

UNIVERSIDAD DE ALMERIA

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

**Ensayo de vermicompost en semillero  
con cultivo de pimiento  
(*Capsicum annuum*)  
“Tipo Lamuyo”**

**Mención: Hortofruticultura y Jardinería**

**Modalidad: Trabajo Técnico-Experimental**

**Curso 2019/2020**

**Alumno/a: Gaspar López Santos**

**Director/es:**

**Fernando José Diánez Martínez**

**Raúl Ortega Pérez**



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA  
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE AGRONOMÍA



**TRABAJO TÉCNICO-EXPERIMENTAL**

**Ensayo de vermicompost en semillero con  
cultivo de pimiento (*Capsicum annum*)  
“tipo Lamuyo”**

Titulación: Grado en Ingeniería Agrícola

Especialidad: Hortofruticultura y Jardinería

Autor: Gaspar López Santos

Director: Fernando José Diánez Martínez

Codirector: Raúl Ortega Pérez

Año: 2019/2020

ALMERÍA, ESPAÑA, septiembre del 2020

## **AGRADECIMIENTOS**

*Al término del presente Trabajo Fin de Grado, me gustaría expresar mi agradecimiento a todas las personas que han colaborado en la realización de este proyecto, así como a aquellas que, con su apoyo moral, me han ayudado durante mi etapa estudiantil.*

*A mi Director, Fernando José Diánez Martínez, y Codirector, Raúl Ortega Pérez, por darme la oportunidad de realizar este trabajo experimental. Por su dedicación, colaboración, aportaciones y ayuda durante el desarrollo del proyecto.*

*A mis compañeros, Cristian Díaz Mateo y Víctor M. Gallegos, por el gran apoyo y ayuda prestada. Gracias también por hacer más amenas las horas de trabajo.*

*A todos los amigos que he hecho durante el transcurso del Grado, el Erasmus y mis amigos de toda la vida de Roquetas de Mar, por hacer que estos años de estudio sean inolvidables.*

*En especial dar las gracias a todos los miembros de mi familia: mis padres y mi hermano, mis abuelos, mis tíos y tías, mis primos y prima. Gracias a todos por ser el pilar fundamental de mi vida y apoyarme en todo momento.*

*¡Gracias!*

*"Los árboles te enseñarán a ver el bosque" (Joaquín Araujo)*

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*

## ÍNDICE GENERAL

1.	MEMORIA DESCRIPTIVA DEL TRABAJO .....	1
1.1.	Interés del tema .....	1
1.2.	Revisión bibliográfica. ....	1
1.2.1.	Semilleros hortícolas. ....	1
1.2.1.1.	Definición. ....	1
1.2.1.2.	Evolución.....	2
1.2.1.3.	Estructura de un semillero.....	2
1.2.1.3.1.	Estructura organizativa. ....	3
1.2.1.3.2.	Estructura física.....	3
1.2.1.4.	Instalaciones. ....	4
1.2.1.4.1.	Maquinaria de siembra.....	5
1.2.1.4.2.	Cámara de germinación.....	8
1.2.1.4.3.	Cámara de cultivo. ....	9
1.2.1.4.4.	Taller de injertos. ....	9
1.2.1.4.5.	Banquetas de cultivo.....	9
1.2.1.4.6.	Sistemas de riego.....	10
1.2.1.4.7.	Climatización.....	11
1.2.2.	Sustratos para semilleros hortícolas. ....	13
1.2.2.1.	Definición. ....	13
1.2.2.2.	Características de los sustratos.....	13
1.2.2.3.	Tipos de sustratos. ....	17
1.2.3.	Vermicompost.....	19
1.2.3.1.	Antecedentes.....	19
1.2.3.2.	¿Qué es el vermicompost?.....	20
1.2.3.3.	Vermicompostaje.....	21
1.2.3.4.	Etapas del proceso de vermicompostaje.....	21
1.2.3.5.	Organismos implicados en el proceso de vermicompostaje. ....	22
1.2.3.5.1.	Especies de lombrices utilizadas habitualmente en vermicompostaje. 22	
1.2.3.5.2.	Microorganismos implicados en el proceso de vermicompostaje. ....	23
1.2.3.5.3.	Fauna asociada al proceso de vermicompostaje.....	24

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*

1.2.3.6.	Características requeridas de los residuos orgánicos para su utilización en el proceso de vermicompostaje.....	24
1.2.3.7.	Residuos orgánicos vermicompostados.....	26
1.2.3.8.	Aplicación de vermicompost en semilleros industriales especializados en planta hortícola.....	27
1.3.	Objetivos del trabajo y justificación.....	28
1.3.1.	Objetivos del trabajo.....	28
1.3.2.	Justificación.....	28
1.3.3.	FASES DE LA REALIZACIÓN DEL TFG Y SU CRONOGRAMA ASOCIADO.....	28
1.4.	Fases en la realización del trabajo.....	28
1.5.	Cronograma del trabajo realizado.....	29
2.	COMPETENCIAS INTEGRADAS DEL PROYECTO.....	30
3.	ESPECIFICACIONES Y REQUERIMIENTOS TÉCNICOS DEL ENSAYO.....	31
3.1.	Localización del ensayo.....	31
3.2.	Material vegetal utilizado.....	32
3.3.	Sustrato empleado.....	32
3.4.	Cámara de germinación.....	32
3.5.	Riegos.....	32
3.6.	Diseño experimental y tratamientos evaluados.....	33
3.6.1.	Diseño experimental.....	33
3.6.2.	Tratamientos evaluados.....	33
3.7.	Toma de datos.....	35
3.7.1.	Toma de datos en semillero.....	35
3.7.2.	Toma de datos en laboratorio.....	36
3.7.3.	Análisis estadístico.....	37
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
4.1.	Efecto de los diferentes tratamientos sobre la evolución de la emergencia.....	40
4.2.	Efecto de los diferentes tratamientos sobre la morfología de la plántula.....	40
4.3.	Efecto de los diferentes tratamientos sobre el peso seco de la planta.....	42
4.4.	Efecto de los diferentes tratamientos sobre los índices de hoja.....	47
4.5.	Determinación de la calidad de la plántula en relación con los tratamientos aplicados mediante la evaluación de los índices de calidad.....	49
5.2.	Discusión.....	54
6.	CONCLUSIÓN.....	57
7.	FUTUROS TRABAJOS.....	58

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*

8. BIBLIOGRAFÍA..... 59

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Diagrama de la estructura organizativa de un semillero. ....	3
Ilustración 2: Mezclador de sustratos. ....	5
Ilustración 3: Despaletizadora de bandejas. ....	5
Ilustración 4: Alimentador de bandejas. ....	6
Ilustración 5: Módulo de punzonado. ....	7
Ilustración 6: Cabezal de siembra. ....	7
Ilustración 7: Túnel de riego. ....	8
Ilustración 8: Sala de injertos. ....	9
Ilustración 9: (A) <i>Eisenia fetida</i> y (B) <i>Eisenia andrei</i> . ....	23
Ilustración 10: Localización del semillero Tecnobioplant S.L. ....	31
Ilustración 11: Localización de la Escuela Superior de Ingeniería de la Universidad de Almería. .....	31
Ilustración 12: Bandeja de 150 alveolos utilizada. ....	33
Ilustración 13: Esquema de la disposición de tratamientos en bandejas. ....	34
Ilustración 14: Medida del volumen de vermicompost en vaso graduado. ....	34
Ilustración 15: Mezcla de vermicompost y el sustrato del semillero. ....	34
Ilustración 16: Bandejas separadas por tratamientos preparadas para la siembra. ....	34
Ilustración 17: Test de germinación en el que se aprecia la poca diferencia entre el tratamiento T0 y T1, tanto en semillas germinadas como en precocidad. ....	35
Ilustración 18: Test de germinación. No se aprecian diferencias en el porcentaje de semillas germinadas entre los tratamientos T1 y T2. Existen diferencias en precocidad de germinación entre ambos tratamientos, T2 va con un poco más de retraso. ....	36
Ilustración 19: Test de germinación. No se aprecian diferencias en el porcentaje de semillas germinadas entre los tratamientos T1 y T2. Existen diferencias en precocidad de germinación entre ambos tratamientos, T2 va con un poco más de retraso. ....	36
Ilustración 20: Gráfica multifactorial del efecto del vermicompost de los diferentes tratamientos, sobre la longitud del tallo. Longitud en cm. Distinta letra denota significación estadística para $P < 0.05$ . ....	41

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*

Ilustración 21: Gráfica multifactorial del efecto del vermicompost de los diferentes tratamientos, sobre el diámetro del tallo. Diámetro en mm. Distinta letra denota significación estadística para $P < 0.05$ .....	42
Ilustración 22: Gráfica multifactorial del efecto del vermicompost de los diferentes tratamientos sobre el peso seco de las hojas. Peso seco en gramos. Distinta letra denota significación estadística para $P < 0.05$ .....	43
Ilustración 23: Gráfica multifactorial del efecto del vermicompost de los diferentes tratamientos sobre el peso seco del tallo. Peso seco en gramos. Distinta letra denota significación estadística para $P < 0.05$ .....	44
Ilustración 24: Gráfica multifactorial del efecto del vermicompost de los diferentes tratamientos sobre el peso seco de la raíz. Peso seco en gramos. Distinta letra denota significación estadística para $P < 0.05$ .....	45
Ilustración 25: Gráfica multifactorial del efecto del vermicompost de los diferentes tratamientos sobre el peso seco total. Peso seco en gramos. Distinta letra denota significación estadística para $P < 0.05$ .....	46
Ilustración 26: Gráfica multifactorial del efecto del vermicompost de los diferentes tratamientos sobre el número de hojas. Distinta letra denota significación estadística para $P < 0.05$ .....	47
Ilustración 27: Gráfica multifactorial del efecto del vermicompost de los diferentes tratamientos sobre el Área foliar. Área foliar en $\text{cm}^2$ . Distinta letra denota significación estadística para $P < 0.05$ .....	48
Ilustración 28: Gráfica multifactorial del efecto del vermicompost de los diferentes tratamientos sobre Índice de Calidad de Dickson. Distinta letra denota significación estadística para $P < 0.05$ .....	49
Ilustración 29: Gráfica multifactorial del efecto del vermicompost de los diferentes tratamientos sobre el Índice de Esbeltez de Schmidt-Vogt. Distinta letra denota significación estadística para $P < 0.05$ .....	50
Ilustración 30: Gráfica multifactorial del efecto del vermicompost de los diferentes tratamientos sobre el Área Foliar Específica. AFE en $\text{cm}^2/\text{g}$ . Distinta letra denota significación estadística para $P < 0.05$ .....	51
Ilustración 31: Gráfica multifactorial del efecto del vermicompost de los diferentes tratamientos sobre el Coeficiente del Área Foliar. CAF en $\text{cm}^2/\text{g}$ . Distinta letra denota significación estadística para $P < 0.05$ .....	52
Ilustración 32: Gráfica multifactorial del efecto del vermicompost de los diferentes tratamientos sobre el Índice de calidad Hortícola al Pre-Trasplante. Distinta letra denota significación estadística para $P < 0.05$ .....	53

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Incidencia de pH, temperatura y humedad sobre el funcionamiento de las lombrices Eisenia féida durante el proceso de lombricultura. .... 25

Tabla 2: Cronograma de la realización de las actividades durante el proyecto. .... 29

Tabla 3: Datos de pH y conductividad del vermicompost puro y de cada uno de los tratamientos..... 33

Tabla 4: Análisis estadístico multifactorial de la lectura de la longitud del tallo. Longitud en cm. Distinta letra denota significación estadística para  $P < 0,05$ . El color marrón tiene una connotación similar al testigo, el rojo una connotación negativa y el verde una connotación positiva. .... 40

Tabla 5: Análisis estadístico multifactorial de la lectura del diámetro del tallo. Diámetro en mm. Distinta letra denota significación estadística para  $P < 0,05$ . El color marrón tiene una connotación similar al testigo, el rojo una connotación negativa y el verde una connotación positiva. .... 41

Tabla 6: Análisis estadístico multifactorial de la lectura del peso seco de las hojas. Peso seco en gramos. Distinta letra denota significación estadística para  $P < 0,05$ . El color marrón tiene una connotación similar al testigo, el rojo una connotación negativa y el verde una connotación positiva. .... 43

Tabla 7: Análisis estadístico multifactorial de la lectura del peso seco del tallo. Peso seco en gramos. Distinta letra denota significación estadística para  $P < 0,05$ . El color marrón tiene una connotación similar al testigo, el rojo una connotación negativa y el verde una connotación positiva ..... 44

Tabla 8: Análisis estadístico multifactorial de la lectura del peso seco de la raíz. Peso seco en gramos. Distinta letra denota significación estadística para  $P < 0,05$ . El color marrón tiene una connotación similar al testigo, el rojo una connotación negativa y el verde una connotación positiva ..... 45

Tabla 9: Análisis estadístico multifactorial de la lectura del peso seco total. Peso seco en gramos. Distinta letra denota significación estadística para  $P < 0,05$ . El color marrón tiene una connotación similar al testigo, el rojo una connotación negativa y el verde una connotación positiva ..... 46

Tabla 10: Análisis estadístico multifactorial de la lectura del número de hojas. Distinta letra denota significación estadística para  $P < 0,05$ . El color marrón tiene una connotación similar al testigo, el rojo una connotación negativa y el verde una connotación positiva ..... 47

Tabla 11: Análisis estadístico multifactorial de la lectura del área foliar. Área foliar en  $\text{cm}^2$ . Distinta letra denota significación estadística para  $P < 0,05$ . El color marrón tiene una connotación similar al testigo, el rojo una connotación negativa y el verde una connotación positiva ..... 48

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*

Tabla 12: Análisis estadístico multifactorial del Índice de calidad de Dickson..Distinta letra denota significación estadística para  $P < 0,05$ . El color marrón tiene una connotación similar al testigo, el rojo una connotación negativa y el verde una connotación positiva. .... 49

Tabla 13: Análisis estadístico multifactorial del Índice de Esbeltez de Schmidt-Vogt. Distinta letra denota significación estadística para  $P < 0,05$ . El color marrón tiene una connotación similar al testigo, el rojo una connotación negativa y el verde una connotación positiva..... 50

Tabla 14: Análisis estadístico multifactorial del Área Foliar Específica. AFE en  $\text{cm}^2/\text{g}$ . Distinta letra denota significación estadística para  $P < 0,05$ . El color marrón tiene una connotación similar al testigo, el rojo una connotación negativa y el verde una connotación positiva..... 51

Tabla 15: Análisis estadístico multifactorial del Coeficiente Foliar.CAF en  $\text{cm}^2/\text{g}$ .Distinta letra denota significación estadística para  $P < 0,05$ . El color marrón tiene una connotación similar al testigo, el rojo una connotación negativa y el verde una connotación positiva. .... 52

Tabla 16: Análisis estadístico multifactorial del Índice de calidad Hortícola al Pre-Trasplante.Distinta letra denota significación estadística para  $P < 0,05$ . El color marrón tiene una connotación similar al testigo, el rojo una connotación negativa y el verde una connotación positiva. .... 53

Tabla 17: Síntesis de resultados. Distinta letra denota significación estadística para  $P < 0,05$ . El color verde indica valor más favorable que el testigo (T0), el rojo peor que el testigo y el marrón igual que el testigo. .... 54

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) “tipo lamuyo”*

## RESUMEN

La base de los sustratos utilizados en semilleros hortícolas es la turba debido a sus excelentes propiedades químicas, físicas y biológicas. La alta demanda de este recurso se traduce en su agotamiento y degradación del ecosistema. El uso del vermicompost como sustituto o complemento a la turba en los semilleros podría ser una excelente solución.

Existen numerosos estudios en los que se emplea el uso del vermicompost como sustituto de la turba en semilleros y en los que se han obtenido en la mayoría de los casos efectos positivos sobre las plántulas. En estos resultados no se fija una proporción ideal a utilizar.

En el presente trabajo se pretende evaluar el comportamiento del vermicompost en plántulas de pimiento “tipo Lamuyo”.

Los resultados obtenidos demuestran que el uso del vermicompost a una proporción del 10% causa algunos efectos positivos sobre las plántulas, aunque se desaconseja el uso de este debido a que los efectos adversos pueden ser mayores que los beneficiosos.

*Palabras clave: vermicompost, pimiento y semillero.*

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*

## ABSTRACT

The base of the substrates used in horticultural seedbeds is peat due to its excellent chemical, physical and biological properties. The high demand for this resource results in its depletion and degradation of the ecosystem. The use of vermicompost as a substitute or complement to peat moss in seedbeds could be an excellent solution.

There are numerous studies in which the use of vermicompost is used as a substitute for peat in seedbeds and in which positive effects on seedlings have been obtained in most cases. An ideal proportion to use is not set in these results.

The present work aims to evaluate the behavior of vermicompost in "Lamuyo type" pepper seedlings.

The results obtained show that the use of vermicompost at a rate of 10% causes some positive effects on the seedlings, although its use is discouraged because the adverse effects may be greater than the beneficial ones.

*Keywords: vermicompost, pepper and nurser*

## 1. MEMORIA DESCRIPTIVA DEL TRABAJO

### 1.1. Interés del tema

La provincia de Almería ha experimentado en las tres últimas décadas un espectacular desarrollo económico. El motor de ese crecimiento es el sector primario y más concretamente la agricultura intensiva bajo plástico, representando la principal zona de producción hortícola intensiva de España y una de las más importantes a nivel mundial (Cajamar, 2016).

Uno de los principales problemas que ha tenido la agricultura intensiva, desde su inicio hasta nuestros días, es el volumen de residuos vegetales que genera. Además de estar sancionado el abandono de los residuos en ramblas y solares puede traer muchas consecuencias negativas, como ser foco de propagación de enfermedades y plagas, que puede afectar gravemente a los cultivos colindantes; degenerar en putrefacciones con el consiguiente mal olor y contaminación de los acuíferos; así como tener un impacto visual negativo (Parra, 2004).

Almería presenta una superficie invernada de 31.614 Ha (Cajamar, 2018), las cuales generan alrededor de 2 millones de toneladas de restos vegetales anuales (CAPDR, 2015). Para minimizar los daños provocados por esta gran cantidad de residuos se hace necesario una estrategia de cara a conseguir una agricultura sostenible.

Una posible alternativa al gran volumen de restos vegetales generados es su reciclaje y reutilización mediante la fabricación de vermicompost, resolviéndose en gran parte el problema de eliminación de estos, al tiempo que da un aporte de nivel orgánico al sustrato. El vermicompostaje se presenta como una tecnología simple, de bajo coste y medioambientalmente correcta para el reciclaje de la materia orgánica dentro de un ciclo sostenible de esta materia.

### 1.2. Revisión bibliográfica.

#### 1.2.1. Semilleros hortícolas.

##### 1.2.1.1. Definición.

Tradicionalmente el semillero se ha entendido como una parcela de cultivo con la suficiente protección para llevar a cabo la germinación de semillas y el cuidado de las plántulas en su primer estadio de desarrollo, hasta el momento del trasplante.

Actualmente los semilleros profesionales son empresas de servicios destinadas exclusivamente a la producción de plantas, transformando las semillas en plántulas con

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*

las debidas garantías vegetativas y fitosanitarias, ofreciendo un asesoramiento técnico en la elección de variedades, fechas óptimas de trasplante, seguimiento post-trasplante y recomendaciones de cultivo idóneas (De la Torre, 1999).

#### 1.2.1.2. Evolución

En los últimos treinta años el aumento exponencial de la superficie hortícola ha provocado el desarrollo paralelo de industrias auxiliares como es el caso de los semilleros.

En los años 60 y 70 los agricultores producían sus propias plantas por el sistema tradicional de almáciga realizando trasplantes a raíz desnuda, además existía un comercio de plántulas entre los propios agricultores.

La historia de los semilleros andaluces comienza en la provincia de Almería, donde el primer semillero profesional andaluz se estableció en El Ejido en 1974, aunque desde 1960 existía un comercio de plántulas hortícolas, tomate principalmente, procedentes de las almácigas (semilleros) particulares de los agricultores. Desde entonces, el subsector en Andalucía ha experimentado un crecimiento en progresión aritmética con puntuales incrementos geométricos en determinados años, hasta alcanzar el liderazgo a nivel nacional y europeo en cuanto a número de empresas ubicadas en una región.

Los semilleros hortícolas en su doble faceta de germinadores de semillas y productores de plántulas de calidad son un eslabón esencial de la cadena productiva de cultivos intensivos, siendo esta trascendencia aún mayor en la horticultura de Almería debido a la magnitud de sus cifras productivas (Gázquez, 1996).

#### 1.2.1.3. Estructura de un semillero.

Cuando visitamos distintos semilleros podemos apreciar una gran variabilidad entre ellos. Encontramos uno más o menos tecnificados, otros que ofertan sólo el servicio de crianza de la planta o que venden planta completa, semilleros con una sola ubicación o con múltiples puntos de venta, con estructuras simples o altamente complejas, con base de producción en bandejas de poliestireno o en tacos de turba prensada. (López-Aparicio, 2005)

El fin de todos ellos es la producción de plántulas hortícolas de calidad, la diferencia principal entre los mismos estriba en que las peculiaridades de cada uno obligan a realizar ajustes en su organización para obtener el mismo resultado final.

Podemos diferenciar dos tipos de estructuras: la física y la organizativa (López Aparicio, 2005).

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) “tipo lamuyo”*

**1.2.1.3.1. Estructura organizativa.**

El organigrama de las empresas suele ser piramidal, si bien es cierto que la jerarquía puede ser más o menos rígida. Un ejemplo de organigrama podría ser el que se presenta en la figura 1.

En las empresas pequeñas una misma persona se englobará más funciones que en las empresas de mayor calibre.



*Ilustración 1: Diagrama de la estructura organizativa de un semillero.*

**1.2.1.3.2. Estructura física.**

Los tipos de estructuras que podemos realizar para la obtención de plantas son variadas, además, no sólo son las estructuras el factor que condiciona la calidad de la planta, aunque es indudable que tiene su repercusión sobre la misma. El “semillero especializado” es un sistema influido por múltiples variables, la actuación sobre una de ellas afecta a las demás, debiendo en el momento de la implantación de un semillero, estudiarlas de modo individualizado en función del objetivo.

En el diseño y dimensionamiento de las instalaciones deben de contemplarse zonas o áreas con fines concretos y que podríamos enunciar del siguiente modo (Cerdá y Camacho, 2005):

- a) Área de recepción del personal y de oficinas (clientes y proveedores).

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*

- b) Área de almacenaje de insumos.
- c) Área de siembra y pregerminación.
- d) Área de cabezales de fertirrigación y aplicaciones fitosanitarias.
- e) Taller de injertos.
- f) Área de crianza de plantas.
- g) Despacho del producto acabado.
- h) Lavadero.
- i) Área de almacenaje de bandejas.
- j) Instalaciones y maquinaria complementarias necesaria.

#### 1.2.1.4. Instalaciones.

Actualmente la exigencia de mayor calidad de plántulas, el alto coste de semillas híbridas, la mano de obra, la producción estacional, la competencia del sector y la legislación existente, hacen necesario que la instalación o renovación de un semillero sea bien estudiado y proyectado, con la distribución y dependencias necesarias: invernaderos, oficinas, salas de calefacción, almacén de manipulación, embalse y cabezal de riego, zonas de almacenamiento y desinfección, maquinaria necesaria, vehículos de transporte, etc., realizando un análisis muy estricto y minucioso de los siguientes puntos (De la Torre, 2003):

➤ **Zona de producción:**

- Cultivos y épocas de trasplante.
- Volumen teórico de producción.
- Empresas del sector.
- Disponibilidad de factor humano.

➤ **Características de la finca:**

- Situación, Red viaria y comunicaciones.
- Superficie y Topografía.
- Suministro de Agua y su Calidad.
- Suministro de Energía Eléctrica y Telecomunicaciones.

➤ **Climatología de la zona:**

- Evolución de las temperaturas medias, extremas y estacionales.
- Evolución de la humedad relativa.
- Insolación real y potencial.
- Pluviometría.
- Duración del día.
- Régimen de vientos dominantes e intensidad.

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*

1.2.1.4.1. Maquinaria de siembra.

➤ **Mezclador de sustratos.** Consiste en una tolva de capacidad volumétrica de 500 a 1000 litros de sustrato; tiene un molino mezclador que mediante unas aspas accionadas por un motor eléctrico y un sinfín elevador que lleva la mezcla realizada (turbas rubias, negras, etc.) hasta la tolva o módulo de llenado y prensado (De la Torre, 2003). El sustrato debe mezclarse hasta que observemos una homogeneidad total entre las diferentes partes de la mezcladora.



*Ilustración 2: Mezclador de sustratos.*

➤ **Despaletizadoras de bandejas.** La máquina se alimenta de bandejas de dos maneras, bien de una columna vertical de ellas (desapilado de bandejas), bien de una despaletizadora automática, la cual recoge bandejas individuales de un palé completo (Tijeras, 2005).



*Ilustración 3: Despaletizadora de bandejas.*

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*

➤ **Alimentador de bandejas.** Es un elemento rectangular de dimensiones similares a la de las bandejas (50 x 70 cm) y con capacidad para 15-30 unidades. Posee un sensor electrónico que nos indica la existencia o no de bandejas; estas pasan al módulo de llenado y prensado mediante el arrastre mecánico producido por un cilindro neumático o cadena, posicionando correctamente cada bandeja en el lugar y módulo exacto (De la Torre, 2003).



*Ilustración 4: Alimentador de bandejas.*

➤ **Módulo de llenado y prensado.** Módulo que varía en función del tipo de máquina, compuesto generalmente por un sinfín elevador que dosifica la cantidad de sustrato por bandeja; una tolva de recepción, debajo de la cual se sitúa la bandeja y unas aspas giratorias que van llenando y prensando el sustrato. Todo ello está sincronizado y temporizado, movido por motores eléctricos y un cuadro de mandos (De la Torre, 2003).

➤ **Módulo de punzonado.** Consta de un puente mecánico sobre el que van instalados uno o dos cilindros neumáticos, que se unen a una plancha de aluminio de 1-2 cm de espesor y de iguales dimensiones a la de la bandeja. Esta plancha contiene en su parte inferior tantos conos invertidos como alvéolos tenga la bandeja y en la misma disposición. Al descender la plancha sobre la bandeja llena de sustrato (según las órdenes recibidas de los sensores de siembra), marca unas hendiduras de 1 a 2 cm de profundidad en cada alvéolo (profundidad regulable según la semilla a sembrar). Existen también las sembradoras de tambor donde el punzonado lo realiza un rodillo con conos invertidos, al avanzar la bandeja sobre el tren de siembra (De la Torre, 2003).

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*



*Ilustración 5: Módulo de punzonado.*

➤ **Cabezal de siembra o módulo de siembra.** Es el encargado de recoger las semillas, seleccionarlas para que caiga solamente una por cepellón y depositarlas en cada orificio del sustrato (Tijeras, 2005). Rendimientos de 250-400 bandejas/hora (De la Torre, 2003).



*Ilustración 6: Cabezal de siembra.*

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*

➤ **Módulo de tapado.** Pequeña parte simple, pero de gran importancia en el proceso de siembra. Su función es aplicar una cobertura antievaaporante sobre el sustrato.

➤ **Túnel de riego.** Campana o túnel de 1-2 m (capacidad para 2-4 bandejas) que tiene instaladas en su techo de 6-8-10 electroválvulas con sus correspondientes boquillas de riego de caudal 0,9-1,2 L/min/ud. El sistema lleva instalado un temporizador y un dosificador volumétrico que inyecta junto con el agua de riego el primer tratamiento fungicida de vital importancia, previo a la germinación (De la Torre, 2003).



*Ilustración 7: Túnel de riego.*

➤ **Apilador de bandejas.** Conjunto de elementos electromecánicos que van recogiendo y agrupando las bandejas sembradas en torres de 8-10-12 unidades según la cantidad deseada, y sacándolas sobre el carril de rodillos del final del tren, para su posterior paletizado y marcaje de partidas (De la Torre, 2003).

#### 1.2.1.4.2. Cámara de germinación.

Es un recinto cerrado de características similares a cualquier cámara frigorífica donde se introducen las bandejas recién sembradas y se mantienen durante un tiempo determinado en condiciones óptimas de germinación, manteniendo los parámetros necesarios (temperatura y humedad relativa) para la germinación de las distintas especies de semilla y obtener así el mayor porcentaje de éstas, en plantas viables (De la Torre, 2003).

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*

**1.2.1.4.3. Cámara de cultivo.**

Recinto de similares características a la cámara de germinación, normalmente de dimensiones más pequeñas. La gran diferencia está en la incorporación y control de un tercer parámetro: la luz. Su función es mantener constantes los parámetros de: temperatura humedad relativa y luz, en condiciones ideales que favorezcan el enraizamiento de esquejes o prendimiento de injertos, ya que trabaja con plantas vivas y no con semillas; llevando un seguimiento y control muy exhaustivo de los parámetros mencionados (De la Torre, 2003).

**1.2.1.4.4. Taller de injertos.**

Es el lugar donde físicamente se realiza la técnica de injertado. Es un recinto totalmente separado y aislado del resto de invernadero de producción, donde se mantienen las condiciones climáticas óptimas, tanto para el personal que realiza dicha labor, como para las plantas a injertar.



*Ilustración 8: Sala de injertos.*

**1.2.1.4.5. Banquetas de cultivo.**

Las banquetas o mesas de cultivo son las estructuras construidas dentro del invernadero, a una determinada altura del suelo (50-70 cm), perfectamente niveladas, donde se colocan las bandejas extendidas, ya pregerminadas, recibiendo las labores y tratamientos necesarios para terminar su ciclo de crecimiento hasta el momento adecuado de su trasplante (De la Torre, 2003).

#### 1.2.1.4.6. Sistemas de riego.

El riego de un semillero tiene la misma configuración que una explotación hortícola y ornamental, estando formado por las siguientes unidades básicas: embalse, cabezal de riego, red de alimentación y sistema de distribución de agua. El sistema o forma de distribución del agua de riego será el que nos definirá el llamado "sistema de riego", encontrando grandes diferencias de uno a otro sistema (riego por inundación, goteo, aspersión, microaspersión, etc.) (De la Torre, 2003).

Básicamente y dada la alta densidad de plantas por metro cuadrado las formas más comunes de distribuir el agua en cualquier semillero se pueden catalogar en dos: "sistemas de inundación" y "sistemas de microaspersión" con las siguientes variantes (De la Torre, 2003):

➤ **Riego manual (manguera).** Sistema manual tradicional, e imprescindible y complementario con cualquier otro sistema, la eficacia y el éxito depende exclusivamente de la persona o personas que lo realizan (De la Torre, 2003).

➤ **Microaspersión fija.** Sistema formado por un conjunto de tuberías generales, ramales portaaspersores y microaspersores, dispuestos al marco necesario, según características del fabricante (alcance, caudal, etc.) y colocados hacia arriba o hacia abajo sin producir goteos perjudiciales (De la Torre, 2003). El problema de estos riegos es que doblan zonas y cruzanaspersores para cubrir el área y esto provoca una gran desigualdad en las bandejas. La mejor forma de trabajar con este riego es regar siempre o casi siempre por saturación (Gusi, 2005).

➤ **Trenes de riego.** Consiste en una barra pulverizadora transversal que se desplaza longitudinalmente mediante unas ruedas sobre un raíl colgado de la estructura del invernadero, accionado por un motorreductor eléctrico, dos poleas y un cable de tracción. La barra pulverizadora está compuesta por un tubo de PVC y un conjunto de boquillas pulverizadoras antigoteo instaladas cada 25-50 cm, unido todo ello a un perfil de aluminio y al cuadro de mandos. El conjunto dispone de sensores que accionan la barra pulverizadora, mediante la colocación de electroimanes y electroválvulas, realizando una distribución uniforme del agua de riego (De la Torre, 2003).

➤ **Riego por inundación (flujo-reflujo).** Sistema de gran caudal, con recogida de la solución nutritiva (De la Torre, 2003). Es extremadamente caro y en caso de infecciones es muy arriesgado (Gusi, 2005).

#### 1.2.1.4.7. Climatización.

Para llevar a cabo la gestión del clima necesitamos calefacción y refrigeración basándonos en: pantallas térmicas, pantallas de sombreo, fog y cooling system, ventiladores, extractores, programadores y sensores (Fernández Domenech, 2005).

##### **A. Calefacción**

La calefacción de un invernadero consiste en producir calor a partir de la quema de algún combustible con el fin de alcanzar la temperatura adecuada para el buen desarrollo de las plantas. Debemos tener en cuenta que producir calor es tan importante como evitar que se fugue. También, hay que aprovechar al máximo la energía solar y hay al menos, tres procedimientos: poner muy buenos cerramientos, colocar dobles puertas en los accesos y automatizar el cierre de las ventanas. Los sistemas de calefacción más comunes son (Fernández Domenech, 2005):

##### ➤ **Calefacción con agua**

Consiste en que una caldera, donde se calienta el agua, está conectada a un circuito cerrado de tuberías distribuidas por el invernadero que por radiación van perdiendo calor y dejándolo en el ambiente. Este sistema distribuye el calor uniformemente y no reseca el ambiente, pero es costoso y complejo en cuanto a la instalación (Fernández Domenech, 2005).

##### ➤ **Calefacción con aire**

La calefacción con aire que se utiliza en semilleros es de dos clases: de gasoil y combustión interna, y de propano y combustión directa. La calefacción con gasoil consiste en que una caldera, donde se produce la combustión, es refrigerada con la corriente de aire que genera un ventilador y este aire pasa directamente al invernadero. Es sencilla de instalar, pero reseca el ambiente y puede producir quemaduras a las plantas más cercanas si la temperatura del aire es muy alta. La calefacción por aire caliente producido por la combustión de gas propano es semejante a la de gasoil, con la diferencia de que en aquella (aunque la instalación es más compleja) la combustión es directa y produce CO<sub>2</sub> que puede ser absorbido por las plantas y, además, tiene la ventaja de que como no necesita chimenea para la salida de humos al exterior, no hay pérdidas de calor por ésta (Fernández Domenech, 2005).

##### **B. Refrigeración**

Para la refrigeración es importante que no entre calor en nuestro invernadero. El principal medio por el que nos llega el calor es el de los rayos solares; lo que tenemos que hacer es rechazar, en la medida de lo posible, los rayos solares y después desalojar al máximo aire caliente del invernadero. Para ello disponemos de blanqueo, pantallas

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*

de sombreo, ventanas, extractores, ventiladores y fog y cooling system (Fernández Domenech, 2005).

➤ **Blanqueo**

El encalado o blanqueo de la cara externa de la cubierta del semillero es un método simple y económico que reduce la transmisividad del invernadero en función de la concentración del carbonato cálcico aplicado.

➤ **Pantallas de sombreo**

El objetivo primario de la pantalla no es la creación de sombra (reducir la radiación) sino limitar el aumento de temperatura. La pantalla ideal debería reducir al máximo la radiación solar infrarroja (en exceso para la plántula) y al mínimo la radiación PAR.

➤ **Ventanas**

La ventilación natural es el sistema más eficiente, económico y práctico de refrigerar los semilleros. En un invernadero hay un intercambio continuo de aire entre el interior y el exterior a través de las aperturas naturales y las diseñadas a tal fin (ventanas laterales y cenitales).

➤ **Ventiladores**

Los ventiladores o extractores, ventilación forzada o mecánica, fuerzan el movimiento del aire a través de una apertura del invernadero.

➤ **Fog y cooling system**

La intención de estos sistemas es bajar la temperatura a través de la evaporación de agua.

En el caso del *fog system* la evaporación se produce rompiendo el agua en partículas muy pequeñas.

El *cooling system* es un procedimiento que consiste en la formación, en un lateral del invernadero, de una cortina de agua sobre un material poroso (paja, cartón o celosía de cerámica), y en la colocación de unos extractores en el lado opuesto. Eso hace que desde el exterior del invernadero entre aire caliente y seco y, este aire a su paso por la cortina de agua se convertirá en aire frío y húmedo.

## 1.2.2. Sustratos para semilleros hortícolas.

### 1.2.2.1. Definición.

En horticultura, un sustrato es en general cualquier medio que se utilice para el cultivo de plantas en contenedores, entendiéndose por contenedor cualquier recipiente que tenga una altura limitada y su base se halle a presión atmosférica. Esta definición es independiente del tipo de material utilizado, siempre que éste tenga una matriz sólida (Burés, 1997).

A nivel de germinación de las semillas, se requiere un sustrato de fácil preparación y manejo, de textura fina, con estructura estable, con elevada capacidad de retención de agua, que mantenga la humedad constante, con escasa capacidad de nutrición y con un bajo nivel de salinidad (Abad, 1993).

### 1.2.2.2. Características de los sustratos.

El mejor medio de cultivo para cada caso concreto variará de acuerdo con numerosos factores: tipo de material vegetal con el que se trabaja (semilla, plantas, estacas), especie vegetal, condiciones climáticas, sistemas y regímenes de riego, aspectos económicos, etc.

Para obtener buenos resultados durante la germinación, el enraizamiento y el crecimiento de las plantas, se requieren unas determinadas características del medio de cultivo (Raviv et al., 1986; Abad, 1991, 1992; Abad et al., 1993).

En la caracterización de sustratos se suelen distinguir tres tipos de propiedades: físicas, químicas y biológicas. La importancia del conocimiento de estas propiedades radica en que de ellas dependerá el manejo adecuado de la fertilización y del riego y, por lo tanto, el éxito del cultivo (Burés, 1997).

#### ➤ **Propiedades Físicas**

#### ➤ **Granulometría:**

La granulometría de los materiales empleados como sustratos suele ser muy variable, dependiendo de múltiples factores: origen y naturaleza, sistema de recolección, condiciones de trituración y tamizado, etc. (Ansorena Miner, 1994).

La clasificación por tamaños de los sustratos orgánicos es distinta de la de los suelos minerales. En estos últimos, las partículas menores de 2 mm suelen agruparse en diferentes fracciones, según el sistema elegido (USDA americano o el Internacional), que van desde la arena gruesa hasta la arcilla. En el caso de sustratos, no existe un sistema universal de clasificación granulométrica de las diferentes fracciones que

resultan del tamizado, ya que cada país ha ido adaptando a la serie de tamices correspondientes a sus normas oficiales, que en España son los de 1, 4, 5, 10, y 25 mm de luz (Ansorena Miner, 1994).

➤ **Densidad y porosidad:**

La porosidad de un medio de cultivo es el porcentaje de su volumen que no se encuentra ocupado por fase sólida, es decir, el cociente entre el volumen de poros ( $V_p$ ) y el volumen total que el medio ocupa en el contenedor ( $V_t$ ) (Ansorena Miner, 1994).

$$P_r(\%) = 100(1 - d_a / d_r)$$

La densidad real  $d_r$  se define como el cociente entre la masa de las partículas del medio de cultivo y el volumen que ocupan, sin considerar los poros y huecos. Su valor es propio del material y, a diferencia de  $d_a$ , no depende del grado de compactación ni del tamaño de partícula (Ansorena Miner, 1994).

➤ **El agua en el sustrato:**

Un sustrato es un sistema formado por tres fases: sólida, que está constituida por las partículas del sustrato; la fase líquida, constituida por el agua del sustrato que contiene sustancias disueltas y la fase gaseosa, que es el aire del sustrato. La fase líquida ha recibido desde los inicios de los estudios de investigación en sustratos una atención especial en cuanto a que es la que define la disponibilidad de agua para las plantas, sirve de soporte a la solución nutritiva y su conocimiento desde los puntos de vista energético e hidráulico permite de un modo práctico establecer la dosis y frecuencias de riego (Burés, 1997).

Según Burés (1997) para describir el flujo de agua a través de un sustrato es necesario introducir el concepto de potencial hídrico que indica el estado energético del agua. El potencial total del agua del sustrato es una suma de potenciales simples que pueden medirse independientemente. Normalmente se distinguen tres componentes:  $\psi_t = \psi_p + \psi_0 + \psi_z$

Siendo:

$\psi_t$  = potencial total del agua en el sustrato.

$\psi_p$  = potencial de presión, que incluye los términos:

$\psi_{pm}$  = potencial matricial.

$\psi_{pu}$  = potencial neumático.

$\psi_{pe}$  = potencial envolvente.

$\psi_0$  = potencial osmótico.

$\psi_z$  = potencial gravitacional.

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*

Pero no es suficiente que la cantidad total de agua contenida en un medio de cultivo sea la necesaria para la planta, ya que puede estar retenida con una fuerza muy elevada, superior a la de succión que es capaz de ejercer la planta. Interesa, por tanto, más que la cantidad total de agua retenida por un sustrato, la capacidad de retención de Agua disponible. Esta se define como la cantidad de agua retenida por el sustrato entre su capacidad de contenedor y el punto de marchitez permanente, en que la planta es incapaz de extraer más agua del medio (Ansorena Miner, 1994).

➤ **Solubilidad de los gases:**

La aireación del sustrato es importante en cuanto que las raíces de las plantas absorben oxígeno y liberan dióxido de carbono durante la respiración, lo que hace necesario que exista un intercambio gaseoso entre el sustrato y la atmósfera con el fin de evitar la deficiencia de oxígeno y el exceso de dióxido de carbono en el medio radicular. Además de las raíces de las plantas, los microorganismos que se hallan en el sustrato también respiran, compitiendo con la planta por el oxígeno que se halla en el sustrato (Burés, 1997).

Los gases se pueden mover en fase gaseosa o bien disueltos en la fase líquida del sustrato. El intercambio gaseoso entre la atmósfera y el sustrato puede ocurrir por dos procesos distintos: el flujo de masa del aire que reemplaza al agua del sustrato a medida que esta se agota, o en un proceso de difusión a través de la fase líquida. El mecanismo principal de intercambio de gases en el sustrato es por difusión y se origina por los gradientes de concentración que crean las raíces y los microorganismos al respirar y por la producción de gases asociada a las reacciones biológicas de fermentación, nitrificación y desnitrificación (Burés, 1997).

➤ **Propiedades Químicas**

➤ **pH:**

La acidez del medio se expresa por su pH, del que depende en gran medida el valor de CIC. además, la gran importancia del pH radica en que puede reflejar la existencia de desequilibrios o toxicidades (manganeso, aluminio) para las raíces y, sobre todo, en que regula la solubilidad, y por tanto, la disponibilidad de los nutrientes minerales (Ansorena Miner, 1994).

Las plantas pueden crecer sin restricciones en un amplio intervalo de pH (4 a 8), siempre que las concentraciones de nutrientes disponibles se mantengan en niveles suficientes. En sustratos orgánicos, el rango óptimo de pH para el crecimiento de las plantas es el comprendido entre 5,0 y 5,5, lo que no excluye que puedan crecer satisfactoriamente fuera de ese intervalo (Ansorena Miner, 1994).

➤ **Capacidad de intercambio catiónico (CIC):**

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es la capacidad de un sustrato de adsorber e intercambiar iones. Se expresa generalmente en miliequivalentes por 100 gramos de sustrato o por litro de sustrato. La CIC es la suma de todos los cationes intercambiables o complejo de cambio. Los cationes divalentes generalmente están adsorbidos con más fuerza que los monovalentes y se intercambian con más dificultad. (Burés, 1997).

La capacidad de intercambio catiónico depende del pH. Los materiales muy ácidos, o que tienen el complejo de cambio saturado de H<sup>+</sup>, liberan iones H<sup>+</sup> que se intercambian con los iones de la solución. Se puede saturar el complejo de cambio de un sustrato con iones determinados mediante su titulación, los cuales pueden mantenerse mediante aportes continuos de una misma solución nutritiva y actúan como tamponadores de esta solución después del tiempo (Burés, 1997).

➤ **Capacidad tampón:**

La capacidad tampón de un sustrato mide su poder amortiguador sobre cambios rápidos en el pH provocados por la adición de fertilizantes de carácter ácido o básico al sustrato y se estima mediante las curvas de valoración del sustrato frente a los ácidos y las bases. La capacidad tampón de un sustrato aumenta con la capacidad de intercambio catiónico. El sustrato puede trasladar los iones H<sup>+</sup> de los ácidos adicionados o neutralizar los grupos OH<sup>-</sup> de las bases adicionadas por intercambio catiónico o por neutralización. El poder tampón de los sustratos orgánicos es en general superior al de los inorgánicos puesto que las sustancias húmicas proporcionan capacidad tampón frente a un amplio margen de pH (Burés, 1997).

➤ **Conductividad eléctrica:**

La conductividad eléctrica, junto al pH, son herramientas fundamentales para el manejo del sistema de producción. La conductividad eléctrica permite determinar la salinidad o concentración de sales solubles en la solución del sustrato y su valor puede ser determinado mediante un extracto saturado, aunque existen otros métodos que pueden ser utilizados en sustratos minerales como el indicado por De Kreij et al., (1995).

➤ **Contenido de ácidos húmicos o fúlvicos:**

El humus, compuestos o sustancias húmicas constituyen el producto final de la descomposición de la materia orgánica, junto con los elementos mineralizados. Los compuestos húmicos son sustancias de color de amarillento a negro estables frente a

la descomposición que no se hallan en los organismos vivos y tienen naturaleza coloidal (Burés, 1997).

Las sustancias húmicas tienen un papel importante en la disponibilidad de micronutrientes para las plantas, puesto que forman complejos con los metales como el hierro, manganeso, cinc o cobre, y contribuyen a mejorar la adsorción por las plantas del fósforo, nitrógeno, potasio, calcio y magnesio (Burés, 1997).

Suelen utilizarse algunos parámetros como indicadores del estado de descomposición de la materia orgánica. Éstos son los denominados parámetros de madurez de un compost, que pueden ser de carácter químico (relación carbononitrógeno o C/N, grado de descomposición) o de carácter biológico (técnicas respirométricas) (Burés, 1997).

### ➤ **Propiedades Biológicas**

Una característica fundamental de los materiales usados como sustratos es que posean una alta estabilidad biológica. De no ser así continuaría su biodegradación dentro de los contenedores durante el cultivo, generando diversos inconvenientes como: fuente de consumo de oxígeno y ambiente reductor en la rizosfera; inmovilización de N; producción de sustancias fitotóxicas; y, alteración de las propiedades físicas por disminución del tamaño de las partículas, cambio en el empaquetamiento de estas y consecuentemente, apelmazamiento y reducción del tamaño de los poros y de la porosidad total. Por tanto, es imprescindible extremar el cuidado en la consecución de un grado de madurez adecuado cuando el compost vaya a ser utilizado como sustrato (Carmona y Abad, 2008).

#### 1.2.2.3. Tipos de sustratos.

### ➤ **Perlita**

La perlita natural es una roca volcánica vítrea formada por enfriamiento rápido, constituyendo un material amorfo que contiene entre un 2 y un 5 % de agua atrapada y que tiene una densidad aparente de unos 1500 Kg. de materia seca por m<sup>3</sup> (Burés, 1997).

La perlita expandida tiene una estructura celular cerrada, en consecuencia, el porcentaje de poros no percolantes o cerrados al exterior es elevado. Su superficie es rugosa y contiene numerosas indentaciones, hecho que le da una gran área superficial y permite que pueda retener agua en superficie, además del agua retenida en los poros internos. Es un material casi inerte que no se descompone biológica o químicamente, aunque a pH inferiores a 5 puede aparecer fitotoxicidad por aluminio. Su pH es neutro, no tiene casi C.I.C y presenta una baja densidad aparente. No contiene

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*

microorganismos, siendo completamente estéril por su proceso de obtención (Burés, 1997).

➤ **Vermiculita**

La vermiculita natural es un mineral cuya composición es la de un silicato hidratado de magnesio y que pertenece al subgrupo de los filosilicatos (arcillas) (Burés, 1997).

Existen diversos tamaños y densidades, destinándose generalmente a la horticultura los tipos de 1 a 4 mm y densidad aparente entre 85 y 100 Kg. de materia seca por m<sup>3</sup> (Burés, 1997).

La vermiculita exfoliada tiene una gran capacidad de retener agua dentro de los espacios interlaminares y también entre partículas individuales. Es un material muy ligero y adsorbe gran cantidad de nutrientes. Su pH es neutro, si bien debido a la presencia de impurezas de rocas carbonatadas, la reacción es normalmente alcalina. Presenta una C.I.C muy elevada, de 90 a 150 meq/l, similar a materiales orgánicos como la turba (Burés, 1997).

El principal inconveniente de la vermiculita exfoliada radica en que se comprime con facilidad, tendiendo a colapsarse y disgregarse perdiendo su estructura, por lo que no se aconseja para cultivos de ciclo largo. Su pH alcalino también puede conllevar a algunos problemas (Burés, 1997).

➤ **Turbas**

Turba es un nombre genérico que se aplica a diversos materiales que proceden de la descomposición de los vegetales, dependiendo de su naturaleza del origen botánico y de las condiciones climáticas predominantes durante su formación, que determinan a su vez el estado de descomposición. Principalmente, son el régimen hídrico y el flujo de agua los que regulan el tipo de vegetación y por lo tanto la turba formada (Burés, 1997).

Las turbas utilizadas en horticultura se suelen clasificar en oligotróficas o eutróficas, altas o bajas, rubias o negras. En general, coinciden las turbas oligotróficas con las altas y rubias (se forman en zonas elevadas, pobres en bases y tienen color claro al estar poco descompuestas) y las turbas eutróficas con las bajas y negras (se forman en zonas bajas, ricas en bases y están descompuestas por lo que su color es más oscuro) (Burés, 1997).

➤ **Fibra de coco**

La fibra de coco es un subproducto de la industria del coco que se encuentra disponible en grandes cantidades en los países productores de cocos (Cocos nucifera L). Son generalmente restos de fibras, de longitud inferior a 2 mm, los que suelen

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*

utilizarse en mezclas como sustrato y se presentan generalmente prensadas en ladrillos que deben deshacerse y rehumectarse previamente a su uso (Burés, 1997).

La fibra de coco consiste en partículas de lignina y celulosa, con una relación C/N de 80. Aunque en general la fibra de coco puede utilizarse fresca, para algunos tipos de fibra de coco que presentan fitotoxicidad en el material fresco es preferible el compostaje antes de su uso en mezcla para sustratos, debiéndose añadir nitrógeno en el compostaje (Burés, 1997).

➤ **Lana de roca**

La lana de roca consiste en un medio artificial formado por fibras 0,005 mm de grueso y 3 m de longitud. Las planchas comprimidas pesan entre 70 y 80 Kg. de materia seca por m<sup>3</sup>. El producto final puede ser un granulado, bloques de propagación o planchas de cultivo. Los gránulos pueden ser hidrófilos o hidrófobos. Los gránulos hidrófilos son para cultivo directo y semilleros y los gránulos hidrófobos para airear mezclas en sustratos (Burés, 1997).

Es un material muy poroso (96 % del volumen) que retiene grandes cantidades de agua y aire, siendo casi toda el agua fácilmente disponible para las plantas.

El pH varía entre neutro y alcalino. En algunos casos se cita que a pH muy ácidos se descomponen las fibras. No tiene capacidad tampón. Se considera en general un medio inerte, aunque es posible que las plantas se beneficien del calcio, magnesio, hierro y manganeso presentes en la lana de roca. En algunos casos se citan problemas de acumulación de sales (Burés, 1997).

### 1.2.3. Vermicompost.

#### 1.2.3.1. Antecedentes.

La influencia de las lombrices en los suelos agrícolas era conocida en el Antiguo Egipto. Los faraones la consideraban <animal sagrado> y preveían castigos severos quienes la dañaran. El filósofo griego Aristóteles las definió como <los intestinos de la tierra>. Aunque no es hasta el siglo XIX cuando Darwin, en su libro La formación de la tierra vegetal por la acción de las lombrices, publicada en 1881, explica la verdadera función de estos invertebrados en el suelo. Esta obra sería el inicio de una serie de investigaciones que hoy han transformado el vermicompostaje, vermiestabilización o compostaje con lombrices y la lumbricultura en una actividad zootécnica muy importante que permite mejorar la producción agrícola (Martínez y col., 2003).

La primera referencia de los beneficios del vermicompost fue aportada por el monje benedictino Augustus Hessing, en los años 30, cuando utilizaba lombrices para eliminar residuos que producía el monasterio (Blickwedel, 1983). A mediados de los años 40 se comenzó en Estados Unidos la cría intensiva de lombrices con el fin de obtener humus

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*

de lombriz o vermicompost, al principio se utilizó la especie *Eisenia fetida* conocida como también como lombriz roja californiana. Hoy en día sigue siendo la más utilizada por razones de crianza, reproducción y por la variedad de residuos orgánicos que ingieren, ha resultado ser la lombriz más efectiva para el proceso del vermicompostaje. En 1970 los profesores Clive A. Edwards y E. Neuhauser (Cornell University) y R. Hartenstein (State University of New York, Syracuse) sentaron las bases científicas y técnicas de desarrollo de los sistemas y procesos de vermicompostaje y Mary Appelhof popularizó el vermicompostaje a escala doméstica para el tratamiento de los residuos orgánicos de los hogares. Más tarde, se empezó a desarrollar en los países europeos (España, Italia, Gran Bretaña, Holanda), pero sobre todo en países emergentes o en vías de desarrollo de América latina (Cuba, Ecuador, Costa Rica, Chile, etc.) y en Asia (China, Filipinas, India, etc.).

En la actualidad en España los diferentes grupos de investigación pertenecientes tanto a Universidades como al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) llevan a cabo diferentes líneas de investigaciones relacionadas con el tratamiento de diversos residuos agrícolas, ganaderos, agroindustriales (oleícolas, vitivinícolas), industriales (lodos de papeleras, lácteos, etc.), pesqueros, así como con el aprovechamiento de los vermicomposts obtenidos en la agricultura y en la recuperación de los suelos contaminados por xenobióticos (metales pesados, plaguicidas, etc.).

#### 1.2.3.2. ¿Qué es el vermicompost?

El vermicompost se define como el producto final resultante del vermicompostaje, proceso de biodegradación y estabilización de la materia orgánica mediado por la interacción entre lombrices y macroorganismos (Singh y col., 2008).

Este producto final se caracteriza por presentar unas excelentes condiciones físicas, gran contenido en materia orgánica parcialmente humificada y una amplia gama de macronutrientes. Además de sustancias fitorreguladoras del crecimiento, encontrándose libre de sustancias fitotóxicas.

El humus de lombriz es un producto de color negro, esponjoso, suave, ligero, granular y con olor generalmente a tierra húmeda o mantillo (Martínez y col., 2003).

Las características del vermicompost hacen que sea una excelente enmienda orgánica y medio de cultivo para las plantas (Edwards y Borrows, 1988., Edwards y Arancon, 2004., Rodríguez y col., 2008). El vermicompost además permite que se pueda usar como sustrato para la germinación de semillas, como soporte para inoculantes microbianos, el comportamiento de adsorción y degradación de plaguicidas (Romero y col., 2006), actúa como biorregenerador de suelos degradados (Benítez y col., 2004) e incluso biorrecuperador de suelos contaminados (Nogales y Benítez., 2006).

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*

### 1.2.3.3. Vermicompostaje.

El vermicompostaje, lu(o)mbricompostaje o compostaje es un proceso de biooxidación, degradación y estabilización de la materia orgánica, en la que las lombrices se alimentan de los residuos, acelerando la descomposición de la materia orgánica y modificando las propiedades físicas y químicas de estos, produciendo así el compostaje, a través del cual la materia orgánica inestable se oxida y estabiliza (Atiyeh y col., 2000). En este proceso se aprovecha la capacidad detritora de las lombrices, que ingieren, trituran y digieren el residuo orgánico, descomponiéndolo mediante la acción de sus enzimas digestivas y de la microflora aeróbica y anaeróbica presente en el interior de su intestino (Edwards, 1988).

En líneas generales, las diferentes especies de lombrices involucradas en el proceso son capaces de ingerir al día cantidades de residuos equivalentes al 50-100% de su propio peso, dependiendo del tipo de residuo y la especie de lombriz empleada (Edwards & Bohlen, 1996; Garg et al., 2008; Riggle & Holmes, 1994). La digestión del residuo orgánico por la lombriz conlleva una alteración física ya que éste es fragmentado, reduciéndose su volumen hasta aproximadamente el 50% (Sinha et al., 2010), a la vez que aumenta su relación superficie-volumen; lo cual facilita la colonización microbiana del residuo excretado (Domínguez, 2004). El paso del residuo orgánico a través del intestino de la lombriz también altera su composición química de forma que se incrementa la concentración de nutrientes fácilmente asimilables para los microorganismos, los cuales proliferan rápidamente en el residuo recién excretado terminando su degradación (Parthasarathi & Ranganathan, 1999). Además, indirectamente, el mucus segregado por la lombriz y sus excreciones estimulan la proliferación de microorganismos degradadores de materia orgánica en el residuo durante el proceso de vermicompostaje, pues estas sustancias son una fuente de compuestos de fácil asimilación para los microorganismos (Domínguez. Et al., 2010). Igualmente, el movimiento de las lombrices a través del residuo del que se alimentan promueve su aireación estimulando su biooxidación microbiana (Domínguez, 2004). De este modo, gracias a la acción conjunta de lombrices y microorganismos el residuo orgánico es degradado hasta mineralizarse parcialmente, humificarse y estabilizarse.

### 1.2.3.4. Etapas del proceso de vermicompostaje.

Actualmente, se considera que el proceso de vermicompostaje consta de tres etapas, en base a la actividad de las lombrices.

**1. Etapa de acondicionamiento:** Es la primera etapa en la cual tiene por objetivo preparar los residuos orgánicos para que sean adecuados para las lombrices, y si es posible aumentar su biomasa microbiana. Entre otros tratamientos se incluyen el

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*

lavado, macerado, mezcla de varios residuos orgánicos (Red Española de compostaje, 2014).

**2. Etapa de vermicompostaje:** Es el periodo de tiempo entre la inoculación de las lombrices y la retirada de ellas del sustrato orgánico. Su duración es variable dependiendo del tipo y las características de los residuos orgánicos, la densidad de las lombrices inoculadas y otros factores (Red Española de compostaje, 2014).

**3. Etapa de maduración:** Una vez retiradas las lombrices se deja madurar el sustrato orgánico para aumentar su estabilidad, madurez y calidad y reducir su contenido hídrico hasta límites aceptables para su comercialización. En esta etapa solo intervienen los microorganismos que finalizan la descomposición del residuo orgánico procesado en la etapa anterior (Red Española de compostaje, 2014).

#### 1.2.3.5. Organismos implicados en el proceso de vermicompostaje.

##### 1.2.3.5.1. Especies de lombrices utilizadas habitualmente en vermicompostaje.

La elección de la especie de lombriz utilizada para el proceso de vermicompostaje resulta esencial a la hora de lograr una máxima eficiencia en este proceso. De las más de 4400 especies de lombrices terrestres identificadas, solo unas pocas pueden ser utilizadas en el proceso de vermicompostaje.

Estas lombrices, pertenecientes taxonómicamente al *Orden Haplotaxida* y *Familia Lumbricidae*, se agrupan en la categoría ecológica de epigeas, que poseen una estrategia reproductiva "r" (rápida y prolífica), gracias a la cual se producen sucesivas generaciones que permiten mantener unas altas tasas de degradación del sustrato orgánico (Stachell, 1980).

- Reino: Animalia.
- Subreino: Eumetazoa.
- Filo: Annelida.
- Clase: Oligochaeta.
- Subclase: Diploesticulata.
- Orden: Haplotaxida.
- Suborden: Lumbricina.
- Superfamilia: Lumbricoidea.
- Familia: Lumbricidae.

Las especies más utilizadas son la *Eisenia fetida* y *Eisenia andrei* (Figura 9) en los procesos de vermicompostaje debido a su gran capacidad para adaptarse a las diferentes características de los distintos residuos orgánicos, estas toleran un amplio

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*

rango de pH, temperatura y humedad del sustrato orgánico en el que se desarrollan (Domínguez, 2004). Estas lombrices tienen un manejo sencillo, sin fugarse, son fuertes y resistentes. Morfológicamente ambas especies de lombrices son muy similares. *Eisenia fetida* es de color marrón con bandas intersegmentarias pálidas y/o amarillentas, por lo que es conocida como lombriz tigre y *Eisenia andrei* con pigmentación rojo oscuro sin bandas es conocida como lombriz roja. Estudios han demostrado que en condiciones naturales *Eisenia fetida* posee más ventajas adaptativas, mientras que en medios de cultivo controlas *Eisenia andrei* compite y termina desplazando a *Eisenia fetida* (Domínguez y col., 2003a, Pérez-Losada y col., 2005).



Ilustración 9: (A) *Eisenia fetida* y (B) *Eisenia andrei*.

#### 1.2.3.5.2. Microorganismos implicados en el proceso de vermicompostaje.

En los procesos de vermicompostaje se encuentran involucrados un gran número de microorganismos, fundamentalmente bacterias, hongos y actinomicetos mesófilos, los cuales juegan un papel fundamental en la descomposición, mineralización y estabilización del residuo orgánico (Domínguez y col., 2010). El desarrollo y actividades de las lombrices se encuentran estrechamente ligados, ya que por una parte los microorganismos constituyen una parte fundamental de la dieta de las lombrices, con una importancia de menor a mayor de bacterias, algas, hongos y protozoos; y por otra parte las lombrices modifican la estructura física de los residuos, fragmentando la materia orgánica y aumentando su superficie, lo cual incrementa la actividad de los microorganismos (Edwards y Fletcher, 1988). Además, el aparato digestivo de la lombriz es un sistema complejo, similar para algunos autores al rumen, en el cual existen, cohabitan e intervienen diferentes microorganismos y participan diferentes actividades enzimáticas, que modifican sustancialmente la composición química y microbiológica del material orgánico ingerido (Drake y col., 2006).

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*

1.2.3.5.3. Fauna asociada al proceso de vermicompostaje.

En los procesos de vermicompostaje, pueden llegar a competir otros organismos detritófagos como son por el ejemplo las cochinillas y otros insectos esto suele ocurrir a grandes escalas en la que participan muchos organismos que colonizan los residuos orgánicos o en busca de refugio. Además, pueden encontrarse asociados otros invertebrados que participan en la descomposición del sustrato orgánico como nematodos, ácaros e insectos detritófagos que compiten con la lombriz por el alimento sin causar daños directamente. Todos estos organismos se conocen como fauna asociada o acompañante. En procesos donde sea correcto el manejo del vermicompostaje, ninguno de los organismos mencionados es capaz de causar algún perjuicio a las lombrices (Martínez y col., 2003).

1.2.3.6. Características requeridas de los residuos orgánicos para su utilización en el proceso de vermicompostaje.

➤ **Humedad**

La exigencia de una humedad en el residuo superior al 50% se debe a que las lombrices poseen un mecanismo de intercambio gaseoso que se realiza a través de su epidermis (Edwards y Bohlen, 1966). Esto implica que el contenido en agua del residuo orgánico a vermicompostar debe ser ajustado antes de iniciar el proceso de vermicompostaje en base a los requerimientos óptimos de la lombriz usada en el proceso.

➤ **Temperatura**

Es uno de los factores que más afecta a las lombrices ya que interviene en el crecimiento, reproducción de las lombrices, metabolismo y actividad (Melgar, 2003). Estas se desarrollan óptimamente con una temperatura de 25°C, aunque su carácter epigeo les permite vivir de los 1 y a los 35°C (Domínguez, 2004).

➤ **pH**

Las lombrices prefieren valores cercanos a la neutralidad como valores óptimos (Edwards y Bohlen, 1996, Nogales y col.,2008), pueden tolerar valores comprendidos entre 5 y 9 de pH.

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*

Parámetro	Muerte	Letargo	Rango	Óptimo	Letargo	Muerte
pH	<5	<6,5	6,8-8	7,5	>8,5	>9
Humedad(%)	<50	<75	80-85	85	>88	>90
Temperatura	0	<7	14-27	25	>33	>42

*Tabla 1: Incidencia de pH, temperatura y humedad sobre el funcionamiento de las lombrices Eisenia feida durante el proceso de lombricultura.*

➤ **Estructura física**

El residuo utilizado debe tener una estructura física lo suficientemente porosa para el desplazamiento de las lombrices, para el paso del aire y el drenaje de un posible exceso de agua en el proceso. Las lombrices requieren de concentraciones de oxígeno comprendidas entre el 55 y 65% (Edwards y Bohlen, 1996).

En casos donde la estructura física no es la ideal, no permitiendo la difusión pasiva del aire, habrá que reacondicionar la materia orgánica con otro tipo de residuo que actúe como estructurante (Garg et al., 2008; Nogales et al., 2008).

➤ **Contenido C/N**

De forma general el contenido carbono y nitrógeno, la mayoría de las lombrices aceptan valores óptimos entre 20-30. Si estas se encuentran excesivamente fuera de este margen, crecimiento y reproducción se verían afectados (Nogales y col., 2008).

➤ **Concentración de amonio y amoniaco**

Contenidos altos en amonio o en forma de ion amonio resultan tóxicos para la mayoría de las lombrices, con niveles de amoniaco y amonio por encima de 1 o 0,5 mg g<sup>-1</sup> de sustrato son considerados tóxicos (Edwards, 1988).

➤ **Concentración de sales**

Una elevada concentración de sales en el residuo orgánico podría impedir el proceso ya que en casos como Eisenia fetida y Eisenia andreia, un residuo orgánico con valores superiores de conductividad eléctrica superiores a 8 dS m<sup>-1</sup> tendría un contenido de sales letales (Edwards, 1988).

➤ **Elementos tóxicos**

Los residuos orgánicos en ocasiones pueden incluir sustancias tóxicas o elementos que son nocivos para el desarrollo de las lombrices como son los metales pesados, fenoles, plaguicidas, etc. Además, la mayoría de estos metales pesados pasan de

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*

nuevos al medio por las deyecciones de la lombriz, lo cual afectara negativamente al producto del vermicompostaje.

➤ **Actividad biológica**

El agrupamiento inicial de ciertos residuos y su humectación para conseguir un contenido optimo en agua para las lombrices pueden generar una intensa proliferación microbiana, debido al alto contenido de nutrientes y macroorganismo en el residuo orgánico, lo cual con lleva a una intensidad actividad biológica en el residuo que iniciara una degradación incontrolada libreando sustancias perjudiciales para las lombrices y originando un calentamiento excesivo del producto (Dominguez,2004).

➤ **Densidad de población**

La densidad de población puede afectar negativamente al desarrollo del proceso debido a que traería una competencia entre individuos que ralentizaría el proceso (Domínguez, 1996). Aunque observaciones sobre el crecimiento y reproducción de *Eisenia fetida* y *Eisenia andrei* han puesto de manifiesto que existe un mecanismo de autorregulación, por el cual la abundancia total de lombrices se estabiliza alrededor de un número de individuos.

1.2.3.7. Residuos orgánicos vermicompostados.

Existe gran variabilidad de residuos orgánicos utilizados en el proceso de vermicompostaje, los cuales son englobados en dos grandes grupos:

➤ **Residuos convencionales**

Estos son los estiércoles de distinto origen animal (vacuno, ovino, porcino, gallinaza y equino) y cunicular y son considerados materiales orgánicos naturales y óptimos para la alimentación y desarrollo de diversas especies de lombrices, que biotransforman en vermicompost (Red Española de compostaje, 2014).

➤ **Residuos no convencionales**

En nuestra sociedad existen un gran número de residuos orgánicos, a pesar de no ser considerados óptimos, han sido bioestabilizados por medio del vermicompostaje. Aunque la mayoría de estos residuos necesitan de un acondicionamiento previo y su mezcla con otros tipos de residuos con el fin de conseguir las características requeridas por las lombrices durante el vermicompostaje. Algunos residuos de procedencia de

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*

ámbito agrícola (residuos de cultivos de cereales, residuos de vegetales de invernadero, residuos del cultivo de mostaza, etc.), ganaderos (purín de cerdo y excretas de aves), urbanos (residuos de cocina, residuos sólidos urbanos, procedentes de cafeterías, etc.), industriales (industria láctea, industria textil, destilado de caña de azúcar, etc.) y agroindustriales (orujillo, alperujo, industria azucarera, etc.) han sido vermicompostados exitosamente (Red Española de compostaje, 2014).

#### 1.2.3.8. Aplicación de vermicompost en semilleros industriales especializados en planta hortícola.

La mayoría de los semilleros industriales en el mundo basan sus sistemas de producción en el empleo de turba como base del sustrato para la producción de plántula debido a sus excelentes propiedades químicas, físicas y biológicas.

La fase de semillero es fundamental para el desarrollo de hortícolas, el uso de enmiendas orgánicas para la elaboración de sustratos, como el vermicompost, representa una alternativa factible.

La combinación de turba y vermicompost para sustrato en semillero tiene un efecto sinérgico; la turba mejora la aireación y retención de agua y el vermicompost aporta fertilización (Chong, 2005).

Existen numerosos estudios experimentales en los que se mezcla turba comercial con diferentes proporciones de vermicompost, con la finalidad de poder obtener unas directrices aplicables en un futuro, aunque finalmente las dosis aplicables de vermicompost irán impuestas por el tipo de cultivo, la calidad del vermicompost y las condiciones del cultivo.

En este contexto, Favaretto *et al.* (1998,) encontraron respuesta positiva en la altura de la planta de maíz, con la aplicación de enmiendas orgánicas. Así mismo, Acevedo y Pire (2004) encontraron que la altura de planta lechosa en vivero fue favorecida positivamente con las mayores proporciones de vermicompost en el sustrato. Además, Betancourt (2002) señaló que el uso de materiales orgánicos en mezclas para la producción de plantas en invernadero favorece el crecimiento en la altura. De igual manera, Pire y Acevedo (2004) encontraron que las mayores proporciones de vermicompost (15/25%) en el sustrato indujeron mayor contenido de fósforo a nivel foliar en plantas de lechosa.

Por otra parte, Arancon *et al.* (2007) encontraron que, al aplicar vermicompost, las plantas fueron menos palatables para las plagas y disminuyó la población de éstas en cultivos de cucurbitáceas y solanáceas, además, el uso de vermicompost favorece la supervivencia de las plántulas después del trasplante en solanáceas (Paul y Metzger, 2005).

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*

### 1.3. Objetivos del trabajo y justificación.

#### 1.3.1. Objetivos del trabajo.

Los ensayos recogidos en el presente proyecto han sido realizados con la finalidad de crear un patrón de recomendación sobre la dosificación óptima del vermicompost en las mezclas de semillero.

Por tanto, con este ensayo se pretende evaluar los diferentes efectos de la mezcla del sustrato del semillero con las diferentes dosis de vermicompost, sobre la calidad de la plántula mediante los siguientes parámetros:

#### 1) Parámetros físico-químicos durante el ensayo:

- pH.
- CE.

#### 2) Parámetros morfológicos:

- Emergencia de la plántula.
- Peso seco de raíces, tallos y hojas.
- Diámetro y longitud del tallo.
- Número de hojas.
- Superficie foliar.

#### 1.3.2. Justificación.

Este ensayo se ha realizado como parte del proceso de desarrollo del vermicompost sujeto de ensayo, para analizar su eficacia en semillero, y concretamente en el cultivo de pimiento "*tipo Lamuyo*" rojo, variedad *Ebro*.

#### 1.3.3. FASES DE LA REALIZACIÓN DEL TFG Y SU CRONOGRAMA ASOCIADO.

### 1.4. Fases en la realización del trabajo.

El trabajo consta de varias fases:

#### 1) Aplicación de distintas dosis de vermicompost en las bandejas del semillero:

- T0: Testigo. 0% vermicompost.
- T1: 10% vermicompost.

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*

- T2: 20% vermicompost.
- T3: 100% vermicompost.

2) Test de germinación y seguimiento de desarrollo de plántulas en semillero.

3) Medida de parámetros físico-químicos durante el ensayo.

4) Traslado de plántulas al laboratorio y toma de medidas de parámetros morfológicos.

5) Procesado de los datos y su análisis estadístico, para posteriormente proceder a la realización del manuscrito.

**1.5. Cronograma del trabajo realizado.**

En la siguiente tabla se recoge el cronograma de los diferentes trabajos y tareas realizados en el proyecto.

	12-sep	25-sep	02-oct	11-oct	18-oct	25-oct	04-nov	05-nov	11-nov	15-nov
Preparación tratamientos										
Siembra en tratamientos										
Test germinación										
Datos sustrato en laboratorio										
Seguimiento progreso en semillero										
Toma de datos material vegetal en fresco										
Lavado raíces										
Peso seco										
Área foliar										

*Tabla 2: Cronograma de la realización de las actividades durante el proyecto.*

## 2. COMPETENCIAS INTEGRADAS DEL PROYECTO

Las diferentes competencias adquiridas en la enseñanza de la titulación, integradas y sintetizadas en el desarrollo del trabajo fin de grado en el ámbito del Grado de Ingeniería Agrícola, en la mención de Hortofruticultura y Jardinería, contempladas en la Orden CIN/323/2009, de 9 de febrero, para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Agrícola en este trabajo técnico-experimental son:

**E-CB03**—Conocimientos básicos sobre el uso y programación de los ordenadores, sistemas operativos, bases de datos y programas informáticos con aplicación en ingeniería.

Integrada en el proyecto se ha tenido que utilizar programas como Statgraphics18 versión centurión, Microsoft Excel y el programa ANOVA

**E-CA01**—Capacidad para conocer, comprender y utilizar los principios de: Identificación y caracterización de especies vegetales.

Integrada en el proyecto mediante la realización del ensayo con cultivo de pimiento en invernadero, siguiendo su ciclo hasta el trasplante.

**E-CA02**—Capacidad para conocer, comprender y utilizar los principios de: Las bases de la producción vegetal, los sistemas de producción, de protección y de explotación.

Integrada en el proyecto mediante la realización del ensayo con cultivo de pimiento en invernadero, siguiendo su ciclo hasta el trasplante.

**E-CTH01**—Capacidad para conocer, comprender y utilizar los principios de: Tecnología de la Producción Hortofrutícola: Bases y tecnología de la propagación y producción hortícola, frutícola y ornamental. Control de calidad de productos hortofrutícolas. Comercialización. Genética y mejora vegetal.

Integrada en el proyecto mediante el seguimiento del cultivo del pimiento hasta su trasplante.

**E-CTH05**—Capacidad para conocer, comprender y utilizar los principios de: Material vegetal: producción, uso y mantenimiento.

Integrada en el proyecto mediante la realización del ensayo que integra en invernadero con cultivo de pimiento siguiendo su ciclo hasta trasplante.

### 3. ESPECIFICACIONES Y REQUERIMIENTOS TÉCNICOS DEL ENSAYO.

#### 3.1. Localización del ensayo.

Las instalaciones donde se llevaron a cabo el ensayo fueron en primer lugar en el semillero TECNOBIOPANT S.L., localizado en El Ejido (Almería). La segunda parte del ensayo se realizó en unos de los laboratorios de LA ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA de la UNIVERSIDAD DE ALMERÍA



*Ilustración 10: Localización del semillero Tecnobioplant S.L.*



*Ilustración 11: Localización de la Escuela Superior de Ingeniería de la Universidad de Almería.*

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annuum) "tipo lamuyo"*

### 3.2. Material vegetal utilizado.

La especie vegetal utilizada en el ensayo de pimiento (*Capsicum annuum L.*), fue la variedad Ebro. Se trata de un pimiento tipo Lamuyo, con maduración en rojo, con ciclo tardío se recomienda trasplantar entre la tercera semana de agosto y la primera de septiembre en Almería. Esta variedad de pimiento "tipo Lamuyo" pertenece a la empresa Semillas Fitó.

Es una variedad muy vigorosa, de porte abierto y con una alta productividad. Son frutos de gran calibre, paredes lisas, con buenas terminaciones y con color rojo intenso. Es una variedad excelente en post-cosecha. Además, esta variedad es tolerante al cracking y al stip.

### 3.3. Sustrato empleado.

Los semilleros trabajan con turba como elemento base, y esta se mezcla con perlita o vermiculita para modificar las propiedades de aireación y humedad. Las proporciones de los distintos tipos de turba varían en función de la calidad del agua de riego del semillero, así como la fecha de siembra y tipo de cultivo.

En nuestro caso las proporciones fueron:

- Turba rubia: 70%
- Turba negra: 30%

Las diferencias básicas entre ambos tipos de turba se basan en el grado de descomposición en el que se encuentran cada una. La turba negra está más descompuesta que la turba rubia, ya que se extrae de zonas más profundas, por lo que presenta un color más oscuro y un pH menos ácido (pH 5-6), en cambio la turba rubia (pH 3,5-4).

### 3.4. Cámara de germinación.

Una vez realizada la siembra, las bandejas pasaron a la cámara de germinación.

- Humedad relativa ambiental: 90%
- Temperatura: 25-27°C.

### 3.5. Riegos.

A la salida de la cámara de germinación, las bandejas se disponen en el semillero sobre soportes.

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*

El riego se realizó todas las mañanas a primera hora, evitando las altas temperaturas.

### 3.6. Diseño experimental y tratamientos evaluados.

#### 3.6.1. Diseño experimental.

El semillero consta de una superficie aproximada de 5.000 m<sup>2</sup> y unas dimensiones de 6 metros de alto, 4,5 metros al canal y una anchura de 9,6 metros cada túnel.

La siembra se realizó el 12 de septiembre, fecha adecuada para este tipo de cultivo.

Las bandejas utilizadas son de 150 alveolos, las cuales admiten 5,8 L. del sustrato utilizado. Se utilizaron un total de 9 bandejas, alrededor de 1350 plántulas, divididas en dos tratamientos diferentes cada una.



*Ilustración 12: Bandeja de 150 alveolos utilizada.*

MUESTRA	pH	mS/cm
Vermicompost puro	8,52	4,27
T1 (10%)	6,92	1,812
T2 (20%)	7,1	2,88
T3 (100%)	8,15	4,622
T0 (control)	6,73	0,992

*Tabla 3: Datos de pH y conductividad del vermicompost puro y de cada uno de los tratamientos.*

#### 3.6.2. Tratamientos evaluados.

Teniendo en cuenta que la capacidad de cada bandeja es de 5,8 L. del sustrato utilizado, los tratamientos aplicados son:

➤ **Tratamiento 1 (T1):** contiene un 10% de vermicompost. Para ello quitamos 0,58L del sustrato del semillero y añadimos nuestro producto.

➤ **Tratamiento 2 (T2):** contiene un 20% de vermicompost. Para ello seguimos el mismo procedimiento que en T1 pero a mayor porcentaje.

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*

➤ **Tratamiento 3 (T3):** contiene únicamente vermicompost. Este tratamiento se aplicó únicamente en dos mitades de bandejas, ya que era muy probable que se obtuvieran resultados negativos.

➤ **Tratamiento testigo (T0):** En este tratamiento no se aplicó vermicompost, con la finalidad de poder comparar los diferentes tratamientos partiendo de una base.

Bandeja 1 T1/T2	Bandeja 2 T1/T2	Bandeja 3 T1/T2	Bandeja 4 T0/T2	Bandeja 5 T1/T0
Bandeja 6 T1/T0	Bandeja 7 T3/T0	Bandeja 8 T2/T0	Bandeja 9 T3/T2	

*Ilustración 13: Esquema de la disposición de tratamientos en bandejas.*



*Ilustración 14: Medida del volumen de vermicompost en vaso graduado*



*Ilustración 15: Mezcla de vermicompost y el sustrato del semillero.*



*Ilustración 16: Bandejas separadas por tratamientos preparadas para la siembra.*

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*

### 3.7. Toma de datos.

Los primeros datos tomados fueron en el semillero, a las dos y tres semanas de la siembra, cuando ya se podían realizar los test de germinación.

En las siguientes semanas, se realizó un seguimiento de los diferentes tratamientos, observando: altura, sistema radicular, retrasos, color y posibles malformaciones de las plántulas.

A los 50 días aproximadamente de la siembra, se llevaron las plántulas al laboratorio. Donde se tomaron datos de peso seco (raíz, tallo, hojas), altura y área foliar.

Por último, con todos los datos disponibles, se realizó un análisis estadístico.

#### 3.7.1. Toma de datos en semillero.

Los primeros datos se tomaron el día 26 de septiembre, a las dos semanas de la siembra. Cuando las plántulas estaban lo suficientemente grandes como para poder realizar un test de germinación. En éste se cuantificaron plántulas no germinadas de cada tratamiento.

A la siguiente semana, día 3 de octubre, se realizó nuevamente el test de germinación, pudiendo apreciar, aparte de plántulas no germinadas, plántulas retrasadas.



*Ilustración 17: Test de germinación en el que se aprecia la poca diferencia entre el tratamiento T0 y T1, tanto en semillas germinadas como en precocidad.*

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento (Capsicum annum) "tipo lamuyo"*



*Ilustración 18: Test de germinación. No se aprecian diferencias en el porcentaje de semillas germinadas entre los tratamientos T1 y T2. Existen diferencias en precocidad de germinación entre ambos tratamientos, T2 va con un poco más de retraso.*

Desde el día 10 de octubre al 4 de noviembre, cada semana se observaron las diferencias de los sistemas radiculares, los diferentes tonos de color, vigor y posibles malformaciones.



*Ilustración 19: Comparación sistema radicular entre las plántulas de los diferentes tratamientos al mes de siembra.*

### 3.7.2. Toma de datos en laboratorio.

El día 4 de noviembre se inició la toma de datos morfológicos en laboratorio. Para ello se utilizaron 80 plántulas al azar de cada tratamiento.

Los materiales y métodos utilizados fueron los siguientes:

➤ **Longitud del tallo con regla graduada (sensibilidad 1mm).** Para ello se consideró que el tallo iba desde el cuello hasta el ápice, marcando así el inicio y final de éste.

➤ **Diámetro del tallo con calibre electrónico (sensibilidad 0.01mm).** La medida se tomó en la base del tallo.

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*

➤ **Conteo de número de hojas por plántula.** Se separaron las hojas de las plántulas, considerando únicamente las hojas verdaderas.

➤ **Área foliar.** En primer lugar, se fotografiaron todas las hojas verdaderas de cada plántula, para posteriormente, realizar el cálculo del área foliar a través del programa informático WinDIAS.3.1.

➤ **Peso seco en balanza digital.** Para la realización del peso seco, hubo que realizar el secado mediante una estufa de secado. En el caso de la raíz, primero, hubo que realizar un lavado con abundante agua para eliminar los restos de turba. Luego se metió cada plántula en un sobre, con su identificación, y se procedió al secado. Una vez pasado 72 horas, se llevó a cabo la toma de datos del peso seco de la raíz, tallo y hojas por separado.

### 3.7.3. Análisis estadístico.

La toma de datos de las mediciones morfológicas de las plantas y el número de frutos por plantas se anotaron en tablas elaboradas y con sus parámetros correspondiente.

Para la clasificación y ordenación de estos datos se usó una hoja de cálculo del programa Microsoft Excel. Estos datos posteriormente se exportaron al programa Statgraphics18 versión centurión (Statpoint Inc, 2020) para realizar el análisis de varianza y test de mínimas y diferencias significativas.

El análisis de la varianza se realizó por medio de la tabla ANOVA, la cual descompone la variabilidad de los diferentes factores dentro de contribuciones esperadas a varios factores. En este análisis, la contribución de cada factor ha sido medida habiendo eliminado los efectos de los demás factores. Los valores de p-valor que aparecen en las tablas muestran la significancia estadística de cada uno de ellos, de manera que cuando los valores de p-valor son menores de 0.05, esos valores tienen un efecto estadísticamente significativo para el parámetro tratado a un nivel de confianza del 95%.

Para evaluar la calidad de las plántulas y los resultados de los diferentes tratamientos se determinaron distintos índices de calidad de plantas, utilizando los datos descritos en los apartados anteriores.

#### ➤ **Índice tallo raíz (ITR)**

Indica que la mejor calidad de una planta se obtiene cuando la parte aérea es relativamente pequeña y la raíz es grande, lo que puede garantizar una mayor supervivencia ya que se evita que la transpiración exceda la capacidad de absorción (May, 1984).

$$ITR = \frac{PESO SECO DEL TALLO (g)}{PESO SECO DE LA RAÍZ (g)}$$

➤ **Índice de esbeltez de Schmidt-Vogt (IE)**

Relaciona la resistencia de la planta con la capacidad fotosintética de la misma. Valores altos de este índice serán indicativos de una planta más robusta y con menos probabilidad de daño de algún tipo en el trasplante (Torralba, 1997).

$$IE = \frac{DIÁMETRO TALLO (mm)}{\frac{ALTURA TALLO (cm)}{10} + 2}$$

➤ **Índice de calidad de Dickson (QI)**

Combina la información de los dos índices anteriores y los ajusta por el efecto del tamaño de la planta, por lo que un aumento en el índice representa a plantas de mejor calidad, lo cual implica que, por una parte, el desarrollo de la planta es grande y que, al mismo tiempo, las fracciones aérea y radical están equilibradas (Oliet, 2000).

$$QI = \frac{PESO SECO TOTAL (g)}{\frac{ALTURA TALLO(mm)}{DIÁMETRO TALLO(mm)} + \frac{PESO SECO TALLO(g)}{PESO SECO RAÍCES(g)}}$$

➤ **Área foliar específica (AFE)**

Es el cociente entre el área foliar (cm<sup>2</sup>) y la materia seca de las hojas (g). Según Masson et al., (1991) valores bajos de este índice, implica la existencia de plantas que resisten mejor el choque del trasplante.

$$AFE = \frac{ÁREA FOLIAR (cm^2)}{MATERIA SECA DE LAS HOJAS (g)}$$

➤ **Coficiente de área foliar (CAF)**

El coeficiente de área foliar (CAF), se define como el cociente que relaciona el área foliar con el peso seco total de las plántulas. Al igual que ocurre para el AFE se recomiendan valores bajos para este índice.

$$CAF = \frac{\text{ÁREA FOLIAR (cm}^2\text{)}}{\text{MATERIA SECA TOTAL (g)}}$$

➤ **Índice de calidad de plántula hortícola pretrasplante (ICPH)**

Este índice intenta compilar toda la información que relaciona los parámetros deseados o buscados en plántulas al pre-trasplante dedicadas a la producción hortícola en intensivo. Se considera que valores altos de este índice muestran plántulas con menor estrés al trasplante, por este motivo aparece en el numerador, el peso seco aéreo (tallo más superficie foliar), peso seco raíz y calibre; por el contrario, penaliza una alta área foliar. De igual modo en el denominador aparece el peso seco de la raíz, esta relación nos garantiza que exista un sistema radical bien desarrollado que permita que la transpiración no exceda la capacidad de absorción. La razón existente entre el calibre y el tallo, garantiza plántulas con un sistema vascular bien desarrollado evitando plántulas etioladas.

$$ICHP = 10000 \times \frac{\text{PESO SECO PARTE AÉREA (g)}}{\text{ÁREA FOLIAR (cm}^2\text{)}} \times \frac{\text{PESO SECO RAÍZ (g)}}{\text{PESO SECO TOTAL (g)}} \\ \times \frac{\text{CALIBRE (cm)}}{\text{ALTURA DEL TALLO (cm)}}$$

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En este ensayo se han evaluado la evolución de la emergencia, diferencias morfológicas, efecto peso seco e índices de calidad en 80 plántulas/tratamiento.

La mayoría de las semillas del tratamiento T3, 100% vermicompost, no germinaron. Por lo que se tuvo que descartar dicho tratamiento.

### 4.1. Efecto de los diferentes tratamientos sobre la evolución de la emergencia.

En los tratamientos T0, T1 y T2 no ha habido diferencias significativas. Para los tres casos la germinación de semilla ha estado en torno al 90%. Sin embargo, para el caso del tratamiento T3, tratamiento con únicamente vermicompost, las germinaciones fueron nulas, probablemente debido a la alta C.E.

Varios autores han demostrado que los efectos de la salinidad en el porcentaje final y la velocidad de germinación de las semillas hortícolas se encuentran estrechamente relacionados a las concentraciones de sales en el medio de siembra, como también de la variedad y la especie de que se trate. El tiempo en que tardan en germinar también se prolonga (Cuartero y Fernández-Muñoz, 1999; El-Habbasha et al. 1996; Singer-SM, 1994).

### 4.2. Efecto de los diferentes tratamientos sobre la morfología de la plántula.

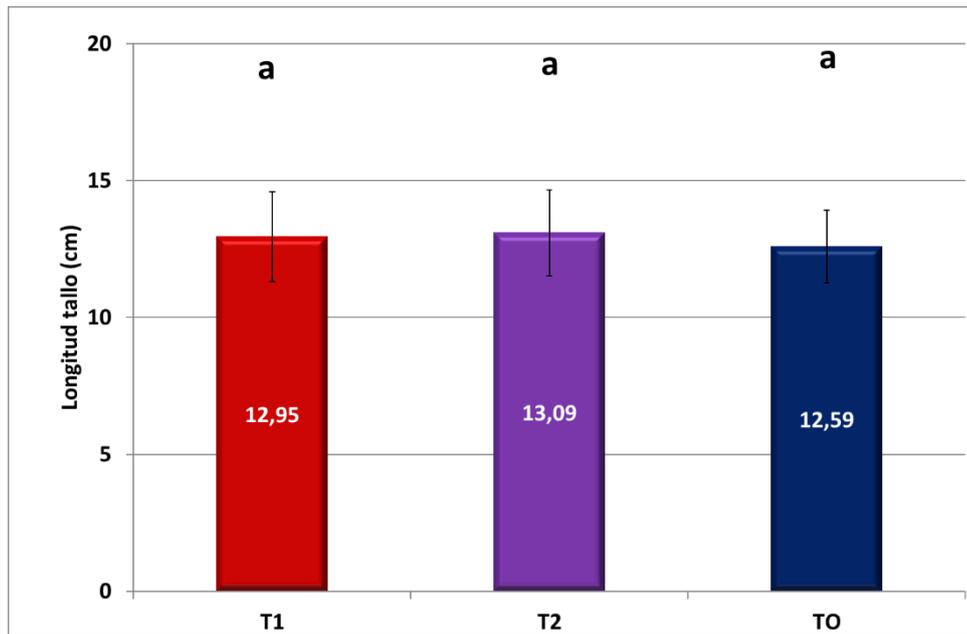
El pH y la CE de los compost influyen directamente en la calidad final de las plántulas de tomate en semillero (Castillo et al., 2004; Herrera et al., 2008 y Ribeiro et al., 2007).

#### ➤ LONGITUD DEL TALLO

TRATAMIENTO	LONGITUD TALLO (cm)	
T1	12,95	A
T2	13,09	A
T0	12,59	A

Tabla 4: Análisis estadístico multifactorial de la lectura de la longitud del tallo. Longitud en cm. Distinta letra denota significación estadística para  $P < 0,05$ . El color marrón tiene una connotación similar al testigo, el rojo una connotación negativa y el verde una connotación positiva.

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*



*Ilustración 20: Gráfica multifactorial del efecto del vermicompost de los diferentes tratamientos, sobre la longitud del tallo. Longitud en cm. Distinta letra denota significación estadística para  $P < 0.05$ .*

Como se aprecia en la gráfica, no se encuentran diferencias significativas entre los valores de la longitud del tallo. No obstante, son las plántulas del tratamiento T2 (20% vermicompost) las que presentan mayor longitud con 13,09 cm, frente al T0 (testigo) que alcanza 12,59 cm de media.

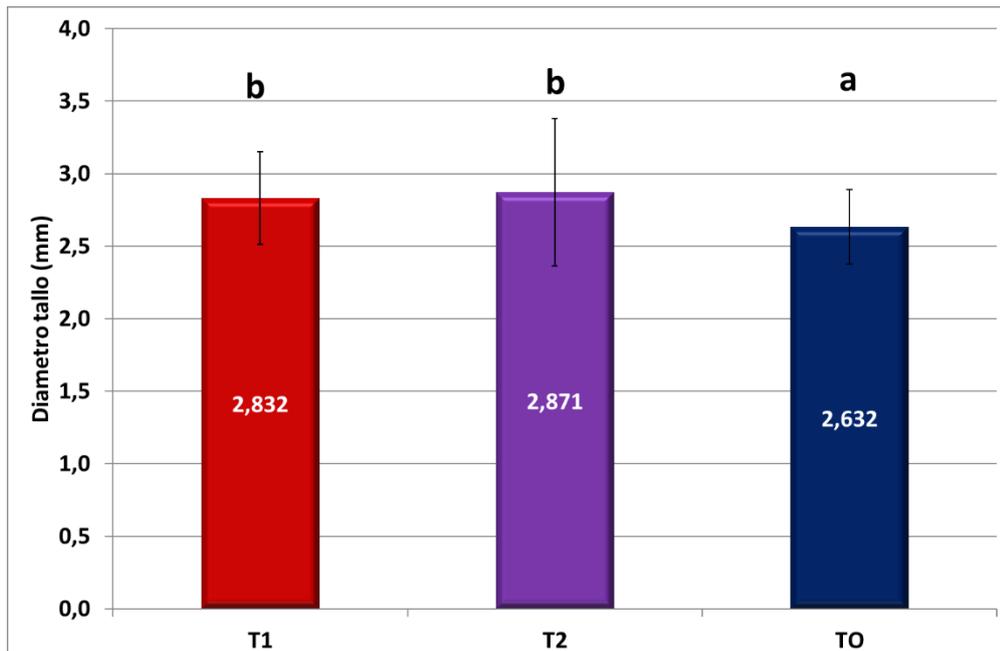
Con estos resultados podemos decir que el vermicompost no causa efecto sobre la longitud del tallo en plántula.

➤ **DIÁMETRO DEL TALLO.**

TRATAMIENTO	DIÁMETRO TALLO (mm)	
T1	2,83	B
T2	2,87	B
T0	2,63	A

*Tabla 12: Análisis estadístico multifactorial de la lectura del diámetro del tallo. Diámetro en mm. Distinta letra denota significación estadística para  $P < 0,05$ . El color marrón tiene una connotación similar al testigo, el rojo una connotación negativa y el verde una connotación positiva.*

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*



*Ilustración 21: Gráfica multifactorial del efecto del vermicompost de los diferentes tratamientos, sobre el diámetro del tallo. Diámetro en mm. Distinta letra denota significación estadística para  $P < 0.05$ .*

En este caso si encontramos diferencias significativas entre tratamientos, obtenemos valores positivos para los tratamientos T1 y T2. La mayor media del tallo la presenta el tratamiento T2 con 2,871 mm, frente a la media de 2,632 mm del tratamiento T0.

Los efectos del vermicompost son claramente positivos. Las plántulas que mayor media de diámetro han presentado son las que se encontraban en mayor porcentaje de vermicompost.

#### 4.3. Efecto de los diferentes tratamientos sobre el peso seco de la planta.

Diferentes autores han descrito que la evaluación de la masa seca de planta es un indicativo de su capacidad de resistir el estrés postrasplante tal que a mayor es el contenido de materia seca, mayor es la resistencia al estrés (Hoyos, 1995; Kubo et al., 1991 y Tesi, 1991).

En estos resultados se observa la existencia de diferencias significativas entre algunos de los tratamientos y para todas las variables de masa seca evaluadas.

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*

➤ **PESO SECO HOJAS.**

TRATAMIENTO	PESO SECO HOJAS (g)	
T1	0,102	AB
T2	0,099	A
T0	0,109	B

Tabla 13: Análisis estadístico multifactorial de la lectura del peso seco de las hojas. Peso seco en gramos. Distinta letra denota significación estadística para  $P < 0,05$ . El color marrón tiene una connotación similar al testigo, el rojo una connotación negativa y el verde una connotación positiva.

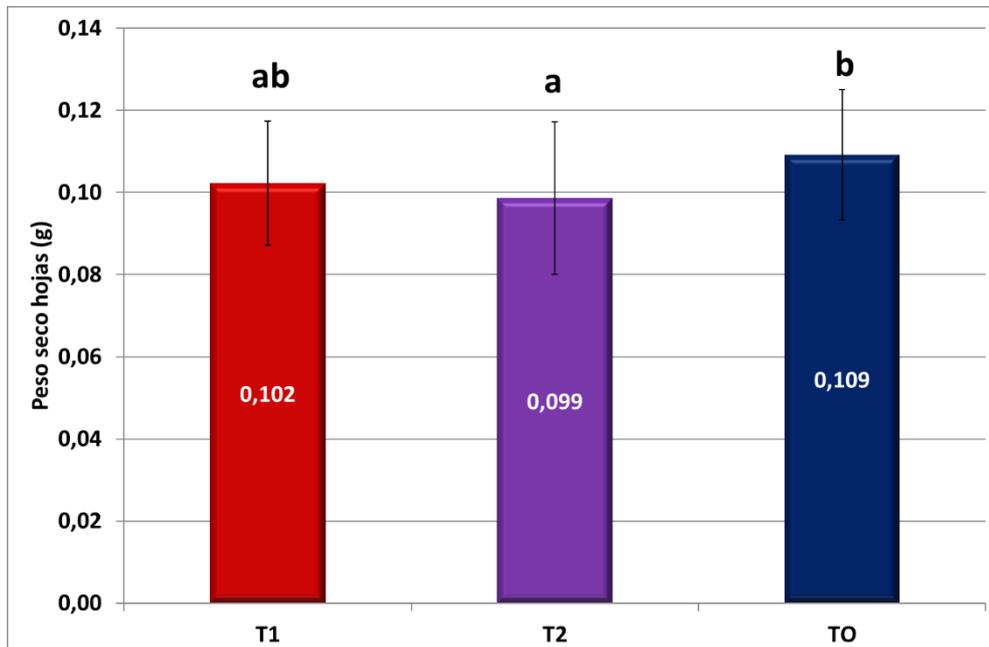


Ilustración 22: Gráfica multifactorial del efecto del vermicompost de los diferentes tratamientos sobre el peso seco de las hojas. Peso seco en gramos. Distinta letra denota significación estadística para  $P < 0,05$ .

En esta lectura, encontramos diferencias significativas entre los tratamientos T0 y T1 con respecto al tratamiento T2. El tratamiento T2, con un peso seco en hoja de 0,099 gramos, es el que menor peso seco tiene, seguido del T1 con 0,102 gramos y del T0 con 0,109 gramos.

Es evidente que a mayor concentración de vermicompost obtenemos menor peso seco en hoja.

Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(*Capsicum annuum*) "tipo lamuyo"

➤ PESO SECO DEL TALLO.

TRATAMIENTO	PESO SECO TALLO (g)	
T1	0,09	A
T2	0,09	A
T0	0,09	A

Tabla 14: Análisis estadístico multifactorial de la lectura del peso seco del tallo. Peso seco en gramos. Distinta letra denota significación estadística para  $P < 0,05$ . El color marrón tiene una connotación similar al testigo, el rojo una connotación negativa y el verde una connotación positiva

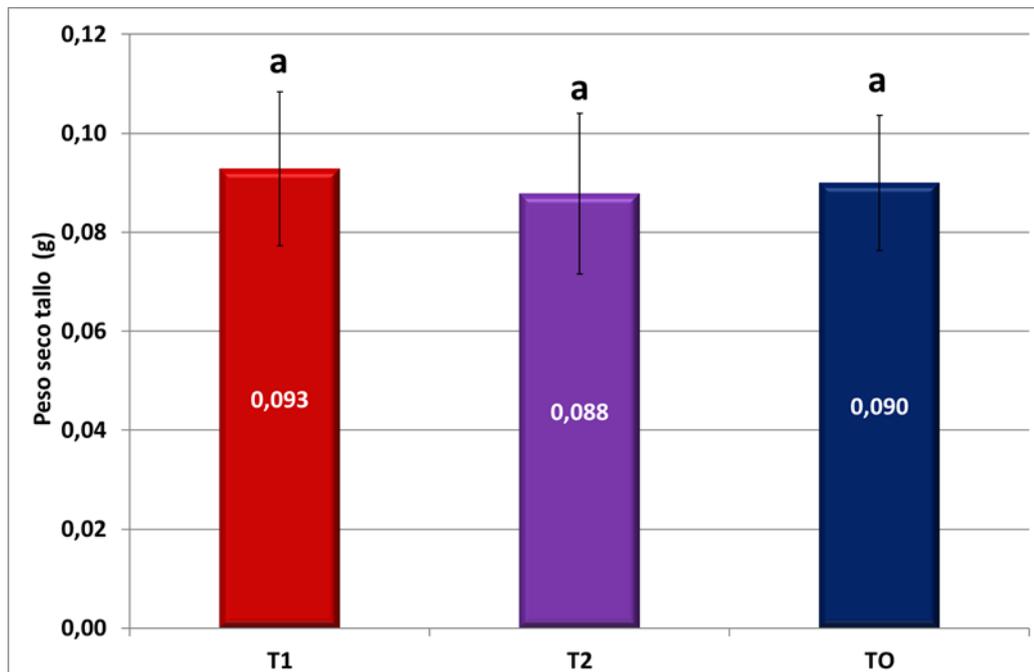


Ilustración 23: Gráfica multifactorial del efecto del vermicompost de los diferentes tratamientos sobre el peso seco del tallo. Peso seco en gramos. Distinta letra denota significación estadística para  $P < 0,05$ .

La concentración de vermicompost no influyó en el peso seco del tallo.

El mayor peso seco del tallo se obtuvo en el tratamiento T1, aunque sin diferencias significativas. Para todos los tratamientos los valores han sido próximos a 0.09 gramos.

Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(*Capsicum annum*) "tipo lamuyo"

➤ PESO SECO EN RAÍZ.

TRATAMIENTO	PESO SECO RAÍZ (g)	
T1	0,06	A
T2	0,06	A
T0	0,07	B

Tabla 15: Análisis estadístico multifactorial de la lectura del peso seco de la raíz. Peso seco en gramos. Distinta letra denota significación estadística para  $P < 0,05$ . El color marrón tiene una connotación similar al testigo, el rojo una connotación negativa y el verde una connotación positiva

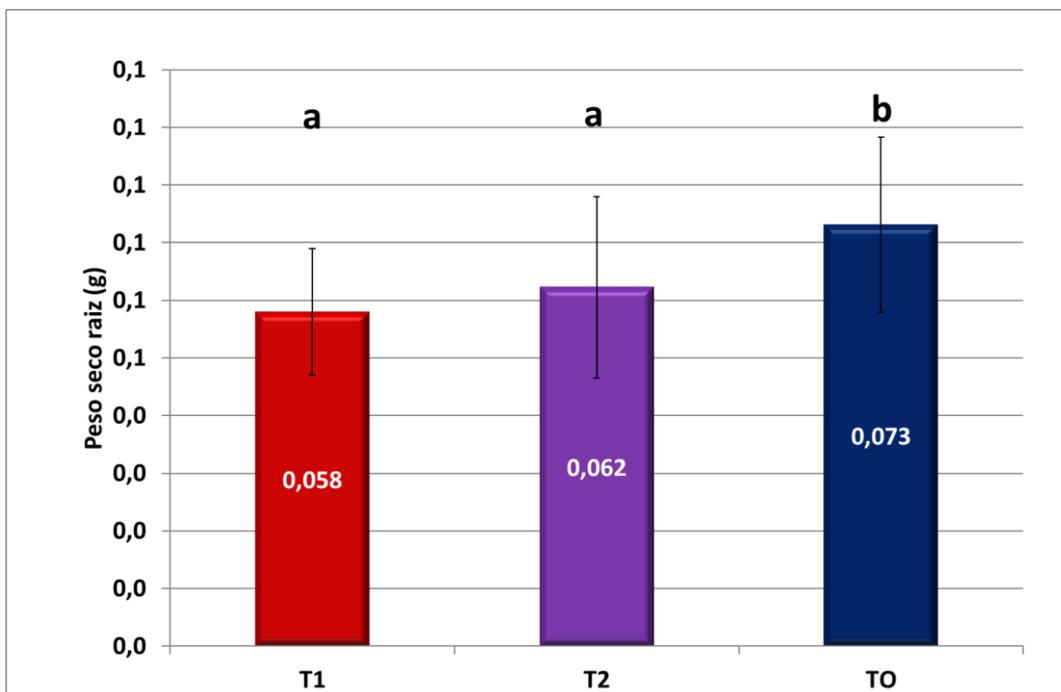


Ilustración 24: Gráfica multifactorial del efecto del vermicompost de los diferentes tratamientos sobre el peso seco de la raíz. Peso seco en gramos. Distinta letra denota significación estadística para  $P < 0,05$ .

Para el peso seco de la raíz si se han observado diferencias significativas entre tratamientos. Para los tratamientos T1 y T2 los pesos han sido 0,058 y 0,062 gramos respectivamente, bastante por debajo del peso del tratamiento T0 el cual ha sido 0,073 gramos.

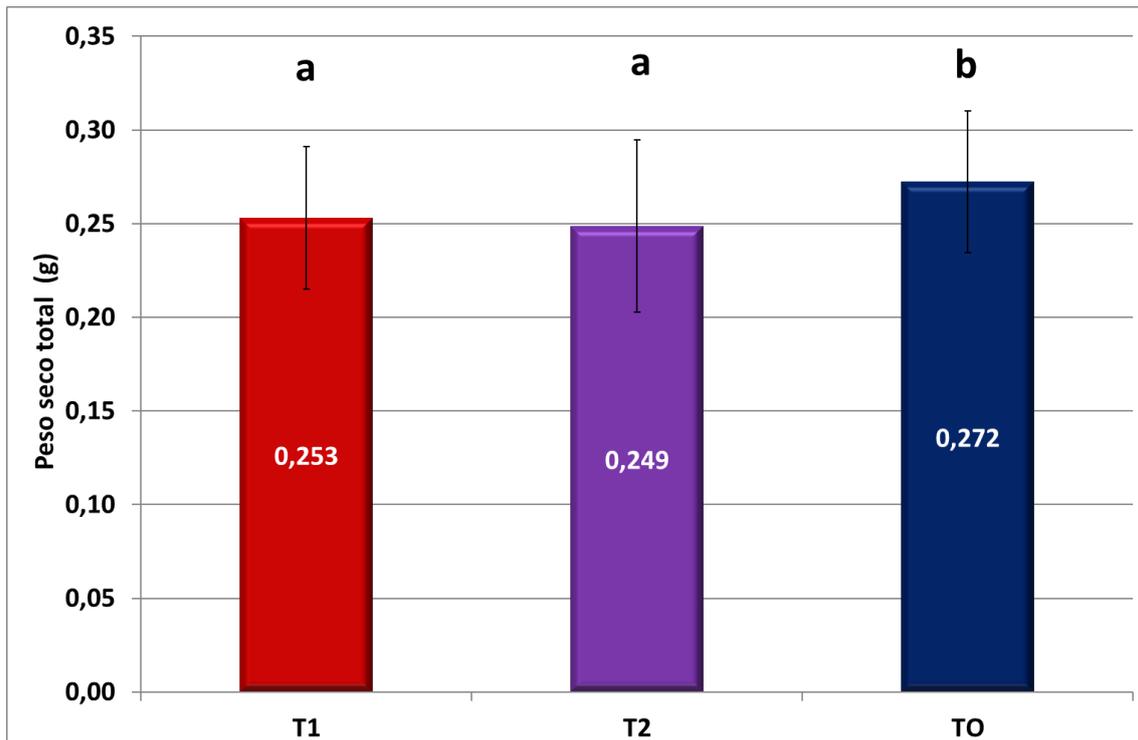
Los efectos del vermicompost han sido claramente negativos en lo que se refiere al peso seco de la raíz.

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*

➤ **PESO SECO TOTAL.**

TRATAMIENTO	PESO SECO TOTAL (g)	
T1	0,25	A
T2	0,25	A
T0	0,27	B

*Tabla 16: Análisis estadístico multifactorial de la lectura del peso seco total. Peso seco en gramos. Distinta letra denota significación estadística para  $P < 0,05$ . El color marrón tiene una connotación similar al testigo, el rojo una connotación negativa y el verde una connotación positiva*



*Ilustración 25: Gráfica multifactorial del efecto del vermicompost de los diferentes tratamientos sobre el peso seco total. Peso seco en gramos. Distinta letra denota significación estadística para  $P < 0,05$*

Como hemos venido observando en los resultados anteriores sobre los pesos secos, existen diferencias significativas entre tratamientos en lo que se refiere al peso seco total.

Entre los tratamientos T1 y T2 no se encuentran diferencias significativas, aunque el T1 con 0,253 gramos se encuentra un poco por encima del tratamiento T2 con 0,249 gramos.

Las diferencias significativas las encontramos entre los tratamientos T1 y T2 respecto el tratamiento T0. Éste último se encuentra por encima de los otros dos tratamientos con 0,272 gramos.

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*

En definitiva, podemos observar como el vermicompost ha causado efectos negativos en el peso seco de las plántulas, a mayor concentración de vermicompost obtenemos menor peso seco total de plántula.

#### 4.4. Efecto de los diferentes tratamientos sobre los índices de hoja.

Los índices de hoja SLA (Specific Leaf Area) y LAR (Lear Area Ratio) son considerados los que mejor indican la capacidad de resistir el estrés del trasplante por parte de las plántulas (Masson et al., 1991). El número de hojas y el área foliar son otros parámetros que han sido considerados por numerosos autores para evaluar la calidad de plántula (Al-Karaki, 2000; Castillo et al., 2004; Díaz y Camacho, 2009; Herrera et al., 2008 y Herrera et al., 2009).

##### ➤ NÚMERO DE HOJAS.

TRATAMIENTO	NÚMERO DE HOJAS	
T1	6,08	A
T2	6,05	A
T0	6,35	A

Tabla 24: Análisis estadístico multifactorial de la lectura del número de hojas. Distinta letra denota significación estadística para  $P < 0,05$ . El color marrón tiene una connotación similar al testigo, el rojo una connotación negativa y el verde una connotación positiva

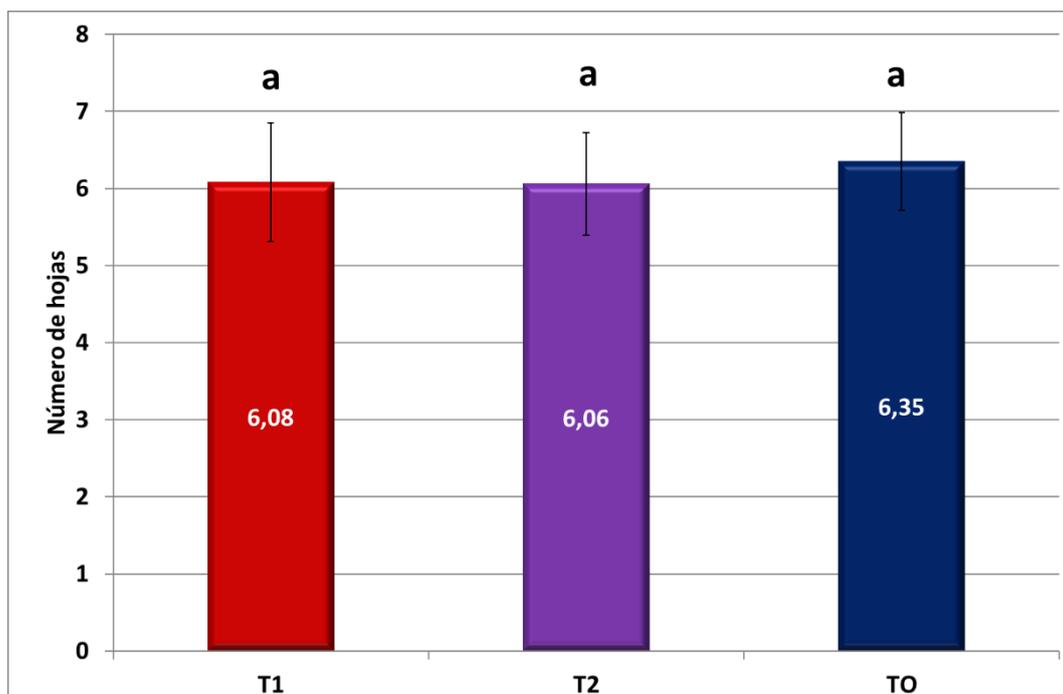


Ilustración 26: Gráfica multifactorial del efecto del vermicompost de los diferentes tratamientos sobre el número de hojas. Distinta letra denota significación estadística para  $P < 0,05$

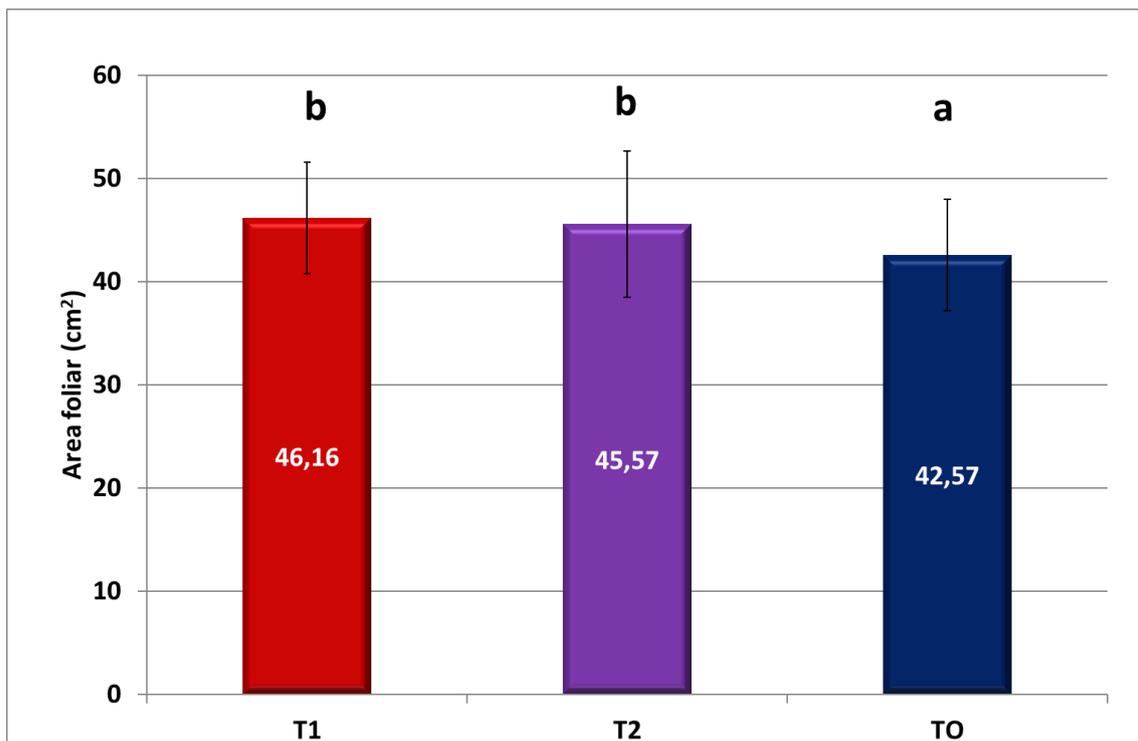
*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*

No se encuentran diferencias significativas en cuanto al número de hojas. No obstante, el tratamiento que mayor número de hojas ha tenido ha sido el testigo con 6,35 hojas por plántula de media, seguido del tratamiento T1 con 6,08 hojas y T2 con 6,06 hojas.

➤ **ÁREA FOLIAR.**

TRATAMIENTO	ÁREA FOLIAR (cm <sup>2</sup> )	
T1	46,16	B
T2	45,57	B
T0	42,57	A

*Tabla 32: Análisis estadístico multifactorial de la lectura del área foliar. Área foliar en cm<sup>2</sup>. Distinta letra denota significación estadística para P<0,05. El color marrón tiene una connotación similar al testigo, el rojo una connotación negativa y el verde una connotación positiva*



*Ilustración 27: Gráfica multifactorial del efecto del vermicompost de los diferentes tratamientos sobre el Área foliar. Área foliar en cm<sup>2</sup>. Distinta letra denota significación estadística para P<0.05*

En el estudio del área foliar de la plántula si se han detectado diferencias significativas entre los distintos tratamientos. El menor de los valores ha sido 42, 57 cm<sup>2</sup> para el tratamiento testigo, seguido del tratamiento T2 con 45,57 cm<sup>2</sup> y del T1 con 46,16 cm<sup>2</sup>.

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*

Entre los tratamientos T1 y T2 no ha habido diferencias significativas, al contrario del tratamiento T0 el cual ha obtenido unos resultados bastante inferiores.

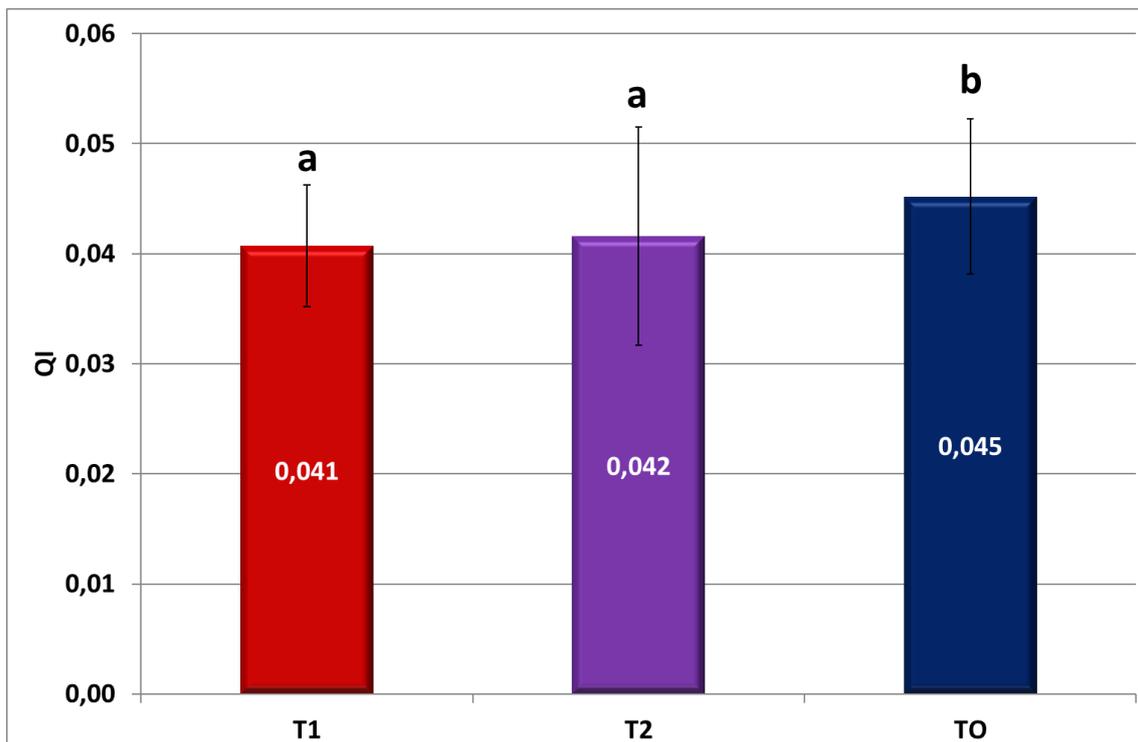
Los efectos del vermicompost en el área foliar de la plántula son bastante positivos, siendo el tratamiento T1, 10% de vermicompost, el que mejores resultados ha desarrollado.

4.5. Determinación de la calidad de la plántula en relación con los tratamientos aplicados mediante la evaluación de los índices de calidad.

➤ **ÍNDICE DE CALIDAD DE DICKSON.**

TRATAMIENTO	QI	
T1	0,04	A
T2	0,04	A
T0	0,05	B

*Tabla 33: Análisis estadístico multifactorial del Índice de calidad de Dickson..Distinta letra denota significación estadística para  $P < 0,05$ . El color marrón tiene una connotación similar al testigo, el rojo una connotación negativa y el verde una connotación positiva.*



*Ilustración 28: Gráfica multifactorial del efecto del vermicompost de los diferentes tratamientos sobre Índice de Calidad de Dickson. Distinta letra denota significación estadística para  $P < 0,05$*

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*

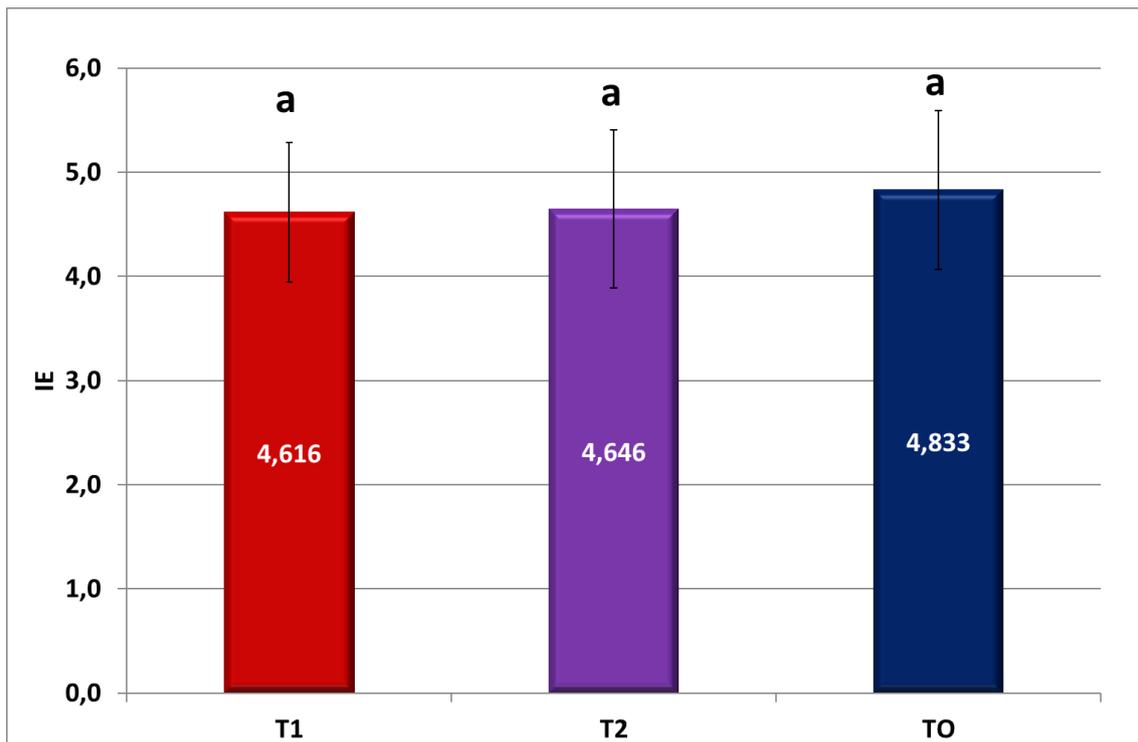
Cuanto mayor sea el valor de este índice, mayor es la calidad de las plántulas. El tratamiento testigo ha sido el que mayor valor ha alcanzado con 0,045 QI, presentando diferencias significativas frente a los tratamientos T1 con 0.041 y T2 con 0.042.

Los efectos del vermicompost provocaron efectos negativos en este parámetro, respecto al tratamiento T0.

➤ **ÍNDICE DE ESBELTEZ DE SCHMIDT-VOGT.**

TRATAMIENTO	IE	
T1	4,62	A
T2	4,65	A
T0	4,83	A

*Tabla 34: Análisis estadístico multifactorial del Índice de Esbeltez de Schmidt-Vogt. Distinta letra denota significación estadística para  $P < 0,05$ . El color marrón tiene una connotación similar al testigo, el rojo una connotación negativa y el verde una connotación positiva.*



*Ilustración 29: Gráfica multifactorial del efecto del vermicompost de los diferentes tratamientos sobre el Índice de Esbeltez de Schmidt-Vogt. Distinta letra denota significación estadística para  $P < 0.05$*

En este caso, el cálculo se ha realizado según el Índice de Esbeltz propuesto por Schimidt-Vogt (1980), que se corresponde con la inversa del índice calculado por Toral multiplicado por un coeficiente, por lo que se deduce que los valores recomendados para este índice deben ser altos, siendo indicativos de una planta más robusta y con menos probabilidad de daño en el trasplante.

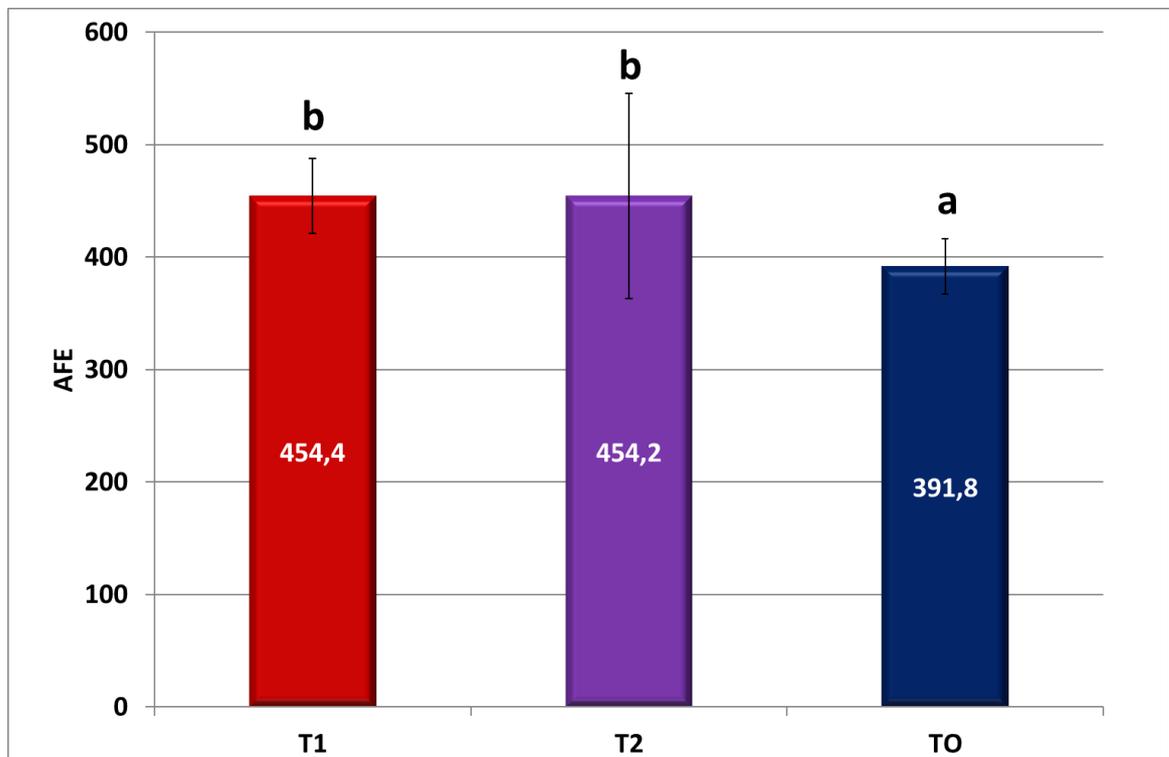
*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*

Para este índice no se han detectado diferencias significativas entre los distintos tratamientos, aunque los dos tratamientos en los que se aplicó vermicompost presentan unos valores un poco inferiores al tratamiento testigo.

➤ **ÁREA FOLIAR ESPECÍFICA.**

TRATAMIENTO	AFE	
T1	454,42	B
T2	454,16	B
T0	391,78	A

*Tabla 35: Análisis estadístico multifactorial del Área Foliar Específica. AFE en cm<sup>2</sup>/g. Distinta letra denota significación estadística para P<0,05. El color marrón tiene una connotación similar al testigo, el rojo una connotación negativa y el verde una connotación positiva*



*Ilustración 30: Gráfica multifactorial del efecto del vermicompost de los diferentes tratamientos sobre el Área Foliar Específica. AFE en cm<sup>2</sup>/g. Distinta letra denota significación estadística para P<0.05*

Cómo ya se ha explicado en el apartado 4.8.3., valores bajos de este índice, implican la existencia de plantas que resisten mejor el choque del trasplante. En esta gráfica podemos observar como el tratamiento T0 ha sido el que ha obtenido valores más bajos, existiendo diferencias significativas con los tratamientos T1 y T2.

Los efectos del vermicompost han causado un efecto claramente negativo en lo que se refiere al Área Foliar Específica.

Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(*Capsicum annum*) "tipo lamuyo"

➤ **COEFICIENTE DE ÁREA FOLIAR.**

TRATAMIENTO	CAF	
T1	183,91	B
T2	184,84	B
T0	157,09	A

Tabla 36: Análisis estadístico multifactorial del Coeficiente Foliar.CAF en  $\text{cm}^2/\text{g}$ . Distinta letra denota significación estadística para  $P < 0,05$ . El color marrón tiene una connotación similar al testigo, el rojo una connotación negativa y el verde una connotación positiva.

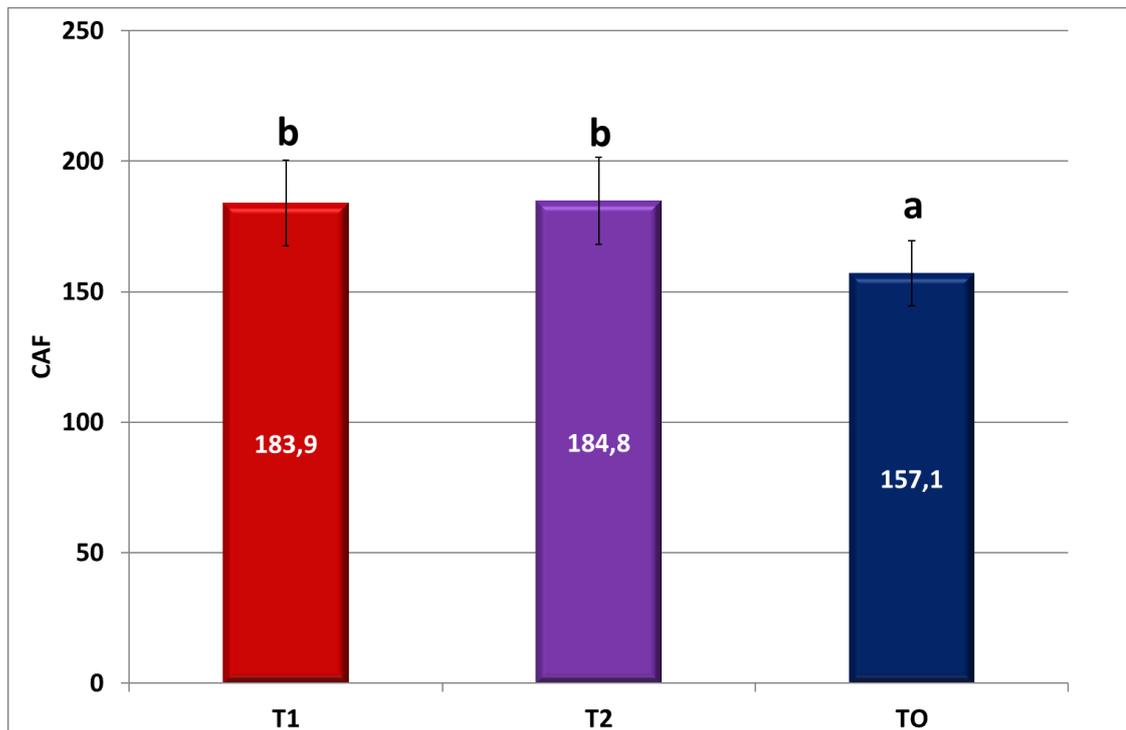


Ilustración 31: Gráfica multifactorial del efecto del vermicompost de los diferentes tratamientos sobre el Coeficiente del Área Foliar. CAF en  $\text{cm}^2/\text{g}$ . Distinta letra denota significación estadística para  $P < 0,05$

Al igual que ocurre con el AFE, los valores recomendados son los más bajos. En los resultados de este índice encontramos diferencias significativas entre los diferentes tratamientos. El tratamiento testigo es el que obtiene un menor valor y por lo tanto mejor resultado. Los tratamientos T1 y T2 no presentan diferencias significativas entre ellos, aunque T2 ha tenido un valor un poco mayor, con  $184,8 \text{ cm}^2/\text{g}$ , que el tratamiento T1 con  $183,9 \text{ cm}^2/\text{g}$ .

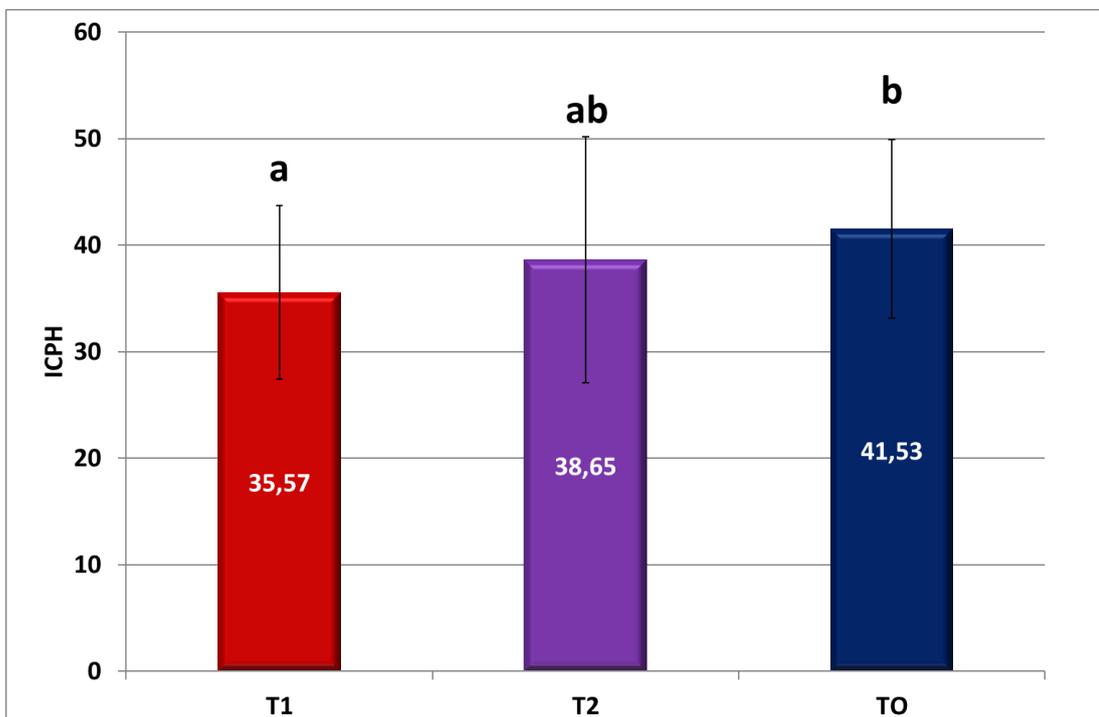
Podemos decir que el efecto del vermicompost causa efectos negativos en el Coeficiente del Área Foliar.

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*

➤ **ÍNDICE DE CALIDAD HORTÍCOLA AL PRE-TRASPLANTE.**

TRATAMIENTO	ICHP	
T1	35,57	A
T2	38,65	AB
T0	41,53	B

*Tabla 37: Análisis estadístico multifactorial del Índice de calidad Hortícola al Pre-Trasplante. Distinta letra denota significación estadística para  $P < 0,05$ . El color marrón tiene una connotación similar al testigo, el rojo una connotación negativa y el verde una connotación positiva.*



*Ilustración 32: Gráfica multifactorial del efecto del vermicompost de los diferentes tratamientos sobre el Índice de calidad Hortícola al Pre-Trasplante. Distinta letra denota significación estadística para  $P < 0,05$ .*

El índice de Calidad Hortícola Pre-Trasplante, muestra para el tratamiento T0 el mayor valor, seguido del tratamiento T2. Para este índice obtenemos diferencias significativas con el tratamiento T1, tratamiento con menor valor.

Los resultados no son del todo concluyentes debido a que el tratamiento que no ha tenido nada de vermicompost ha sido el que mejor resultado ha obtenido, seguido del tratamiento T2 (tratamiento con mayor porcentaje de vermicompost)

De este índice podemos deducir que el tratamiento T0 será en el que la plántula soportará mejor el estrés de cara al trasplante.

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*

5.2. Discusión.

Según las bibliografías revisadas hay numerosos estudios sobre el efecto del vermicompost en semillero, aunque no tantos sobre el efecto en semillero en cultivo de pimiento. Es por esto por lo que los estudios a los que se hace referencia en este proyecto se basan en otros cultivos.

A continuación, se presenta un cuadro de síntesis de los parámetros evaluados e índices de calidad, T0 (0% vermicompost) el tratamiento testigo, T1 (10% vermicompost) y T2 (20% vermicompost).

Parámetros	Tratamientos		
	T0	T1	T2
Longitud del tallo	A	A	A
Diámetro del tallo	A	B	B
Número de hojas	A	A	A
Área foliar	A	B	B
Peso seco hojas	B	AB	A
Peso seco tallo	A	A	A
Peso seco raíz	B	A	A
Peso seco total	B	A	A
AFE	A	B	B
QI	B	A	A
IE	A	A	A
ITR	A	C	B
AFE	A	B	B
CAF	A	B	B
ICHP	B	A	AB

*Tabla 38: Síntesis de resultados. Distinta letra denota significación estadística para  $P < 0,05$ . El color verde indica valor más favorable que el testigo (T0), el rojo peor que el testigo y el marrón igual que el testigo.*

En el estudio realizado por Bernardo (2018), sobre el crecimiento de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) tratados con humato vermicompostado, se evaluó el efecto de diferentes concentraciones de humato vermicompostado (1/10, 1/20, 1/30 v/v y un control -agua destilada-) en el crecimiento de plántulas de *Solanum lycopersicum* cultivadas en suelos afectados por salinidad. El experimento se realizó utilizando un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones por tratamiento de 40 plántulas cada una. A los 24 días después del trasplante, se midió altura de plántulas, diámetro de tallo, número de hojas, peso fresco y seco de parte aérea y de raíz. Los resultados mostraron diferencias significativas entre tratamientos y todas las variables mostraron valores superiores en la dilución de 1/30 (v/v), seguido de las diluciones 1/20 y 1/10, mostrando valores inferiores en el control. El valor porcentual de incremento en la dilución de 1/30 respecto al control fue de 61, 68, 63, 50, 19, 30,

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annuum) "tipo lamuyo"*

56 y 27 para altura, diámetro de tallo, longitud de raíz, número de hojas, peso fresco de raíz, peso seco de raíz, peso fresco de parte aérea y peso seco de parte aérea, respectivamente.

Otro estudio similar al realizado en este proyecto es el Trabajo de pre-grado realizado por Jiménez, F., (2009), en el que se evaluó el efecto del compost de champiñonera y vermicompost como sustratos para el desarrollo de plántulas de pimentón, *Capsicum annuum L.*, en semillero. Se evaluaron los siguientes sustratos: aserrín de coco, vermicompost, compost de champiñonera y sus combinaciones binarias en tres proporciones volumétricas (1:3, 1:1 y 3:1). Las plántulas de pimentón se propagaron en bandejas de polietileno en los diferentes sustratos. Se aplicó una fertilización básica a partir de la plena exposición del primer par de hojas verdaderas con un fertilizante hidrosoluble de inicio o enraizamiento (13-40-13), a una dosis de 2,5 g.l<sup>-1</sup> semanal en agua de riego. Se evaluó altura, diámetro de tallo, número de hojas (grandes y pequeñas), masa seca de plántula y raíz. Los compost estudiados resultaron ser componentes adecuados para mezclas de sustratos con aserrín de coco en partes iguales en la producción de plántulas de pimentón. El crecimiento de la plántula de pimentón reflejado por la altura, masa seca aérea y de raíces fueron mayores en los sustratos 1:1 de vermicompost más aserrín de coco. En cuanto al diámetro del tallo de las plántulas de pimentón fue favorecido por el sustrato 1:1 de compost más aserrín de coco.

Investigaciones realizadas por Vethencourt (1999), García et al. (2001) y Betancourt (2002) coinciden en señalar que el uso de materiales orgánicos en mezcla para la producción de plantas en invernadero favorece el crecimiento. Más aún, Acevedo y Pire (2004) indicaron que el uso de vermicompost en el sustrato en proporciones de 15 a 25% estimula la evolución en las plantas de lechosa, tanto en vivero como en campo.

Respecto al número de hojas, Barrios (1996) al evaluar el efecto de diferentes sustratos a base de suelo sobre el crecimiento de *Aglaonema sp.* encontró que el mayor número de hojas y longitud de estas se produjo en las plantas establecidas en sustratos enmendados con abonos orgánicos como el Ve y C. De igual manera, Hernández (2003) evaluó sustratos para la producción de pimentón en bandejas, obteniendo el mayor número de hojas en aquellas plantas que crecieron en los compuestos por vermicompost, infiriendo que fue debido a la alta capacidad de retención de humedad, conductividad eléctrica y pH cercano a la neutralidad. Así mismo, Vethencourt (1999) y Bethancourt (2002) observaron que los tratamientos con materiales orgánicos y adecuada aireación del medio, las plantas presentaron una mayor producción y desarrollo de hojas.

En cuanto al peso seco de la parte aérea de las plántulas, estudios como los de Acevedo y Pire (2004) señalaron que la incorporación de vermicompost al sustrato estimuló la producción de biomasa de las plantas de lechosa desarrolladas en envases. Al contrario, Hidalgo y Harkess (2002) indicaron que el mayor peso de las plantas de poinsettia (*Euphorbia pulcherrima Willd*) cultivadas en sustratos enmendados con

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*

humus de lombriz, no se produjo en las mezclas con mayor espacio poroso o capacidad de retención de humedad.

Al igual que en el párrafo anterior, para el peso seco de la raíz también encontramos numerosas contradicciones en diferentes estudios. Acevedo y Pire (2004) demostraron que al utilizar un 15 al 25% de vermicompost en el sustrato, hubo mayor masa seca total, altura y diámetro de tallo en plantas de lechosa en vivero. Sin embargo, Contreras et al. (2008) no encontraron respuestas respecto al crecimiento de plantas de café en el vivero utilizando 10, 20 y 30% de vermicompost.

Los índices de calidad también han sido evaluados en numerosos estudios. Masson et al. (1991) descubrieron que para evaluar la resistencia de las plantas al estrés post-trasplante este es el índice que mejor se comporta ya que relaciona el área foliar con el peso seco de las hojas, encontrando que, en pimiento, las plantas con bajo AFE resisten mejor el choque del trasplante. Herrera (2009), considera que el AFE evalúa mejor la capacidad de la planta para resistir el choque de trasplante que el CAF.

## 6. CONCLUSIÓN.

Tras evaluar la emergencia de las plántulas, diferencias morfológicas e índices de calidad de los diferentes tratamientos de vermicompost, se exponen las conclusiones del presente estudio.

Los resultados de los parámetros morfológicos, pesos secos e índices de calidad los tratamientos T1 (10%) y T2 (20%) se encuentran por debajo en la mayoría de los casos. Por lo que no han incrementado la calidad de las plántulas, posiblemente debido a la alta conductividad que presentaba el producto puro (4,27 mS/cm). Esto hizo que T1 alcanzase una conductividad eléctrica de 1,81 mS/cm y T2 de 2,88 mS/cm mientras que el testigo se mantuvo en 0,99 mS/cm, lo que llevó a las plántulas a un estrés excesivo.

Además, se ha observado que altas concentraciones de vermicompost T3 (100%) inhiben la germinación de las plántulas. Este tratamiento alcanzó una conductividad de 4,66 mS/cm, casi cinco veces más que T0, lo que produjo un estrés que anuló por completo la emergencia de las semillas.

Así, desaconsejamos la aplicación de vermicompost a concentraciones del 10 y 20% en la fase de plántulas dado que los efectos adversos pueden ser mayores que los beneficiosos.

## 7. FUTUROS TRABAJOS.

Considero que los resultados obtenidos en el presente trabajo han puesto de manifiesto la relevancia que la conductividad eléctrica de los sustratos tiene en la crianza de plántulas hortícola en semillero. Dado que el producto ensayado tenía una elevada CE (superior a la etiquetada) los resultados no han sido positivos, futuros trabajos deberían incidir en los siguientes aspectos:

- Evaluar las mezclas de vermicompost en semillero empleando vermicompost con una conductividad eléctrica menor y formulando las mezclas de manera que la conductividad final no sea un factor limitante.
- Un aspecto fundamental sobre el que se debería trabajar es el proceso de vermicompostaje, el mismo debería de ser objeto de investigaciones que permitieran obtener lotes de producción de vermicompost más homogéneos y de baja conductividad eléctrica para su uso como sustrato en semilleros.
- Otra posible línea de trabajo la centraría en el uso de los lotes de vermicompost de elevada conductividad eléctrica, como enmienda orgánica al suelo, una vez que la plántula esté lista para el trasplante. Esto podría probarse en diferentes cultivos con distinta tolerancia a la salinidad, evaluando tanto parámetros morfológicos como de producción.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

**Abad, M., 1991.** Los sustratos hortícolas y las técnicas de cultivo sin suelo. La Horticultura Española en la C.E. Ediciones de Horticultura S.L. Reus.

**Abad, M., 1992.** Los sustratos hortícolas: Características y manejo. Actas II Congreso Nacional de Fertirrigación. Almería.

**Abad, M., 1993.** Cultivo sin suelo. Curso superior de especialización. De instituto de estudios Almerienses y F.I.A.P.A. Almería

**Acevedo, I. y Pire, R. 2004.** Efectos del lombricompost como enmienda de un sustrato para el crecimiento del lechoso (*Carica papaya L.*). Interciencia 29 (5): 274-279.

**Ansorena Miner, J. 1994.** Sustratos. Propiedades y caracterización. Ed. Mundi-Prensa, Madrid.

**Arancon, N., Byrne, R., Keeney, G., Oliver, T., Edwards C. and Yardim, E. 2007.** Suppression of two-sapotted spider mite (*Tetranychus urticae*), mealy bug (*Pseudococcus sp*) and aphid (*Myzus persicae*) populations and damage by vermicompost. Crop protection. 26(1): 29-39.

**Atiyeh, R.M., Edwards, C.A., Subler, S., Metzger, J.D. 2000.** Earthworm processed organic wastes as components of horticultural potting media for growing marigolds and vegetable seedlings. Compost. Sci. Util. 8:215-233.

**Benítez, E., Melgar, R. y Nogales, R. 2004.** Estimating soil resilience to toxic waste by measuring enzyme activities. Soil Biol. Biochem., 36: 1615-1623.

**Bernardo, A., 2018.** Crecimiento de plántulas de tomate tratadas con humato de vermicompost. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Volumen especial número 20.

**Betancourt, D. 2002.** Efecto de diferentes sustratos sobre emergencia y desarrollo de plantas de lechosa (*Carica papaya L.*) en condiciones de vivero. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Mención Fitotecnia. UCV. 94p.

**Burés, S., 1997.** Sustratos. Ed: Agrotécnicas S.L., Madrid.

**Cajamar. 2016.** Residuos vegetales procedentes de los invernaderos de Almería. Fichas de transferencia. Número de ficha 17: 9.

**Carmona Chiara, E, Abad Berjón, M., 2008.** Aplicación del compost en viveros y semilleros. En: Compostaje. Ed: Mundi-Prensa. 397-424.

**Castillo, J.E., Herrera, F., López-Bellido, R.J., López-Bellido, F.J., Lopez-Bellido, L. and Fernández E.J. 2004.** Municipal solid waste (MSW) compost as a tomato transplant medium. Compost Science & Utilization 12: 86-92.

**Cerdá García, C., Camacho Ferre, F., 2005.** Las estructuras de crianza de planta en los semilleros hortícolas. "El fin justifica los medios". En: "Dirección Técnica de Semilleros Hortícolas. Curso Superior de Especialización". Ed: Fundación para la Investigación Agraria en la Provincia de Almería. 51-72.

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*

**Chong C. 2005.** Experiences with waste and compost in nursery substrates. Hort technology 15(4), pp 739-747.

**Consejería de Agricultura y Pesca. 2015.** Avance de superficies y producciones. Junta de Andalucía.

**Contreras, J., I. Acevedo y A. Escalona. 2008.** Efecto del vermicompost sobre el crecimiento de plántulas de café (*Coffea arabica*). Revista UNELLEZ de Ciencia y Tecnología. 26:14-21.

**Cuartero, J. and Fernández-Muñoz, R. 1999.** Tomato and salinity. Scientia Horticulture 78: 83-125.

**De Kreij, C. Basar, H.; 1995.** Effect of humic substances in nutrient film technique on nutrient uptake. J. Plant Nutr. 18 (4): 793-802.

**De la Torre, F., 1999.** Los semilleros hortícolas. Caja Rural de Almería.

**De la Torre, F., 2003.** Los semilleros hortícolas. En: "Técnicas de producción en cultivos protegidos", Camacho, F. coordinador. Ed: Caja Rural Intermediterránea, Cajamar: 457-479.

**Domínguez, J. 1996.** Estudio y comparación de los procesos de compostaje y vermicompostaje. Aplicación práctica al tratamiento de purines de cerdo. Tesis Doctoral de la Universidad de Vigo. España.

**Domínguez, J. 2004.** State of the art and new perspectives on vermicomposting research. En: Earthworm Ecology. Second edition. Edwards, C.A. (Eds.). CRC Press. Boca Ratón, FL. Pp: 401-425.

**Domínguez, J. y Edwards, C. A. 1997.** Effects of stocking rate and moisture content on the growth and maturation of *Eisenia andrei* (Oligochaeta) in pig manure. Soil Biol. Biochem., 29: 743-746.

**Dominguez, J., Aira, M., Gómez-Brandon, M. 2010.** Vermicomposting: earthworms enhance the work of microbes, En: Insam, H., Franke-Whittle, I., Goberna, M. (Eds.). Microbes at Work. Springer, Berlin, pp.93-114.

**Domínguez, J., Velando, A., Aira, M. y Monroy, F. 2003.** Uniparental reproduction of *Eisenia fetida* and *E. Andrei* (Oligochaeta: Lumbricidae): Evidence of selfinsemination. Pedobiol, 47: 530-534.

**Drake, H.L., Schramm, A. y Horn, M. 2006.** Earthworm gut microbial biomes: their importance to soil microorganisms, denitrification, and the terrestrial production of the greenhouse gas N<sub>2</sub>O. En: Intestinal Microorganisms of Termites and other Invertebrates. König, H., Varma, A. (Eds.). Springer Verlag. New York. USA. Pp.: 6587.

**Edwards, C. A. 1988.** Breackdown of animal, vegetable and industrial organic wastes by earthworms. In: Edwards, C. A. Neuhauser, E.F. (Eds.). Earthworms in waste and environment management. SPB Academic Publishing BV, The Hague, Netherland. Pp.: 21-31.

**Edwards, C. A. y Bohlen, P. J. 1996.** Biology and Ecology of Earthworms. Chapman and Hill, London. UK.

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*

- Edwards, C.A.(Ed)., 1998.** Earthworm Ecology.CRC Press, Boca Raton, pp. 389.
- Edwards, C.A., Arancon, N.Q. 2004.**The use of earthworms in the breakdown of organic wastes to produce vermicomposts and animal feed protein. In: Edwards, C.A. (Ed.), Earthworm Ecology.CRC Press, Boca Raton, pp.345-438.
- Edwards, C.A., Burrows, I.1988.** The potential of earthworm composts as plant growth media. In: Edwards, C.A., Neuhauser, S.PB. (Eds.), Earthworms in Environmental and Waste Management. Academic Publication B.V., The Nertherlands, pp. 211-220.
- Edwards, C.A., Fletcher, K.E., 1988.** Interactions between earthworms and microorganisms in organic-matter break-down. Agric. Ecos. Environ., 24: pp. 235-247.
- Edwards, C.A., Subler, S., Arancon, N. 2011.** Quality Criteria for Vermicomposts. En: Edwards, C.A., Arancon, N.Q., Sherman, R. (Eds.). Vermiculture Technology. CRC Press, Boca Raton, Fla, USA, pp 287-302.
- Edwards, C.A.,1998.** The use of earthworm in the breakdown and management og organic waste. In: Earthworm Ecology.ACA Press LLC, Boca Ratón, FL, pp.327-354.
- Favaretto, N., Picinatto, A. G., Deschamps, C. 1998.** Efeito do lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), utilizando cuatro tipos de sustratos diferentes en condiciones semicontroladas. Rev. Unell. Cien. Tec. 12(1): 88.
- Fernández Doménech, F., 2005.** Control de clima en semillero. Dirección Técnica de Semilleros Hortícolas. Curso Superior de Especialización. Fundación para la Investigación Agraria en la Provincia de Almería: 73-90.
- García, C., G. Alcántara, R. Cabrera, F. Gai y V. Volke. 2001.** Evaluación de sustratos para la producción de *Epipremnum aureum* y *Spathiphyllum wallisii* cultivada en macetas. Terra 19(3):249-258.
- Garg, V.K., Gupta, R., Yadav, A. 2008.** Potential of vermicomposting technology in solid waste management. En: Pandey, A., Soccol, C.R., Larroche, C. (Eds.). Current Developments in Solid-state Fermentation, Springer, New York, pp. 468-511.
- Gázquez, S.L. 1996.** II Jornadas sobre semillas y semilleros hortícolas. Dirección General de la Producción Agraria 35/96. Congresos y Jornadas. Almería.
- Gusi García, J., 2005.** Mecanización, automatización y robotización de semilleros. Dirección Técnica de Semilleros Hortícolas. Curso Superior de Especialización. Fundación para la Investigación Agraria en la Provincia de Almería: 189-2007.
- Hernández, J. 2003.** Evaluación de mezclas de sustrato en semillero de bandejas sobre el pimentón (*Capsicum annum*). var. Júpiter. Trabajo de grado para el título de Ingeniero Agrónomo. Estado Lara. Ven. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Facultad de Agronomía. Cabudare. Venezuela.
- Hidalgo, P. R. and R. L. Harkess. 2002.** Earthworm casting as a substrate for poinsettia production. Hort Science. 37(2):304-308.
- Jiménez, F., 2009.** Compost de champiñonera y vermicompost comok sustrato para el desarrollo de plántulas de pimentón. Trabajo de pre-grado. Agronomía Trop. 60(1): 85-90.

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*

**López-Aparicio, D., 2005.** Estructuración y dinámica de un semillero hortícola. En: Dirección Técnica de Semilleros Hortícolas. Curso Superior de Especialización. Ed: Fundación para la Investigación Agraria en la Provincia de Almería: 9-24.

**Martínez, F., Calero, B.J., Nogales, R., Rovesti, L., 2003.** Lombricultura. Manual práctico. Unidad de producciones gráficas MINREX, La Habana.

**Martínez, F., Calero, B., Nogales, R. y Rovesti, L. 2003.** Lombricultura. Manual práctico. Unidad de producciones gráficas MINREX, Cuba.

**Martínez, F. 2006.** Gestión y tratamiento de residuos agrícolas.

**Melgar, R., 2003.** Posibilidades de valorización agrícola de subproductos generados por la agroindustria del olivar. Tesis doctoral de la universidad de Granada.

**Nogales, R. y Benítez, E. 2006.** Absorption of zinc and lead to *Dittrichia viscosa* grown in a contaminated soil amended with olive-derived wastes. Bull. Environ. Contam. Toxicol, 76: 538-544.

**Paul, L. and Metzger J. 2005.** Impact of vermicompost on vegetable transplant quality. HortScience. 40(7) 2020-2023.

**Parra, S., 2004.** Análisis económico de la valoración de residuos agrícolas orgánicos. Tesis doctoral. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Almería. 206 pp.

**Parthasarathi, K., Ranganathan, L.S., 1999.** Longevity of microbial and enzyme activity and their influence on NPK content in pressmud vermicast. Eur. J. Soil Biol. 35, 107-133.

**Pire, R y Acevedo, I. 2004.** Efectos del lombricompost como enmienda del sustrato sobre la nutrición de la papaya (*Carica papaya L.*). Proc. Inteamer. Soc. Trop. Hort. 48: 97-100.

**Raviv, M., Chen, Y., Invar, Y. 1986.** Peat and peat substitutes as growth media for container grown plant. The role of organic matter in modern agriculture. Martinus Nijhoff Publisher. Dordrecht (The Netherlands). Pp. 257-287.

**Red Española de compostaje., 2014.** Vermicompostaje: procesos, productos y aplicaciones III.5.

**Romero, E., Salido, A., Cifuentes, C., Fernández, J. D. y Nogales, R. 2006.** Effect of vermicomposting process on pesticides sorption capability using agroindustrial wastes. Intern. J. Environ. Anal. Chem. 86:289-297.

**Singh, R., Sharma, R.R., Kumar, S., Gupta, R.K., Patil, R.T. 2008.** Vermicompost substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa Duch*). Bioresour. Technol.

**Sinha, J., Biswas, C.K., Ghosh, A., Saha, A., 2010.** Efficacy of vermicompost against fertilizers on Cicer and Pisum and on population diversity of N<sub>2</sub> fixing bacteria. Journal of Environmental Biology 31. 287-292.

**Tijeras Ramírez, J.I., 2005.** Siembra, germinación y crianza de plántulas hortícolas. Dirección Técnica de Semilleros Hortícolas. Curso Superior de Especialización. Fundación para la Investigación Agraria en la Provincia de Almería: 167-187.

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*

**Vethencourt, A. 1999.** Evaluación de sustratos para la germinación de semillas de hortalizas; caso: Tomate (*Lycopersicum esculentum* L).

***Páginas webs consultadas:***

<https://www.cajamar.es/es/agroalimentario/innovacion/publicaciones/>

<http://www.semillasfito.com/es/index.htm>

*Ensayo de vermicompost en semillero con cultivo de pimiento  
(Capsicum annum) "tipo lamuyo"*

La base de los sustratos utilizados en semilleros hortícolas es la turba debido a sus excelentes propiedades químicas, físicas y biológicas. La alta demanda de este recurso se traduce en su agotamiento y degradación del ecosistema. El uso del vermicompost como sustituto o complemento a la turba en los semilleros podría ser una excelente solución.

Existen numerosos estudios en los que se emplea el uso del vermicompost como sustituto de la turba en semilleros y en los que se han obtenido en la mayoría de los casos efectos positivos sobre las plántulas. En estos resultados no se fija una proporción ideal a utilizar.

En el presente trabajo se pretende evaluar el comportamiento del vermicompost en plántulas de pimiento "tipo lamuyo".

Los resultados obtenidos demuestran que el uso del vermicompost a una proporción del 10% causa algunos efectos positivos sobre las plántulas, aunque se desaconseja el uso de este debido a que los efectos adversos pueden ser mayores que los beneficiosos.

*Palabras clave: vermicompost, pimiento y semillero.*