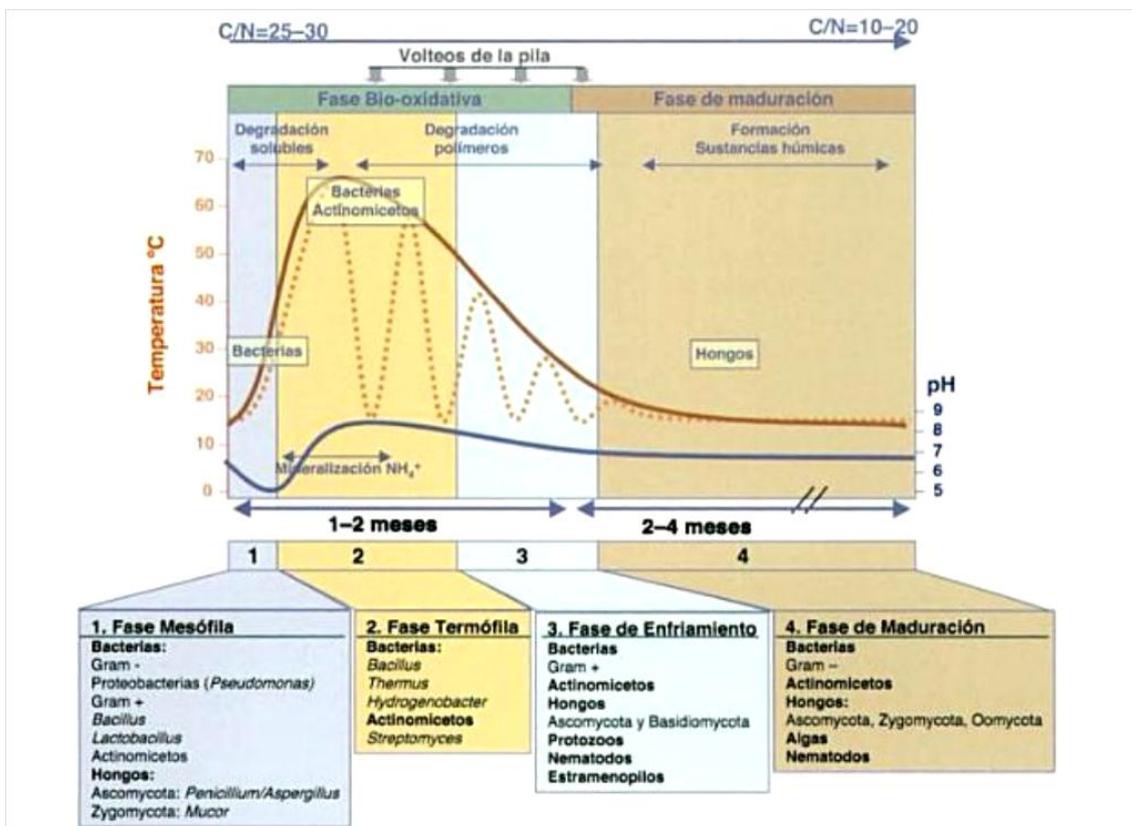


Figura 2. Sucesión microbiológica y ambiental durante el compostaje (Moreno & Mormeneo, 2008)

En este estudio, toma una importancia especial la presencia de microorganismos en el producto final y, consiguientemente, en el extracto obtenido. Por ello, en la Tabla 1, se pueden observar las características más relevantes de la microbiología del proceso de compostaje.

Tabla 1. Características de las distintas fases del proceso de compostaje (Moreno & Moral, 2008)

	Fase mesófila inicial	Fase termófila	Fase de enfriamiento y maduración
Temperatura	Incrementa de 10 a 45° C	60 – 70° C	Alcanza la temperatura inicial
pH	Amplias variaciones, disminución inicial del pH	Alcalinización del medio	Neutralidad del medio
Proceso	Degradación de los compuestos orgánicos más simples	Degradación de compuestos orgánicos más complejos	Degradación de compuestos orgánicos complejos
Microbiología	Bacterias y hongos mesófilos	Actinomicetos y bacterias Gram -	Hongos y actinomicetos

En resumen, evaluar los cambios producidos durante el compostaje en las diversas propiedades químicas, físicas y biológicas del sustrato permite caracterizar el final del proceso (Butler *et al.*, 2001), así como establecer el grado de madurez y estabilidad del producto en cada momento. Si el proceso se encuentra perfectamente controlado y se utilizan los materiales idóneos, se obtiene el compost, un producto estabilizado, almacenable, transportable y utilizable (Moreno & Moral, 2008).

El compost se define como el producto resultante del proceso de compostaje con su consiguiente maduración, formado por materia orgánica estabilizada semejante al humus. Debe ser un producto inocuo y sin sustancias fitotóxicas, de modo que pueda utilizarse sin causar ningún daño a la planta y que, se pueda almacenar durante un tiempo sin sufrir fermentaciones o alteraciones indeseadas (Abad *et al.*, 2004).

El compost se encuentra en la clasificación de productos orgánicos como sustrato o componente de sustrato de cultivo en el RD 865/2010, donde viene definido como un producto higienizado y estabilizado, obtenido mediante descomposición biológica aeróbica de materiales orgánicos biodegradables (restos de cultivos de hongos, estiércol, restos vegetales, etc.). En este caso concreto, el material orgánico biodegradable utilizado para la producción del compost es a partir de restos vegetales de jardinería y de poda (Figura 3).



Figura 3. Pila de compost maduro

Por otro lado, el vermicompostaje es una forma de compostaje, aunque el plan de operaciones varíe con respecto a este último ya que se disponen en cunas y se “elabora” por la acción progresiva de la digestión de las lombrices.

El RD 865/2010 define el vermicompost o humus de lombriz (Figura 4) como un producto estabilizado obtenido a partir de materiales orgánicos, por digestión con lombrices, bajo condiciones controladas.



Figura 4. Pila de vermicompost maduro

Por tanto, el vermicompostaje consiste en un proceso de bio-oxidación, degradación y estabilización de la materia orgánica llevada a cabo por la acción combinada de lombrices y microorganismos, mediante el cual se obtiene un producto final estabilizado, homogéneo y de granulometría fina denominado vermicompost, lumbricompost, compost de lombriz o humus de lombriz (Nogales et *al.*, 2008). La lombriz más utilizada en el vermicompost es la lombriz roja californiana debido a su rusticidad, tolerancia a los factores ambientales (pH, temperatura y humedad), potencial reproductor y capacidad de acumulación.

En cuanto a la microbiología de este proceso, al igual que sucede en el proceso de compostaje, se encuentran implicados un gran número de microorganismos, fundamentalmente bacterias, hongos y actinomicetos mesófilos. El desarrollo y actividad de las lombrices y microorganismos se encuentran profundamente ligados ya que, por una parte, los microorganismos constituyen una parte esencial de la dieta de las lombrices, con una importancia de menor a mayor de bacterias, hongos y protozoos; y por otra, las lombrices modifican la estructura física de los residuos, fragmentando la materia orgánica e incrementando su superficie, lo cual aumenta la actividad de los microorganismos (Edwards, 1998).

El producto resultante del vermicompostaje es el vermicompost o humus de lombriz. Como se ha citado anteriormente, el real decreto lo define como un producto estabilizado obtenido a partir de materiales orgánicos, por digestión con lombrices, bajo condiciones controladas. Además, también es definido como el producto final resultante del proceso de vermicompostaje, que presenta unas condiciones físicas idóneas, un contenido variable de materia orgánica parcialmente humificada, nutrientes y sustancias fitoregulatoras del crecimiento y, que puede ser almacenado, sin posteriores tratamientos ni fermentaciones o alteraciones indeseadas (Nogales *et al.*, 2008).

Para finalizar, cabe destacar que estos productos presentan las siguientes características (www.viveroselarca.es, 2014):

- Aporta cantidades equilibradas de nutrientes.
- Mejora la textura y estructura del suelo.
- Beneficia el suelo con millones de microorganismos.
- Mejora la resistencia de las plantas frente a plagas y enfermedades.
- Capacidad para reducir hongos patógenos.
- Capacidad para modificar la extractabilidad de metales pesados en suelos contaminados y residuos mineros, evitando su transferencia a plantas y acuíferos subterráneos.
- Capacidad para modificar el comportamiento de plaguicidas en suelos.
- Capacidad para ser utilizados como bioabsorbentes de plaguicidas.
- Capacidad para regenerar suelos degradados.

Estos productos además de ser biológicamente estables, contienen una microbiota y una serie de compuestos microbiológicos que hacen de ellos, productos de elevada calidad para su utilización en agricultura o como agente soporte para procesos de biorremediación. Estos constituyentes pueden ser extraídos a partir del

compost y ser utilizados para distintas finalidades, como la obtención de extractos acuosos o el aislamiento de microorganismos tales como antagonistas microbianos o microorganismos lignocelulósicos (Moreno & Mormeneo, 2007).

La aplicación más relevante objeto de este estudio y que constituye el objetivo del mismo es el efecto supresor que presentan estos productos, aplicados en forma de extracto o té de compost/vermicompost, frente a hongos fitopatógenos. La naturaleza de dicho efecto supresivo se atribuye a la interacción de diversos factores tanto físicos, como químicos y biológicos. Además, está demostrado que este hecho se debe especialmente a los mecanismos biológicos debido a la presencia de microbiota en los productos estables los cuales compiten por la disponibilidad de nutrientes o de espacio, producen sustancias antibióticas (Siddiqui *et al.*, 2008), hiperparasitismo, inducen genes de resistencia en plantas (Hoitink & Boehm, 1999), producen compuestos volátiles estimuladores o tóxicos y originan cambios en las propiedades físicas del sustrato o del suelo (Coventry & Allan, 2001).

No todos los composts muestran supresividad natural y los que la presentan pueden serlo en distinto grado para diversos patógenos, de modo que el tipo de compost y su nivel de madurez pueden afectar al efecto supresor de patógenos (Termorshuizen *et al.*, 2006). Así pues, la supresividad natural de los compost es muy variable ya que, por ejemplo, según indican Hoitink y Boehm (1999) la mayoría de ellos pueden suprimir las enfermedades de raíces causadas por *Pythium* sp. y *Phytophthora* sp. Sin embargo, parece ser que sólo un 20% de los composts que estudiaron estos autores mostraron supresividad natural frente a *Rhizoctonia solani* y menos de un 10% indujeron en las plantas resistencia sistémica.

La acción supresiva de los compost, puede atribuirse también a los extractos obtenidos de ellos. Estos extractos o tés de compost se obtienen realizando una mezcla de compost con agua e incubando dicha mezcla durante un periodo de tiempo definido (Scheuerell & Mahaffee, 2004). Según Zmora-Nahum *et al.* (2008), la supresividad de los tés de compost está también condicionada por el tiempo de extracción. Así, para tiempos de extracción largos influirían en mayor medida los compuestos químicos presentes (como el NH_4^+) y para tiempos cortos el efecto supresivo estaría relacionado más directamente con la actividad microbiológica del extracto. Por tanto, parece evidente que al igual que en los compost de partida, la acción de control de patógenos de los extractos tendría un origen mixto: biótico y abiótico.

2.2. HONGOS FITOPATÓGENOS

Las condiciones de humedad y temperatura bajo las que se cultivan muchas especies hortícolas son idóneas para el desarrollo de hongos fitopatógenos que causan daños importantes en varios cultivos (Siddiqui *et al.*, 2008).

Fusarium oxysporum, *Rhizoctonia solani* y, con menos frecuencia, *Phytophthora cactorum*, son los hongos causantes de enfermedades en un gran número de plantas hortícolas cultivadas.

2.2.1. *Fusarium oxysporum*

La marchitez vascular, causada por *Fusarium oxysporum* es una de las enfermedades que más afecta al cultivo de tomate en la actualidad. Esta especie es un hongo cosmopolita que se presenta principalmente como saprófito en el suelo o como patógeno especializado parasitando muchas especies de plantas gimnospermas y angiospermas, gracias a los diversos mecanismos que tiene el hongo para vencer las defensas de muchas plantas (Bosland, 1988). Se caracteriza por producir colonias de rápido crecimiento con una tasa diaria cercana a un centímetro en medio PDA (agar patata dextrosa) a 25°C. La morfología de estas colonias es muy variable y puede presentar dos tipos: una de tipo micelial caracterizada por la producción abundante de micelio aéreo, algodonoso y de coloración blanco-rosado (Figura 5) (Booth, 1970) y, otra de tipo pionotal con la formación de poco o ningún micelio aéreo y abundantes microconidias (Garcés *et al.*, 2001).



Figura 5. *Fusarium oxysporum* en placa (mycology.adelaide.edu.au, 2014)



Figura 6. Síntomas causados por *Fusarium oxysporum* (cag.uconn.edu, 2014)

El hongo produce tres clases de esporas:

- Microconidias: esporas generalmente unicelulares, sin septos, hialinas, elipsoidales a cilíndricas, rectas o curvadas que se forman sobre fiáldas

laterales, cortas, simples o sobre conidióforos poco ramificados. El tamaño de las microconidias oscila entre 5 y 12 μm de largo y 2,5 y 3,5 μm de ancho (Nelson, 1981).

- Macroconidias: esporas de paredes delgadas, fusiformes, largas, moderadamente curvadas en forma de hoz, con varias células y de tres a cinco septos transversales, con la célula basal delgada y la apical atenuada; las macroconidias presentan un tamaño de 27 a 46 μm de largo por 3,0 a 4,5 μm de ancho.
- Clamidosporas: esporas formadas a partir de la condensación del contenido de las hifas y de las conidias, de paredes gruesas. Se forman simples o en pares, terminales o intercalares. Poseen un tamaño de 5 a 45 μm de diámetro (Nelson, 1981). Gracias a ellas, el hongo sobrevive en condiciones ambientales desfavorables y, en el suelo como saprófito de vida libre en ausencia de plantas hospedantes (Garret, 1977).

En este caso, la especie con la que se ha tratado ha sido *Fusarium oxysporum* sp. *lycopersici* que produce marchitez vascular. Los síntomas característicos son marchitamiento irreversible y generalizado en toda la planta, acompañado o no de un amarilleamiento de las hojas más viejas y el doblamiento de los brotes hacia el lado de la planta enferma, a causa de la interferencia en el crecimiento. En estados iniciales en las hojas puede observarse la mitad clorótica y la otra mitad de un color verde normal (Garcés *et al.*, 1999). En otras ocasiones, las hojas amarillean desde la base hasta la yema terminal, deteniéndose el crecimiento de la planta, pero sin llegar a morir (Figura 6).

Se trata de un hongo de temperaturas cálidas. El desarrollo óptimo se presenta a 20 °C y el rango de crecimiento oscila entre los 12 y 28 °C. Además, si dicha temperatura está acompañada de una humedad relativa alta y días cortos de baja intensidad lumínica se favorece el desarrollo de la enfermedad. Con respecto al suelo, prefiere suelos ácidos, arenosos, con bajo pH, pobres en nitrógeno y alto contenido en potasio.

Este hongo sobrevive en restos vegetales o en forma de clamidosporas en el suelo que perduran por varios años. La transmisión a distancia se da mayoritariamente por semilla, plántulas infectadas y maquinaria. Localmente se propaga por agua de riego o aire, así como trasplantando con material afectado. No obstante, cualquier herida ocasionada en las raíces debido al paso de maquinaria o presencia de

nematodos como *Meloidogyne incognita*, aumenta la susceptibilidad al marchitamiento y favorece el desarrollo del hongo (pv.fagro.edu.uy, 2014).

2.2.2. *Rhizoctonia solani*

Las enfermedades causadas por *Rhizoctonia solani* en tomate predominan en todo el mundo. Este hongo es capaz de infectar varios centenares de huéspedes diferentes. En la planta de tomate provoca la enfermedad de los semilleros en vivero, lesiones radiculares y chancros en el cuello, alteraciones en el tallo y en los frutos. Los síntomas que ocasiona se pueden observar en todos los tipos de producción, desde los cultivos más extensivos a los más intensivos, tanto al aire libre como bajo cubierta.

Se trata de un hongo que sobrevive como saprófito sobre restos orgánicos, como parásito en las raíces y otros órganos de plantas y, de forma pasiva como esclerocios (Figura 7) (Escande *et al.*, 1984). Además, se caracteriza por producir colonias de rápido crecimiento, uno o dos centímetros al día en medio PDA (potato dextrosa agar) a 25°C (Figura 8). Se desarrolla en los órganos que rozan el suelo o situados en su proximidad. Puede provocar lesiones de color pardo rojizo en la semilla germinada. Después de la emergencia, una coloración parda rodea al tallo provocando el deterioro y la muerte de la planta (Blancard, 2011). Al igual que el hongo anterior, la podredumbre es más severa en plántulas bajo condiciones de estrés o que han sido dañadas, especialmente por el ataque de nematodos.

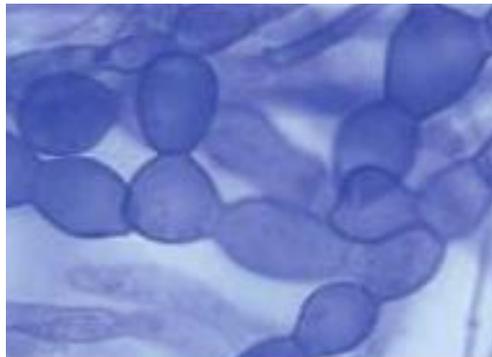


Figura 7. Esclerocios *R.Solani*



Figura 8. Placa con *R.Solani*

En el cultivo de patata, este hongo es el responsable de la costra negra o Rizoctoniasis. Produce daños importantes en preemergencia del cultivo cuando las condiciones de humedad son altas. Asimismo, como síntomas en la planta huésped pueden ser: aparición de rajaduras o deformaciones debidas a la parada del crecimiento del tejido afectado en los tubérculos, necrosis de brotes, chancros en la base del tallo o chancros en estolones. En los tubérculos maduros, también se pueden formar esclerocios (estructuras de resistencia del patógeno) dando lugar a la conocida sarna negra o costra negra. La epidermis por debajo de los esclerocios no presenta

anormalidades. El hongo sobrevive de un año para otro en forma de esclerocio en el suelo o, en forma de micelio en los restos vegetales o en los tubérculos. Cuando llega la primavera y las condiciones ambientales son favorables para su desarrollo, los esclerocios germinan y entran a través de los tallos de la patata o brotes emergentes, especialmente a través de heridas. Durante el crecimiento de la planta, las raíces y los estolones son invadidos a medida que se van desarrollando. La formación de esclerocios sobre la superficie de los tubérculos nuevos (Figura 9) se realiza en cualquier momento dependiendo de las condiciones ambientales. Sin embargo, el máximo desarrollo tiene lugar después de que la planta ha muerto, cuando los tubérculos permanecen aún debajo del suelo (Huarte *et al.*, 1991).

En el cultivo de tomate, *Rhizoctonia solani* produce la podredumbre negra de las raíces o cancro del tallo. Ataca a la plántula y, cuando la planta se desarrolla, puede ocasionar podredumbre en las raíces dando lugar a lesiones oscuras y chancros del tallo a nivel del suelo (Figura 10). Los chancros son lesiones necróticas de color pardo que profundizan en el tejido y pueden comprender porciones más o menos extendidas de la circunferencia del cuello causando marchitamiento, debilitamiento, detención del crecimiento y muerte de la planta. Los frutos que están en contacto con el suelo o cercanos al mismo, pueden desarrollar una podredumbre parda con bandas concéntricas más claras y más oscuras alternadas. Estas lesiones se propagan y pueden presentar grietas en forma de estrella, que acaban transformándose en una podredumbre húmeda por la actividad de otros microorganismos. Los frutos verdes son más resistentes que frutos maduros ya que éstos son más vulnerables al patógeno. No obstante, en el momento de la cosecha pueden observarse inicios de infección (Polack & Mitidieri, 2005).

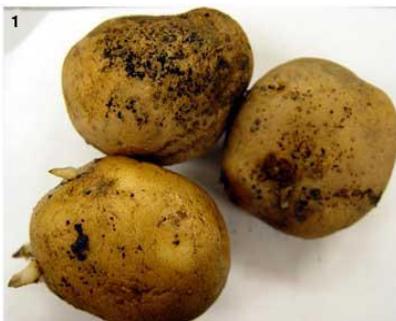


Figura 9. Esclerocios en tubérculos de patata



Figura 10. Daños en planta de tomate

Las condiciones favorables para su desarrollo son suelos húmedos, con pH ácido o básico y temperaturas comprendidas entre 5 y 36°C.

Puede atacar al tomate a lo largo de todo su ciclo de desarrollo. Es especialmente dañino cuando las condiciones son favorables, es decir, hay presencia de humedad y las temperaturas son más bien suaves (23-27°C), o bien, cuando las circunstancias son desfavorables para la planta (por debajo de 20°C). No obstante, ante la gran variedad de cepas de este patógeno, es difícil establecer un rango de condiciones óptimas para su desarrollo (Blancard, 2011).

Su control está basado en la utilización de diversos productos químicos y biológicos. Estos últimos, se basan en la selección de potenciales bioantagonistas como controladores biológicos. Para ello, es necesario realizar algunos ensayos *in vitro* que dan una idea de la capacidad antagónica que éstos presentan para, posteriormente, poder ser formulados y utilizados en pruebas de campo. Entre las pruebas realizadas se encuentran el antagonismo directo, los metabolitos volátiles y los metabolitos difusibles.

2.2.3. *Phytophthora cactorum*

Phytophthora cactorum es un hongo presente en el suelo. Es un patógeno muy polífago y el inóculo primario puede ser introducido a través de plantas infectadas procedentes de viveros o de agua de riego contaminada (Blancard, 2011).

Todas las especies del género poseen un micelio hialino de paredes paralelas, donde pueden verse una especie de gotas oleaginosas (Figura 11). Algunas de sus especies, bajo determinadas condiciones, presentan un micelio áspero, con prominencias y vesículas. El micelio es capaz de vivir de forma saprófita sobre las partículas de materia orgánica del suelo en ausencia del huésped.

Los propágulos de infección más importantes son las zoosporas, cuya condición más importante de desarrollo es la presencia de humedad en el suelo. Por tanto, la máxima producción ocurre cuando el suelo se encuentra saturado o cercano a la saturación hídrica (fao.org, 2014).

En cuanto al tipo de plantas a las que afecta, se encuentran los semilleros y plantas de hasta 6 hojas. Como síntomas, cabe considerar una marchitez brusca y una podredumbre del cuello. Además, puede producir daños ataca principalmente frutos jóvenes verdes en los que aparecen manchas oscuras y no alcanzan el tamaño definitivo (Figura 12) (infojardin.com, 2014).



Figura 11. *P.cactorum* en placa



Figura 12. Daños causados por *P.cactorum*

2.3. CULTIVOS

Los cultivos objeto de este estudio son el tomate y la patata.

2.3.1. El cultivo del tomate

La planta de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) pertenece a la familia de las Solanáceas. Es una planta de origen americano que se encuentra distribuida por casi todo el mundo. Los tomates silvestres se encuentran en numerosos lugares situados a diversas altitudes ya que han sido adaptados a microclimas muy específicos. Por esta razón, están tan ampliamente distribuidos y existe tanta variabilidad de la planta de tomate.

Se trata de una planta anual, herbácea, vellosa, con hojas olorosas y porte arbustivo, erguido o rastrero (según las variedades). Puede medir desde 40 cm hasta más de dos metros de altura. Las hojas son compuestas e imparipinnadas con foliolos más o menos dentados (Figura 13). Las flores son pequeñas, amarillas, en forma de estrella y se agrupan sobre un mismo pedúnculo, similar a un racimo suelto, que presenta de tres a ocho flores. El ovario de esta planta es súpero (situado por encima del cáliz) siendo, por lo general, bilocular (es decir, presenta dos carpelos), aunque algunas variedades pueden tener tres, o incluso cinco carpelos (Blancard, 2011).



Figura 13. Planta de tomate

El tomate es una baya (Figura 14), es decir, un fruto carnoso que encierra las semillas. Estas semillas están envueltas en una especie de mucílago, resultante de la gelificación de su membrana exterior. Presentan una forma esférica, un color rojizo aunque, dependiendo de las variedades, pueden tener distintos tamaños, colores y formas. Hay variedades de diversas coloraciones: blanco, amarillo, naranja o negro violáceo (Nuez, 2001).



Figura 14. Baya del tomate

El ciclo completo es de 90 a 120 días en condiciones óptimas, según las variedades. Con respecto a sus requerimientos, no presenta exigencias edáficas. No obstante, prefiere suelos sueltos, profundos y bien drenados, para evitar así, la asfixia radicular debido al encharcamiento. Además, para su desarrollo son mejores los suelos ricos en materia orgánica. Tolerancia bien la salinidad.

Las condiciones climáticas requeridas por esta planta es variable: soporta bien las temperaturas altas, aunque la presencia de temperaturas mayores a 35°C y por debajo de 10°C, inciden negativamente en su desarrollo. Si la temperatura es inferior a 0°C, la planta muere. Se puede decir, por tanto, que las temperaturas óptimas diurnas para su desarrollo están entre los 18 y 25°C, y entorno a los 15° C durante las noches.

Existen distintas variedades de tomate. En este caso, el estudio se centrará en el uso de la variedad Tipo Roma, variedad italiana utilizada para la conserva de tomate pelado. El fruto es pequeño y puede ser bilocular o trilocular, con forma de pera y tamaño homogéneo de los frutos (infojardin.es, 2014).

2.3.2. El cultivo de la patata

La patata, cuyo nombre científico es *Solanum tuberosum* L., pertenece a la familia de las Solanáceas. Es una planta dicotiledónea y su cultivo se halla extendido por todo el mundo.

Se trata de una planta herbácea anual con raíces muy ramificadas, finas y largas, dependiendo del tipo de suelo en el que se desarrolle. Presenta un tallo grueso, fuerte, anguloso, con una altura que varía entre 0,5 y 1 m y, que se origina en las yemas del tubérculo. Las hojas son imparipinnadas. Consta de nueve o más folíolos, cuyo tamaño es mayor cuanto más alejados se encuentran del nudo de inserción. La inflorescencia nace en el extremo terminal del tallo y el número de flores en cada una puede llegar a treinta (Figura 15).



Figura 15. Planta de la patata

El número de inflorescencias y de flores se encuentran fuertemente influenciados por el cultivar del que se trate. No obstante, éstas presentan de tres a cuatro centímetros de diámetro, poseen cinco pétalos unidos por sus bordes que le dan a la corola la forma de una estrella (Figura 16). El fruto es una baya redondeada de color verde, que al madurar toma coloración amarillenta (Figura 17).

Los tallos subterráneos o estolones, relativamente cortos, se convierten en su extremidad en tubérculos. En la superficie de los tubérculos presenta yemas distribuidas de forma helicoidal, siendo éstas abundantes en la parte opuesta al punto de inserción sobre el estolón (Blancard, 2011).

La patata puede multiplicarse por semillas y por esquejes aunque, en la práctica, la multiplicación es vegetativa, realizándose a través de los tubérculos que producen brotes en las yemas u ojos. Así pues, a partir de un fragmento del tubérculo, se produce una nueva planta.

La germinación y el crecimiento de la patata junto a la producción de tubérculos depende de sustancias químicas elaboradas por la patata denominadas “sustancias de tuberización”, que actúan en dosis muy pequeñas. La producción de este tipo de sustancias en hojas y tallos depende de la variedad, de las condiciones térmicas y del fotoperiodo. En los días cortos se producen más sustancias de tuberización que en los largos, ya que en éstos últimos aumenta el crecimiento vegetativo de la planta. En determinadas situaciones en las que coexisten los fenómenos de tuberización y crecimiento, puede ocurrir que la planta presente un crecimiento mayor con respecto a la producción de sustancia de tuberización debido a que existan condiciones meteorológicas favorables o haya exceso de nitrógeno. Cuando esto sucede, la concentración de la sustancia desciende por debajo del nivel mínimo y el proceso de tuberización se detiene. Cuando de nuevo se produce sustancia de tuberización en los

niveles adecuados, se vuelve a retrasar el crecimiento y aparece nuevamente la tuberización. Este fenómeno se conoce como “rebrote” (Guerrero, 1999).



Figura 16. Flores de la planta de la patata



Figura 17. Tubérculo de la planta de la patata

Teniendo en cuenta las exigencias del cultivo, la planta de la patata requiere humedad abundante y de forma regular. Presenta un buen desarrollo en zonas con temperaturas templadas y con presencia de humedad ambiente, sufre con las altas temperaturas y es muy sensible a condiciones de sequía. Sin embargo, a pesar de la necesidad de agua, la humedad excesiva también favorece el desarrollo de enfermedades (como el mildiu o la podredumbre de la patata). Por otro lado, en presencia de temperaturas inferiores a $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ se hiela y, el crecimiento de los brotes empieza a los $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ y se considera máximo entre 20 y $25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

En cuanto a exigencias edáficas, prefiere suelos mullidos y aireados, siendo mejores para su producción los suelos arenosos que los arcillosos. Además, su desarrollo es mejor cuando los valores de pH están comprendidos entre $5,5$ y 7 , condiciones que suelen estar más presentes en los terrenos arenosos. No obstante, tolera bien los medios ácidos ($\text{pH}=5$).

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVOS

Los objetivos principales que se contemplan a lo largo de este trabajo científico, son:

- Analizar el efecto supresor del compost y vermicompost de residuos de jardinería frente a tres patógenos: *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani* y *Phytophthora cactorum*, mediante la realización de cultivo *in vitro* e *in vivo* en plantas de tomate y patata.
- Analizar el efecto vigorizante en las plantas de tomate y patata, ante la aplicación del extracto de compost y vermicompost.

3.2. PLAN DE TRABAJO

Asimismo, el plan de trabajo considerado a lo largo de la realización de este estudio de investigación es el siguiente:

- Análisis físico-químico de los extractos con espectrofotómetro Hanna.
- Enfrentamiento de extractos de compost y vermicompost con patógenos. Crecimiento en placa de *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum* y *Phytophthora cactorum* realizando tratamiento control y tratamientos en los que, además, se añade un volumen del extracto de compost y vermicompost.
- Establecimiento de ensayos en maceta de plantas de patata y de tomate con su correspondiente inoculación de *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum* y *Phytophthora cactorum*. Posteriormente, se aplican las dosis de extracto de compost/vermicompost correspondientes y se establecerá un tratamiento control con el fin de poder valorar el efecto supresor de patógenos y el efecto vigorizante.
- Valoración estadística del efecto supresor y del efecto vigorizante de los extractos.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

Se ha llevado a cabo un análisis físico-químico de cada uno de los extractos de compost y vermicompost de residuos de jardinería 1:5 (peso/peso) que, posteriormente, fueron utilizados para los ensayos “in vivo” e “in vitro”. Se han estudiado extractos que presentan distinto tiempo de maduración: extracto reciente de quince días y extracto de seis meses, con el objetivo de observar si existen o no diferencias físico-químicas con el paso del tiempo.

Dicho análisis químico ha sido realizado en el Área de Producción Vegetal de la Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales de la Universidad de Salamanca, determinándose los parámetros expuestos a continuación.

4.1.1. Determinación del pH

Fue determinado el pH de cada uno de los extractos de compost y vermicompost con distinto tiempo desde su preparación.

Para realizar la medida de pH de una muestra, se utilizan los extractos de compost o vermicompost 1:5, relación peso/peso correspondientes. Se procede a la medición del pH con un pHmetro CRISON-2001 (Figura 18), agitando cada muestra antes de la toma. Una vez que el valor se estabiliza en la pantalla, se procede a la lectura del pH.

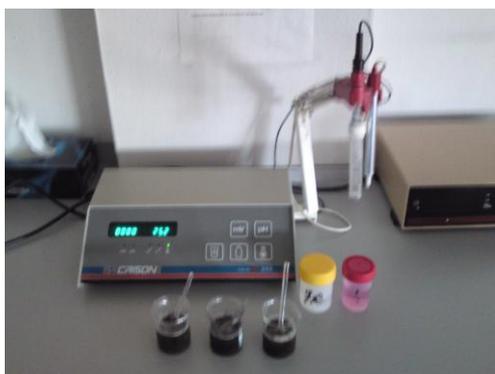


Figura 18. Medición pH

4.1.2. Determinación de la conductividad eléctrica (CE)

La determinación de la conductividad eléctrica ha sido tomada directamente sobre los extractos, de tal forma que, se ha utilizado una sonda para líquidos.

La medida se toma directamente mediante el conductivímetro HANNA HI 993310 conectado a una sonda que se introduce en el extracto (Figura 19). Así, se obtiene una lectura directa de la conductividad eléctrica correspondiente.



Figura 19. Conductivímetro Hanna HI 993310

4.1.3. Determinación de fósforo asimilable

Para la determinación del fósforo asimilable, se ha utilizado un equipo portátil fotómetro HANNA HI 83225 (Figura 20). Para ello, previamente, se debe haber preparado el extracto de compost/vermicompost 1:5 (p/p) correspondiente, a partir de la cual se obtendrá la concentración de fósforo asimilable mediante el tratamiento con una serie de reactivos específicos (del kit HANNA) para la determinación de este elemento en forma de PO_4^{3-} . El valor se tomará a través de la lectura en la pantalla.



Figura 20. Hanna HI 83225

4.1.4. Determinación de potasio, calcio, nitrato, amonio, sulfato y magnesio asimilables

Para la determinación del potasio (en forma de K_2O), calcio (Ca^{2+}), nitrato (NO_3^-), amonio (NH_4^+), sulfato (SO_4^{2-}) y magnesio (Mg^{2+}) asimilables, se ha usado un equipo portátil fotómetro HANNA HI 83225 (Figura 20). Para ello, previamente, se debe haber preparado el extracto de compost/vermicompost 1:5 (p/p) correspondiente, a partir de

la cual se obtendrá la concentración dichos elementos asimilables mediante el tratamiento con una serie de reactivos del kit HANNA específicos de cada elemento. Los valores se obtienen a través de una lectura directa del contenido total de K_2O , Ca^{2+} , NO_3^- , NH_4^+ , SO_4^{2-} y Mg^{2+} asimilables. El valor obtenido se corrige con el factor de ponderación indicado por el fabricante.

4.2. ENSAYOS DE SUPRESIÓN *IN VITRO*

Los ensayos de supresión *in vitro* se realizaron con los tres hongos fitopatógenos *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani* y *Phytophthora cactorum*. Estos patógenos se han obtenido del repicado de las cepas del laboratorio suministradas por el Centro Regional de Diagnóstico de Plagas y Enfermedades de la Junta de Castilla y León situado en Aldearrubia (Salamanca). Se han enfrentado dichos patógenos y los extractos considerados de compost y vermicompost con quince días y seis meses de maduración en placa Petri con el objetivo de observar el efecto de supresión que los extractos presentan sobre los patógenos.

4.2.1. Preparación de los extractos

Para la preparación de los extractos de compost y vermicompost, se realizó una dilución 1:5, mezclando 100 gramos de cada uno de los productos (compost y vermicompost) con 400 gramos (o lo que es igual, 400 ml a 20°C) de agua destilada. Se agita enérgicamente, se agita cada 15 minutos durante un periodo de tiempo de 2 horas. Finalmente, se filtra en embudo con papel de filtro de uso general de laboratorio Albet de tal manera que, elimine las fracciones más gruesas que el residuo contiene y permita el paso de los microorganismos que éstos contienen, obteniéndose así, el extracto 1:5 (Figura 21 y 22).

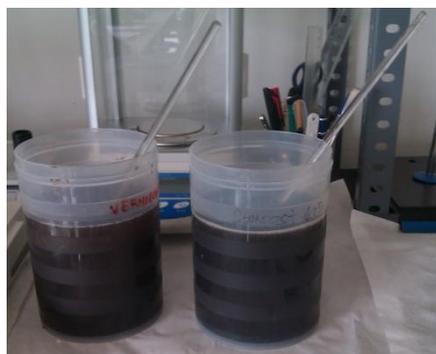


Figura 21. Preparación extracto 1:5



Figura 22. Filtración extracto 1:5

4.2.2. Preparación del medio e inoculación del hongo

El medio de cultivo en placa Petri fue de PDA (potato dextrose agar) del fabricante DIFCO.

Para analizar la competencia de los aislados, se transfieren los patógenos y no patógenos a placas Petri de medio PDA. En la preparación de este medio, añadimos 39 gramos de PDA en un litro de agua destilada y se agita hasta disolverlo por completo (Figura 23). Una vez disuelto, se esteriliza en autoclave durante 15 minutos a

121°C. Finalmente, se distribuye el medio en placas Petri de Ø90 mm. Una vez que el agar se ha atemperado y antes de solidificar, se aplica la modificación de la técnica de Barry, depositando el volumen de extracto correspondiente a cada tratamiento (dependiendo de la dilución de la que se trate) directamente en la placa y después se agrega el medio de cultivo. Se realiza un movimiento de rotación para homogeneizar la mezcla (Figura 24). Posteriormente, se inocula el hongo. Para su inoculación se procede a añadir un cuadrado de 1 cm² del hongo en el centro de la placa Petri donde se quiere hacer el enfrentamiento entre patógenos (Figura 25).



Figura 23. Preparación PDA



Figura 24. Preparación placas



Figura 25. Inoculación

4.2.3. Tratamientos

Los tratamientos llevados a cabo en la realización de esta parte del estudio de investigación han sido los citados a continuación, considerando que se han realizado distintas diluciones (1:5, 1:10, 1:100 y 1:40) en dos ensayos diferentes.

El primer ensayo, se realizó con extracto reciente de quince días de antigüedad, con las diluciones 1:100 (10 ml de extracto de compost o vermicompost por cada 1000 ml de PDA), 1:40 (25 ml de extracto de compost o vermicompost por cada 1000 ml de PDA) y 1:10 (100 ml de extracto por cada 1000 ml PDA), extracto:solución PDA. De tal forma que, se implantaron los tratamientos indicados en la Tabla 2.

Tabla 2. Tratamientos enfrentamiento de patógenos (ensayo 2)

	Control	Comp. 1:10	Comp. 1:40	Comp. 1:100	Verm. 1:10	Verm. 1:40	Verm. 1:100
<i>Fusarium</i>	Control-F	100C-F	25C-F	10C-F	100V-F	25V-F	10V-F
<i>Rhizoctonia</i>	Control-R	100C-R	25C-R	10C-R	100V-R	25V-R	10V-R
<i>Phytophthora</i>	Control-P	100C-P	25C-P	10C-P	100V-P	25V-P	10V-P

* La nomenclatura de los tratamientos se ha realizado en función de los ml de extracto necesarios por litro de disolución para realizar la dilución correspondiente.

* La abreviación Comp. significa compost, al igual que, Verm. indica vermicompost.

En el segundo ensayo, se realizaron las diluciones 1:10 (100 ml extracto de compost o vermicompost por cada 1000 ml de PDA) y 1:5 (200 ml de extracto por cada 1000 ml de PDA). Esta parte del experimento se realizó con un extracto compost/vermicompost de 6 meses de antigüedad, realizando 5 repeticiones por tratamiento. Así pues, los tratamientos a considerar fueron los representados en la Tabla 3.

Tabla 3. Tratamientos enfrentamiento de patógenos (ensayo 1)

	Control	Compost 1:10	Compost 1:5	Vermicompost 1:10	Vermicompost 1:5
<i>Fusarium</i>	Control-F	100C-F	200C-F	100V-F	200V-F
<i>Rhizoctonia</i>	Control-R	100C-R	200C-R	100V-R	200V-R
<i>Phytophthora</i>	Control-P	100C-P	200C-P	100V-P	200V-P

* La nomenclatura de los tratamientos se ha realizado en función de los ml de extracto necesarios por litro de disolución para realizar la dilución correspondiente.

Una vez inoculados todos los tratamientos, se mantuvieron a 25°C y se midió el diámetro del hongo y el número de unidades formadoras de colonias (UFC) transcurridos 7 días y 30 días. Durante los siete primeros días, se fue observando la evolución para ver cualquier proceso que pudiese tener lugar. El objetivo de medirlo a los treinta días fue observar si a lo largo del tiempo, el tratamiento seguía resultando eficaz.

En la Figura 26, se pueden observar algunos de los efectos que se han producido en los distintos tratamientos. En el medio de observa el hongo patógeno inoculado en posición central. En el PDA (tratamiento control) se puede observar que el hongo patógeno se ha desarrollado normalmente. En cambio, en las otras dos placas, se puede ver que la competitividad de los microorganismos presentes en el extracto inhibe el desarrollo del hongo patógeno. Estos resultados serán objeto de estudio en la parte de resultados.



Figura 26. Efectos en distintos tratamientos

4.2.4. Parámetros medidos

Los parámetros medidos en las placas Petri de enfrentamiento fueron el número de UFC (en unidades) y el diámetro del hongo (en centímetros). Para calcular

el crecimiento relativo del hongo se procedió a realizar el cociente entre el área de crecimiento de la colonia en el medio con el ingrediente activo (extracto de compost o vermicompost 1:5 (p/p)) y el área del desarrollo del hongo en PDA (tratamiento control). Y, el resultado se multiplica por 100, de acuerdo a la fórmula usada por Köller y Wilcox (2001) y Jobin y Carisse (2007):

$$CR = \frac{\text{Área de desarrollo del hongo en PDA con extracto}}{\text{Área de desarrollo del hongo en PDA}} \times 100$$

Aquellos que sean inferiores a 50, serán considerados incompatibles para la evaluación (Köller & Wilcox, 2001; Jobin & Carisse, 2007).

4.3. ENSAYOS DE SUPRESIÓN *IN VIVO*

En los ensayos *in vivo* se contempla la implantación de cultivo de tomate y patata en maceta con el extracto (extracto de compost o vermicompost de seis meses de antigüedad) y la inoculación del patógeno correspondiente, con el fin de observar el efecto supresor y vigorizante que el extracto confiere a las plantas. Cabe recalcar que, a lo largo de este ensayo, se utilizó el extracto de seis meses de maduración.

4.3.1. Material vegetal

Los ensayos de producción de tomate y patata, se realizaron desde el 20 de Septiembre de 2013 al 30 de Marzo de 2014.

I. Tomate

A continuación, se detallan los detalles de la variedad utilizada y la descripción del ensayo.

a. Descripción de la especie

La variedad de tomate (*Lycopersicon esculentum*) utilizada es la variedad Roma. Se trata de una variedad que tiene gran aceptación en la industria conservera y en el mercado. Es muy vigorosa y rústica, suele dar lugar a una gran producción y presenta un crecimiento indeterminado que se suele cultivar con porte rastrero. Produce frutos de forma alargada piriforme de 4,5 a 7 centímetros, con un color uniforme muy rojo, piel lisa y pulpa consistente.

b. Descripción del ensayo

Las semillas de tomate de la variedad Roma fueron puestas en un semillero con vermiculita el día 20 de Septiembre de 2013. Una vez que las semillas germinaron, se les añadió solución de Hoagland para que las plantas tuvieran a su disposición los nutrientes necesarios para su desarrollo, hasta que los planteles presentaran dos hojas verdaderas y se pudiera llevar a cabo el trasplante. En el ensayo se establecieron doce tratamientos (apartado 4.3.2), para cada uno de los cuales se pusieron nueve plantas, lo que supone un total de 108 plantas de tomate.

El trasplante se realizó quince días después, cuando las plantas presentaban dos hojas verdaderas. Cada planta fue trasplantada a una maceta de 1,5 litros con vermiculita. Una vez realizado el trasplante de los planteles (Figura 27), cada uno con el tratamiento correspondiente, se procedió a su colocación en una bañera de cultivo.

Los riegos se efectuaron manualmente cada tres días. En cada riego han sido añadidos 20 ml de extracto de compost o vermicompost, según correspondiera. En aquellos tratamientos en los que no se considera la adición de extracto, se añadió la misma cantidad de agua. Se ha considerado este volumen por estimación de requerimientos de la planta de tomate. No obstante, a partir de los 20 ml de extracto o agua añadida, se añadió agua de riego para evitar que la planta sufriera problemas de secado.

La posición de las bandejas con las plantas fue cambiada cada 15 días, para así igualar en la medida de lo posible, las condiciones de todas las bandejas del ensayo.

Las plantas se retiraron a los dos meses (Figura 28), para proceder al proceso de secado de las plantas.



Figura 27. Plantas de tomate al inicio del ciclo



Figura 28. Plantas de tomate al final del ciclo

II. Patata

En los subapartados siguientes, se detallan los detalles de la especie utilizada y la descripción del ensayo.

a. Descripción de la especie

Solanum tuberosum es una planta herbácea perenne a través de sus tubérculos, caducifolia (pierde sus hojas y tallos aéreos en la estación fría), de tallo erecto o semi-decumbente, que puede medir hasta 1,5 metros de altura.

La variedad utilizada en este ensayo ha sido Jaerla. Se trata de una variedad de maduración temprana. La planta tiene un tamaño mediano con tallos de extendidos a semierguidos y numerosas inflorescencias. Sus tubérculos son ovales redondeados, de piel amarilla y lisa, carne amarilla clara y ojos bastante superficiales.

b. Descripción del ensayo

Una vez que el tubérculo de la patata R1 certificada presenta un brote, éste fue trasplantado a una maceta de PVC de 5 litros en sustrato de turba universal.

El trasplante se realizó el día 18 de Diciembre de 2013. En este ensayo se pusieron cinco plantas por tratamiento, con seis tratamientos (apartado 4.3.2), lo que supone un total de 30 plantas de patata. Una vez realizado el trasplante de los planteles, cada uno con el tratamiento correspondiente, se procedió a su colocación en una bañera de cultivo.

Los riegos se efectuaron manualmente cada tres días. Se añadieron 60 ml de extracto de compost o vermicompost, según corresponda. En aquellos tratamientos en los que no se ha considerado la adición de extracto, se añadía la misma cantidad de agua. No obstante, a partir de los 60 ml de extracto o agua añadida, se añadió agua de riego para evitar que la planta sufriera problemas de secado. Se añadieron 60 ml ya que se considera que es el requerimiento experimentado como idóneo en la planta de la patata (Figura 29).



Figura 29. Ensayo patata

Las plantas se retiraron transcurridos cuatro meses debido a que todas las plantas fueron afectadas por *Phytophthora infestans*, patógeno que provocó la muerte de las plantas de todos los tratamientos del ensayo en maceta de patata (Figura 30). Por este motivo, el ensayo de patata quedó inválido ya que no se pudieron comparar los efectos de los distintos tratamientos excepto en el peso de los tubérculos que no estaban dañados y se podían observar diferencias de crecimiento entre tratamientos (por tanto, será el único parámetro a considerar para el cultivo de patata) (Figura 31).

La posición de las bandejas con las plantas fue cambiada cada 15 días, para así igualar en la medida de lo posible, las condiciones de todos los tratamientos del ensayo.



Figura 30. Planta de patata enferma



Figura 31. Tubérculos

4.3.2. Preparación del experimento

I. Sustratos

Los sustratos considerados han sido la vermiculita en el ensayo de tomate y la turba para el cultivo de la patata.

II. Tratamientos

Los tratamientos considerados en cada caso, han sido los citados a continuación.

En tomate se establecieron distintos tratamientos para valorar el efecto vigorizante y el efecto supresor de los extractos de seis meses de maduración frente a los tres patógenos: *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum* y *Phytophthora cactorum*. Los tratamientos implantados están representados en la Tabla 4.

Tabla 4. Tratamientos ensayos en maceta (tomate)

	Compost	Vermicompost	Nada
Control (en vermiculita)	C	V	Control
<i>Fusarium oxysporum</i>	F+C	F+V	F
<i>Rhizoctonia solani</i>	R+C	R+V	R
<i>Phytophthora cactorum</i>	P+C	P+V	P

En patata se establecieron los tratamientos indicados en la Tabla 5, con el fin de valorar el efecto vigorizante y el efecto supresor de los extractos de seis meses de antigüedad frente al patógeno *Rhizoctonia solani*.

Tabla 5. Tratamientos ensayos en maceta (patata)

	Compost	Vermicompost	Nada
Control (en turba)	C	V	Control
<i>Rhizoctonia solani</i>	R+C	R+V	R

4.3.3. Inoculación de los patógenos

En el ensayo *in vivo* se inocularon *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani* y *Phytophthora cactorum* en tomate y *Rhizoctonia solani* en patata. Para ello, previamente se preparó un caldo homogeneizado a partir del patógeno para así, facilitar su manipulación e inoculación.

I. Patógeno: *Fusarium oxysporum*

Para poder inocular este patógeno, fue necesario realizar una suspensión de conidias. Así pues, se realizó un cultivo en medio líquido PDB (potato dextrose broth) en matraces de 100 ml, se metieron en el autoclave y, posteriormente, se inocularon con 1 cm² de placa PDA en la que previamente ha crecido el patógeno (trabajando en condiciones de esterilidad). Los matraces se mantuvieron cinco días en agitación a 125 rpm y a una temperatura de 25°C (indicado en el procedimiento). A continuación, se filtró el medio con 15 capas de gasa de algodón (Figura 32) y, el filtrado resultante, se centrifugó en una centrifugadora “Heraeus sepatec Labofuge T” a 5000 rpm durante 15 minutos (Figura 33). Transcurrido este periodo de tiempo, se retiró el sobrenadante y el precipitado se resuspendió en 1 ml de agua destilada.

Figura 32. Filtrado *Fusarium* en campana

Figura 33. Centrifugadora

Por último, se realizó un recuento de esporas con la ayuda cámara Thoma y el microscopio para llegar a una concentración de 10⁷ conidias/ml, que se consiguió con una dilución 1:10 del filtrado madre obtenido.

El procedimiento a seguir para realizar el recuento con la cámara Thoma (Figura 34) es el siguiente. Se colocan 400 µl de muestra homogeneizada en un

microtubo y se añaden 40 µl de azul de metileno fenicado o fucsina fenicada. La muestra y el colorante se mezclan y se dejan en reposo a temperatura ambiente durante 5 minutos. Se deposita una gota en una de las dos cuadrículas del portaobjetos procurando que quede llena la superficie y se tapa con el cubreobjetos evitando la presencia de burbujas de aire. La cámara de recuento se ha de dejar en la platina del microscopio para realizar la observación microscópica (Figura 35). El enfoque del microscopio se inicia con un objetivo de pocos aumentos que posteriormente será cambiado a uno de mayor aumento. Se coloca el objetivo lo más cerca posible del cubreobjetos (sin llegar a tocarlo) y posteriormente, se irá alejando hasta que la imagen sea lo más clara y nítida posible (Figura 36). Finalmente, el proceso de recuento se realizará sobre 20 de los 400 (20x20) cuadrados pequeños de 0,0025 mm² (volumen total de 0,1 mm³) elegidos al azar. Si el número de células/cuadrado es mayor de 10 es conveniente diluir la muestra.



Figura 34. Cámara Thoma



Figura 35. Microscopio

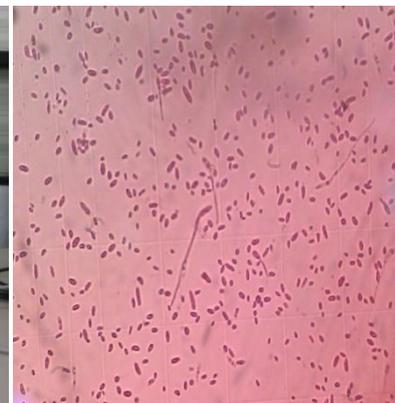


Figura 36. *Fusarium* al microscopio

II. Patógeno: *Rhizoctonia solani*

Para poder inocular este patógeno en los ensayos de maceta, se preparó una emulsión batiendo 2 placas de PDA en las que había crecido *Rhizoctonia solani* en 200 ml de agua destilada.

III. Patógeno: *Phytophthora cactorum*

Para poder inocular este patógeno en los ensayos de maceta, se realiza el mismo procedimiento que en el patógeno anterior. De tal forma que se realizó un homogeneizado batiendo 2 placas de PDA en las que había crecido *Phytophthora cactorum* en 200 ml de agua destilada.

4.3.4. Inoculación en las macetas

Una vez finalizado el proceso, se procedió a la inoculación de los distintos patógenos en las macetas correspondientes con el fin de confirmar o no el efecto

vigorizante y/o supresor que presentan los extractos o tés de compost y vermicompost en proporción 1:5 (p/p) con un tiempo de maduración de seis meses.

El trasplante de las plántulas de tomate var. Roma, se realizó cuando las plantas tenían dos hojas verdaderas. Fueron trasplantadas a macetas de 1,5 litros con vermiculita de sustrato.

El tratamiento de *Rhizoctonia* se realizó aplicando 15 ml de homogeneizado de *Rhizoctonia* por maceta. Se repitió el mismo proceso para el caso de *Phytophthora cactorum*. Y, en el caso de *Fusarium*, se inocularon 10 ml de 10^6 conidias/ml en cada maceta.

El transplante se realizó el día 15 de Octubre de 2013. El 24 de Octubre se aplicaron los homogeneizados fúngicos de *Rhizoctonia* y *Phytophthora*. En cambio, la suspensión de conidias de *Fusarium*, se realizó más tarde debido a un problema de crecimiento del hongo. Por este motivo, el patógeno fue inoculado en las macetas una semana más tarde que las demás.

En el caso del ensayo de patata, se realizó a partir de un brote, se introdujo en macetas de 5 litros con turba de sustrato. En este cultivo solamente se inoculó *Rhizoctonia* de tal modo que, se procedió a la inoculación de 15 ml de homogeneizado de patógeno por planta.

El ensayo de patata se instauró el día 18 de Diciembre de 2013. Así pues, transcurrido un mes fue cuando se aplicó el homogeneizado de *Rhizoctonia*.

4.3.5. Instalaciones

El área donde se han hecho los ensayos oportunos ha sido en el laboratorio del Área de Producción Vegetal de la Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales de la provincia de Salamanca, cuyas coordenadas UTM en el SIGPAC, son las siguientes:

X: 274.732.70 m.

Y: 4.539.144.62 m.

Huso UTM: 30.

4.3.6. Parámetros analizados

A lo largo del ensayo, aproximadamente 8 meses, se recogieron una serie de datos para poder estimar un conjunto de parámetros indicativos del desarrollo vegetal

de las distintas especies utilizadas, con el fin de observar el efecto de los tratamientos establecidos.

I. Valoración del estado de las plantas

Tanto en tomate como en patata cada quince días se procedió a la toma de los siguientes datos:

- Altura de las plantas con la ayuda de un metro (Figura 37).
- Número de hojas, contando unidad por unidad.
- Diámetro del tallo con un calibre digital.

Además, en ambos se realizó un reconocimiento cualitativo para detectar presencia de posibles fisiopatías, enfermedades y plagas con su posterior diagnóstico.



Figura 37. Medida altura planta de patata

II. Peso seco de la parte aérea y del sistema radicular

Analizar este parámetro tiene como fin controlar el desarrollo de la parte aérea y del sistema radicular de cada planta en base al tratamiento utilizado, observando así, qué tratamiento es el más idóneo.

a. Procedimiento

Una vez considerado el ciclo de cada planta, se procede a separar la parte aérea y la parte radicular de cada una de las plantas de cada tratamiento. Se procedió a lavar las raíces con el objeto de eliminar los restos del sustrato de cultivo, dejando la raíz desnuda (Figura 38). Posteriormente, ambas partes se colocaron sobre un papel de filtro (Figura 39) y se metieron en la estufa durante 48 horas a una temperatura de 65° C (Figura 40). Pasados dos días, se procede a pesar la raíz y la parte aérea secas de manera independiente.

Además, en el ensayo de patata, al final del ciclo se pesaron los tubérculos (sin previo secado) con el fin de comparar el efecto de los distintos tratamientos.



Figura 38. Raíz lavada



Figura 39. Plantas de tomate



Figura 40. Plantas de tomate secas

b. Material

El material necesario para llevar a cabo este procedimiento es el mencionado a continuación:

- Balanza electrónica Santorius (Figura 41). Precisión 0,01 g.
- Balanza electrónica Nahita series 5153 (Figura 42). Precisión 0,0001 g.
- Estufa Selecta modelo 210.
- Papel de filtro Albet.



Figura 41. Balanza Santorius



Figura 42. Balanza de precisión

III. Contenido en clorofila

La presencia de clorofila en las hojas de las plantas está relacionada con un proceso de fotosíntesis correcto y con una adecuada condición nutricional de la planta. El contenido de clorofila se incrementa proporcionalmente a la cantidad de nitrógeno presente en la hoja.

a. Procedimiento

Para conocer el contenido en clorofila de una hoja o brote de una planta, se usa el SPAD Konica Minolta (Figura 43). En primer lugar se calibra y, posteriormente, se introduce la hoja o brote en la pinza situada en la parte superior derecha del SPAD. Se presiona la pinza y, así, se obtiene la lectura directa del contenido en clorofila de la hoja o brote correspondiente.



Figura 43. Medición SPAD en tomate

La toma del contenido de la planta (en unidades SPAD) se hizo en diferentes zonas de la planta dependiendo de la especie de la que se tratase, de tal manera que: en tomate se midió el contenido de clorofila en la mitad (1 mes) y al final del ciclo (transcurridos 2 meses) en dos hojas del segundo brote iniciando el conteo por la zona apical y, en patata se midió a mitad del ciclo en dos hojas de la zona basal y de la zona apical.

4.3.7. Análisis estadístico de los datos.

Todos los resultados obtenidos se sometieron a un tratamiento estadístico mediante el programa informático STATGRAPHICS CENTURION XVI.I para Windows.

Se realizó un resumen estadístico, el análisis de varianza ANOVA y el Test de los Rangos Múltiples, los dos últimos con un margen de confianza del 95%.

El método ANOVA compara los datos de las distintas muestras, correspondientes cada una a uno de los tratamientos realizados, y detecta si existen diferencias significativas entre las medias de cada una de ellas.

Para determinar qué medias son significativamente distintas de otras se realizó el Test de Rango Múltiple. Este test aplica múltiples procedimientos de comparación para determinar las diferencias significativas entre cada par de medias con un nivel de confianza del 95 %.

Además, presenta los resultados agrupando las muestras en grupos homogéneos, de tal forma que, entre las muestras que integran cada uno de esos grupos no puede decirse que existan diferencias significativas, con un margen de error del 0,05. Sin embargo, si existen diferencias estadísticamente significativas entre las muestras de dos grupos homogéneos distintos, representadas en el test de rangos múltiples mediante un sistema de cruces, que adoptan una letra, siendo "a" mejor que "b", "b" mejor que "c" y así sucesivamente. Aquellos grupos que comparten alguna letra, como puede ser el caso del grupo "a" y el grupo "ab" no se puede decir que uno sea estadísticamente mejor que el otro.

Finalmente, este programa proporciona información sobre cada muestra mediante los siguientes parámetros estadísticos: media, varianza y rango (mínimo y máximo).

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS

A continuación, se muestran los resultados del análisis de los distintos parámetros considerados, con el fin de establecer las características de los productos objeto del presente estudio: extractos de compost y vermicompost 1:5 (p:p) con periodos de maduración de quince días (extracto reciente) y seis meses.

5.1.1. pH

Los valores de pH de los distintos extractos utilizados considerando su antigüedad se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. pH de los distintos extractos

	pH
Compost 6 meses	7,73
Vermicompost 6 meses	7,65
Compost 15 días (reciente)	7,89
Vermicompost 15 días (reciente)	7,41

Según Baixauli y Aguilar (2002), el nivel óptimo aconsejado para el manejo de cultivo sin suelo se sitúa en valores comprendidos entre 5,5 y 6,8, que es el rango en el que se encuentran de forma asimilable la mayor parte de los nutrientes.

En este caso, todos los extractos presentan un pH similar, sin sufrir apenas variación con el transcurso del tiempo y siendo ligeramente básicos. Inicialmente, el compost presenta un pH más básico pero al pasar el tiempo (6 meses), se aprecia que el extracto de compost se acidifica ligeramente y el vermicompost se alcaliniza ligeramente. Ambos cambios son pequeños por lo que, con respecto al pH, se puede decir que estos extractos presentan estabilidad desde que fueron preparados hasta los seis meses de maduración o almacenamiento de los téis.

5.1.2. Conductividad eléctrica

Los valores medidos de conductividad eléctrica (CE) para los distintos extractos son los reflejados en la siguiente tabla (Tabla 7).

Tabla 7. Valores de Conductividad Eléctrica (en mS/cm) de los extractos

	CE
Compost 6 meses	3,07
Vermicompost 6 meses	0,49
Compost 15 días	1,85
Vermicompost 15 días	0,62

El contenido de electrolitos presente en el producto sólido será similar a los contenidos en los extractos puesto que la mayoría de ellos son solubles en agua. El

periodo de maceración del extracto con el producto sólido se considera suficiente como para que se disuelvan los electrolitos y sean transferidos a la disolución acuosa.

La CE del compost reciente es de 1,85 por lo cual sería un valor adecuado ya que se considera un rango apropiado de CE entre 1,5 y 2 (Abad & Burés, 2002). En cambio, se observa que ésta aumenta, a medida que el té presenta mayor estado de maduración.

El extracto o té de vermicompost, presenta valores similares a lo largo del tiempo. En este aspecto, éste té es más estable que el de compost.

5.1.3. Determinación de los nutrientes asimilables

En la tabla 8, se muestra el contenido de los nutrientes asimilables, analizados con HANNA.

Tabla 8. Contenido de nutrientes asimilables (en mg/l)

	NH_4^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	NO_3^-	PO_4^{3-}	K_2O	SO_4^{2-}
Compost 6 meses	15,48	40	30	6645	145,8	5100	55
Vermicompost 6 meses	2,58	50	5	731	62,9	108	30
Compost 15 días	16,77	60	25	997	153,5	2100	65
Vermicompost 15 días	6,45	100	15	886	233,3	90	30

En la Tabla 8 se puede observar que, existe una gran diferencia en la concentración de nutrientes en el compost reciente con respecto al compost de una antigüedad de seis meses. Asimismo, existen diferencias con respecto al vermicompost.

En cuanto al contenido en elementos químicos asimilables, destacaremos lo siguiente:

- Los valores de nitrato asimilable son los más altos junto con los del potasio.
- La concentración del nitrógeno en forma de amonio es menor a medida que pasa el tiempo. Esto puede ser debido a la presencia de reacciones en las que el amonio pasa a otras formas nitrogenadas. Podría darse el paso de amonio a amoníaco y, por tanto, la pérdida de este último por volatilidad.
- El contenido de los iones asimilables Mg^{2+} , Ca^{2+} y SO_4^{2-} varían ligeramente conforme pasa el tiempo, pero no hay grandes diferencias en cuanto a cantidad.
- Con respecto al anión NO_3^- asimilable, se puede decir que en el extracto de compost es seis veces mayor en el extracto de 6 meses en comparación con el reciente. Este dato resulta llamativo, por ello, el análisis fue repetido con el fin

de confirmarlo. En cambio, en el caso del extracto de vermicompost el contenido disminuye ligeramente a medida que transcurre el tiempo.

- El contenido en K_2O aumenta a medida que transcurre el tiempo. Según Vogtmann *et al.* (1993), el potasio se considera uno de los mayores contribuyentes al contenido en sales. Este hecho concuerda con los resultados obtenidos en este ensayo, donde los tratamientos con los valores de salinidad más altos (extracto de compost), son aquellos que muestran los valores de potasio más altos.

Se puede ver que estos extractos son ricos en nutrientes asimilables, por ello, este tipo de extractos puede utilizarse como fertilizante o aditivo en sustrato. Es uno de los factores que producen el efecto vigorizante en los ensayos en maceta que se tratará más adelante. Con respecto al efecto supresor, se ha confirmado que, a partir del establecimiento de un tratamiento térmico en un proyecto paralelo a éste, no se debe solamente a la presencia de sustancias químicas sino que, mayoritariamente, es debido a la presencia de diversos microorganismos (especialmente actinomicetos) presentes en los extractos que llevan a cabo una lucha microbiológica con el hongo fitopatógeno.

5.2. ENSAYOS *IN VITRO*

Para valorar el efecto supresor que presentan los extractos de compost y el vermicompost de restos de jardinería y poda se han hecho dos ensayos *in vitro*. El primero de ellos, se hizo con un extracto reciente y, el segundo, con uno de seis meses de antigüedad.

Como se ha expuesto anteriormente, para poder establecer una comparación entre todos ellos, se ha procedido a realizar el índice de crecimiento relativo del hongo para cada tratamiento. Éste ha sido calculado como el área del crecimiento del hongo en presencia del extracto dividido por el área del hongo en medio PDA sin extracto y, se multiplica por 100 con el objetivo de obtener los datos en porcentaje y poder establecer una comparación entre ellos (Köller & Wilcox, 2001; Jobin & Carisse, 2007). Además, según estos autores, para observar un efecto supresor el índice de crecimiento relativo debe ser inferior al 50%.

Cuando se realiza el ensayo con un compost reciente, se observa que el índice de crecimiento relativo del patógeno presenta unos valores altos (veáse Tabla 9). Además, el crecimiento de unidades formadoras de colonias (UFC) es limitado, no se observa un crecimiento masivo de colonias y, en ningún caso, hay crecimiento de hongos productores de antibióticos. Las medias han sido tomadas con los datos medidos a los 7 días del establecimiento del ensayo.

Tabla 9. Índice de crecimiento relativo de los patógenos con extracto reciente

	F	R	P
1:10C	95,54	90,05	72,04
1:40C	88,84	123,20	68,28
1:100C	99,55	139,22	95,70
1:10V	75,00	140,88	0,00
1:40V	86,61	122,65	27,42
1:100V	93,30	131,50	83,87

En la Tabla 10, se representa el promedio de UFC por placa en cada uno de los tratamientos con el extracto reciente.

Tabla 10. Promedio de UFC por placa en cada uno de los tratamientos con extracto reciente

	F	R	P
1:10C	53	45	124
1:40C	7	29	32
1:100C	3	7	7
1:10V	150	84	124
1:40V	150	88	115
1:100V	7	9	10

El índice de crecimiento relativo de los patógenos en presencia de extracto reciente (15 días) procedente de compost de césped y restos de poda con las

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

concentraciones 1:10, 1:40 y 1:100, no presenta efecto supresor sobre los patógenos considerados.

En las Figuras 44, 45 y 46, se puede ver el crecimiento de los patógenos en una placa de cada tratamiento transcurridos siete días desde su inoculación.

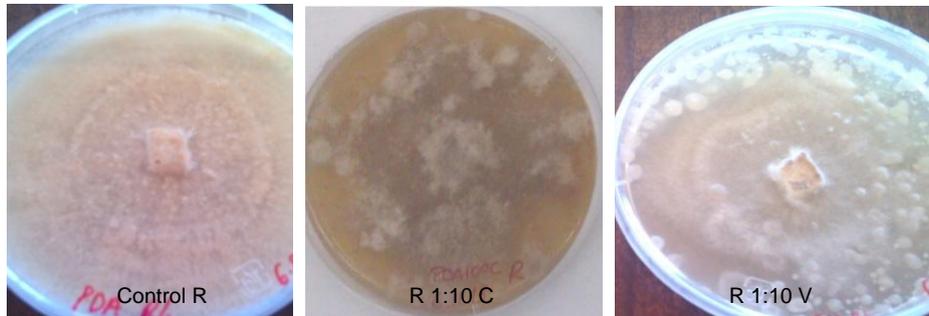


Figura 44. Tratamiento 1:10 con extracto reciente para *Rhizoctonia solani*

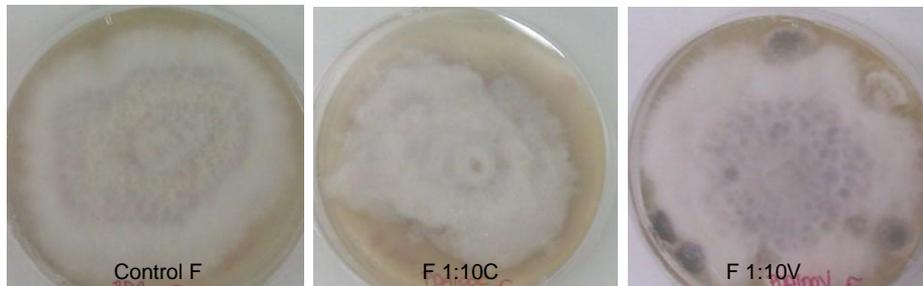


Figura 45. Tratamiento 1:10 con extracto reciente para *Fusarium oxysporum*

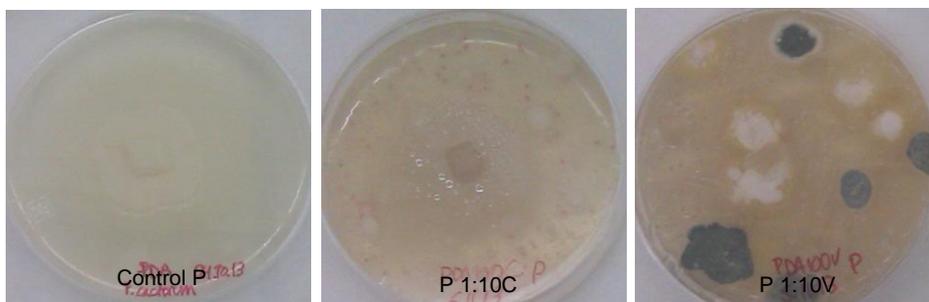


Figura 46. Tratamiento 1:10 con extracto reciente para *Phytophthora cactorum*

Como ninguno de los tratamientos con extracto reciente ha dado lugar a un efecto supresor, no se ha realizado análisis estadístico.

Además de ver el crecimiento del hongo y el número de UFC a los siete días de la inoculación, también se midió la evolución del patógeno transcurrido un mes pero, no se han observado diferencias con respecto al de siete días. Este suceso es debido al tiempo de almacenamiento o maduración del extracto ya que, para apreciar un efecto supresor es necesario que el extracto tenga un período de maduración de como mínimo quince días ya que se requiere un tiempo de estabilización de los microorganismos (Elad y Shtienberg, 1994 y Al-Dahmani *et al.*, 2003).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al observar estos resultados, se procedió a realizar un segundo ensayo con un extracto de antigüedad de seis meses y con unas concentraciones mayores (1:5 y 1:10).

Con respecto al extracto de antigüedad de seis meses, se han obtenido los valores de crecimiento relativo (en %) representados en la Tabla 11 y el promedio de unidades formadoras de colonias (UFC) indicadas en la Tabla 12. Como todas presentan un crecimiento relativo de 0%, no se establecerán diferencias estadísticas significativas.

Tabla 11. Crecimiento relativo de los patógenos con extracto de seis meses

	F	R	P
1:5C	0	0	0
1:10C	0	0	0
1:5V	0	0	0
1:10V	0	0	0

Se puede ver que en el transcurso de tiempo de una semana, en ninguna de las placas se ha desarrollado ningún patógeno. Asimismo, pasado un mes, los resultados seguían siendo los mismos. Esto es debido al alto contenido en microorganismos presentes en el extracto (Tabla 12), los cuales realizan una lucha biológica contra los tres patógenos, impidiendo su desarrollo. Según Trillas *et al.* (2008), los composts mantienen una actividad microbiana alta debido a la lenta descomposición de los compuestos de carbono después del proceso de compostaje. De la misma forma, la supresividad de estos extractos aumenta a medida que el período de maduración es mayor.

En la Tabla 12, se puede ver la cantidad promedio de unidades formadoras de colonias (UFC) presentes en una placa Petri de cada uno de los tratamientos considerados.

Tabla 12. Promedio de UFC por placa en cada uno de los tratamientos con extracto de seis meses

	F	R	P
1:5C	(+)1000	(+)1000	(+)1000
1:10C	527	(+)1000	(+)1000
1:5V	(+)1000	(+)1000	(+)1000
1:10V	(+)1000	(+)1000	(+)1000

Se puede demostrar que, el tiempo de maduración del extracto y, el consiguiente contenido en UFC por placa, son la causa principal de la supresión total del patógeno.

Un hecho importante, es que en todas las placas con extracto de compost se desarrollaron hongos de tipo *Aspergillus* y *Penicillium*. Además, gracias a la

colaboración del Departamento de Microbiología de la Universidad de Salamanca y, tras la realización de una serie de pruebas microbiológicas de los extractos estudiados, se ha encontrado gran presencia de *Trichoderma harzianum* y varios actinomicetos que, claramente, presentan efecto supresor contra los patógenos considerados. Esto indica que, entre todos los microorganismos presentes en el compost, se encuentran microorganismos productores de antibióticos. Coincidiendo con lo observado, Phae y Shoda (1990) decían que el efecto supresor se debe a la gran cantidad de microorganismos existentes, muchos de ellos con la capacidad de controlar patógenos, entre los que cabe destacar *Trichoderma* spp, *Penicillium* spp, *Aspergillus*, *Bacillus* spp, *Enterobacter* spp y *Pseudomonas* spp.

Además, Nakasone *et al.* (1999) observaron una inhibición en el crecimiento del micelio de hongos patógenos como *Rhizoctonia solani* y *Fusarium oxysporum* tras la aplicación de extractos acuosos de vermicompost.

En la Figura 47 se puede observar una placa de cada uno de los tratamientos para *Rhizoctonia solani*. En ellas, se puede visualizar el crecimiento de las unidades formadoras de colonias que han inhibido el crecimiento del hongo patógeno y, en las placas de 1:10C y 1:5C se puede ver el desarrollo de hongo tipo *Aspergillus* y *Penicillium*.

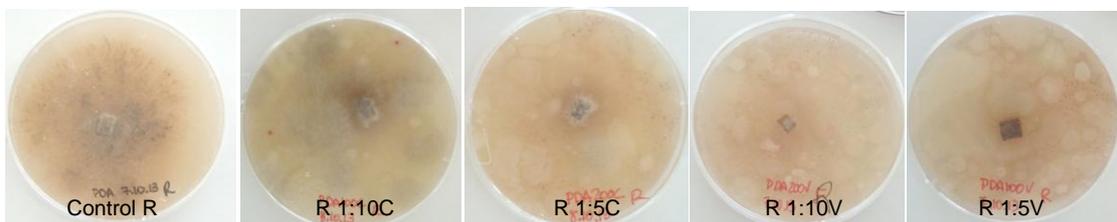


Figura 47. Tratamientos en placa con extracto de seis meses para *Rhizoctonia solani*

En la Figura 48, se pueden visualizar los tratamientos correspondientes al patógeno *Phytophthora cactorum*, donde se puede observar que el desarrollo del hongo es nulo debido a la lucha biológica de los microorganismos contenidos en el extracto. Así pues, como en el caso anterior se pueden observar gran variedad de microorganismos, siendo éstos en su gran mayoría de bacterias, actinomicetos y hongos.



Figura 48. Tratamientos en placa con extracto de seis meses para *Phytophthora cactorum*

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 49, se pueden ver todos los tratamientos objeto de estudio del efecto supresor contra *Fusarium oxysporum*. Al igual que en los casos anteriores, se observa un claro efecto inhibitor del crecimiento de los patógenos originado por la acción de los microorganismos presentes en el extracto. Asimismo, en los tratamientos con extracto de compost, hay presencia de hongos tipo *Aspergillus* y *Penicillium*.

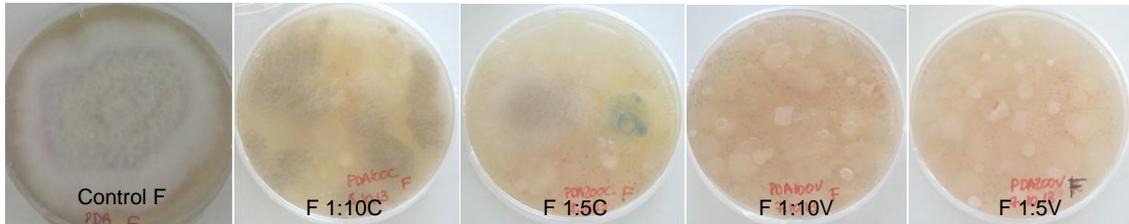


Figura 49. Tratamientos en placa con extracto de seis meses para *Fusarium oxysporum*

Handelsman y Stabb (1996) afirmó que ciertos microorganismos presentes en el té de vermicompost como *Trichoderma* spp. puede digerir la pared celular de algunos hongos patógenos de la zona radicular. Asimismo, en este ensayo se ha detectado claramente el efecto producido por una serie de microorganismos, entre los que se encuentra *Trichoderma harzianum*, los cuales evidencian una clara acción de inhibición del patógeno.

En otro estudio de Trillas *et al.* (2006), se determinó que la supresividad natural de los composts frente a las enfermedades producidas por el patógeno *R.solani* está limitada por el grado de madurez. Dicho efecto, es aplicable al extracto del producto ya que estas cualidades son trasferidas al extracto en el proceso de contacto y filtración (Lanthier, 2007).

Por otro lado, Trillas *et al.* (2006) coinciden con los datos obtenidos ya que el compost procedente de la recogida selectiva de basuras junto con restos de poda, presentó buena capacidad supresora frente a *Fusarium oxysporum*, existiendo una correlación entre el pH y la actividad microbiana de tal manera que, a mayor pH, mayor actividad microbiana y, por tanto, menor severidad.

Otros autores exponen que hay que incluir el concepto de disponibilidad de nutrientes para aquellos microorganismos (actinomicetos oligotrofos y celulolíticos) ya que son los encargados de la supresividad natural (Cotxarrera *et al.*, 2002 y Borrero *et al.*, 2006).

5.3. ENSAYOS *IN VIVO*

Los resultados obtenidos en los ensayos *in vivo* se van a dividir con respecto al efecto vigorizante y al efecto supresor que presentan los extractos de compost y vermicompost de seis meses de antigüedad.

5.3.1. Efecto vigorizante

El efecto vigorizante se considera estableciendo comparación entre los tratamientos de compost y vermicompost con respecto al tratamiento control. Como se citó anteriormente, los parámetros considerados en la planta de tomate serán el número de hojas, la altura de la planta, el diámetro del tallo, el contenido de clorofila y el peso seco de raíz y tallo. En cambio, en patata, sólo se pudo medir el peso final de los tubérculos ya que la parte aérea fue dañada en todos los tratamientos por el patógeno *Phytophthora infestans*.

5.3.1.1. Número de hojas en la planta de tomate

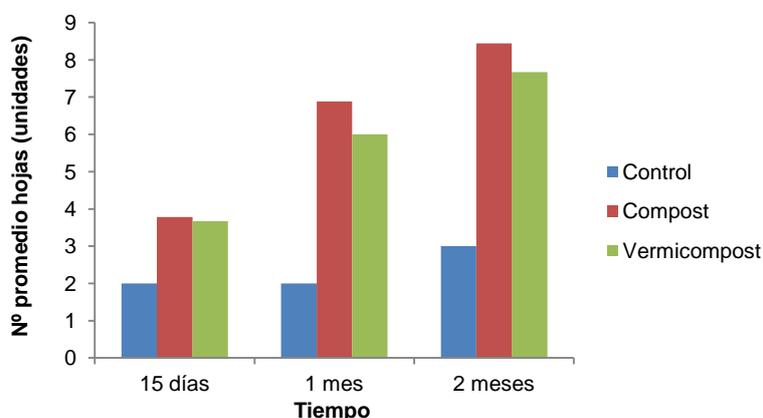
El número medio de hojas que ha presentado el plantel de tomate desde el trasplante hasta su retirada ha sido el indicado en la Tabla 13 y representado en la Gráfica 1 en la que se observa con claridad el mayor o menor número de hojas con cada uno de los tratamientos.

Tabla 13. Promedio de nº de hojas (en unidades) a lo largo del ciclo

	15 días	1 mes	2 meses
Control	2,0 (0) b	2,0 (0) b	3,0 (0,5) b
C	3,78 (0,44) a	6,88 (0,35) a	8,44 (1,01) a
V	3,67 (0,71) a	6,0 (0,87) a	7,67 (0,87) a

Letras distintas en la misma columna indica diferencias estadísticamente significativas.
Desviaciones estándar entre paréntesis.

La representación de la evolución a lo largo del ciclo, se pueden visualizar en la Gráfica 1.



Gráfica 1. Promedio de hojas a lo largo del ciclo de la planta de tomate

Como se puede observar, desde los quince días ya se aprecian diferencias significativas de los tratamientos de compost (C) y vermicompost (V) con respecto al tratamiento control aunque no hay diferencias estadísticas entre los dos tratamientos. Por tanto, las plántulas a las que se les ha añadido extracto no mostraron ningún tipo de deficiencia y el número de hojas fue significativamente superior que las del tratamiento control. Según estudios realizados por Cabanillas *et al.* (2006) y Zheljaskov y Warman (2003), la aplicación de extractos de compost y vermicompost supuso un incremento de vigor en las etapas de desarrollo de plantas de albahaca, alcanzando un adelanto en el inicio de la floración y, por tanto, mejorando el rendimiento final. La causa de estos acontecimientos es el alto contenido en nutrientes, reguladores de crecimiento y con los microorganismos benéficos que contienen éstos extractos (Atiyeh *et al.*, 2002).

5.3.1.2. Altura de la planta de tomate

La evolución en la altura de la planta de tomate a lo largo del tiempo que ha presentado el plantel de tomate desde el trasplante hasta su retirada ha sido la indicada en la Tabla 14.

Tabla 14. Evolución de la altura (en centímetros) en la planta de tomate a lo largo del ciclo

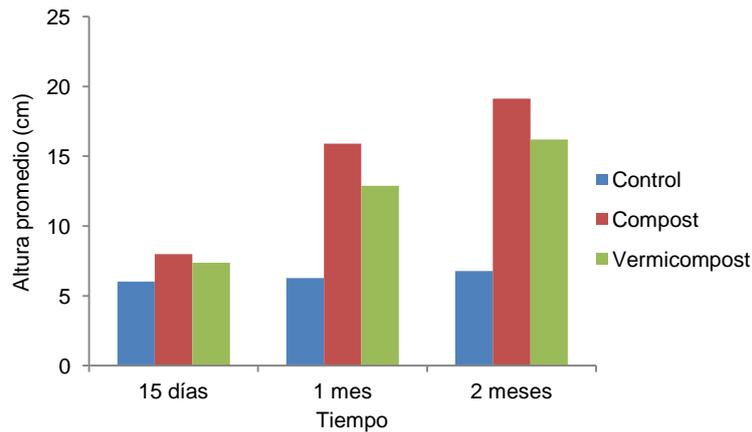
	15 días	1 mes	2 meses
Control	6,03 (0,55) b	6,27 (0,77) c	6,77 (0,69) c
C	7,99 (0,91) a	15,91 (1,25) a	19,13 (4,67) a
V	7,38 (0,53) a	12,89 (0,80) b	16,20 (1,51) b

Letras distintas en la misma columna indica diferencias estadísticamente significativas.

Desviaciones estándar entre paréntesis.

A lo largo del ciclo se observan diferencias significativas claras de los tratamientos de compost (C) y vermicompost (V) con respecto al tratamiento control. No obstante, a medida que transcurre el tiempo, el tratamiento de compost presenta mejor resultado estadístico con respecto al de vermicompost en relación a la altura de la planta. Esta diferencia de altura es debida al gran contenido de nutrientes esenciales y asimilables del té de compost, destacando el contenido de nitrato y potasio en relación al contenido presente en el té de vermicompost (Tabla 8). Datos similares fueron reportados por Salas *et al.* (2010), quienes comprobaron que la aplicación de tés de compost y vermicompost abastecían las necesidades nutricionales de maíz forrajero.

Estos resultados, se pueden visualizar en la gráfica 2.



Gráfica 2. Evolución de la altura de la planta de tomate a lo largo del ciclo

5.3.1.3. Diámetro del tallo de la planta de tomate

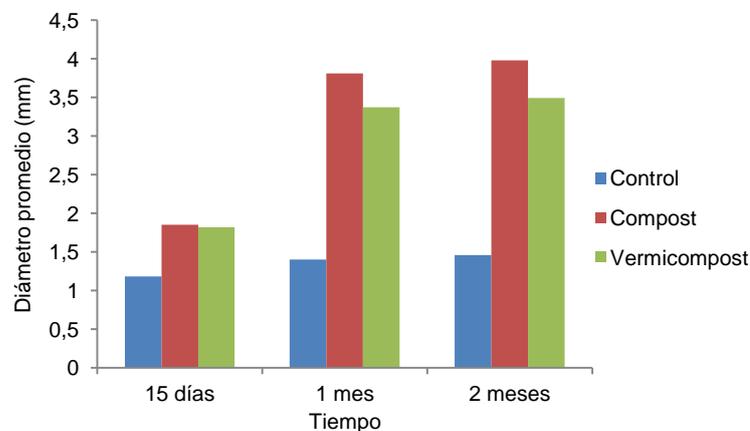
El diámetro del tallo de las plantas de tomate de los distintos tratamientos se encuentra representado en la Tabla 15. Además, se puede observar de forma gráfica en la Gráfica 3.

Tabla 15. Diámetro (en milímetros) de las plantas de tomate a lo largo del ensayo

	15 días	1 mes	2 meses
Control	1,18 (0,11) b	1,40 (0,25) c	1,46 (0,12) c
C	1,85 (0,15) a	3,81 (0,26) a	3,98 (0,78) a
V	1,82 (0,31) a	3,37 (0,21) b	3,49 (0,30) b

Letras distintas en la misma columna indica diferencias estadísticamente significativas.
Desviaciones estándar entre paréntesis.

Los tratamientos de compost (C) y vermicompost (V) son beneficiosos, aunque en este caso, el tratamiento de compost ha resultado estadísticamente mejor que el vermicompost. Estas diferencias ponen de manifiesto el efecto vigorizante que proporcionan los extractos a las plantas, datos que coinciden con lo reportado por Méndez *et al.* (2012) quien comprobó en su estudio como las plántulas de maíz a las que se le aplicaron estos extractos alcanzaron un mayor desarrollo.



Gráfica 3. Evolución del diámetro promedio de la planta de tomate a lo largo del ciclo

5.3.1.4. Contenido en clorofila de la planta de tomate

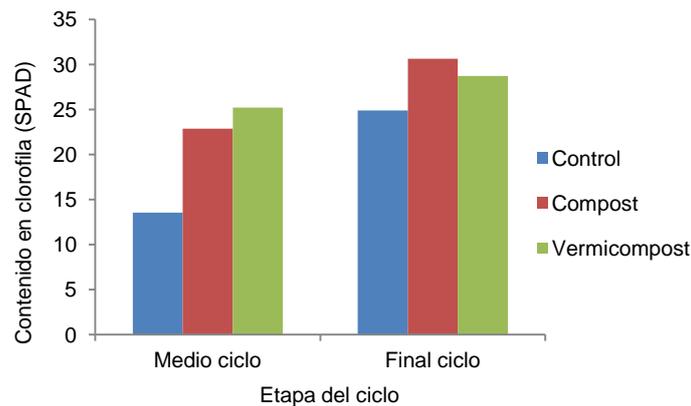
El contenido medio de clorofila en la planta de tomate a la mitad (1 mes) y al final del ciclo (2 meses) está recogido en la Tabla 16 y representado en la Gráfica 4.

Tabla 16. Contenido medio en clorofila (en unidades SPAD)

	1 mes	2 meses
Control	13,53 (1,54) c	24,88 (5,59) b
C	22,86 (3,04) b	30,61 (1,94) a
V	25,21 (1,62) a	28,72 (1,36) a

Letras distintas en la misma columna indica diferencias estadísticamente significativas
Desviaciones estándar entre paréntesis.

Se puede decir que el contenido en clorofila a mitad del ciclo (1 mes) presenta diferencias significativas entre los tres tratamientos, siendo el mejor el de vermicompost. A medida que transcurre el tiempo y se alcanza el final del ciclo (2 meses), los tratamientos de compost (C) y vermicompost (V) no presentan diferencias significativas entre sí y, ambos presentan mayor contenido en clorofila que el tratamiento control. Estos resultados coinciden con los expuestos por Atiyeh *et al.* (2000) en plántulas de tomate en invernadero.



Gráfica 4. Contenido en clorofila medio de la planta de tomate

5.3.1.5. Peso seco raíz y tallo de la planta de tomate

El peso seco es considerado como uno de los parámetros más importantes a la hora de valorar los distintos medios de cultivo ya que es indicativo del crecimiento y del desarrollo de las plantas. En este caso, el peso seco de la parte aérea y del sistema radicular de las plantas a los dos meses, es decir, en el momento de retirada del ensayo, es el representado en la Tabla 17.

Tabla 17. Peso seco de raíz y tallo (en gramos) medio de la planta de tomate

	Raíz	Tallo
Control	0,010 (0,004) b	0,013 (0,003) c
C	0,204 (0,048) a	0,604 (0,121) a
V	0,205 (0,052) a	0,368 (0,048) b

Letras distintas en la misma columna indica diferencias estadísticamente significativas.
Desviaciones estándar entre paréntesis.

Con respecto a los resultados obtenidos de peso seco de la parte radicular, se pueden diferenciar dos categorías estadísticas: el tratamiento de compost (C) y vermicompost (V) presentan diferencias estadísticas significativas con respecto al tratamiento control. Los primeros presentan un peso medio mayor que el tratamiento de referencia o control.

En cuanto al peso seco medio de la parte aérea, se puede decir que entre los tres tratamientos existen diferencias estadísticas significativas, siendo el que mejores resultados estadísticos presenta el tratamiento de compost, seguido de vermicompost y, finalmente, el control.

En la Figura 50, se puede ver una planta de cada uno de los tratamientos considerados en los que a simple vista, se puede observar el crecimiento de cada uno de ellos con respecto al tratamiento control (siendo v, tratamiento con extracto de vermicompost; c, tratamiento con extracto de compost y, ctrol, tratamiento control).



Figura 50. Tratamientos efecto vigorizante en tomate

5.3.1.6. Peso y número de tubérculos en patata

En cuanto al ensayo de patata, sólo se ha podido tomar el peso de tubérculos ya que ha sido la única parte de la planta que no ha sido afectada por el patógeno *Phytophthora infestans*, patógeno que ha contaminado el ensayo y que no es objeto del presente estudio. Esto ha hecho que, alcanzando el final del ciclo, se perdieran las plantas y, por tanto, los datos previos no puedan compararse con el resultado final. Por ello, sólo se ha considerado el dato de los tubérculos, en el supuesto de que todas las plantas han resultado igualmente afectadas. En la Tabla 18, se expresan los datos relativos al peso y el número medio de tubérculos por tratamiento.

Tabla 18. Peso (en gramos) y número (en unidades) medio de tubérculos

	Peso tubérculos	Número de tubérculos
Control	77,33 (18,02) b	3,17 (1,17) a
C	98,08 (21,54) ab	3,00 (1,15) a
V	124,50 (37,80) a	2,71 (0,95) a

Letras distintas en la misma columna indica diferencias estadísticamente significativas.
Desviaciones estándar entre paréntesis.

Con estos valores se puede deducir que, con respecto al peso de los tubérculos, no existen diferencias significativas entre el compost (C) y los demás tratamientos. Además, el vermicompost (V) presenta diferencias significativas con respecto al tratamiento control.

En la Figura 51, se pueden observar los tubérculos de cada uno de los tratamientos considerados.



Figura 51. Patatas de los distintos tratamientos (T: control, C: compost, V: vermicompost)

5.3.1.7. Evaluación general del efecto vigorizante

Según los parámetros observados a lo largo del ciclo de desarrollo de las plántulas de tomate, se puede ver que las plántulas tratadas con extracto de compost y vermicompost presentan los datos medios más elevados. En muchos de los parámetros, se comenzaron a observar diferencias significativas a los 15 días de aplicar los extractos. Además, las plantas tratadas presentaron un mayor tamaño que el tratamiento control y, mostraron una coloración verde uniforme en todas sus hojas, sin ningún indicio de deficiencias nutritivas. Este resultado corrobora los trabajos de Ochoa *et al.* (2009) que evaluaron la aplicación de té de compost en invernadero sobre plantas de tomate y no observaron síntomas de deficiencia nutrimental, por lo que concluyeron que, el té de compost abastecía las necesidades nutritivas de las plantas.

El efecto vigorizante en patata no puede ser afirmarse con precisión a partir de los parámetros que han podido ser medidos.

5.3.2. Efecto supresor contra *Phytophthora cactorum*

Para estudiar el efecto supresor de cada tratamiento contra el patógeno *Phytophthora cactorum*, se establecerá una comparación entre el tratamiento control inoculado con el patógeno y los tratamientos a los que se les han añadido extracto de compost o vermicompost.

5.3.2.1. Número de hojas en la planta de tomate

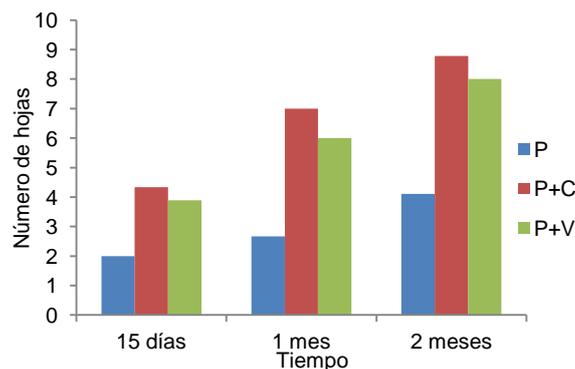
El número de hojas en los tratamientos en los que se inocularon *Phytophthora cactorum*, a lo largo del ciclo (hasta los 2 meses), se puede observar en la Tabla 19.

Tabla 19. Evolución del número de hojas (en unidades) a lo largo del ciclo del tomate con *P.cactorum*

	15 días	1 mes	2 meses
P	2,00 (0) c	2,67 (0,50) c	4,11 (0,60) c
P+C	4,33 (0,50) a	7,00 (0,71) a	8,78 (0,67) a
P+V	3,89 (0,33) b	6,00 (0,50) b	8,00 (0,50) b

Letras distintas en la misma columna indica diferencias estadísticamente significativas. Desviaciones estándar entre paréntesis.

En este caso, se puede ver que a lo largo del ciclo las diferencias significativas entre tratamientos son las mismas desde los quince días hasta los dos meses. Esto implica que, el tratamiento estadísticamente mejor es el de extracto de compost (P+C) que presenta diferencias significativas con respecto a los demás. Estos datos se pueden visualizar con más claridad en la Gráfica 5.



Gráfica 5. Número de hojas promedio en los tratamientos con *P.cactorum*

5.3.2.2. Altura de la planta de tomate

Los valores de la altura promedio de cada uno de los tratamientos considerados para estudiar el efecto supresor de *Phytophthora cactorum*, se encuentran representados en la Tabla 20.

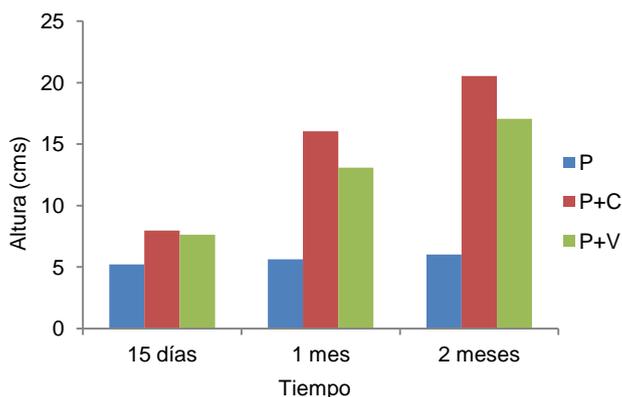
Tabla 20. Evolución de la altura promedio (en centímetros) a lo largo del ciclo del tomate con *P.cactorum*

	15 días	1 mes	2 meses
P	5,23 (1,08) b	5,63 (0,84) c	6,02 (0,96) c
P+C	7,96 (0,65) a	16,04 (1,62) a	20,54 (1,49) a
P+V	7,64 (0,73) a	13,08 (1,29) b	17,07 (1,74) b

Letras distintas en la misma columna indica diferencias estadísticamente significativas. Desviaciones estándar entre paréntesis.

Observando los resultados, se puede observar que inicialmente, en los primeros quince días del ciclo considerado, los tratamientos con extracto de compost (P+C) y vermicompost (P+V) no presentan diferencias estadísticamente significativas entre ellos, pero sí las presentan con respecto al tratamiento control (P). No obstante, a medida que transcurre el tiempo, los tratamientos de los extractos de compost y vermicompost presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí, considerándose el tratamiento con extracto de compost estadísticamente mejor que el de vermicompost.

En la Gráfica 6 se puede observar la representación tiempo-altura para cada uno de los tratamientos considerados.



Gráfica 6. Evolución de la altura promedio en los tratamientos con *P.cactorum*

5.3.2.3. Diámetro de la planta de tomate

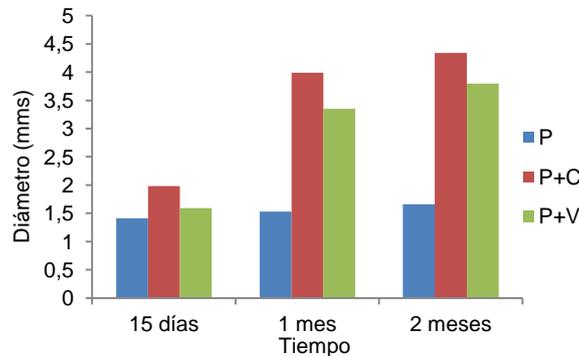
El diámetro de la planta puede verse influenciado por el tratamiento considerado. Los valores obtenidos a lo largo de los experimentos son los representados en la Tabla 21 y representados en la Gráfica 7.

Tabla 21. Evolución del diámetro (en milímetros) a lo largo del ciclo del tomate con *P.cactorum*

	15 días	1 mes	2 meses
P	1,41 (0,20) c	1,53 (0,19) c	1,66 (0,13) c
P+C	1,98 (0,15) a	3,99 (0,26) a	4,34 (0,33) a
P+V	1,59 (0,18) b	3,35 (0,35) b	3,80 (0,17) b

Letras distintas en la misma columna indica diferencias estadísticamente significativas. Desviaciones estándar entre paréntesis.

Con respecto a este parámetro, todos los tratamientos presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí, siendo el que mejores resultados presenta el tratamiento con extracto de compost (P+C).



Gráfica 7. Evolución del diámetro en los tratamientos con *P.cactorum*

5.3.2.4. Contenido en clorofila de la planta de tomate

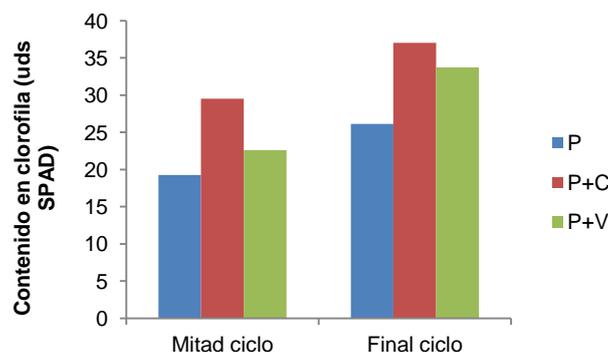
El contenido en clorofila en las plantas de tomate inoculadas con *Phytophthora cactorum* presenta la evolución descrita en la Tabla 22 y la Gráfica 8.

Tabla 22. Contenido en clorofila (en unidades SPAD) a lo largo del ciclo del tomate en *P.cactorum*

	1 mes	2 meses
P	19,26 (1,81) c	26,12 (3,80) b
P+C	29,50 (2,06) a	37,01 (5,49) a
P+V	22,59 (2,40) b	33,72 (2,29) a

Letras distintas en la misma columna indica diferencias estadísticamente significativas. Desviaciones estándar entre paréntesis.

Tanto en la Tabla 22 como en la Gráfica 8 se puede visualizar el efecto de los extractos con respecto a la evolución a lo largo del ciclo de las plantas de tomate de los distintos tratamientos. Se puede observar que a la mitad del ciclo (1 mes), todos los tratamientos presentan diferencias significativas entre ellos. En cambio, a medida que avanza el ciclo, se observa que al final entre el tratamiento con extracto de compost (P+C) y vermicompost (P+V) no existen diferencias significativas y, éstos han presentado resultados estadísticos mejores que el tratamiento control.



Gráfica 8. Evolución del contenido de clorofila en los tratamientos con *P.cactorum*

5.3.2.5. Peso seco raíz y tallo de la planta de tomate

El peso seco de la parte radicular y la parte aérea es uno de los indicadores más importantes para la determinación de la eficacia de un tratamiento ya que representa directamente el desarrollo de las plantas al final del ciclo. Por ello, a la hora de establecer el balance global de eficacia del tratamiento será uno de los parámetros más representativos. En la Tabla 23 se pueden ver los valores de peso seco obtenidos al final del ensayo.

Tabla 23. Peso seco de la parte radicular y aérea (en gramos) de los tratamientos de *P.cactorum* en tomate

	Peso seco raíz	Peso seco tallo
P	0,024 (0,007) c	0,022 (0,007) c
P+C	0,378 (0,104) a	0,897 (0,126) a
P+V	0,286 (0,070) b	0,509 (0,084) b

Letras distintas en la misma columna indica diferencias estadísticamente significativas. Desviaciones estándar entre paréntesis.

En la Tabla 23 se puede observar que entre todos los tratamientos existen diferencias significativas. El tratamiento que presenta mejores resultados es el tratamiento con extracto de compost (P+C), seguido del tratado con extracto de vermicompost (P+V) y, en último lugar, el tratamiento control (P). No obstante, estos datos se pueden observar en la Figura 52, en la que se aprecian con claridad el distinto crecimiento entre las plantas de los distintos tratamientos previamente a ser sometidas al proceso de secado.

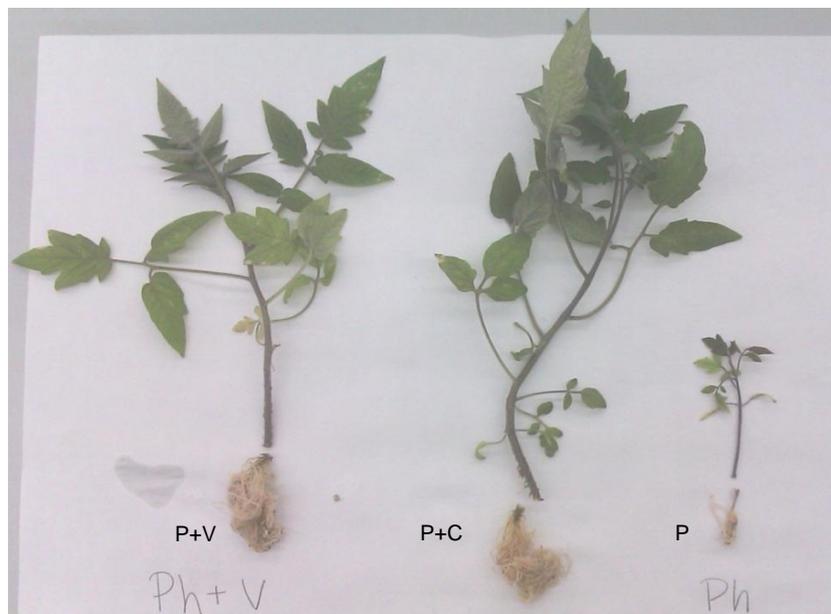


Figura 52. Tratamiento efecto supresor *Phytophthora cactorum* en tomate

5.3.2.6. Valoración de la severidad del ataque

La severidad del ataque se ha medido a través del recuento de plantas muertas y una valoración de la severidad del ataque estimada a partir del criterio objetivo del científico. Se valorará con una escala del 1 al 5, de menor a mayor severidad.

El número de plantas muertas y la severidad del ataque por parte del patógeno *P.cactorum*, se puede ver en la Tabla 24.

Tabla 24. Valoración de la severidad del ataque de *P.cactorum* en tomate

	Número de plantas muertas	Severidad del ataque
P	0	2
P+C	0	1
P+V	0	1

Según este criterio cualitativo, aquellos tratamientos con extracto (P+C y P+V) han dado lugar a mejores resultados. Esto indica que, existe un claro efecto supresor cuando se añade extracto ya que se observa claramente debido a la acción de los microorganismos que éstos contienen.

Según Zaller (2006), la aplicación foliar de extractos de vermicompost redujo la incidencia del género *Phytophthora* en tomate.

5.3.3. Efecto supresor contra *Rhizoctonia solani*

Para estudiar el efecto supresor de cada tratamiento contra el patógeno *Rhizoctonia solani*, se establecerá una comparación entre el tratamiento control inoculado con el patógeno y los tratamientos a los que se les han añadido extracto de compost o vermicompost.

5.3.3.1. Número de hojas en la planta de tomate

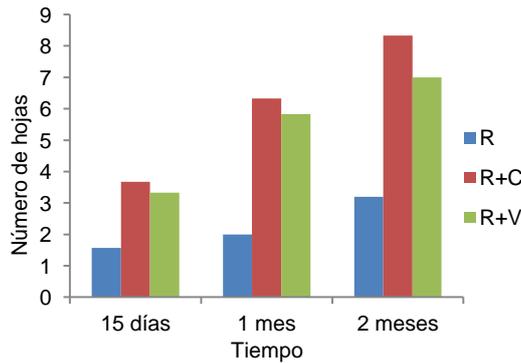
El número de hojas promedio de los tratamientos en los que se inocularon *Rhizoctonia solani*, se puede observar en la Tabla 25.

Tabla 25. Evolución del número de hojas (en unidades) a lo largo del ciclo del tomate con *R.solani*

	15 días	1 mes	2 meses
R	1,57 (0,53) b	2,0 (0,00) b	3,20 (0,45) c
R+C	3,67 (0,58) a	6,33 (1,15) a	8,33 (0,58) a
R+V	3,33 (0,52) a	5,83 (0,41) a	7,00 (0,63) b

Letras distintas en la misma columna indica diferencias estadísticamente significativas. Desviaciones estándar entre paréntesis.

Desde los primeros quince días, existen diferencias significativas entre los tratamientos con extracto (R+C y R+V) y el tratamiento control (R). Al transcurso del tiempo, el tratamiento con extracto de compost (R+C) presenta mejores resultados que los demás tratamientos.



Gráfica 9. Evolución del número de hojas a lo largo del ciclo

Estas diferencias son debidas a los nutrientes que aportan los extractos ya que estos contribuyen a la actividad supresora de los suelos a través de diversos mecanismos de control biológico (competencia, antibiosis, depredación, parasitismo, inducción de resistencia), incorporando nutrientes a las plantas que le dan vigor. Todos estos mecanismos originan mayor resistencia a enfermedades (Hoitink & Boehm, 1999; Noble & Coventry, 2005).

5.3.3.2. Altura de la planta de tomate

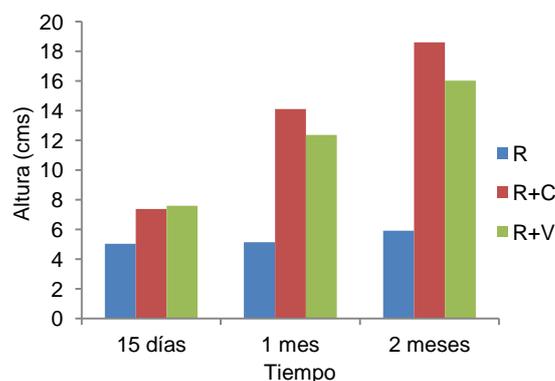
La altura promedio de las plantas de tomate del tratamiento con *Rhizoctonia solani* está indicada en la Tabla 26 y representada en la Gráfica 10.

Tabla 26. Evolución de la altura promedio (en centímetros) a lo largo del ciclo del tomate con *R.solani*

	15 días	1 mes	2 meses
R	5,03 (0,68) b	5,14 (0,48) c	5,90 (0,67) c
R+C	7,37 (1,20) a	14,1 (1,50) a	18,60 (1,47) a
R+V	7,58 (0,70) a	12,37 (0,84) b	16,02 (1,33) b

Letras distintas en la misma columna indica diferencias estadísticamente significativas. Desviaciones estándar entre paréntesis.

Al inicio del ciclo, se pueden observar diferencias significativas entre los tratamientos tratados con extracto (R+C y R+V) y tratamiento control con *Rhizoctonia* (R). Además, a partir del mes, se observan diferencias significativas entre R+C y R+V, resultando mejores resultados con el primero.



Gráfica 10. Evolución de la altura a lo largo del ciclo

5.3.3.3. Diámetro de la planta de tomate

El promedio del diámetro de las plantas de tomate a lo largo del ciclo de las plantas de tomate, se puede observar en la Tabla 27.

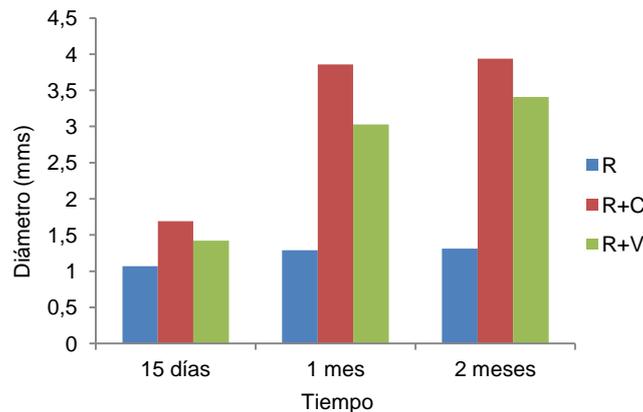
Tabla 27. Evolución del diámetro promedio (en milímetros) de las plantas de tomate con *R.solani*

	15 días	1 mes	2 meses
R	1,07 (0,09) c	1,29 (0,06) c	1,31 (0,09) c
R+C	1,69 (0,22) a	3,86 (0,39) a	3,94 (0,17) a
R+V	1,42 (0,12) b	3,03 (0,14) b	3,41 (0,15) b

Letras distintas en la misma columna indica diferencias estadísticamente significativas.
Desviaciones estándar entre paréntesis.

En cuanto a este parámetro, desde principio de ciclo hasta el final, existen diferencias significativas entre los tres tratamientos. Así pues, el que mejores resultados ha presentado ha sido el tratado con extracto de compost (R+C), seguido del tratado con extracto de vermicompost (R+V) y, en último lugar, el tratamiento control con solamente el patógeno *Rhizoctonia solani* (R).

En la Gráfica 11, se puede observar claramente la evolución del crecimiento del diámetro del tallo de las plantas de tomate con los tratamientos de *Rhizoctonia solani*.



Gráfica 11. Evolución del diámetro promedio de las plantas de tomate

5.3.3.4. Contenido en clorofila de la planta de tomate

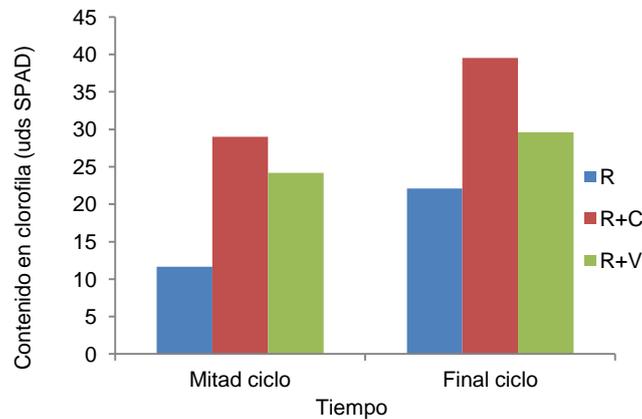
El contenido en clorofila en las plantas de tomate inoculadas con *Rhizoctonia solani* presenta la evolución descrita en la Tabla 28 y la Gráfica 12.

Tabla 28. Contenido en clorofila (en unidades SPAD) en las plantas de tomate con *R.solani*

	1 mes	2 meses
R	11,65 (1,94) c	22,08 (5,72) c
R+C	29,00 (1,83) a	39,53 (1,69) a
R+V	24,17 (1,82) b	29,60 (1,45) b

Letras distintas en la misma columna indica diferencias estadísticamente significativas.
Desviaciones estándar entre paréntesis.

Con respecto a este parámetro se puede ver que existen diferencias significativas entre tratamientos. Tanto a medio (1 mes) como al final del ciclo (2 meses), el tratamiento control con *Rhizoctonia* (R) presenta peores resultados que en los tratamientos con extracto. Aquel que mejores resultados presenta es el tratamiento R+C, con adición de extracto de compost.



Gráfica 12. Evolución del contenido en clorofila a lo largo del ciclo

5.3.3.5. Peso seco raíz y tallo de la planta de tomate

El peso seco de la parte aérea y radicular es uno de los parámetros principales a considerar en el desarrollo de las plantas y, por tanto, en la valoración de eficacia de cada uno de los tratamientos considerados. Así pues, en la Tabla 29 quedan representados los valores relativos al peso seco de la raíz y de la parte aérea.

Tabla 29. Peso seco de la raíz y de la parte aérea (en gramos) de las plantas de tomate

	Peso seco raíz	Peso seco tallo
R	0,008 (0,003) c	0,011 (0,005) c
R+C	0,260 (0,024) a	0,767 (0,067) a
R+V	0,177 (0,044) b	0,380 (0,072) b

Letras distintas en la misma columna indica diferencias estadísticamente significativas.
Desviaciones estándar entre paréntesis.

Tanto en el peso seco de la raíz como de la parte aérea existen diferencias estadísticamente significativas entre los tres tratamientos. El tratamiento que mejores resultados ha presentado ha sido el tratado con extracto de compost (R+C). Este efecto se puede observar en la Figura 53, en la que R, es el tratamiento control en el que solamente se ha inoculado *Rhizoctonia solani*; R+C, el tratamiento con extracto de compost y el patógeno; y, R+V, el tratamiento con extracto de vermicompost y el patógeno.

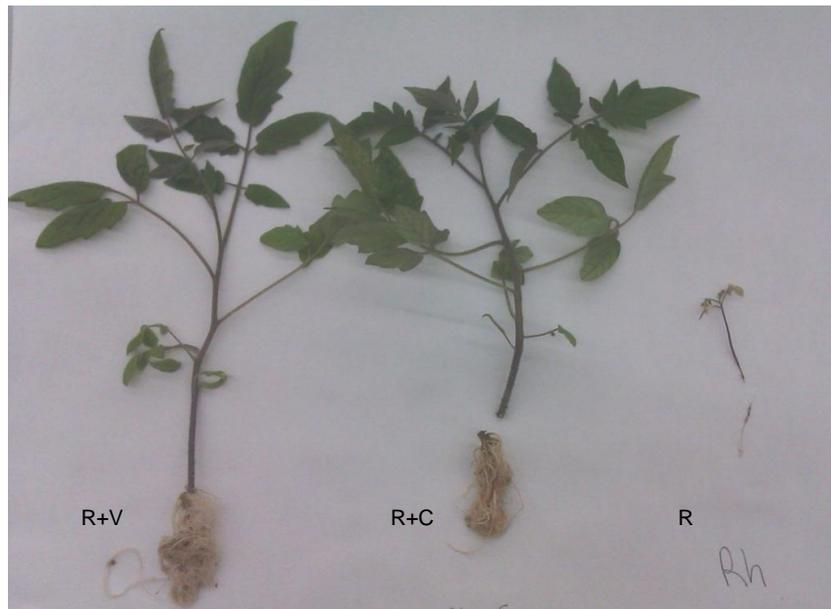


Figura 53. Tratamientos en planta de tomate con *Rhizoctonia solani*

5.3.3.6. Valoración de la severidad del ataque

La severidad del ataque fue evaluada al final del ciclo con una escala de 0 a 5 de acuerdo con la manifestación de síntomas en la parte aérea de las plantas con el fin de ver la afección del cultivo por el patógeno *Rhizoctonia solani*. El número de plantas muertas y la valoración de la severidad del ataque se muestran en la Tabla 30.

Tabla 30. Número de plantas muertas y severidad del ataque para *R.solani*

	Número de plantas muertas	Severidad del ataque
R	4	5
R+C	5	3
R+V	3	2

Arancon *et al.* (2007) utilizaron té de composts de distintos residuos orgánicos como bioplaguicida contra los parásitos vegetales como *Rhizoctonia solani*, observando una reducción notable de la incidencia de estos patógenos en diferentes cultivos. En nuestro caso, se puede ver que la severidad del ataque es mayor en el tratamiento control y el número de plantas muertas es mayor que en los otros patógenos debido al gran impacto que tiene este patógeno sobre el cultivo.

Además, estos resultados concuerdan con Tuitert *et al.* (1998), quienes observaron en su estudio como los té de compost con un estado de maduración entre 3 y 7 meses presentaron una supresividad significativa frente a *R. solani*.

5.3.3.7. Peso y número de tubérculos en patata

El peso y el número de tubérculos en las plantas de patata se pueden observar en la Tabla 31.

Tabla 31. Peso (en gramos) y número (en unidades) de los tubérculos de patata

	Peso tubérculos	Número tubérculos
R	62,86 (22,33) a	1,83 (0,75) a
R+C	69,90 (22,08) a	1,50 (0,84) a
R+V	75,08 (32,33) a	2,17 (0,98) a

Letras distintas en la misma columna indica diferencias estadísticamente significativas.
Desviaciones estándar entre paréntesis.

No existen diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para estos parámetros. Por tanto, en función de los resultados obtenidos no se puede decir que ninguno de los tratamientos sea mejor estadísticamente.

5.3.4. Efecto supresor contra *Fusarium oxysporum*

5.3.4.1. Número de hojas en la planta de tomate

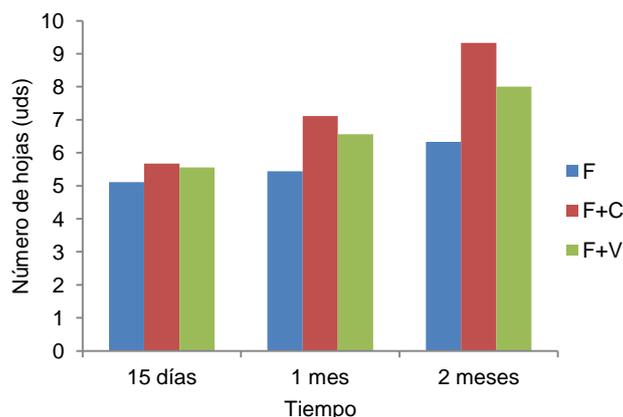
El número promedio de hojas en la planta de tomate considerado a lo largo del ciclo es el representado en la Tabla 32 y en la Gráfica 13.

Tabla 32. Número promedio de hojas (en unidades) de la planta de tomate a lo largo del ciclo con *F.oxysporum*

	15 días	1 mes	2 meses
F	5,11 (0,33) b	5,44 (0,53) c	6,33 (0,87) c
F+C	5,67 (0,50) a	7,11 (0,33) a	9,33 (0,50) a
F+V	5,56 (0,73) ab	6,56 (0,73) b	8,00 (0,71) b

Letras distintas en la misma columna indica diferencias estadísticamente significativas.
Desviaciones estándar entre paréntesis.

A los 15 días no existían diferencias estadísticas claras ya que solamente se puede decir que entre el tratamiento control con *Fusarium oxysporum* (F) y el F+C (*Fusarium oxysporum* + extracto de compost) presentan diferencias significativas entre sí. No obstante, a partir del mes, se observan diferencias entre los tratamientos, presentando mejores resultados el tratamiento tratado con extracto de compost (F+C).



Gráfica 13. Número de hojas promedio en las plantas de tomate con *F.oxysporum*

5.3.4.1. Altura de la planta de tomate

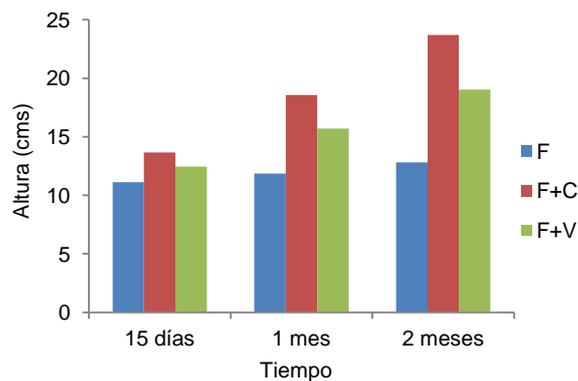
En la Tabla 33 se puede observar la altura promedio de la planta de tomate con los tratamientos *F.oxysporum* para determinar el poder supresor de los extractos en condiciones *in vivo*.

Tabla 33. Altura promedio (en centímetros) de la planta de tomate a lo largo del ciclo con *F.oxysporum*

	15 días	1 mes	2 meses
F	11,13 (1,05) b	11,87 (0,77) c	12,82 (0,98) c
F+C	13,67 (1,92) a	18,58 (1,68) a	23,69 (2,24) a
F+V	12,47 (1,22) ab	15,72 (0,70) b	19,03 (0,81) b

Letras distintas en la misma columna indica diferencias estadísticamente significativas. Desviaciones estándar entre paréntesis.

Por tanto, en la Gráfica 14, se puede apreciar a simple vista que ocurre lo mismo que en el número de hojas. Inicialmente, sólo se pueden establecer diferencias significativas entre el control de Fusarium (F) y el del extracto de compost (F+C). Al transcurrir más tiempo, el mejor resultado estadístico obtenido es el del compost (F+C), presentando diferencias significativas con respecto a los otros.



Gráfica 14. Altura promedio en las plantas de tomate con *F.oxysporum* a lo largo del ciclo

5.3.4.2. Diámetro de la planta de tomate

El diámetro promedio de la planta de tomate a los quince días, un mes y dos meses puede verse representado en la Tabla 34 y en la Gráfica 15.

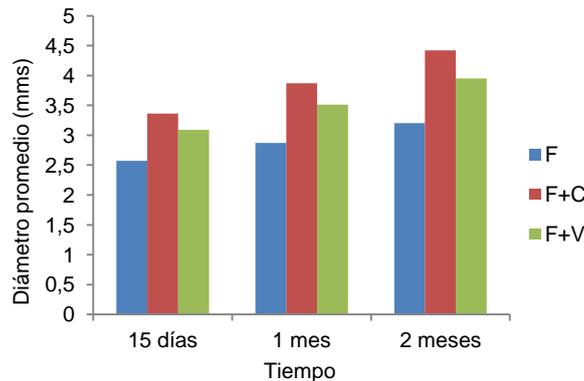
Tabla 34. Diámetro promedio (en milímetros) de hojas en la planta de tomate a lo largo del ciclo con *F.oxysporum*

	15 días	1 mes	2 meses
F	2,57 (0,24) b	2,87 (0,18) c	3,20 (0,35) c
F+C	3,36 (0,50) a	3,87 (0,23) a	4,42 (0,26) a
F+V	3,09 (0,23) a	3,51 (0,19) b	3,95 (0,21) b

Letras distintas en la misma columna indica diferencias estadísticamente significativas. Desviaciones estándar entre paréntesis.

Se puede ver que desde los primeros quince días, los tratamientos con extractos (F+C y F+V) presentan diferencias significativas con el tratamiento control (F). A partir de ese momento, a medida que transcurre el tiempo, se aprecian

diferencias significativas entre F+C y F+V, presentando mejores resultados el primero de ellos.



Gráfica 15. Diámetro promedio en las plantas de tomate con *F.oxysporum* a lo largo del ciclo

5.3.4.3. Contenido en clorofila de la planta de tomate

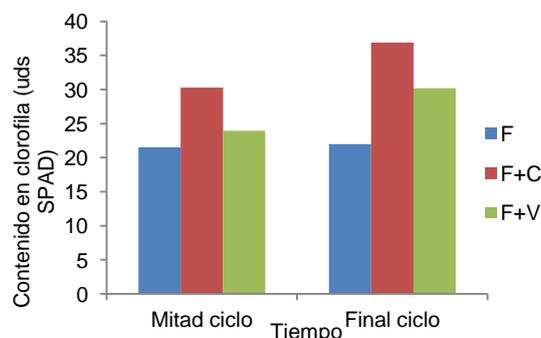
El contenido en clorofila de la planta de tomate con inoculación de *Fusarium oxysporum* es el indicado en la siguiente tabla (Tabla 35).

Tabla 35. Contenido en clorofila promedio (en unidades SPAD) en la planta de tomate a lo largo del ciclo con *F.oxysporum*

	1 mes	2 meses
F	21,51 (5,40) b	21,97 (2,83) b
F+C	30,29 (2,27) a	36,87 (12,54) a
F+V	23,96 (2,46) b	30,19 (4,35) a

Letras distintas en la misma columna indica diferencias estadísticamente significativas. Desviaciones estándar entre paréntesis.

Pasado un mes desde la implantación del ensayo (mitad del ciclo), se puede ver como el tratamiento con extracto de compost (F+C) presenta diferencias significativas con respecto a los otros aunque, al final del ciclo, el tratamiento con extracto vermicompost (F+V) se encuentra dentro de la misma categoría estadística que el tratado con té de compost (F+C). Así pues, los tratamientos con extractos presentan hojas más verdes y con mayor contenido en clorofila que el tratamiento control.



Gráfica 16. Contenido en clorofila promedio en las plantas de tomate con *F.oxysporum*

5.3.4.4. **Peso seco raíz y tallo de la planta de tomate**

El peso seco de la parte radicular y de la parte aérea se encuentra representado en la Tabla 36.

Tabla 36. Peso seco de la parte radicular y aérea (en gramos) de la planta de tomate con *F.oxysporum*

	Peso seco raíz	Peso seco tallo
F	0,197 (0,049) b	0,276 (0,036) c
F+C	0,475 (0,126) a	1,141 (0,203) a
F+V	0,435 (0,137) a	0,668 (0,170) b

Letras distintas en la misma columna indica diferencias estadísticamente significativas.
Desviaciones estándar entre paréntesis.

En ambos casos, tanto en el peso de la raíz como de la parte aérea, se puede observar que existen diferencias estadísticamente significativas entre el tratamiento control F y los tratamiento con extractos (F+C y F+V). No obstante, en el peso seco de la raíz, los tratamientos con extracto no presentan diferencias significativas entre sí pero, en el peso seco de la parte aérea, existen diferencias significativas, resultando F+C mejor estadísticamente.

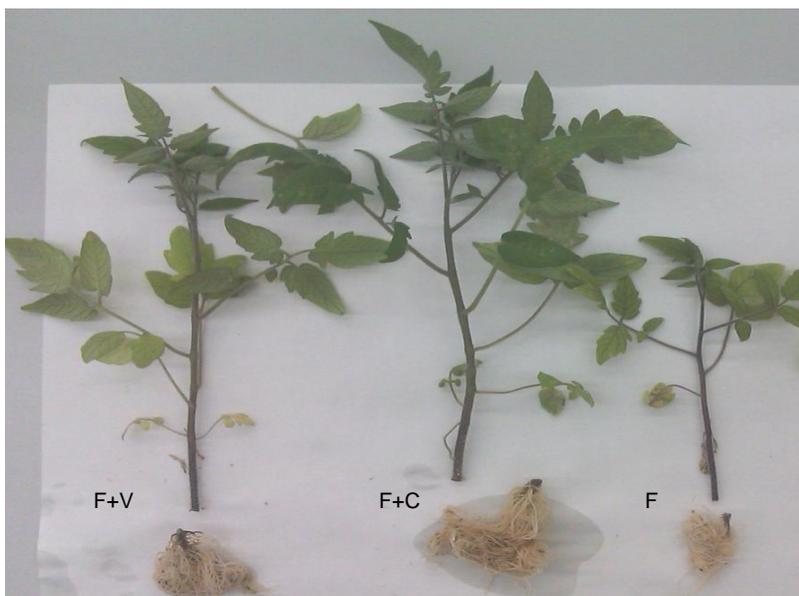


Figura 54. Plantas de los distintos tratamientos de *Fusarium oxysporum*

5.3.4.5. **Valoración de la severidad del ataque**

Para valorar la severidad del ataque de *Fusarium oxysporum* se ha contabilizado el número de plantas muertas y se ha llevado a cabo una valoración cualitativa del estado de las plantas valorándolo como severidad del ataque (Tabla 37).

Tabla 37. Número de plantas muertas y severidad del ataque para *F.oxysporum*

	Número de plantas muertas	Severidad del ataque
F	0	2
F+C	0	1
F+V	0	1

Tal y como se observa en la Tabla 37, el patógeno *F.oxysporum* no ha presentado apenas severidad de ataque ya que no ha muerto ninguna planta y, apenas se han notado síntomas de enfermedad en las plantas.

5.3.5. Balance global

Los tratamientos con extracto de seis meses presentan claramente un efecto vigorizante en las plantas debido a su gran contenido en nutrientes, especialmente marcado por el alto contenido en nitrato y potasio. Además, también presentan un efecto supresor debido a la gran cantidad de microorganismos presentes en ellos y, por tanto, al biocontrol de las enfermedades de las plantas (Elad & Shtienberg, 1994). En otro proyecto paralelo llevado a cabo en el Departamento de Microbiología de la Universidad de Salamanca, se están estudiando los microorganismos presentes en el compost de restos de poda y jardinería y, hasta el presente, se han encontrado especies de hongos y actinomicetos tales como *Trichoderma harzianum*, las cuales constituyen un factor de lucha biológica y control contra los patógenos estudiados. No obstante, en estudios realizados previamente por Mayo *et al.* (2008) y Campelo *et al.* (2010), el porcentaje de inhibición de estos patógenos con *Trichoderma* varía entre el 35% y el 100%, siendo *Fusarium oxysporum* aquel patógeno en el que el porcentaje de inhibición fue menor.

En este caso, el tratamiento que mejores resultados globales ha presentado es el extracto de compost de seis meses de antigüedad, aunque el extracto de vermicompost de seis meses de antigüedad también debe ser considerado puesto que, ha dado lugar a diferencias significativas con respecto al tratamiento considerado como control.

Por otro lado, cabe destacar que a partir de los experimentos realizados por Anees *et al.* (2010), se llegó a la conclusión de que la actividad antibiótica de los hongos en condiciones *in vitro* no tiene por qué estar relacionada con una disminución de la enfermedad en condiciones *in vivo* ya que las condiciones consideradas son distintas.

6. CONCLUSIONES

Las conclusiones derivadas de este estudio son las siguientes:

- Los extractos de compost y vermicompost de restos de jardinería y poda presentan concentraciones nutricionales altas para poder ser considerado como elemento fertilizante. No obstante, queda demostrado a lo largo de muchos estudios que estos extractos proporcionan un efecto vigorizante en las plantas. En este caso, el extracto de compost confiere un mayor efecto vigorizante debido principalmente, a su elevado contenido en nutrientes esenciales y asimilables, especialmente el nitrato (6645 ppm) y el potasio (5100 ppm).
- Los extractos recientes no han producido efecto supresor en ninguno de los patógenos estudiados.
- Los extractos de seis meses de antigüedad presentan un efecto supresor claro, dando lugar a índices de crecimiento relativo de los patógenos (*Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani* y *Phytophthora cactorum*) del 0% debido a la estabilización y el número de microorganismos presentes en el mismo.
- El efecto vigorizante se observa con la aplicación de los dos extractos con antigüedad de seis meses, siendo más claro en el extracto de compost.
- El efecto supresor de control de patógeno en planta con extracto de compost y vermicompost de seis meses, presenta cierto efecto ya que las plantas se han desarrollado normalmente.

Se considera necesario seguir estudiando estos extractos con el fin de mejorar las concentraciones para obtener el mejor efecto supresor posible a partir de la utilización de los mismos.

7. BIBLIOGRAFÍA

ABAD, M. NOGUERA, P. & BURÉS, S. (2002). National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: case study in Spain. **Bioresource Technology**, Vol. 77: 197-200.

ABAD, M., NOGUERA, P. & CARRION, C. (2004). Los sustratos en los cultivos sin suelo. pp. 113-158. En: URRESTARAZU, M. (2004). Tratado de cultivo sin suelo. Ed. Mundi Prensa. 914 p.

ADAMS, J.D. & FROSTICK, L.E. (2007). Investigating microbial activities in compost using mushroom (*Agaricus bisporus*) cultivation an experimental system. **Bioresource technology**, Vol. 99: 1097-1102.

AL-DAHMANI, J.H., ABBASSI, A., MILLER, S.A. & HOITINK, A.J. (2003). Suppression of bacterial spot of tomato with foliar sprays of composts extracts under greenhouse and field conditions. **Plant Disease**, Vol. 87: 913-919.

AGRIOS, G.N. (1997). Fitopatología. Ediciones Limusa. 856 p.

ALI, M., GRIFFITHS, A.J., WILLIAMS, K.P. & JONES, D.L. (2007). Evaluating the growth characteristics of lettuce in vermicompost and green waste compost. **European Journal of Soil Biology**, Vol. 43: S316 – S319.

ALVES-SANTOS, F.M. & DÍEZ, J.J. (2011). Biological control of *Fusarium*. pp. 131-158. En: ALVES-SANTOS, F. M. & DÍEZ, J. J. (2011). Control of Fusarium Diseases. Kerala (India) Research Signpost.

ANEES, M., TRONSMO, A., EDEL-HERMANN, V., HJELJORD, L.G., HÉRAUD, C. & STEINBERG, C. (2010). Characterization of field isolates of *Trichoderma* antagonistic against *Rhizoctonia solani*. **Fungal Biology XXX**: 1-11.

ARANCON, N.Q., EDWARDS, C.A., DICK, R. & DICK, L. (2007). Vermicompost tea production and plant growth impacts. **Biocycle**. Vol. 48: 51–52.

ATIYEH, R.M., EDWARDS, C.A., METZGER, J.D., LEE, S. & ARANCON, N.Q. (2002). The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. **Bioresource Technology**, Vol. 84: 7-14.

BAIXAULI, C. & AGUILAR, J.M. (2002). **Cultivo sin suelo de hortalizas. Aspectos prácticos y experiencias**. Sèrie divulgació Tècnica de la Generalitat Valenciana. 110 p.

BAUTISTA, C. (1998). **Residuos: guía técnico-jurídica**. Ediciones Mundi-Prensa. 377 p.

BENITO, M., MASAGUER, A., DE ANTONIO, R. & MOLINER, A. (2008). Evolución de parámetros químicos y físico-químicos en el compostaje de restos de poda. **Actas de las VII Jornadas del Grupo de Sustratos de la SECH** (Madrid): 34 – 42.

BERNAL, M.P. & GONDAR, D.M. (2008). Producción y gestión de los residuos orgánicos: situación actual a nivel mundial, comunitario y estatal. pp. 11-41. En: MORENO, J. & MORAL, R. (2008). **Compostaje**. Ediciones Mundi – Prensa. 570 p.

BIDLINGMAIER, W. (1996). Odour emissions from composting plants. **The Science of composting, Vol. I**: 71 – 79.

BLANCARD, D. (1988). **Enfermedades del tomate: observar, identificar y luchar**. Ediciones Mundi - Prensa. 213 p.

BLANCARD, D. (2011). **Enfermedades del tomate**. Mundi-Prensa Libros. 679 p.

BOIXADERA, J. (2001). Gestión de la aplicación al suelo de los residuos orgánicos tratados. **Encuentro Internacional de Gestión de Residuos Orgánicos en el ámbito rural mediterráneo** (Pamplona).

BOODT, M. DE, VERDONCK, O. & CAPPAERT, I. (1974). Method for measuring the waterrelease curve of organic substrates. **Acta Horticulturae** nº 37.

BOOTH, C. (1970). *Fusarium oxysporum*. **C.M.I. Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria, Vol. 211**: 1-2.

BORRERO, C., TRILLAS, M.I., ORDOVÁS, J., TELLO, J.C. & AVILÉS, M. (2004). Predictive factors for the suppression of *Fusarium* Wilt. of tomato in plant growth media. **Phytopathology, Vol. 94**: 1094-1101.

BORRERO, C., TRILLAS, M.I., ORDOVÁS, J. & AVILÉS, M. (2006). Tomato *Fusarium* Wilt. suppressiveness. The relationship between the organic plant growth media and

their microbial communities as characterized by Biolog ®". **Soil Biology and Biochemistry, Vol. 38:** 1631-1637.

BOSLAND, P.W. (1988). *Fusarium oxysporum* a pathogen of many plant species. **Advances in plant pathology, Vol. 6:** 281- 289

BRINTON, W.F., TRANKNER, A. & DROFFNER, M. (1996). Investigations into liquid compost extracts. **BioCycle, Vol. 37:** 68-70.

BUENO, P., DÍAZ, M.J. & CABRERA, F. (2008). Factores que afectan al proceso de compostaje. pp. 93-109. En: MORENO, J. & MORAL, R. (2008). **Compostaje**. Ediciones Mundi-Prensa. 570 p.

BUTLER, T.A., SIKORA, L.J., TEEINHILBER, P.M. & DOUGLASS, L.W. (2001). Compost age and sample storage effects on maturity indicators of biosolids compost. **Journal of Environmental Quality, Vol. 30:** 2141-2148.

CABANILLAS, C., LEDESMA, A. & DEL LONGO, O. (2006). Biofertilizers (vermicomposting) as sustainable alternative to urea application in the production of basil (*Ocimum basilicum* L.). **Molecular Medicinal Chemistry, Vol. 11:** 28-30

CAMPELO, M.P., CARDOZA, R.E., LORENZANA, A., HERMOSA, M.R., MONTE, E., REINOSO, B., GUTIÉRREZ, S. & CASQUERO, P.A. (2010). Biological control of phytopathogenic fungi in bean (*Phaseolus vulgaris*, L.) with *Trichoderma atroviride* and *Trichoderma virens*. **Bean Improvement Cooperative Fort Collins**.

CARRIÓN, C., ABAD, M., PUCHADES, R., FORNES, F., MAQUIEIRA, A. & NOGUERA, V. (2004). Caracterización de composts de residuos vegetales de origen hortícola como sustratos o componentes de sustrato de cultivo. **Actas de las VII Jornadas del Grupo de Sustratos de la SECH** (Madrid): 50 – 60.

CASTILLO, H., HERNÁNDEZ, A., DOMÍNGUEZ, D. & OJEDA, D. (2010). Effect of Californian Red Worm (*Eisenia foetida*) on the nutrient dynamics of a mixture of semicomposted materials. **Chilean Journal of Agricultural Research, Vol. 80:** 465-473.

COTXARRERA, L., TRILLAS-GAY, M.I., STEINBERG, C. & ALABOUVETTE, C. (2002). Use of sewage sludge compost and *Trichoderma asperellum* isolates to suppress *Fusarium* Wilt. of tomato. **Soil Biology and Biochemistry, Vol. 34:** 467-476.

- COVENTRY, E. & ALLAN, E.J. (2001). Microbiological and chemical analysis of neem (*Azadirachta indica*) extracts: new data on antimicrobial activity. **Phytoparasitica**, Vol. 29: 441-450.
- DÁVILA, M.D., GALLEGOS, G., HERNÁNDEZ, F.D., OCHOA, Y.M. & FLORES, A. (2013). Actinomicetos antagónicos contra hongos fitopatógenos de importancia agrícola. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, Vol. 4 n°8: 1187-1196.
- DAY, M. & SHAW, K. (2005). Procesos biológicos, químicos y físicos del compostaje. pp. 17-50. En: STOFFELLA, P.J. & KANH, B.A. (2005). **Utilización de compost en los sistemas de Cultivo Hortícola**. Ediciones Mundi-Prensa. 397 p.
- DÍAZ, N. (2007). **Horticultura ecológica**. Excma. Diputación de Valladolid. 69 p.
- DOMÍNGUEZ, J., GÓMEZ, M. & LAZCANO, M. (2010). Propiedades de los bioplaguicidas del vermicompost. **Acta Zoológica Mexicana**, Vol. 2: 373-383.
- DURMAN, S. & GODEAS, A. (1999). Evaluación de *Trichoderma* spp. como antagonista de *R. solani in vitro* y con biocontroladores en plantas de tomate. **Revista Argentina de Micología**, Vol. 31: 13-18.
- EDWARDS, C.A. (1998). **Earthworm Ecology**. CRC Press Boca Raton. 389 p.
- EDWARDS, C.A., ARANCON, N.Q., EMERSON, E. & PULLIAM, R. (2007). Suppressing plant parasitic nematodes and arthropods nematodes pests with vermicompost teas. **Biocycle**, Vol. 48 n°12: 38-39.
- ELAD, Y. & SHTIENBERG, D. (1994). Effect of compost water extracts on grey mould (*Botrytis cinerea*). **Crop Protection**, Vol. 13: 109-114.
- EPSTEIN, E. (1997). **The Science of composting**. Technomic Publishing Inc., Lancaster, Pennsylvania. 83 p.
- ESCANDE, A.R., CALDERONI, A.V. & MELEGARI, A.L. (1984). **La papa: diagnóstico y control de sus enfermedades**. Rohm & Haas, INTA, FCA-UNMDP & CIAM. 48 p.
- FERRUZZI, C. (1987). **Manual de lombricultura**. Ediciones Mundi-Prensa. 138 p.

- FLOTATS, X. & SOLÉ, F. (2008). Situación actual en el tratamiento de los residuos orgánicos: aspectos científicos, económicos y legislativos. pp. 43-74. En: MORENO, J. & MORAL, R. (2008). **Compostaje**. Ediciones Mundi – Prensa. 570 p.
- FRICKE, K. & VOGTMANN, H. (1993). Quality of source separated compost. **Biocycle, Vol. 34**: 64 - 70.
- GARCÉS, E., OROZCO, A.M. & ZAPATA, A.C. (1999). Fitopatología en Flores. **Acta Biológica Colombiana, Vol. 4** nº 2: 5- 26.
- GARCÉS, E., OROZCO, A.M., BAUTISTA, G. & VALENCIA, H. (2001). *Fusarium oxysporum*, el hongo que nos falta conocer. **Acta Biológica Colombiana, Vol. 6** nº 1: 7-25.
- GARCÍA, C. & HERNÁNDEZ, T. (2004). Importancia de la medida de la actividad microbiana en suelos y materiales orgánicos. **I Conferencia Internacional Eco-Biología del suelo y el compost SoilACE** (León). España.
- GARCÍA, M.R., SOLANO, V., ROMERO, M. & MARIO, C. (2005). **Manual cría de la lombriz de tierra: una alternativa ecológica y rentable**. San Pablo. 193 p.
- GARIBALDI, A. (1988). Research on substrates suppressive to *Fusarium oxysporum* and *Rhizoctonia solani*. **Acta Horticulturae** nº 221:271-277.
- GARRET, S.D. (1977). **Pathogenic root- infecting fungi**. Cambridge Press. 294 p.
- GIULIETTI, A., PERINO, E., STRASSER, E. & PEDRANZANI, H. (2009). **Lombricompuestos de estiércoles como fertilizantes ecológicos**. Las Fronteras de la Física y Química Ambiental en Ibero América. 286 p.
- GOLDSTEIN, N. (2005). La industria del compostaje en Estados Unidos: pasado, presente y futuro”. pp. 3-16. En: STOFFELLA, P.J. Y KANH, B.A. (2005). **Utilización de compost en los sistemas de Cultivo Hortícola**. Ediciones Mundi-Prensa. 397 p.
- GÓMEZ, M.A., MORALES, M.R., PÉREZ, R. & GONZÁLEZ, A.I. (2011). Characterization and evaluation for ornamental production of compost and vermicompost from green and pruning wastes. **International Symposium on Growing Media, Composting and Substrate Analysis**.

GÓMEZ, M.A., MORALES, M.R. & PÉREZ, R. (2014). Estudio del efecto supresor sobre hongos fitopatógenos de extractos de compost y vermicompost de residuos de jardinería. **XI Jornadas del grupo de sustratos de la SECH.**

GONZÁLEZ, I., ARIAS, Y. & PETEIRA, B. (2012). Aspectos generales de la interacción *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* y tomate. **Revista de Protección Vegetal, Vol. 27.** nº 1.

GUERRERO, A. (1999). **Cultivos herbáceos extensivos.** Mundi-Prensa Libros, S.A. 831 p.

GUTIÉRREZ, F.A., GARCÍA, R.C., ROSALES, R., ABUD, M., OLIVA, M.A., GUILLEN, M.J. & DENDOOVEN, L. (2008). Formulation of a liquid fertilizer for sorghum using vermicompost leachate. **Bioresource Technology, Vol. 99:** 6174-6180.

HANDELSMAN, J. & STABB, E.V. (1996). Biocontrol of Soilborne Plant Pathogens. **The Plant Cell, Vol. 8:** 1855-1869.

HERRERA, R. (2005). **Control biológico de *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* y *Fusarium solani* en tomates bajo invernadero.** Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. Santiago. 14 p.

HOITINK, H.A.J., STONE, A.G. & HAN, D.Y. (1997). Supresión de enfermedades de plantas mediante compost. **Agronomía Costarricense, Vol. 21:** 25-33.

HOITINK, H.A.J. & BOEHM, M.J. (1999). Biocontrol within the context of soil microbial communities: a substrate-dependent phenomenon. **Annual Review of Phytopathology, Vol. 37:** 427-446.

HUARTE, M.A., CLAUSEN, A.M., CAMADRO, E.L, CORTÉS, M.C., MASUELLI, R.W., CAPEZIO, S., ECHEVERRÍA, M.M., MANTECÓN, J. & VEGA, E. (1991). Utilización de mayor variabilidad genética en el programa argentino de mejoramiento de papa. En: Clausen, A., Camadro, E., López, A. & Huarte, M. (1991). **Recursos Genéticos Hortícolas.** INTA EEA Balcarce. 365 p.

JERIS, J.S. & REGAN, R.W. (1973). Controlling Environmental Parametres for Optimun Composting. **Compost Science, Vol. 14:** 10 – 15.

JOBIN, T. & CARISSE, O. (2007). Incidence of myclobutanil and kresoxim-methyl-insensitive isolates of *Venturia inaequalis* in Quebec orchards. **Plant Disease**, Vol. 91: 1351-1358.

KEELING, A.A., GRIFFITHS, B.S., RITZ, K. & MYERS, M. (1995). Effects of compost stability on plant growth, microbiological parameters and nitrogen availability in media containing mixed garden waste compost. **Bioresource Technology**, Vol. 54: 279-284.

KÖLLER, W. & WILCOX, W.F. (2001). Evidence for the predisposition of fungicide resistant isolates of *Venturia inaequalis* to a preferential selection for resistance to other fungicides. **Phytopathology**, Vol. 91: 776-781.

KRAUSE, M.S., MADDEN, L.V. & HOITINK, H.A.J. (2001). Effect of potting mix microbial carrying capacity on biological control of *Rhizoctonia* damping-off of radish and *Rhizoctonia* crown and root rot of poinsettia. **Phytopathology**, Vol. 91: 1116-1123.

KUTER, G.A., HOITINK, H.A.J. & CHEN, W. (1988). Effects of municipal sludge compost curing time on suppression of *Pythium* and *Rhizoctonia* diseases of ornamental plants. **Plant Disease**, Vol. 72: 751-756.

LANTHIER, M. (2007). Compost tea and its impact on plant diseases. **BC Organic Grower**, Vol. 10 n°2: 7-11.

LIANG, C., DAS, K.C. & MCCLENDON, R.W. (2003). The influence of temperature and moisture contents regimes on the aerobic microbial activity of a biosolids composting blend. **Bioresource Technology**, Vol. 86: 131–137.

MADEJÓN, E., DÍAZ, M.J., LÓPEZ, R. & CABRERA, F. (2001). Co-composting of sugarbeet vinasse: Influence of the organic matter nature of the bulking agents used. **Bioresource Technology**, Vol. 76: 275–278.

MARTÍNEZ-CERDAS, C. (1999). **Potencial de la lombricultura**. Ediciones Texcoco. 140 p.

MARTÍNEZ, F.X. (1992). Propuesta de metodología para la determinación de las propiedades físicas de los sustratos. **Actas de las I Jornadas de Sustratos, SECH**: 55 - 66.

MASAGUER, A & BENITO, M. (2008). Evaluación de la calidad del compost. pp. 285-304. En: MORENO, J. & MORAL, R. (2008). **Compostaje**. Ediciones Mundi – Prensa. 570 p.

MAYO, S., GONZÁLEZ, O., RODRÍGUEZ, A., CAMPELO, M.P., LORENZANA, A., MARCOS, M.F., GUTIÉRREZ, S. & CASQUERO, P.A. (2008). Efectos de *Trichoderma* en el control biológico de hongos fitopatógenos de alubia. **IX Jornadas de Ingeniería Agroforestal**.

MÉNDEZ, M.O., LEÓN, M., GUTIÉRREZ, M., ROSALES, R. & ÁLVAREZ, S. (2012). Efecto de la aplicación de humus de lombriz en el crecimiento y rendimiento de grano del cultivo de maíz. **Gayana Bot., Vol. 69**: 49-54.

MICHEL, F.C., PECCHIA, J.A. & RIGOT, J. (2004). Mass and nutrient losses during the composting of dairy manure amended with sawdust or straw. **Compost Science Util., Vol. 12**: 323 – 334.

MORENO, J. & MORAL, R. (2008). **Compostaje**. Ediciones Mundi – Prensa. 570 p.

MORENO, J. & MORMENEO, S. (2008). Microbiología y bioquímica del proceso de compostaje. pp. 111-140. En: MORENO, J. Y MORAL, R. (2008). **Compostaje**. Ediciones Mundi – Prensa. 570 p.

NAKASAKI, K., NAG, K. & KARITA, S. (2005). Microbial succession associated with organic matter decomposition during thermophilic composting of organic waste. **Waste Management & Research, Vol. 23**: 48-56.

NAKASONE, A.K., BETTIOL, W. & DE SOUZA, R.M. (1999). The effect of water extracts of organic matter on plant pathogens. **Summa Phytopathologica, Vol. 25**: 330-335.

NELSON, P.E. (1981). Life cycle and epidemiology of *Fusarium oxysporum*. pp. 51-80. En: Mace, M., Bell, A. A. & Beckman, C. H. (1981). **Fungal wilt diseases of plants**. Academic Press. New York. 609 p.

NOBLE, R. & COVENTRY, R. (2005). Suppression of soil-borne plant diseases with composts: a review. **Biocontrol Science and Technology, Vol. 15**: 3-20.

NOGALES, R. & DOMÍNGUEZ, J. (2008). Vermicompostaje. pp. 187-207. En: MORENO, J. Y MORAL, R. (2008). **Compostaje**. Ediciones Mundi – Prensa. 570 p.

NUEZ, F. (2001). **El cultivo del tomate**. Ediciones Mundiprensa. 793 p.

OCHOA, E., FIGUEROA, U., CANO, P., PRECIADO, P., MORENO, A. & RODRÍGUEZ, N. (2009). Té de composta como fertilizante orgánico en la producción de tomate en invernadero. **Revista Chapingo Serie Horticultura, Vol. 15**: 245-250.

OSCAR, F. (2005). **Lombricultura para pequeños emprendedores. Manual teórico-práctico para el manejo comercial de la Lombriz roja californiana**. Editorial La Quimera. 24 p.

PEREIRA, J.C. & BOLIN, J.L. (2009). **Composting**. Nova Science Publishers, Inc. 316 p.

PHAE, C.G. & SHODA, M. (1990). Expression of the suppressive effects of *Bacillus subtilis* on phytopathogens in inoculated composts. **Journal of fermentation and bioengineering, Vol. 6**: 409-414.

POLACK, L.A. & MITIDIERI, M. (2005). **Producción de tomate diferenciado. Protocolo preliminar de manejo integrado de plagas y enfermedades**. Ediciones INTA nº 20. 19 p.

PRECIADO, P., FORTIS, M., GARCÍA, J.L., RUEDA, E., ESPARZA, J.R., LARA, A., SEGURA, M.A. & OROZCO, J. (2011). Evaluación de soluciones nutritivas orgánicas en la producción de tomate en invernadero. **Revista interciencia, Vol. 36** nº9.

RAVIV, M. (2005). Production of high-quality composts for horticultural purposes: a minireview. **Horttechnology, Vol. 15**: 52 – 57.

SALAS, L., PRECIADO, P., ESPARZA, J.R., ÁLVAREZ, V., PALOMO, A., RODRÍGUEZ, N. & MÁRQUEZ, C. (2010). Rendimiento y calidad de forraje hidropónico producido bajo fertilización orgánica. **Terra Latinoamericana, Vol. 28**: 355-360.

SAÑA, J. & SOLIVA, M. (1987). **El Compostatge. Procés, Sistemes i Aplicacions**. Diputació de Barcelona. Servei del Medi Ambient. Barcelona. 96 p.

SCHEUERELL, S.J. & MAHAFFEE, W.F. (2004). Compost tea as a container medium drench for suppressing seedling damping-off caused by *Pythium ultimum*. **Phytopathology**, Vol. **94**: 1156-1163.

SCHEUERELL, S.J., SULLIVAN, D.M. & MAHAFFEE, W.F. (2005). Suppression of seedling damping-off caused by *Pythium ultimum*, *P. irregulare* and *Rhizoctonia solani* in container media amended with a diverse range of Pacific Northwest compost sources. **Phytopathology**, Vol. **95**: 306-315.

SCHULDT, M. (2006). **Lombricultura teórica y práctica**. Ediciones Mundi-Prensa. 307 p.

SEGARRA, G., CASANOVA, E., BORRERO, C., AVILÉS, M. & TRILLAS, M.I. (2007). The suppressive effects of composts used as growth media against *Botrytis cinerea* in cucumber plants. **European Journal of Plant Pathology**, Vol. **117**: 393-402.

SEOÁNEZ, M. (2000). **Tratado de Reciclado y Recuperación de productos de los residuos**. Ediciones Mundi-Prensa. 605 p.

SEOÁNEZ, M. & GUTIÉRREZ, A. (1999). **Aguas residuales: tratamiento por humedales artificiales. Fundamentos científicos. Tecnología. Diseño**. Ediciones Mundi-Prensa. 326 p.

SIDDIQUI, Y., MEON, S., ISMAIL, M.R. & ALI, A. (2008). *Trichoderma*-fortified compost extracts for the control of choanephora wet rot in okra production. **Crop Protection**, Vol. **27**: 385–390.

SIDDIQUI, Y., MEON, S., ISMAIL, R., RAHMANI, M. & ALI, A. (2008). Bio-efficiency of compost extracts on the wet rot incidence, morphological and physiological growth of okra (*Abelmoschus esculentus*). **Scientia Horticulturae** Vol. **117**: 9-14.

SOLIVA, M. (2001). **Compostatge i gestió de residus orgànics**. Estudis i Monografies nº. 21. Ed. Diputació de Barcelona. Servei de Medi Ambiente.

SOLIVA, M. & PAULET, S. (2001). Compostaje de residuos orgánicos y aplicación agrícola. En: BOIXADERA, J & TEIRA, M. R. (2001). **Aplicación agrícola de residuos orgánicos**. Edicions de la Universitat de Lleida. pp. 63 – 78.

SOLIVA, M. & LÓPEZ, M. (2004). **Calidad del compost: influencia del tipo de materiales tratados y de las condiciones del proceso**. CENEAM/MIMIAM.

SOLIVA, M., LOPEZ, M. & HUERTA, O. (2008). Antecedentes y fundamentos del proceso de compostaje. pp. 75-92. En: MORENO, J. & MORAL, R. (2008). **Compostaje**. Ediciones Mundi – Prensa. 570 p.

STOFFELLA, P.J. & KANH, B.A. (2005). **Utilización de compost en los sistemas de Cultivo Hortícola**. Ediciones Mundi-Prensa. 397 p.

SULLIVAN, D.M. & MILLER, R.O. (2001) Compost quality attributes, measurements and variability. En: STOFFELLA, P. & KAHN, B. (2001). **Compost utilization in horticultural cropping systems**. Lewis Publishers. 432 p.

SULLIVAN, D.M. & MILLER, R.O. (2005) Propiedades cualitativas, medición y variabilidad de los compost. pp. 95-119. En: STOFFELLA, P.J. Y KANH, B.A. (2005). **Utilización de compost en los sistemas de Cultivo Hortícola**. Ediciones Mundi-Prensa. 397 p.

TERMORSHUIZEN, A.J., VAN RIJN, E., VAN DER GAAG, D.J., ALABOUVETTE, C., CHEN, Y., LAGERLÖF, J., MALANDRAKIS, A.A., PAPLOMATAS, E.J., RÄMERT, B., RYCKEBOER, J., STEINBERG, C. & ZMORA-NAHUM, S. (2006). Suppresiveness of 18 composts against 7 pathosystems: variability in pathogen response. **Soil Biology & Biochemistry, Vol. 38**: 2461-2477.

TRILLAS, M.I., CASANOVA, E., COTXARRERA, L., ORDOVÁS, J., BORRERO, C., & AVILÉS, M. (2006). Composts from agricultural wastes and the *Trichoderma asperellum* strain T-34 suppress *Rhizoctonia solani* in cucumber seedlings. **Biological control, Vol. 39**: 32-38.

TRILLAS, M.I., SANT, D., CARMONA, E., ORDOVÁS, J. & AVILÉS, M. (2008). Supresividad natural en sustratos formulados a base de compost. **IX Jornadas de Sustratos de la SECH** (Pamplona).

TUITERT, G., SZCZECH, M. & BOLLEN, G.J. (1998). Suppression of *Rhizoctonia solani* in potting mixtures amended with compost made from organic household waste. **Phytopathology, Vol. 88**: 764–773.

URRESTARAZU, M. (2004). Bases y sistemas de los cultivos sin suelo. pp. 3-48. En: URRESTARAZU, M. (2004). **Tratado de cultivo sin suelo**. Mundi-Prensa Libros S.A. 903 p.

VELÁSQUEZ, R., MEDINA, M.M. & SCHWARTZ, H.F. (2001). Expresión de síntomas y decoloración vascular en líneas de frijol inoculadas con aislamientos de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* de diferente origen geográfico. **Revista Mexicana de Fitopatología, Vol. 20** nº1: 98-102.

VOGTMANN, H., FREYER, B. & RANTZAU, R. (1993). Conversion to low external input farming: a survey of 63 mixed farms in West Germany. **Agroecology and Conservation issues in temperate and tropical regions** (Padua).

WELTZIEN, H.C. (1992). Biocontrol of foliar fungal diseases with compost extracts. pp. 430-450. En: ANDREWS, J.H. & HIRANO, S.S. (1992). **Microbial Ecology of leaves**. Springer New York. 499 p.

YÁÑEZ, M. & FRANCE, A. (2010). Effects of fungicides on the development of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae*. **Chilean journal of Agricultural Research, Vol. 70**: 390-398.

ZALLER, J.G. (2006). Foliar spraying of vermicompost extracts: effects on fruit quality and indications of late-blight suppression of field-grown tomatoes. **Biological Agriculture and Horticulture, Vol. 24**: 165-180.

ZHELJAZKOV V.M. & WARMAN, P. (2003). Application of high Cu-compost to Swiss chard and basil. **The Science of the Total Environment, Vol. 302**: 13-26.

ZHU, N.W. (2006). Composting of high moisture content swine manure with corncob in a pilot – scale aerated static bin system. **Bioresource Technology, Vol. 97**: 1870 – 1875.

ZMORA-NAHUM S., DANON M., HADAR Y. & CHEN Y. (2008). Compost curing reduces suppression of plant diseases. **Compost Science and Utilization, Vol. 16**: 250-256.

LEGISLACIÓN

Directiva 1999/31/CE, de 26 de Abril de 1999, sobre vertido de residuos. Diario Oficial de las Comunidades Europeas núm. 182 de 16 de Julio de 1999. pp. 1-19.

Directiva 2008/98/CE, de 19 de Noviembre de 2008, sobre residuos. Diario Oficial de la Unión Europea núm. 312 de 22 de Noviembre 2008. pp. 3-30.

Orden MAM/304/2002, de 8 de Febrero de 2002, sobre las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos. BOE núm. 43 de 19 de Febrero de 2002. pp. 6494-6515.

RD 1481/2001, de 27 de Diciembre, sobre la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero. BOE núm. 25 de 29 de Enero 2002. pp. 3507-3521.

RD 865/2010, de 2 de Julio, sobre sustratos de cultivo. BOE núm. 170 de 14 de Julio de 2010. pp. 61831-61859.

RD 506/2013, de 28 de Junio, sobre productos fertilizantes. BOE núm. 164 de 10 de Julio de 2013. pp. 51119-51207.

PÁGINAS WEB

www.agroecologia.net Sociedad Española de Agricultura Ecológica de Castilla y León. (Marzo, 2014)

www.biosustratos.cl/pdf/Sustratos%20agricolas1.pdf (Abril, 2014)

www.caecyl.com Página de Consejo de Agricultura Ecológica de Castilla y León. (Mayo, 2014)

www.cag.uconn.edu (Noviembre, 2013)

www.conabio.gob.mx (Enero, 2014)

digital.csic.es/handle/10261/20837 (Abril, 2014)

www.fao.org (Marzo, 2014)

www.horticom.com (Marzo, 2014)

www.ine.es/jaxi/menu.do?type=pcaxis&path=%2Ft26%2Fe068%2Fp01&file=inebase&N=&L= (Febrero, 2014)

www.infoagro.com (Marzo, 2014)

www.infojardin.com (Abril, 2014)

www.inea.uva.es Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola INEA. (Febrero, 2014)

www.lafertilidaddelatierra.com (Abril, 2014)

www.marm.es Página del Ministerio de Agricultura y del Medio Rural y Marino. (Febrero, 2014)

www.mycology.adelaide.edu.au (Febrero, 2014)

www.pv.fagro.edu.uy (Marzo, 2014)

www.redacyl.org (Marzo, 2014)

www.viverosarca.es (Febrero, 2014)