



**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**CAMPUS MONTECILLO**

**POSTGRADO DE EDAFOLOGÍA**

**EFLUENTE Y TÉ DE VERMICOMPOST EN LA  
PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS DE HOJA EN  
SISTEMA NFT.**

**KARLA DANIELA GONZÁLEZ SOLANO**

**T E S I S**  
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRA EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO**

**AGOSTO DE 2013.**

La presente tesis titulada: **Efluente y té de vermicompost en la producción de hortalizas de hoja en sistema NFT**, realizada por la alumna: **Karla Daniela González Solano** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRA EN CIENCIAS**

EDAFOLOGÍA

**CONSEJO PARTICULAR**

CONSEJERA

  
DRA. MA. DE LAS NIEVES RODRIGUEZ MENDOZA

ASESOR

  
DR. JULIO SÁNCHEZ ESCUDERO

ASESOR

  
DRA. LIBIA IRIS TREJO-TÉLLEZ

ASESOR

  
DR. JOSÉ LUIS GARCÍA CUE

Montecillo, Texcoco, Estado de México, agosto de 2013.

# **EFLUENTE Y TÉ DE VERMICOMPOST EN LA PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS DE HOJA EN SISTEMA NFT.**

## **RESUMEN**

Karla Daniela González Solano, M. C.

El objetivo de la presente investigación fue determinar la calidad nutrimental del efluente y té de vermicompost en la producción de hortalizas de hoja producidas bajo un sistema NFT (Nutrient Film Technique). Para cumplir el objetivo se llevaron a cabo cinco investigaciones donde se incluye desde identificar el origen del vermicompost, las características químicas ideales para obtener un té de vermicompost hasta su evaluación nutrimental en hortalizas y aromáticas. Los resultados obtenidos muestran que el origen del vermicompost influyó sobre el pH y CE, el lavado previo del vermicompost disminuyó la CE aunque no modificó el valor de pH; a mayor relación vermicompost:agua se incrementó pH la CE y contenido nutrimental, la misma tendencia se observó para el tiempo de incubación. Se comprobó que el origen del vermicompost muestra alta correlación con las propiedades químicas determinadas en el té. En la etapa de invernadero donde se midió la calidad del efluente y té de vermicompost en la producción de hortalizas de hoja en sistema NFT se encontró que el té de vermicompost favoreció el desarrollo de albahaca, cilantro y lechuga más que el efluente. Para verificar la respuesta de las plantas al efluente se diseñó un nuevo experimento en donde se evaluaron diferentes concentraciones del efluente y se calcularon diferentes índices de crecimiento de los cultivos; los resultados muestran que la CE de 1.0 a 1.5 dS m<sup>-1</sup> en efluentes es apta para producción de hortalizas de hoja. En otra etapa de la investigación se midió la actividad antioxidante en albahaca y lechuga en función de la nutrición encontrando que el empleo del té de vermicompost incrementó la actividad antioxidante en ambos cultivos y que las diferencias encontradas esta influenciada por la especie. El té de vermicompost representa una alternativa como fuente nutrimental para la producción de albahaca, cilantro y lechuga en sistemas hidropónicos.

**Palabras clave:** extractos orgánicos, nutrientes, producción orgánica, antioxidantes, índices de crecimiento.

# VERMICOMPOST EFFLUENT AND TEA IN THE PRODUCTION OF LEAFY VEGETABLES IN AN NFT SYSTEM

## ABSTRACT

Karla Daniela González Solano, M. C.

The aim of this research was to determine the nutritional quality of vermicompost effluent and tea in leafy vegetables grown under a NFT (Nutrient Film Technique) system. Therefore, five individual research tasks, ranging from identifying the source of the vermicompost and the ideal chemical characteristics for obtaining a vermicompost tea, to nutrient assessment in vegetables and aromatic plants, were conducted. The results show that the origin of the vermicompost had an impact on the pH and EC, and that the previous washing of the vermicompost decreased the EC but did not change the pH value. In addition, the higher the vermicompost:water ratio, the greater the pH, EC and nutrient content; the same trend was observed for incubation time. It was found that the vermicompost source shows high correlation with certain chemical properties in the tea. In the greenhouse stage where the quality of the vermicompost effluent and tea in the production of leafy vegetables in the NFT system was measured, it was found that the vermicompost tea favored the development of basil, coriander and lettuce more than the effluent. To verify the response of the plants to the effluent, a new experiment was designed in which different effluent concentrations were evaluated and different growth rates in the crops were calculated. The results show that EC from 1.0 to 1.5 dS m<sup>-1</sup> in effluents is suitable for leafy vegetable production. In another phase of the research, antioxidant activity in basil and lettuce was measured based on nutrition, finding that the use of vermicompost tea increased antioxidant activity in both crops and that the differences found are influenced by the species. It can thus be concluded that vermicompost tea represents an alternative nutrient source for the production of basil, coriander and lettuce in hydroponic systems.

**Keywords:** organic extracts nutrients, organic production, antioxidants, growth rates.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico otorgado para la realización de mis estudios.

Al Colegio de Postgraduados por permitirme ser un miembro más de su comunidad estudiantil.

A la Línea Prioritaria de Investigación LPI-4 Agronegocios, Agroecoturismo y Arquitectura del Paisaje del Colegio de Postgraduados por el financiamiento dado para la realización de la presente investigación.

A la Dra. María de las Nieves Rodríguez Mendoza a quien agradezco su apoyo, confianza y total disposición para dirigir la presente investigación y por motivarme a lograr mis metas.

Al Dr. Julio Sánchez Escudero por su amistad, apoyo y material brindado para la realización del trabajo de campo.

A la Dra. Libia Iris Trejo Téllez por sus contribuciones y acertadas observaciones en la realización de este trabajo.

Al Dr. José Luis García Cue por su paciencia y tiempo brindado durante el desarrollo de esta investigación en la que colaboró arduamente.

A todos los profesores, amigos, personal de campo y laboratorio que de alguna manera contribuyeron en la culminación de la presente investigación.

## **DEDICATORIAS**

### **A mis padres: Cira Solano y Carlos González**

Por ser el motor que me impulsa a seguirme desarrollando profesional y personalmente, por todas las enseñanzas en los momentos más difíciles de nuestras vidas, por ser ejemplo de superación, tenacidad y valor para enfrentar cualquier obstáculo.

### **A Mis Hermanos: Magui, July, Carlos y Rocío**

Mis compañeros de vida, con los que compartí alegrías y adversidades y con los que siempre compartiré un fuerte lazo de fraternidad.

### **A mi Esposo: José Cruz Romero**

Por formar parte de mi vida, por su apoyo incondicional en todos los aspectos de mi vida y porque ahora compartimos objetivos para el cumplimiento de metas comunes.

### **A mi cuñado Román y a mis sobrinos Alejandra, Manuel y Gustavo**

Por las grandes enseñanzas y por la demostración de su afecto a través de invaluables acciones.

## CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....</b>	<b>1</b>
1.1. Justificación.....	1
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>2</b>
2.1. Objetivo general.....	2
2.1.1. Objetivos particulares.....	2
<b>3. HIPÓTESIS.....</b>	<b>3</b>
3.1. Hipótesis general.....	3
3.1.1. Hipótesis particulares.....	3
<b>4. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
4.1. Humus de lombriz o vermicompost.....	3
4.1.1. Especificaciones microbiológicas.....	5
4.2. Efluente de vermicompost.....	6
4.2.1. Contenidos nutrimentales.....	6
4.2.2. Forma de obtención.....	7
4.3. Té de vermicompost.....	8
4.3.1. Contenidos nutrimentales.....	8
4.3.2. Métodos de producción.....	9
4.4. Producción orgánica de hortalizas.....	10
4.4.1. Producción orgánica por estado.....	12
4.5. Sistema NFT.....	14
4.5.1. Componentes de la técnica NFT.....	15
4.5.2. Requerimientos del sistema NFT.....	16
4.5.3. Ventajas y desventajas del sistema NFT.....	17
4.6. Alimentos funcionales (antioxidantes).....	17
4.7. Investigaciones realizadas con la utilización de efluentes y té de vermicompost.....	19
<b>5. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>22</b>

<b>CAPÍTULO I. PARÁMETROS QUÍMICOS QUE DEFINEN LA CALIDAD DE UN TÉ DE VERMICOMPOST.....</b>	<b>31</b>
Resumen.....	31
Abstract.....	31
1.1. Introducción.....	32
1.2. Materiales y métodos.....	33
1.3. Resultados y discusión.....	34
1.4. Conclusiones.....	39
1.5. Literatura citada.....	40
<b>CAPÍTULO II. PROPIEDADES QUÍMICAS DE TÉS DE VERMICOMPOST.....</b>	<b>42</b>
Resumen.....	42
Abstract.....	43
2.1. Introducción.....	43
2.2. Materiales y métodos.....	44
2.3. Resultados y discusión.....	46
2.4. Conclusiones.....	57
2.5. Literatura citada.....	57
<b>CAPÍTULO III. EFLUENTE Y TÉ DE VERMICOMPOST EN LA PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS DE HOJA EN SISTEMA NFT.....</b>	<b>61</b>
Resumen.....	61
Abstract.....	62
3.1. Introducción.....	62
3.2. Materiales y métodos.....	64
3.3. Resultados y discusión.....	69
3.4. Conclusiones.....	84
3.5. Literatura citada.....	84

<b>CAPÍTULO IV. ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y ABSORCIÓN NUTRIMENTAL EN ALBAHACA Y LECHUGA PRODUCIDAS CON SOLUCIONES NUTRITIVAS ORGÁNICAS. ....</b>	<b>89</b>
Resumen.....	89
Abstract.....	90
4.1.Introducción.....	90
4.2. Materiales y métodos.....	92
4.3.Resultados y discusión.....	95
4.4.Conclusiones.....	103
4.5. Literatura citada.....	104
<b>CAPÍTULO V. EFLUENTES DE VERMICOMPOST EN LA PRODUCCIÓN DE ALBAHACA, CILANTRO Y LECHUGA EN SISTEMA NFT.....</b>	<b>109</b>
Resumen.....	109
Abstract.....	110
5.1. Introducción.....	110
5.2. Materiales y métodos.....	112
5.3. Resultados y discusión.....	115
5.4. Conclusiones.....	125
5.5. Literatura citada.....	126
<b>CONCLUSIONES GENERALES.....</b>	<b>130</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>132</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

### INTRODUCCIÓN GENERAL

Cuadro 1. Límites máximos permisibles para especificaciones microbiológicas.....	6
Cuadro 2. Concentración de nutrientes en efluentes de vermicompost.....	7
Cuadro 3. Concentración de nutrientes en té de compost y vermicompost.....	9
Cuadro 4. México. Importancia económica de la agricultura orgánica, 1996-2004/05....	11

### CAPÍTULO I

Cuadro 1. Factores y niveles de estudio evaluados en la extracción de té.....	34
Cuadro 2. Análisis de varianza del efecto de lavado, origen del material, su relación con el agua para la extracción y el tiempo de incubación, sobre la conductividad eléctrica y pH de los té resultantes.....	35

### CAPÍTULO II

Cuadro 1. Factores y niveles de estudio evaluados en la extracción de té.....	45
Cuadro 2. Efecto del origen del material, su relación con el agua para la extracción y el tiempo de incubación, sobre la conductividad eléctrica, pH y concentración de macronutrientes de los té resultantes.....	47
Cuadro 3. Efecto del origen del material, su relación con el agua para la extracción y el tiempo de incubación sobre la concentración de micronutrientes de los té resultantes.....	48
Cuadro 4. Concentración de macronutrientes de los té en función del origen del vermicompost.....	50
Cuadro 5. Concentración de micronutrientes de los té en función del origen del vermicompost.....	51
Cuadro 6. Concentración de macronutrientes de los té en función de la relación vermicompost: agua.....	53
Cuadro 7. Concentración de macronutrientes de los té en función del tiempo de incubación.....	56
Cuadro 8. Concentración de micronutrientes de los té en función del tiempo de incubación.....	56

### **CAPÍTULO III**

Cuadro 1. Análisis nutrimental de las soluciones nutritivas empleadas.....	<b>66</b>
Cuadro 2. Fórmulas para el cálculo de los índices de crecimiento.....	<b>68</b>
Cuadro 3. Efecto de las fuentes de variación sobre aspectos agronómicos e índices de crecimiento de las especies vegetales.....	<b>69</b>
Cuadro 4. Parámetros agronómicos evaluados en albahaca a la cosecha.....	<b>70</b>
Cuadro 5. Parámetros agronómicos evaluados en cilantro a la cosecha.....	<b>74</b>
Cuadro 6. Parámetros agronómicos evaluados en lechuga a la cosecha.....	<b>77</b>
Cuadro 7. Índices de crecimiento de plantas de albahaca.....	<b>82</b>
Cuadro 8. Índices de crecimiento de plantas de cilantro.....	<b>83</b>
Cuadro 9. Índices de crecimiento de plantas de lechuga.....	<b>83</b>

### **CAPÍTULO IV**

Cuadro 1. Significancia estadística del efecto de la solución nutritiva sobre la actividad antioxidante y concentración de nutrimentos en albahaca y lechuga.....	<b>95</b>
Cuadro 2. Concentración de C, Mg y S en plantas de albahaca y lechuga.....	<b>102</b>
Cuadro 3. Concentración de micronutrimentos en plantas de albahaca y lechuga.....	<b>103</b>

### **CAPÍTULO V**

Cuadro 1. Análisis nutrimental del efluente de vermicompost evaluado como solución nutritiva. ....	<b>113</b>
Cuadro 2. Efecto de la solución nutritiva sobre aspectos agronómicos e índices de crecimiento de las especies vegetales. ....	<b>115</b>
Cuadro 3. Parámetros agronómicos evaluados en plantas de albahaca sometidas a diferentes CE de efluentes. ....	<b>116</b>
Cuadro 4. Parámetros agronómicos evaluados en el cultivo de cilantro.....	<b>118</b>
Cuadro 5. Parámetros agronómicos evaluados en el cultivo de lechuga.....	<b>120</b>
Cuadro 6. Índices de crecimiento de plantas de albahaca. ....	<b>123</b>
Cuadro 7. Índices de crecimiento de plantas de cilantro. ....	<b>124</b>
Cuadro 8. Índices de crecimiento de plantas de lechuga. ....	<b>125</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

### INTRODUCCIÓN GENERAL

Figura 1. Valor y volumen de producción de cultivos orgánicos en México (SIAP-Financiera Rural, 2010). .....	12
Figura 2. Participación en la superficie sembrada por cultivo (SIAP-Financiera Rural, 2010). .....	13
Figura 3. Superficie de los principales cultivos orgánicos, 2008 (SIAP-Financiera Rural, 2010). .....	14

### CAPÍTULO I

Figura 1. Efectos simples de factores de estudio sobre valores de conductividad eléctrica en los téis de vermicompost. ....	36
Figura 2. Efectos simples de factores de estudio sobre valores de pH en los téis de vermicompost.....	38

### CAPÍTULO II

Figura 1. Efecto del origen del vermicompost en la CE de los téis. ....	49
Figura 2. CE de extractos en función de las proporciones del vermicompost y agua.....	52
Figura 3. Concentración de nitrógeno total, $\text{NH}_4^+$ y $\text{NO}_3^-$ en función del tiempo de incubación. ....	55

### CAPÍTULO III

Figura 1. Efecto de la solución nutritiva en el peso seco de órganos de las plantas de albahaca. ....	72
Figura 2. Efecto de la solución nutritiva en la biomasa total de las plantas de albahaca....	73
Figura 3. Área foliar de las plantas de cilantro en función de la solución nutritiva.....	75
Figura 4. Efecto de la solución nutritiva en el peso seco de órganos de las plantas de cilantro. ....	76
Figura 5. Efecto de la solución nutritiva en la biomasa total de las plantas de cilantro.....	76
Figura 6. Efecto de la solución nutritiva en el peso seco de órganos de las plantas de lechuga. ....	78
Figura 7. Efecto de la solución nutritiva en la biomasa total de las plantas de lechuga.....	79

## **CAPÍTULO IV**

Figura 1. Actividad antioxidante en albahaca y lechuga función de la solución nutritiva...	<b>97</b>
Figura 2. Concentración de NPK en albahaca (a) y lechuga (b) en función de la solución nutritiva.....	<b>101</b>

## **CAPÍTULO V**

Figura 1. Efecto de la CE del efluente en el área foliar de las plantas de albahaca.....	<b>117</b>
Figura 2. Efecto de la CE del efluente en la biomasa seca de las plantas de albahaca.....	<b>117</b>
Figura 3. Efecto de la CE del efluente en la biomasa seca de las plantas de cilantro.....	<b>119</b>
Figura 4. Efecto de la CE del efluente en el área foliar de las plantas de lechuga.....	<b>121</b>
Figura 5. Efecto de la CE del efluente en la biomasa seca de las plantas de lechuga.....	<b>121</b>

# 1. INTRODUCCIÓN GENERAL

## 1.1. Justificación

Debido a los efectos contaminantes del uso indiscriminado de fertilizantes y a la creciente preocupación mundial por el cuidado del ambiente y la obtención de alimentos nutritivos, inocuos y sanos, se ha extendido a escala mundial la producción orgánica de hortalizas. Asimismo como consecuencia de los recientes acontecimientos sobre enfermedades transmitidas por alimentos (ETA'S), en México los grandes productores se van inclinando hacia este tipo de sistemas de producción porque les permiten obtener mayores ganancias debido al incremento del precio de los productos orgánicos. La propuesta alternativa de producción considera el diseño de sistemas de producción económica, social y ecológicamente aceptables que permiten la obtención en pequeñas superficies de alimentos en cantidad suficiente y con aseguramiento de estándares de calidad para consumo, accesibles para toda la población, además que contribuyan al cuidado del medio ambiente mediante el uso de técnicas de producción limpias con poco o nulo uso de fertilizantes e incorporando enmiendas orgánicas.

Al respecto, una opción es la utilización de los abonos orgánicos, especialmente el humus de lombriz o vermicompost, ya que constituye, por su contenido nutrimental y presencia de microorganismos benéficos, un auténtico fertilizante biológico para ser utilizado en cualquier sistema de producción. Sin embargo, el uso de estas enmiendas suponen un punto crítico, ya que en la alimentación de las lombrices se utilizan estiércoles de ganado bovino, los cuales se consideran como posibles fuentes de contaminación de *Escherichia coli* O157:H7 y *Salmonella*, causantes de enfermedades infecciosas al hombre. Por lo tanto, con el fin de asegurar la inocuidad del abono orgánico a utilizar, el proceso de preparación del alimento de

la lombriz, supone el desarrollo de un perfil térmico letal capaz de destruir los posibles grupos patógenos.

Del vermicompostaje se obtiene la parte sólida, que es el humus propiamente dicho y la parte líquida que es el efluente o lixiviado que se recolecta a lo largo del proceso. En los últimos años se han venido evaluando estos lixiviados así como los extractos acuosos de compost y vermicompost, comúnmente denominados como té, subproductos del proceso antes mencionado. Ambos se han utilizado en la producción de plantas con buenos resultados, sin embargo, existe poca evidencia de su impacto en la nutrición ya que su evaluación se ha centrado en su efecto contra plagas y enfermedades, sobre todo del té, de tal forma que surge el interés de evaluar estas soluciones para determinar cuál de las dos fuentes orgánicas cubre las necesidades nutrimentales de los cultivos de albahaca, cilantro y lechuga. Para determinar lo anterior, el presente documento se divide en cinco etapas, cada una de las cuales cumple un objetivo específico.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Determinar la calidad nutrimental de efluente y té de vermicompost en la producción de hortalizas de hoja producidas bajo el sistema NFT.

#### **2.1.1. Objetivos particulares**

1. Evaluar diferentes fuentes de vermicompost y técnicas de producción de té para obtener un material útil como fuente nutrimental.
2. Determinar la eficiencia nutrimental del efluente y té de vermicompost comparada con una solución inorgánica en tres especies vegetales bajo un sistema hidropónico NFT.

3. Evaluar la actividad antioxidante y absorción nutrimental de albahaca y lechuga producidas con dos fuentes orgánicas (efluente y té de vermicompost) y una mineral en sistema NFT.

### **3. HIPÓTESIS**

#### **3.1 Hipótesis general**

El té de vermicompost a diferencia de los efluentes es una fuente suficiente de nutrimentos para la producción de hortalizas de hoja en sistema NFT.

##### **3.1.1. Hipótesis particulares**

1. El origen, el prelavado del vermicompost, las relaciones de éste con el agua, así como el tiempo de incubación influyen en la CE, pH y la calidad nutrimental del té.
2. El té de vermicompost a diferencia del efluente de vermicompost es una fuente suficiente de nutrimentos para la producción de albahaca, cilantro y lechuga en sistema NFT.
3. La aplicación de soluciones nutritivas orgánicas incrementa la actividad antioxidante y la absorción de nutrientes en albahaca y lechuga.

### **4. REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **4.1. Humus de lombriz o vermicompost**

La problemática que se presenta por la generación de los residuos orgánicos es una constante de esta época dado que las acciones de reciclamiento y reducción son procesos físicos y químicos que resultan costosos. El empleo de técnicas de vermicompostaje es una alternativa que reduce costos de producción y descontamina al ambiente (Del Águila *et al.*, 2011); adicionalmente produce un material estabilizado y maduro orgánico, rico en sustancias

húmicas, que puede cambiar algunas propiedades en la solución del suelo (Campitelli y Ceppi, 2008).

El vermicompost es producto de la degradación de la materia orgánica a través de interacciones entre las lombrices de tierra y microorganismos que habitan su tracto intestinal. Tiene alta porosidad, aireación, drenaje, capacidad de retención de agua y por lo general contiene la mayoría de los nutrientes, tales como nitrato, fosfato, calcio intercambiable y potasio soluble (Atiyeh *et al.*, 2002; Arancon *et al.*, 2004), lo que ha permitido que el humus de lombriz incorporado en el suelo y sustratos para macetas favorezca mayor crecimiento de las plantas (Atiyeh *et al.*, 2000; 2001), por lo que se ha promovido como una alternativa viable para ser usada en la horticultura (Bachman y Metzger, 2008). Además de contener nutrientes, el vermicompost es un fertilizante orgánico nutritivo, rico en microorganismos benéficos del suelo, bacterias fijadoras de nitrógeno, bacterias solubilizadoras de fosfato, actinomicetos y hormonas de crecimiento, auxinas, citoquininas, giberelinas, entre otros (Adhikary, 2012; Kenyangi y Blok, 2012).

Experimentos en invernadero y laboratorio, han demostrado que los vermicompost contienen sustancias reguladoras de crecimiento como son hormonas y ácidos húmicos, que son probablemente los responsables, en gran parte, del incremento en la germinación, crecimiento y rendimiento de plantas en respuesta a su aplicación (Atiyeh *et al.*, 2002).

La combinación de ambas técnicas (compostaje y vermicompostaje) conduce a una mejor estabilización de los residuos orgánicos y son viables para su uso agroecológico sostenible, ya que mejora el costo económico para su producción además de su fácil operación y cuidado del medio ambiente (Nair *et al.*, 2006; Calderín *et al.*, 2013).

#### **4.1.1. Especificaciones microbiológicas**

Cada vez más, las expectativas de los consumidores están dirigidas a exigir el derecho a la protección de la seguridad, la salud y la información básica sobre los alimentos que el mercado pone a su alcance, por lo que la inocuidad se transforma en una necesidad. Al respecto, la inocuidad es uno de los cuatro grupos básicos de características que junto con las nutricionales, las organolépticas, y las comerciales componen la calidad de los alimentos. Asimismo, las enfermedades transmitidas por los alimentos (ETA'S) suponen una importante carga para la salud, ya que millones de personas enferman y mueren por consumir alimentos insalubres. La inocuidad de los alimentos engloba acciones encaminadas a garantizar la máxima seguridad posible de los alimentos. Las políticas y actividades que persiguen dicho fin abarcan toda la cadena alimenticia, desde la producción al consumo (OMS, 2011). A nivel internacional todas estas exigencias están comprendidas en lo establecido por el Codex Alimentarius, normas referidas a la producción, elaboración y circulación de alimentos, y cuyo objetivo es asegurar la inocuidad y calidad de los mismos, proteger la salud del consumidor y promover prácticas equitativas en el comercio internacional. Constituye el patrón de referencia que tienen los países respecto a las exigencias higiénico-sanitarias, bromatológicas y de comercialización de los productos alimentarios. El citado organismo fue creado por una Comisión Internacional en 1962, constituida por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) (CODEX ALIMENTARIUS, 2011).

Es por ello que el vermicompost debe cumplir con ciertas especificaciones microbiológicas establecidas en la Norma Oficial Mexicana de Producción de Humus de Lombriz, las cuales se presentan en el Cuadro 1.

**Cuadro 1. Límites máximos permisibles para especificaciones microbiológicas.**

<b>Microorganismo</b>	<b>Tolerancia</b>
<i>Escherichia coli</i>	≤ 1000 NMP por g en base seca
<i>Salmonella</i> spp	3 NMP en 4 g en base seca
Huevos de helmintos viables <sup>§</sup>	1 a 4 g en base seca
Hongos fitopatógenos <sup>§</sup>	Ausente

NMP = Número más probable

<sup>§</sup>Sólo será exigible a solicitud expresa de la autoridad competente.

Fuente: CTNNPAP, 2007.

## **4.2. Efluente de vermicompost**

Además del humus sólido, el lixiviado drenado durante el proceso de vermicompostaje es un notable promotor del crecimiento natural de la planta debido a sus características bioquímicas, que incluyen sustancias húmicas. Los lixiviados son un producto que aún no está totalmente estudiado (Gutiérrez-Miceli *et al.*, 2011; Basílio y Galba, 2012). De acuerdo con Ortega y Fernández (2007) es una suspensión alcalina que contiene ácidos húmicos y fúlvicos, lo que puede facilitar la adición de C al suelo a través del sistema de riego para aumentar la materia orgánica y los niveles de fertilidad del suelo.

### **4.2.1. Contenidos nutrimentales**

El lixiviado o efluente de vermicompost contiene grandes cantidades de ácidos húmicos y fúlvicos, los cuales mejoran el desarrollo de plantas y estimulan la absorción de nutrientes (Atiyeh *et al.*, 2002; Arancon *et al.*, 2005; Ortega y Fernández, 2007), su contenido microbiano protege contra enfermedades, por lo que es promotor y protector del crecimiento de las plantas (Adhikary, 2012; Quaik *et al.*, 2012), además contiene grandes cantidades de nutrientes para las plantas y puede ser utilizado como fertilizante líquido aunque normalmente

diluido para evitar daños a las plantas (Gutiérrez-Miceli *et al.*, 2008). Sus efectos sobre el suelo y la planta dependerán de la composición química de la materia orgánica original (Ortega y Fernández, 2007).

El Cuadro 2 muestra las principales características nutrimentales de lixiviados de vermicompost derivado de estiércol y residuos vegetales.

**Cuadro 2. Concentración de nutrientes en efluentes de vermicompost.**

Tipo de vermicompost	N	P	K	Ca	B
	----- mg L <sup>-1</sup> -----				
Estiércol de vaca	800	600	600	71	0.151
Residuos vegetales	700	400	500	94	0.182
Estiércol de vaca + Residuos vegetales	700	500	500	85	0.191

Fuente: Singh *et al.*, 2010.

#### 4.2.2. Forma de obtención

Los efluentes deben colectarse desde que se inicia el proceso de descomposición de los desechos orgánicos para evitar contaminar el suelo y agua con su dispersión. Sin embargo para que esos efluentes sean utilizados como fuente nutrimental, la colecta se hará una vez terminado el proceso de compostaje, asimismo, cuando la técnica que se esté manejando sea el vermicompostaje, la colecta se hará al término de éste (Sánchez *et al.*, 2008). El lixiviado se drena para evitar la saturación de humedad de la unidad de vermicompostaje, así como para reducir la atracción de plagas y para evitar problema de lixiviación que puede causar la contaminación, especialmente cuando el sitio está situado cerca de una fuente de agua subterránea (Quaik *et al.*, 2012).

### **4.3. Té de vermicompost**

El té de vermicompost es un extracto acuoso de alta calidad biológica que se consigue mezclando el vermicompost con agua durante un periodo determinado, ya sea con aireación o sin ella, con o sin aditivos, destinados a aumentar la densidad de la población microbiana durante la producción (Scheuerell y Mahaffee, 2002; NOSB, 2004).

Los extractos de compost y vermicompost son nuevas propuestas de uso de enmiendas orgánicas, aplicadas generalmente para suprimir propágulos de enfermedades presentes en el suelo, aunque recientemente por su eficacia comprobada, están ganando importancia como una alternativa a los fertilizantes químicos y pesticidas (Naidu *et al.*, 2010; Xu *et al.*, 2012). Contienen nutrientes y diversos organismos y se aplican ya sea como una poción o directamente a las plantas a promover el crecimiento de las plantas y suprimir enfermedades de las plantas. No obstante, estos efectos beneficiosos dependerán de la calidad de las fuentes de compost y el método de extracción (Scheuerell y Mahaffee, 2002). Por lo que extractos de mala calidad podrían inhibir la germinación de las semillas y el crecimiento de las plantas (Carballo *et al.*, 2009).

#### **4.3.1 Contenidos nutrimentales**

El contenido nutrimental de los tés está relacionado con el origen de los materiales utilizados para la producción del vermicompost (Ingham, 2005). Por ejemplo Ochoa-Martínez *et al.* (2009), obtuvieron concentraciones de N, P y K en un té de compost elaborado con estiércol bovino y paja, bajo el método de producción aireado de 219, 18.2 y 230 mg L<sup>-1</sup>, mientras que Pant *et al.* (2012) compararon las concentraciones nutrimentales de tés provenientes de diferentes tipos de vermicompost como se muestra en el Cuadro 3.

**Cuadro 3. Concentración de nutrientes en tés de compost y vermicompost.**

Tipo de material para la elaboración de los tés	N	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	P	K	Ca	Mg
	-----mg L <sup>-1</sup> -----						
Vermicompost de estiércol de pollo (años)	139.1	137.9	0.6	11.0	45.1	59.6	61.6
Compost de estiércol de pollo	293.0	289.2	3.3	14.8	1198.9	152.6	138.3
Vermicompost de residuos de alimentos	99.9	98.9	0.8	9.2	82.4	63.7	34.8
Vermicompost de estiércol de pollo (fresco)	40.1	39.6	0.3	17.5	20.6	38.7	33.3
Compost de residuos verdes	9.5	8.4	1.0	3.0	196.6	48.7	21.2

Fuente: Pant *et al.*, 2012

#### 4.3.2. Métodos de producción

La extracción de té de compost y vermicompost puede hacerse mediante dos métodos diferentes: no aireado y aireado (Ingham, 2005; Scheuerell y Mahaffee, 2002; Scheuerell, 2003). En el primero no se suministra oxígeno (Scheuerell, 2003), dando como resultado, condiciones anaeróbicas, lo cual limita el crecimiento de microorganismos (Kelley, 2004). En el método aireado la mezcla se airea deliberadamente lo que permite un gran número de organismos benéficos (Scheuerell, 2003; Ingham, 2005). Para ambos métodos de producción de té, puede o no ser añadidos aditivos para incrementar la población microbiana que por lo regular es alguna fuente de azúcares como melaza, piloncillo, entre otros (Ingham, 2005).

Dependiendo del método de producción será la calidad del producto final, así los factores que más influyen en la producción de té son: calidad del compost o vermicompost, relación compost agua, tiempo de preparación, incorporación de aditivos (Scheuerell y Mahaffee, 2002; Ingham, 2005). Algunas condiciones abióticas también influyen las características del té, como la temperatura, humedad y evaporación. Las altas temperaturas volatilizan nutrientes y a causa de la evaporación se concentran las sales, mientras que las temperaturas bajas frenan

el crecimiento de microorganismos, por lo que se recomienda instalar los equipos de extracción de té dentro de un invernadero o cobertizo (Ingham, 2005).

#### **4.4. Producción orgánica de hortalizas**

En la última década, la agricultura orgánica ha demostrado ser una de las opciones más prometedoras para el campo mexicano, es sustentable y conlleva a que los productores reciban mejor ingreso y logren mejores condiciones de vida. Además, este tipo de agricultura permite rescatar el conocimiento indígena y prácticas tradicionales. La agricultura orgánica es un sistema de producción alternativa que evita el uso de pesticidas sintéticos y los fertilizantes, y se basa en el control biológico de plagas, la rotación de cultivos y uso de abonos orgánicos para mejorar y mantener la fertilidad del suelo (Goh, 2011).

La tendencia actual de los consumidores de hortalizas frescas en el mundo, especialmente en países desarrollados, es hacia un consumo de productos sanos e inocuos, cultivados con técnicas no convencionales y sin la presencia de residuos de productos de síntesis químicas que puedan dañar su salud. Por tanto, además de las ventajas económicas y ambientales, la producción de hortalizas orgánicas representa una oportunidad de desarrollo tecnológico y comercial (Cabral, 2009). A diferencia de los otros sectores agropecuarios del país, el sector orgánico ha crecido en medio de la crisis económica. La superficie orgánica presenta un crecimiento anual superior al 33% a partir de 1996. Con base en datos del Centro de Investigaciones Económicas Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM) de la Universidad Autónoma Chapingo, obtenidos en el proyecto "Sistema de Seguimiento e Información de la Agricultura Orgánica en México", para 2004/05, se estimó una superficie orgánica de 308,000 ha, en la que participaban más de 83,000 productores (Cuadro 4).

**Cuadro 4. México. Importancia económica de la agricultura orgánica, 1996-2004/05.**

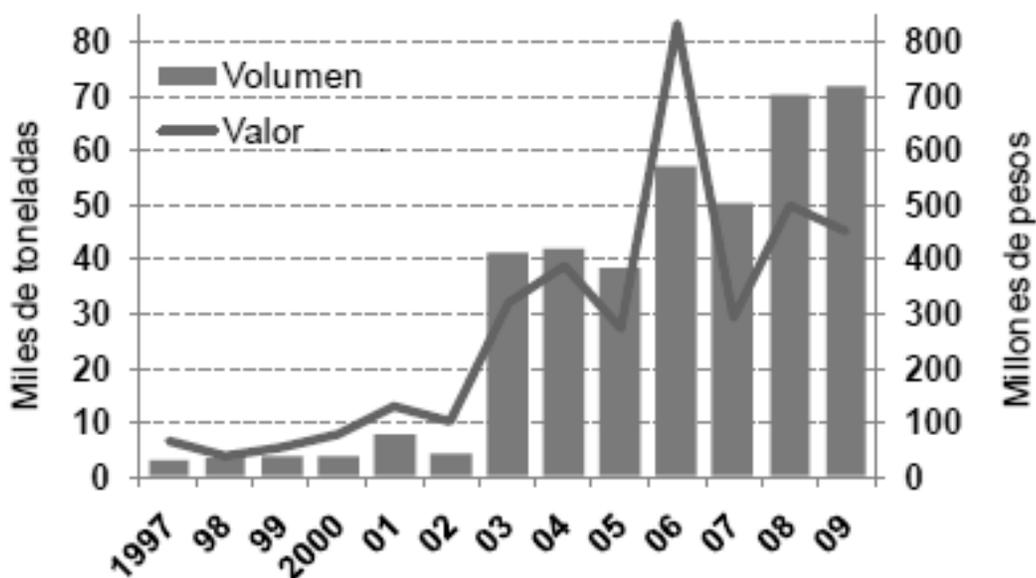
	<b>1996</b>	<b>1998</b>	<b>2000</b>	<b>2002</b>	<b>2004/05</b>
Superficie (ha)	23,265	54,457	102,802	215,843	307,692
Número de productores	13,176	27,914	33,587	53,577	83,174
Empleo (1,000 jornales)	3,722	8,713	16,448	34,534	40,747
Divisas generadas (US\$ 1,000)	34,293	72,000	139,404	215,000	270,503

Fuente: CUESTAAM. Elaboración propia a partir de trabajo de campo, 1996, 1998, 2000 y 2004/05 (Vinculando, 2010).

La práctica de la agricultura orgánica en México se remonta a los años ochenta. Aunque relegada a contadas comunidades marginadas en el sur del país, su presencia ha ido aumentando desde entonces. De acuerdo con las cifras reportadas por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), el mayor incremento observado en el volumen de producción fue de 74.3% pasando de 41.2 mil ton en 2004 a 71.8 mil ton en 2009. Desde entonces a 2009 la tasa media anual de crecimiento (TMAC) ha sido de 9.7%. Respecto al valor de la producción, éste siguió la misma tendencia de crecimiento hasta 2006 cuando registró un máximo histórico de 834 millones de pesos (Figura 1).

En el mundo se registran más de 24 millones de ha cultivadas orgánicamente y más de 10.7 millones de áreas de recolección silvestres. Entre los países con mayor superficie orgánica cultivada está en primer lugar Australia, con 10 millones de hectáreas, seguido por Argentina, con casi tres millones, e Italia con 1.2 millones. Siguen en orden de importancia Estados Unidos, Brasil, Uruguay, Gran Bretaña, Alemania, España y Francia. México ocupa el lugar 18 en el mundo, con casi 216,000 ha. Los principales estados con producción orgánica son Chiapas, Oaxaca, Chihuahua, Sinaloa, Colima, Baja California Sur, Michoacán, Guerrero, Jalisco, Veracruz y Sonora. Se estima que alrededor de 85 % de la producción de

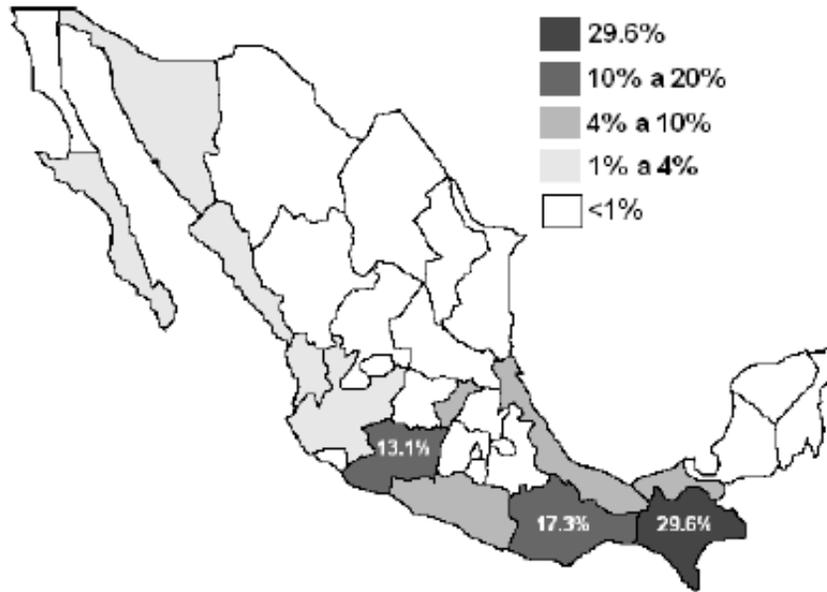
orgánicos de México se orienta a la exportación. La producción de hortalizas (tomates, chiles, calabaza, pepino, cebolla) registra una superficie de 3,831 ha, distribuidas principalmente en los estados de Sinaloa, Sonora, Baja California, Chiapas, Colima, Baja California Sur, Estado de México, Distrito Federal, Veracruz y Nuevo León (Vinculando, 2010).



**Figura 1. Valor y volumen de producción de cultivos orgánicos en México** (SIAP-Financiera Rural, 2010).

#### 4.4.1. Producción orgánica por estado

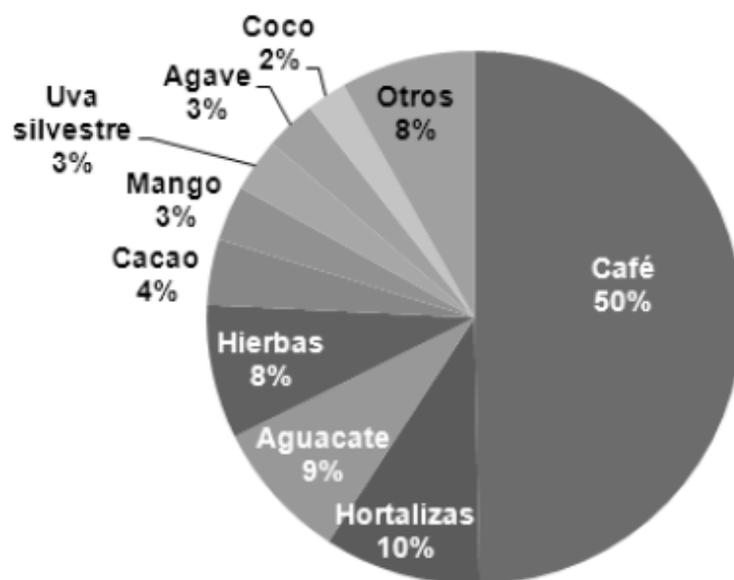
El 60% de la superficie de cultivos orgánicos se concentra en los estados de Chiapas, Oaxaca y Michoacán. Los primeros dos caracterizados por altos índices de marginación, el predominio del minifundio y la producción de cultivos tradicionales (Figura 2).



**Figura 2. Participación en la superficie sembrada por cultivo** (SIAP-Financiera Rural, 2010).

El dinamismo de estos productos se observa también en su diversificación. Mientras en 1996 se cultivaban de manera orgánica alrededor de 30 cultivos, para 2008 ese número se incrementó a 97, con una concentración de 97.3% de la superficie en 15 cultivos (Figura 3).

México se encuentra entre los principales productores y exportadores de hortalizas en el mundo, se ubica en el cuarto lugar a nivel mundial y el primero en el continente. Otros exportadores de gran peso son: Países Bajos, España, China, Francia, Bélgica, y Canadá; los diez principales productores de hortalizas suman alrededor de 70% de la producción de hortalizas en el mundo. En contraste, los grandes importadores de hortalizas son la Unión Europea y los Estados Unidos que suman el 50% del valor mundial de las importaciones de hortalizas; y en menor medida Canadá, China y Japón. Por su parte, México posee una riqueza de climas y ecosistemas que permiten la adecuada producción de hortalizas durante todo el año, lo cual constituye una de las principales ventajas ante otros competidores potenciales (Financiera Rural, 2010).



**Figura 3. Superficie de los principales cultivos orgánicos, 2008** (SIAP-Financiera Rural, 2010).

#### 4.5. Sistema NFT

La técnica de la solución nutritiva recirculante, conocida como NFT (Nutrient Film Technique), fue desarrollada en 1965 por el Dr. Allan Cooper, en Inglaterra. Desde entonces se destinó principalmente a la producción de hortalizas de alta calidad en invernadero. Se ha desarrollado y difundido en varios países donde existen condiciones restrictivas de suelo y un mercado exigente de hortalizas de calidad y sanidad (Urrestarazu, 2004). En el sistema NFT, las plantas crecen teniendo su sistema radical dentro de una lámina de plástico, a través de la cual circula continuamente la solución nutritiva. La profundidad del flujo del líquido debe ser pequeño (laminar), para que siempre haya disposición de oxígeno (Resh, 2006).

Las plantas bajo el sistema NFT crecen en canales formados por una película de polietileno o de otro material, dentro del cual se depositan las raíces, se cubre de la luz y se hace fluir la solución nutritiva. En cada canal hay perforaciones donde se colocan las plantas;

los canales están apoyados sobre mesas o caballetes y tienen una ligera pendiente que facilita la circulación de la solución (Juárez, 2005).

#### **4.5.1. Componentes de la técnica NFT**

De acuerdo con Urrestarazu (2004), aunque hay varias modalidades de sistemas, todas comprenden:

- 1. Estanque colector.** Para almacenar la solución nutritiva a través del periodo de cultivo. La elección del contenedor, debe estar basada en el tipo de material, tamaño y aislamiento. Lo ideal es emplear colectores de PVC o de fibra de vidrio tratado para sustancias tóxicas, aunque estos últimos son de mayor costo, representan un ahorro por su durabilidad. Además del material constituyente, también debe considerarse la capacidad de almacenamiento que va a estar en función del número de plantas, especies a cultivar, etc. El estanque colector debe permanecer cubierto para evitar el desarrollo de algas, que al consumir oxígeno aumentan la degradación de los compuestos químicos de la solución y favorecen su contaminación con restos orgánicos. Además debe ventilarse para favorecer la liberación de gases de desecho.
- 2. Canales de cultivo.** El sistema NFT se caracteriza por no utilizar ningún tipo de sustrato, se cultiva directamente en agua con sales minerales disueltas; por ello, al no contar con un medio sólido de sostén, éste es brindado a las plantas por el canal de cultivo. Otra función de los canales es permitir que la solución nutritiva pase a través de ellos.
- 3. Bomba.** Es un componente clave del sistema ya que es la que impulsa la solución nutritiva desde el tanque hacia los canales de cultivo a través de las tuberías de distribución y su elección radica en la calidad, resistencia y caudal de operación. Una bomba de ¼ HP es suficiente para una instalación de 12 m<sup>2</sup> con un flujo de solución nutritiva de entre 3 y 3.5

$L \text{ min}^{-1}$ . La bomba debe colocarse cerca del tanque colector y en una base firme para evitar movimientos y daños a la tubería de distribución. Debe observarse el funcionamiento de la bomba para detectar fallas en el sistema.

**4. Tubería o red de distribución.** Su función es llevar la solución nutritiva hacia los canales de cultivo, es considerada desde la salida de la bomba impulsora hasta cada uno de los canales de cultivo. Está compuesta por tubo de PVC de  $\frac{3}{4}$ " y mangueras de  $\frac{1}{2}$ " de diámetro.

**5. Tubería de recolección.** Recoge la solución nutritiva que circula a través de los canales y la lleva de retorno al tanque colector. El material es de PVC y el diámetro de 2". Se coloca debajo de los canales de cultivo con una ligera pendiente con respecto al tanque colector con la finalidad de facilitar el retorno de la solución por medio de gravedad. Se recomienda utilizar una tubería cerrada para evitar la formación de algas, evitar la contaminación de ésta y su evaporación.

#### **4.5.2. Requerimientos del sistema NFT**

Algunos de los requerimientos del sistema NFT son que la lámina que se hace recircular debe ser de 5 mm para permitir la oxigenación de las raíces y el aporte de agua y nutrientes; ajustar el flujo de la solución nutritiva a 2 o 3  $L \text{ min}^{-1}$ , para que las raíces cuenten con una adecuada oferta de oxígeno, agua y nutrientes, el flujo debe aumentarse conforme las raíces crecen ya que se dificulta el paso de la solución; la solución es oxigenada por la circulación a través de los canales y principalmente por la turbulencia que provoca al retornar al tanque colector. Se requieren entre 3 y 4  $\text{mg L}^{-1}$  de  $O_2$  como límite de presencia en la solución nutritiva; se requiere una pendiente de alrededor de 2% para que la solución pueda fluir en los canales de cultivo y facilite el retorno al tanque colector y la longitud de los canales de cultivo

no deben ser mayores a 15 m, porque disminuye la concentración de oxígeno al final del canal (Urrestarazu, 2004; Juárez, 2005).

#### **4.5.3. Ventajas y desventajas del sistema NFT**

El sistema NFT presenta la ventaja de su eficiencia en la utilización de macro y micronutrientes, agua y oxígeno en el desarrollo de las plantas, permite a las plantas crecer y obtener una mayor precocidad en los cultivos, lo que representa un mejor precio en la venta de los productos obtenidos. En relación a otros sistemas hidropónicos, el sistema de la película nutritiva ofrece la obtención de diferentes productos hortícolas de alta calidad, en un corto periodo de cultivo como también en rendimiento; esto debido a la constante oferta de agua y elementos minerales. En cuanto a las desventajas de esta técnica, es la inversión inicial requerida, además de necesitar personal especializado en el manejo de soluciones nutritivas y del propio sistema. Otra desventaja es que al ser un sistema cerrado hay posible diseminación de patógenos haciendo necesario desinfectar la solución (Urrestarazu, 2004; Resh, 2006).

#### **4.6. Alimentos funcionales (antioxidantes)**

Recientemente, la investigación sobre antioxidantes naturales se ha convertido cada vez más activa en diversos ámbitos. En consecuencia, se han publicado numerosos artículos en antioxidantes naturales, como los polifenoles, flavonoides, vitaminas, y productos químicos volátiles (Moon y Shibamoto, 2009) por ejemplo en frutas y verduras, reconociendo que sus efectos en la salud humana proceden de su actividad antioxidante (Gülçin, 2012).

Los compuestos fenólicos han recibido considerable atención por ser factores potencialmente protectores contra el cáncer y las enfermedades del corazón, en parte debido a sus propiedades antioxidantes potentes y su ubicuidad en una amplia gama de alimentos consumidos comúnmente de origen vegetal (Brandt *et al.*, 2011; Cartea *et al.*, 2011). Por ello,

la demanda de alimentos orgánicos está aumentando constantemente debido en parte a los beneficios esperados de su consumo (Søltoft *et al.*, 2010).

Las verduras son una fuente rica en sustancias biológicamente activas. Un grupo grande de estas sustancias son compuestos con propiedades antioxidantes. Además de vitaminas (A, C y E), tocoferoles, carotenoides, glutationes y tiocianatos, los polifenoles también se clasifican como los compuestos de propiedades antioxidantes que se encuentran en las plantas. Estos incluyen: los ácidos fenólicos, flavonoides y ácido hidroxicinámico y entre ellos un grupo grande de antocianinas. Estos compuestos inhiben el daño del ADN en las células cancerosas, inducen la producción de insulina en el páncreas y protegen el cerebro humano. Estas propiedades determinan el mecanismo de defensa de las plantas sometidas a estrés, como variaciones de temperatura, radiación UV, los ataques de plagas y daños mecánicos (Biesiada y Tomczak, 2012).

Durante los últimos 25 años, el énfasis en la química de los alimentos y la bioquímica ha tendido hacia los alimentos beneficiosos para la salud, ya que su análisis proporciona información sobre componentes polifenólicos antioxidantes, ácidos grasos insaturados, fibras solubles, y muchas otras clases de componentes que pueden proteger de algunas enfermedades crónicas (Seiber y Kleinschmidt, 2012).

El contenido de antioxidantes puede variar entre plantas individuales de la misma especie, asociado con una serie de condiciones internas y externas como factores genéticos, ambientales y agronómicos. También influyen factores climáticos, del suelo y factores agronómicos tales como el método, lugar y fecha de plantación. La salinidad puede contribuir a la formación de condiciones de estrés durante el crecimiento de las plantas y aumentar el contenido de antioxidantes (Biesiada y Tomczak, 2012). La fertilización y uso de abonos

orgánicos influyen en la síntesis de metabolitos primarios y secundarios, los cuales pueden verse afectados por ejemplo como resultado de una respuesta específica a baja disponibilidad de nitrógeno (Bénard *et al.*, 2009). Específicamente en el contenido de antioxidantes, estudios reportan la dependencia de la actividad antioxidante a la disponibilidad nutrimental (Nguyen y Niemeyer, 2008, Nguyen *et al.*, 2010; Singh *et al.*, 2012).

#### **4.7. Investigaciones realizadas con la utilización de efluentes y té de vermicompost**

Los efluentes y tés de compost y vermicompost se han empleado en diversos cultivos por ejemplo en maíz, donde Casco e Iglesias (2005), realizaron un experimento con la preparación de biofertilizantes líquidos y encontraron que el tratamiento con té de vermicompost, propició un mayor crecimiento y conformación de las plantas. En un estudio realizado en Coahuila, para determinar el efecto del tipo de fertilización (TF), genotipo y días a la cosecha sobre el rendimiento y calidad nutrimental de forraje verde hidropónico, se evaluaron tres TF : orgánica (té de compost), química (solución nutritiva) y sin fertilizar (agua potable) sobre dos genotipos (híbrido y criollo) de maíz forrajero, encontrando que la producción de maíz hidropónico fertilizado con té de compost fue similar en rendimiento y en calidad nutrimental al obtenido con la fertilización inorgánica, concluyendo que es factible la utilización del té de compost como sustituto de la fertilización química (Salas-Pérez *et al.*, 2010).

Arancon *et al.* (2006) diseñaron experimentos para evaluar los efectos de los ácidos húmicos extraídos de humus de lombriz y los compararon con la acción del ácido húmico comercial en combinación con ácido indol acético (IAA), que es una hormona que comúnmente se encuentra en vermicompost, encontraron aumento del crecimiento de las raíces y el número de frutos de fresas, así como el número de flores y frutos de pimienta con aplicación de ácidos húmicos derivados de vermicompost. La aplicación foliar de efluentes

de vermicompost de estiércol de vaca y residuos vegetales incrementaron el área foliar y biomasa seca de plantas de fresa, además se obtuvo rendimiento de fruta mayor que en los tratamientos sin la aplicación de efluentes (Singh *et al.*, 2010).

Pineda-Pineda *et al.* (2008) desarrollaron un trabajo con el fin de mejorar la producción y calidad de flor de nochebuena, encontraron que la aplicación foliar de efluentes de vermicompost promovió la mayor altura, número de ciatios, área de brácteas, biomasa seca foliar y total.

El efecto de ácidos húmicos también se ha estudiado en el crecimiento, contenidos de macro y micronutrientes y la vida postcosecha de gerbera (*Gerbera jamesonii* L.) cv. Malibu, observándose que el crecimiento de las raíces aumentó, así como el contenido de N, P, K, Ca, Mg, Fe, y Zn; empero, los altos niveles de ácidos húmicos redujeron algunos de los contenidos de nutrientes (Nikbakht *et al.*, 2008).

En maíz se ha estudiado la aplicación foliar de ácidos húmicos sobre materia seca y absorción de algunos nutrientes en suelos calcáreos obteniéndose mayor peso seco y absorción de N, P, K, Ca y Cu (Çelik *et al.*, 2010).

Asimismo el té ha sido utilizado para el control de plagas y enfermedades. En tomate, se evaluó la aplicación de tés de compost a partir de residuos vegetales y estiércol de pollo sobre la supresión de tizón temprano (*Alternaria solani*) y el tizón púrpura (*Alternaria porri*) en cebolla. Los resultados mostraron que los tés de compost inhibieron la germinación de los conidios y el crecimiento de hongos *in vitro* y en un ensayo de invernadero, la pulverización de las plantas de tomate y cebolla con los tés de compost redujo significativamente la incidencia de enfermedades y recuentos de la población de *Alternaria* y se obtuvieron los mayores rendimientos comerciales (Haggag y Saber, 2007). En el mismo cultivo, se probaron

tés de compost no aireados (NCT) de estiércol de oveja por su capacidad para inhibir el crecimiento de *Alternaria solani*, *Botrytis cinerea* y *Phytophthora infestans in vitro*; todos los NCT inhibieron el crecimiento del micelio de *A. solani* (37-66%), *B. cinerea* (57-75%) y *P. infestans* (100%), mientras que los tés esterilizados no inhibieron el crecimiento de los patógenos probados (Koné *et al.*, 2010). Dionne *et al.* (2012) realizaron un trabajo para evaluar el efecto del té de compost no aireado sobre patógenos de marchitamiento fúngico (damping-off) en tomate, encontraron que los tés preparados a partir de compost de algas marinas, polvo de camarón, estiércol vacuno y ovino, tenían la capacidad de reducir en gran medida el crecimiento del micelio de *P. ultimum*, *R. solani*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *Radicis-lycopersici* y *Verticillium dahliae in vitro*.

Pant *et al.* (2009) realizaron un estudio en pak choi (*Brassica rapa* cv. Bonsai, Chinensis group) con aplicación de tés de vermicompost, los cuales influyeron en la mayor producción de plantas, contenido de nutrientes minerales, carotenoides totales y actividad antioxidante.

En plántulas también se ha estudiado el efecto del té de compost. En trigo se aplicaron tés de compost de orujo de uva y estiércol, observándose que la biomasa aérea y el crecimiento de la raíz fueron mayores en 22 y 40 %, respectivamente los tratamientos donde se aplicaron los extractos en comparación con el fertilizante químico (Reeve *et al.*, 2010).

Ochoa-Martínez *et al.* (2009), evaluaron la aportación de nitrógeno (N) y otros nutrimentos por el té de compost para producir tomate en invernadero, encontrando que los mayores rendimientos se tuvieron con la solución nutritiva; mientras que con el té se obtuvo 17% menos rendimiento, pero aumentó en 19% los °Brix. La concentración de N foliar al inicio de floración e inicio de cosecha fue similar con solución nutritiva y con té de composta; además, no se observaron síntomas de deficiencia de nutrimentos, por lo que concluyeron que

el té de composta abasteció las necesidades de N y otros nutrimentos, logrando producir más de 18 kg m<sup>-2</sup> de fruto extra grande con más de 4 °Brix, con un menor costo de fertilización. En este mismo cultivo, Preciado *et al.* (2011), obtuvieron los valores más altos en contenido de sólidos solubles con la utilización del lixiviado y tés de compost y vermicompost, concluyendo que el tipo de fertilización influye en la calidad de los frutos de tomate.

## 5. LITERATURA CITADA

- Adhikary S. 2012. Vermicompost, the story of organic gold: A review. *Agricultural Sciences* 3: 905-917.
- Arancon N., C. A. Edwards, P. Bierman, C. Welch, and J. D. Metzger. 2004. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. *Bioresource Technology*. 93: 145-153.
- Arancon N. Q., C. A. Edwards, P. Bierman, J. D. Metzger, and C. Lucht. 2005. Effects of vermicomposts produced from cattle manure, food waste and paper waste on the growth and yield of peppers in the field. *Pedobiologia* 49: 297–306.
- Arancon N. Q., C. A. Edwards, S. Lee, and R. Byrne. 2006. Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth. *European Journal of Soil Biology* 42: S65–S69.
- Atiyeh R.M., S. Subler, C. A. Edwards, G. Bachman, and J. D. Metzger. 2000. Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiologia* 44: 579–590.

- Atiyeh R.M., C. A. Edwards, S. Subler, and J. D. Metzger 2001. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physiochemical properties and plant growth. *Bioresource Technology* 78: 11–20.
- Atiyeh R. M., N. Q. Arancon, C. A. Edwards, and J. D. Metzger. 2002. The influence of earthworm- processed pig manure on the growth and productivity of marigolds. *Bioresource Technology* 81: 103-108.
- Bachman G. R., and J. D. Metzger. 2008. Growth of bedding plants in commercial potting substrate amended with vermicompost. *Bioresource Technology* 99: 3155–3161.
- Basílio Z. D., and J. Galba B. 2012. Vermicompost humic substances: technology for converting pollution into plant growth regulators. *International Journal of Environmental Science and Engineering Research* 3(2): 73-84.
- Bénard C., H. Gautier, F. Bourgaud, D. Grasselly, B. Navez, C. Caris-Veyrat, M. Weiss, and M. Génard. 2009. Effects of Low Nitrogen Supply on Tomato (*Solanum lycopersicum*) Fruit Yield and Quality with Special Emphasis on Sugars, Acids, Ascorbate, Carotenoids, and Phenolic Compounds. *Journal Agricultural and Food Chemistry* 57(10): 4112–4123.
- Biesiada A., and A. Tomczak. 2012. Biotic And Abiotic Factors Affecting The Content Of The Chosen Antioxidant Compounds In Vegetables. *Vegetable Crops Research. Bulletin* 76.
- Brandt K., C. Leifert, R. Sanderson, and C. J. Seal. 2011. Agroecosystem Management and Nutritional Quality of Plant Foods: The Case of Organic Fruits and Vegetables. *Critical Reviews in Plant Sciences* 30: 177-197.
- Cabral M. A. 2009. La producción orgánica de hortalizas en México. Disponible en: <http://www.inforural.com.mx/spip.php?article37307>. (Consulta: 02-jul-2013).

- Calderín G. A., F. Guridi I., O. L. Hernández G., M. M. Díaz de A., R. Huelva L., S. Mesa R., D. Martínez B., and R. L. Louro B. 2013. Biotechnology of humified materials obtained from vermicomposts for sustainable agroecological purposes. *African Journal of Biotechnology* 12(7): 625-634.
- Campitelli P., and S. Ceppi. 2008. Effects of composting technologies on the chemical and physicochemical properties of humic acids. *Geoderma* 144: 325–333.
- Carballo T., M. V. Gil, L. F. Calvo, and A. Morán 2009. The influence of aeration system, temperature and compost origin on the phytotoxicity of compost tea. *Compost Science Utilization* 17: 127–139.
- Cartea M. E., M. Francisco, P. Soengas, and P. Velasco. 2011. Phenolic Compounds in Brassica Vegetables. *Molecules* 16: 251-280.
- Casco C. A., y C. M. Iglesias. 2005. Producción de biofertilizantes líquidos a base de lombricompost. Trabajo final para obtener el título de Ingeniero Agrónomo Universidad Nacional del Nordeste. Argentina. 87 pp.
- Çelik H., A. Vahap K., B. Bülent A., and M. Ali T. 2010. Effect of Foliar-Applied Humic Acid to Dry Weight and Mineral Nutrient Uptake of Maize under Calcareous Soil Conditions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 42: 29–38.
- CODEX ALIMENTARIUS. 2011. Normas de calidad de alimentos. Disponible en: [http://www.codexalimentarius.net/web/index\\_es.jsp](http://www.codexalimentarius.net/web/index_es.jsp) (Consulta: 02-jul-2013).
- Comité Técnico de Normalización Nacional de Productos Agrícolas y Pecuarios (CTNNPAP). 2007. Humus de lombriz (lombricomposta) especificaciones y métodos de prueba. NMX-FF-109-SCFI-2007. [http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/info/comp/it/normas/noti/PROY\\_NMX\\_HUMUS\\_24072007\\_DGN.PDF](http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/info/comp/it/normas/noti/PROY_NMX_HUMUS_24072007_DGN.PDF).

- Del Águila J. P., J. Lugo de la F., and R. Vaca P. 2011. Vermicomposting as a process to stabilize organic waste and sewage sludge as an application for soil. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14: 949-963.
- Dionne A., R. J. Tweddell, H. Antoun, and T. J. Avis. 2012. Effect of non-aerated compost teas on damping-off pathogens of tomato. *Canadian Journal of Plant Pathology* 34(1): 51–57.
- Financiera Rural. 2010. Producción orgánica en México. Disponible en: [http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Monografias/Monograf%C3%ADa%20Agricultura%20Organica%20\(oct%2010\)%20vf.pdf](http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Monografias/Monograf%C3%ADa%20Agricultura%20Organica%20(oct%2010)%20vf.pdf) (Consulta: 02-jul-2013).
- Goh K. M. 2011. Greater Mitigation of Climate Change by Organic than Conventional Agriculture: A Review. *Biological Agriculture and Horticulture* 27: 205-230.
- Gülçin I. 2012. Antioxidant activity of food constituents: an overview. *Archives of Toxicology* 86 (3): 345-391.
- Gutiérrez-Miceli F. A., R. C. García-Gómez., R. Rincón R., M. Abud- Archila., M. A. Oliva L., M. J. Guillen C., and L. Dendooven. 2008. Formulation of a liquid fertilizer for sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) using vermicompost leachate. *Bioresource Technology* 99: 6174–6180.
- Gutiérrez-Miceli F. A., M. A. Oliva L., P. Mendoza N., B. Ruíz S., J. D. Álvarez S., and L. Dendooven. 2011. Optimization of vermicompost and worm-bed leachate for the organic cultivation of radish. *Journal of Plant Nutrition* 34: 1642–1653.

- Haggag M. W., and M. S. M. Saber. 2007. Suppression of early blight on tomato and purple blight on onion by foliar sprays of aerated and non-aerated compost teas. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 5(2): 302-309.
- Ingham E. 2005. *The Compost Tea Brewing Manual; Latest Methods and Research*. Soil Food Web Incorporated, Fifth Edition. Corvallis, OR. 79 p.
- Juárez R. C. R. 2005. *Comparación de tres sistemas de producción de fresa*. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 79 p.
- Kelley S. 2004. Building a knowledge base for compost tea. *BioCycle* 45 (6): 30-34.
- Kenyangi A. and W. Blok. 2012. Vermicompost as a component in potting mixes for growth promotion in ornamental plants. *Rwanda Journal* 28: 53-63.
- Koné B. S., A. Dionne, R. J. Tweddell, H. Antoun, and T. J. Avis. 2010. Suppressive effect of non-aerated compost teas on foliar fungal pathogens of tomato. *Biological Control* 52: 167–173.
- Moon J. K., and T. Shibamoto. 2009. Antioxidant Assays for Plant and Food Components. *Agricultural and Food Chemistry* 57(5): 1655–1666.
- Naidu Y., S. Meon, J. Kadir, and Y. Siddiqui. 2010. Microbial Starter for the Enhancement of Biological Activity of Compost Tea. *International Journal of Agriculture and Biology* 12: 51–56.
- Nair J., T. Seckiozoic, and M. Anda. 2006. Effect of pre-composting on vermicomposting of kitchen waste. *Bioresource Technology* 97: 2091-2095.
- Nguyen P. M., and E. D. Niemeyer. 2008. Effects of Nitrogen Fertilization on the Phenolic Composition and Antioxidant Properties of Basil (*Ocimum basilicum* L.). *Agricultural and Food Chemistry* 56 (18): 8685–8691.

- Nguyen P. M., E. M. Kwee, and E. D. Niemeyer. 2010. Potassium rate alters the antioxidant capacity and phenolic concentration of basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves. *Food Chemistry* 123: 1235–1241.
- Nikbakht A., M. Kafi, M. Babalar, Y. P. Xia, A. Luo, and N. Etemadi. 2008. Effect of Humic Acid on Plant Growth, Nutrient Uptake, and Postharvest Life of Gerbera. *Journal of Plant Nutrition* 31: 2155-2167.
- NOSB. 2004 Compost Tea Task Force Final Report. National Organic Standards Board. April 6, 2004. [www.ams.usda.gov/nosb/meetings/Compost\\_TeaTaskForceFinal\\_Report.pdf](http://www.ams.usda.gov/nosb/meetings/Compost_TeaTaskForceFinal_Report.pdf). (Cons. 25/10/2012).
- Ochoa-Martínez E., U. Figueroa-Viramontes, P. Cano-Ríos, P. Preciado-Rangel, A. Moreno-Reséndez, y N. Rodríguez-Dimas. 2009. Té de Composta como Fertilizante Orgánico en la Producción de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en Invernadero. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 15 (3): 245-250.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). 2011. Inocuidad de los alimentos. Disponible en: <http://www.who.int/topics/food-safety/es/> (Consulta 02-jul-2013).
- Ortega R., and M. Fernández. 2007. Agronomic evaluation of liquid humus derived from earthworm humic substances. *Journal of Plant Nutrition* 30: 2091–2104.
- Pant P. A., T. J. K. Radovich, N. V. Hue, S. T. Talcott, and K. A. Krenk. 2009. Vermicompost extracts influence growth, mineral nutrients, phytonutrients and antioxidant activity in pak choi (*Brassica rapa* cv. Bonsai, Chinensis group) grown under vermicompost and chemical fertilizer. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 89: 2383–2392.

- Pant P. A.; T. J. K. Radovich, N. V. Hue, and R. E. Paull. 2012. Biochemical properties of compost tea associated with compost quality and effects on pak choi growth. *Scientia Horticulturae* 148: 138–146.
- Pineda-Pineda J., A. M. Castillo-González, J. A. Morales-Cárdenas, M. T. Colinas-León, L. A. Valdez-Aguilar, y E. Avitia-García. 2008. Efluentes y sustratos en el desarrollo de nochebuena. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 14(2): 131-137.
- Preciado R. P, M. Fortis H., J. L. García-Hernández, E. Rueda P., J. R. Esparza R., A. Lara H., M. A. Segura C., y J. Orozco V. 2011. Evaluación de soluciones nutritivas orgánicas en la producción de tomate en invernadero. *Interciencia* 36(9): 689-693.
- Quaik S., A. Embrandiri, P. F. Rupani, and M. H. Ibrahim. 2012. Potential of vermicomposting leachate as organic foliar fertilizer and nutrient solution in hydroponic culture: a review. *2nd International Conference on Environment and BioScience* 44: 43-47.
- Reeve R. J., L. Carpenter-Boggs, J. P. Reganold, A. L. York, and W. F. Brinton. 2010. Influence of biodynamic preparations on compost development and resultant compost extracts on wheat seedling growth. *Bioresource Technology* 101: 5658–5666.
- Resh M. H. 2006. *Cultivos hidropónicos*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 558 p.
- Salas-Pérez L., P. Preciado-Rangel, J. R. Esparza-Rivera, V. de P. Álvarez-Reyna, A. Palomo-Gil, N. Rodríguez-Dimas, y C. Márquez-Hernández. 2010. Rendimiento y calidad de forraje hidropónico producido bajo fertilización orgánica. *Terra Latinoamericana* 28 (4): 354-360.
- Sánchez E. J., M. N. Rodríguez, M., C. V. Sánchez, R. y F. Fernández, L. 2008. *Abonos orgánicos*. Ediciones Papiro Omega, S. A. de C. V. México, D. F. 139 p.

- Scheuerell S. J., and W. F. Mahaffee. 2002. Literature review: compost tea principles and prospects for plant disease control. *Compost Science and Utilization* 10: 313–338.
- Scheuerell S. J. 2003. Understanding how compost tea can control disease. *BioCycle* 44 (2): 20-25.
- Seiber J. N., and L. Kleinschmidt. 2012. From Detrimental to Beneficial Constituents in Foods: Tracking the Publication Trends in JAFC. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 60 (27): 6644–6647.
- Singh R., R. K. Gupta, R. T. Patil, R. R. Sharma, R. Asrey, A. Kumar, and K. K. Jangra. 2010. Sequential foliar application of vermicompost leachates improves marketable fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria×ananassa* Duch.). *Scientia Horticulturae* 124(1): 34-39.
- Singh D. P., J. Beloy, J. K. McInerney, and L. Day. 2012. Impact of boron, calcium and genetic factors on vitamin C, carotenoids, phenolic acids, anthocyanins and antioxidant capacity of carrots (*Daucus carota*) *Food Chemistry* 132: 1161–1170.
- Søltoft M., J. Nielsen, K. H. Laursen, S. Husted, U. Halekoh, and P. Knuthsen. 2010. Effects of Organic and Conventional Growth Systems on the Content of Flavonoids in Onions and Phenolic Acids in Carrots and Potatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58 (19): 10323–10329.
- Urrestarazu G. M. 2004. Tratado de cultivo sin suelo. Ediciones Mundi-Prensa. 3ª. Edición. Universidad de Almería, España. 914 p.

- Vinculando. 2010. Agricultura orgánica en México. Disponible en:  
[http://vinculando.org/organicos/directorio\\_de\\_agricultores\\_organicos\\_en\\_mexico/la\\_agricultura\\_organica\\_en\\_mexico.html](http://vinculando.org/organicos/directorio_de_agricultores_organicos_en_mexico/la_agricultura_organica_en_mexico.html) (Consulta: 02-jul-2013).
- Xu D., W. Raza, G. Yu, Q. Zhao, Q. Shen, Q. Huang. 2012. Phytotoxicity analysis of extracts from compost and their ability to inhibit soil-borne pathogenic fungi and reduce root-knot nematodes. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 28: 1193–1201.

# **CAPÍTULO I. PARÁMETROS QUÍMICOS QUE DEFINEN LA CALIDAD DE UN TÉ DE VERMICOMPOST**

## **CHEMICAL PARAMETERS THAT DEFINE THE QUALITY OF A VERMICOMPOST TEA**

### **Resumen**

Los extractos o té de vermicompost son utilizados en la nutrición de plantas con buenos resultados; no obstante, el procedimiento de obtención de éstos no se encuentra estandarizado, existen por tanto diferentes formas de prepararlos. En este contexto, la investigación tuvo como objetivo relacionar el tipo de vermicompost usado en la extracción, las relaciones de éste con el agua, el lavado o no del vermicompost previo a la extracción y el tiempo de incubación sobre los valores de conductividad eléctrica (CE) y pH de los té resultantes. El tipo u origen del vermicompost tuvo efecto significativo sobre el pH y la CE del té; mientras que el lavado previo del vermicompost disminuyó significativamente la CE pero no modificó el valor de pH. Por otro lado, a mayor relación vermicompost:agua se observa un aumento significativo del pH y de la CE; esta misma tendencia se observó también en el tiempo de incubación.

**Palabras clave:** Extractos orgánicos; pH; conductividad eléctrica

### **Abstract**

Vermicompost extracts or teas are used in plant nutrition with good result. However, there is no standardized procedure for obtaining them. As a result, there are different ways of preparing them, as well as variations in the production method. In this context, the objective of this research was to relate the type of vermicompost used in the extraction, its ratios with

water, the washing or not of the vermicompost prior to extraction and the incubation time with the electrical conductivity (EC) and pH values of the resulting tea. The type or origin of the vermicompost had a significant effect on the pH and EC of the tea, with the highest values of these parameters being recorded in the teas made from the vermicompost with a mixture of sheep and cattle manure, while the lowest values were recorded with vermicomposting of kitchen waste. Prior washing of vermicompost significantly decreased EC but did not change the pH value. On the other hand, the greater the vermicompost:water ratio (less water compared to vermicompost), the greater the increase in pH and EC; the same trend was also observed in incubation time.

**Keywords:** Organic extracts, pH, electrical conductivity.

## **1.1. Introducción**

Una alternativa para satisfacer la demanda nutrimental de los cultivos, además de disminuir los costos y la dependencia de los fertilizantes sintéticos, es la utilización de algunos materiales orgánicos líquidos. La aplicación de efluentes orgánicos, vía foliar o adicionados al suelo ha favorecido la sanidad vegetal y aumentado el rendimiento y la calidad de los frutos, aromáticas o flores debido principalmente a que contienen microorganismos benéficos y a la mejora del estatus nutrimental de la planta (Pant *et al.*, 2009). Está documentado que los nutrimentos solubles extraídos del vermicompost tienen un efecto positivo sobre el desarrollo de la planta cuando le son aplicados (Ingham, 2005). El té de humus o vermicompost es un extracto acuoso de alta calidad biológica que se consigue por una fermentación aeróbica del vermicompost y es producido mezclando vermicompost con agua (NOSB, 2004); Los nutrientes solubles en el té favorecen el desarrollo de los microorganismos, permitiendo que puedan suprimir enfermedades en los cultivos. Los

nutrientes en forma soluble contenidos en el té son absorbidos por las plantas, haciéndolas más saludables y capaces de generar más exudaciones que sirven de fuente de alimento a los microorganismos benéficos, disminuye la lixiviación de nutrientes, porque éstos son retenidos en el cuerpo de los microorganismos, incrementado con ello su disponibilidad, lo que reduce la aplicación de fertilizantes. Existen algunas factores a tomar en cuenta en la extracción de éstos, como la relación de sólido:agua, el periodo de incubación, aireación o no aireación de la mezcla durante la incubación, suplementación o no con fuentes de nutrimentos como melaza, polvos de algas o extractos de levaduras, entre otros, los cuales influyen en las características finales de los tés (Arancon *et al.*, 2007). El objetivo de esta investigación fue relacionar el origen del vermicompost usado en la producción del té, las relaciones de éste y de agua, el lavado o no del vermicompost previo a la extracción y el tiempo de incubación, en las variables de conductividad eléctrica y pH resultantes.

## **1.2. Materiales y métodos**

A nivel de laboratorio se condujo un experimento bajo un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial 3X3X2X2, donde los factores de estudio fueron el vermicompost para extracción (origen), relación vermicompost:agua, el lavado o no del material previo a la extracción del té y el tiempo de incubación obteniendo un total de 36 tratamientos con tres repeticiones cada uno. En el Cuadro 1 se presentan los niveles evaluados de cada factor.

Se prepararon paquetes de 50 g con los diferentes vermicompost utilizando manta de cielo. El lavado del material previo a la extracción del té consistió en sumergir durante 5 min el saco con el vermicompost en agua destilada. La incubación de los paquetes de vermicompost se realizó en frascos de vidrio de 500 mL de acuerdo a la relación correspondiente. Después del periodo de incubación se midió en los tés resultantes la

conductividad eléctrica (CE), el pH y contenido nutrimental en un equipo de espectroscopia de emisión atómica de inducción por plasma (ICP-VARIAN 725-ES).

**Cuadro 1. Factores y niveles de estudio evaluados en la extracción de té.**

<b>Factor de estudio</b>	<b>Origen del vermicompost</b>	<b>Relación sólido:agua (g:mL)</b>	<b>Lavado previo de vermicompost</b>	<b>Tiempo de incubación</b>
Niveles	1. Pasto y estiércol de borrego	1:6	Sin lavado	24 h
	2. Pasto y estiércoles de borrego y bovino	1:4	Con lavado	48 h
	3. Residuos de cocina	1:2		

Los datos del pH y CE obtenidos se sometieron a análisis de la varianza del DCA (Anexo 1) con ( $\alpha=0.05$ ), y se realizó una prueba de comparación de medias a través de la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ). Asimismo se hizo el análisis de los factores. Los análisis estadísticos se hicieron con el paquete SAS V9.3.

### **1.3. Resultados y discusión**

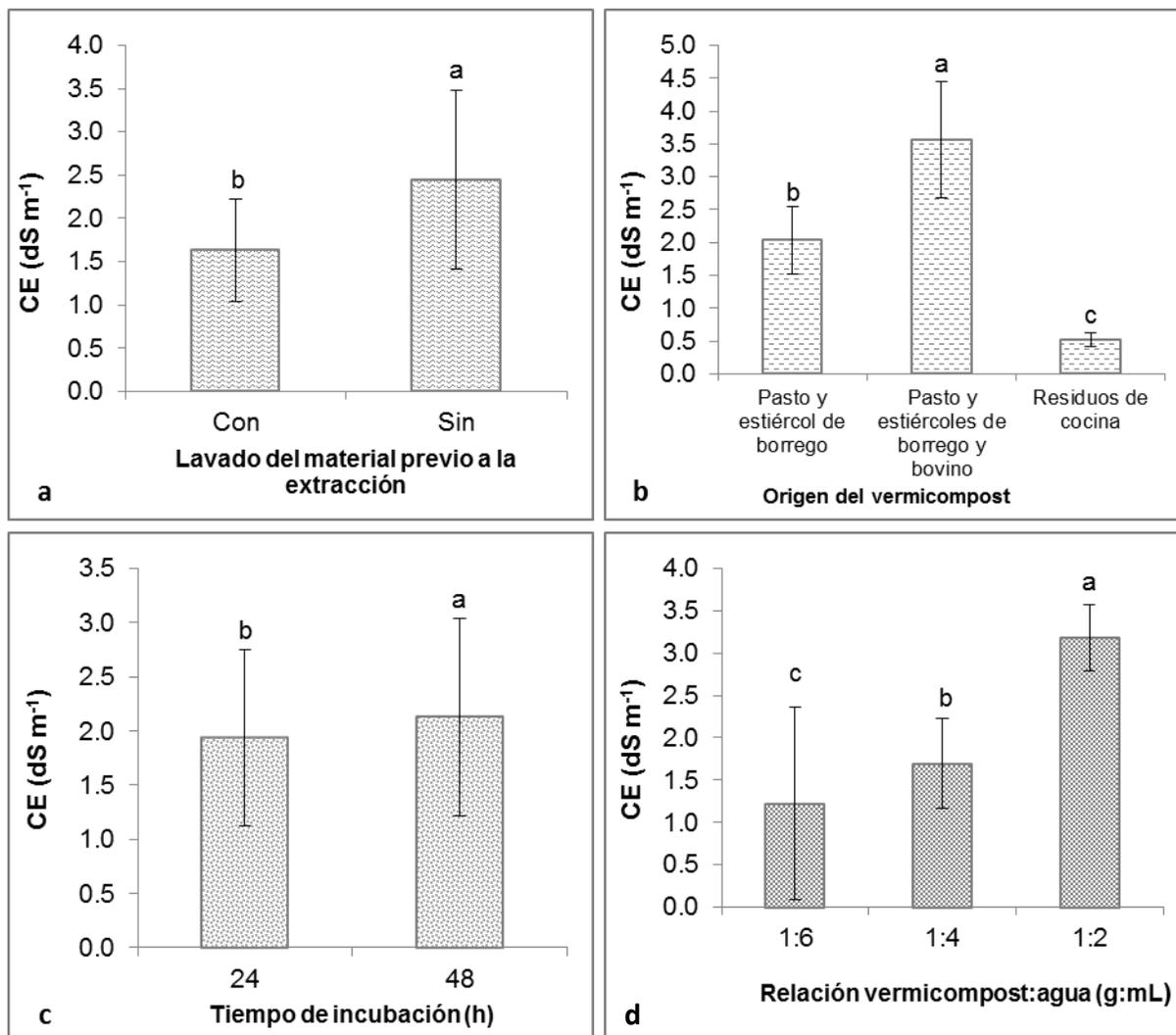
En el Cuadro 2 se observan los efectos estadísticos de las fuentes de variación evaluadas sobre los valores de CE y pH de los téis resultantes. La conductividad eléctrica fue influenciada por los factores de estudio y sus interacciones, con excepción de la interacción O\*R\*T (Origen del material\*relación sólido:agua\*tiempo de incubación). Para la variable de pH, se destaca que ésta no fue influenciada por el lavado previo a la elaboración del té de vermicompost.

**Cuadro 2. Significancia estadística del efecto de lavado, origen del material, su relación con el agua para la extracción y el tiempo de incubación, en la conductividad eléctrica y pH de los téis resultantes.**

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Conductividad eléctrica</b>	<b>pH</b>
<b>L</b>	1	**	ns
<b>O</b>	2	**	**
<b>R</b>	2	**	**
<b>T</b>	1	**	**
<b>L*O</b>	2	**	ns
<b>L*R</b>	2	**	ns
<b>L*T</b>	1	**	**
<b>O*R</b>	4	**	ns
<b>O*T</b>	2	**	**
<b>T*R</b>	2	**	**
<b>L*O*R</b>	4	**	ns
<b>L*O*T</b>	2	**	ns
<b>L*R*T</b>	2	**	ns
<b>O*R* T</b>	4	ns	ns
<b>L*T*O*R</b>	4	**	**

L=lavado; O=Origen del material; R=relación sólido:agua; T=tiempo de incubación. ns = No significativo; \*\* = Altamente significativo a 5 %.

Al hacer el análisis de los efectos simples en la conductividad eléctrica (Figura 1) se observa que el lavado del vermicompost redujo considerablemente el valor de la CE (Figura 1a), sin considerar el volumen de agua utilizado en el lavado.



**Figura 1. Efectos simples de factores de estudio sobre valores de conductividad eléctrica en los té de vermicompost.** Medias con letras iguales en cada subfigura, son estadísticamente similares (Tukey,  $\alpha = 0.05$ ). Las barras de error indican la desviación estándar.

El vermicompost adicionado al suelo como tal, incrementa considerablemente la CE, independientemente del tipo de vermicompost considerado (Lazcano y Domínguez, 2010); por lo que para la elaboración del té, algunos autores sugieren el lavado.

El té del vermicompost hecho de pasto y estiércoles de borrego y bovino tiene una CE mayor que la de los té de vermicompost de residuos de cocina y de pasto y estiércol de borrego; por lo que su contenido de sales minerales también es mayor (Figura 1b). Estas

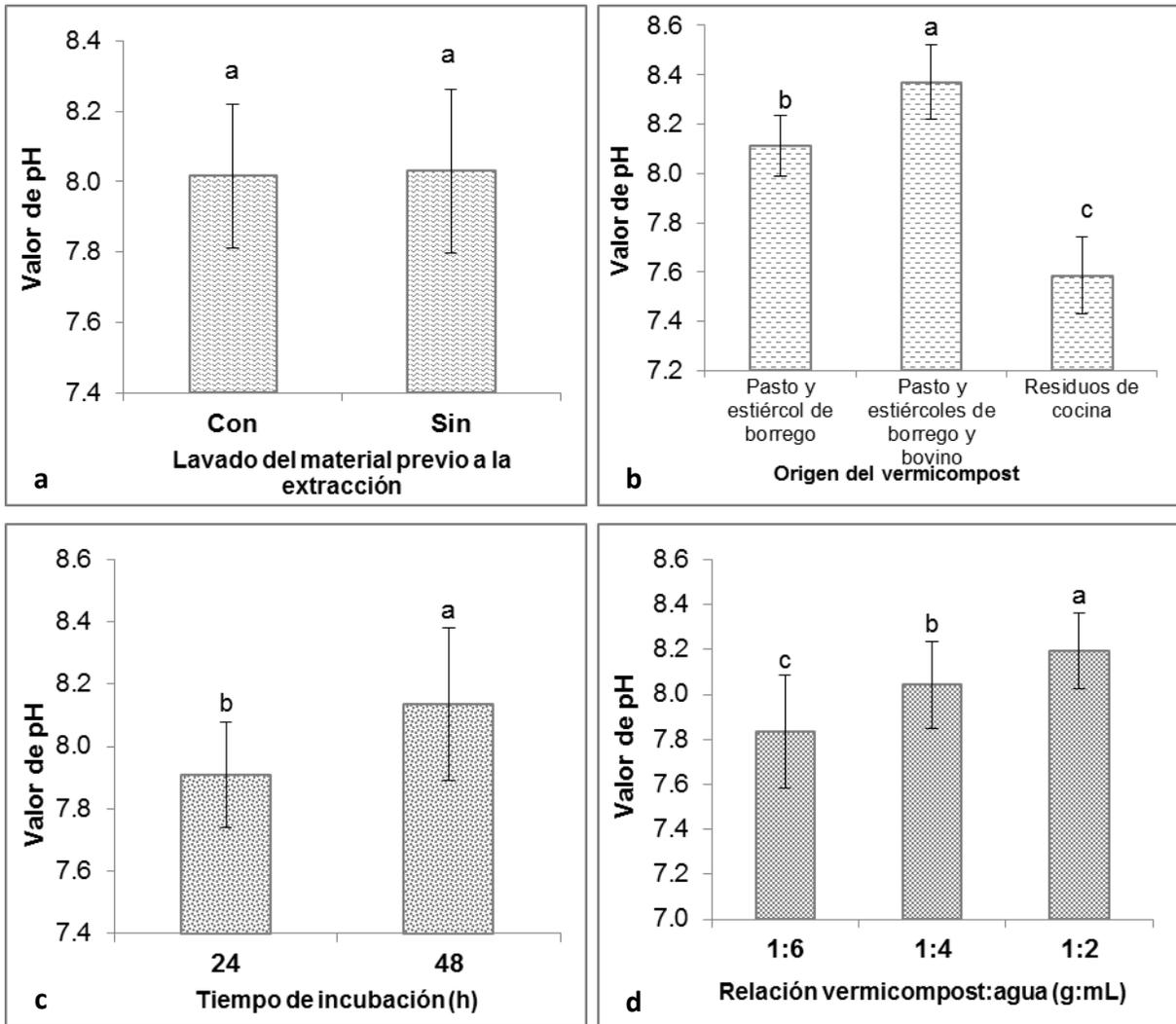
diferencias están relacionadas con la calidad de los materiales utilizados para la producción del vermicompost (Ingham, 2005).

A mayor tiempo de incubación se observa incremento estadístico significativo en la conductividad eléctrica (Figura 1c). Por otra parte, la relación vermicompost:agua se relaciona de manera positiva con la CE del té resultante, es decir a mayor relación (menor cantidad de agua en la proporción), mayor concentración (Figura 1d). En este sentido, Ingham (2005) reporta que la obtención de tés diluidos se traduce en bajas concentraciones nutrimentales.

El análisis de los efectos simples de los factores de estudio en el pH del té (Figura 2) muestra respuestas similares a las obtenidas en la variable conductividad eléctrica.

El lavado no tuvo efectos sobre el valor de pH en los tés (Figura 2a). Hernández *et al.* (2011) sugieren que además del tiempo es importante considerar la cantidad de agua que debe ser utilizada para el lavado.

El valor del pH obtenido en función del origen del vermicompost utilizado mostró la misma tendencia que la conductividad eléctrica; el valor más alto se encontró en el té proveniente del vermicompost que tiene como origen la mezcla de los dos estiércoles (8.36) y el más bajo en el realizado con el vermicompost hecho a partir de residuos de cocina (7.58) como se observa en la Figura 2b. El valor de pH de los tés debe ser ajustado a 5.5 cuando son utilizados como soluciones nutritivas como lo reportan Preciado-Rangel *et al.* (2011) para la producción de tomate.



**Figura 2. Efectos simples de factores de estudio sobre valores de pH en los tés de vermicompost.** Medias con letras iguales en cada subfigura, son estadísticamente similares (Tukey,  $\alpha=0.05$ ). Las barras de error indican la desviación estándar.

A mayor tiempo de incubación se observa incremento estadístico significativo del pH de los tés (Figura 2c). Scheuerell (2003) reporta que en la producción de tés en condiciones de anaerobiosis el tiempo ideal es de cerca de 2 semanas; los resultados aquí obtenidos muestran que periodos de 24 h producen valores de pH ligeramente alcalinos (7.8) lo cual es positivo ya que además de indicar buena estabilidad del vermicompost, da la posibilidad de acidular la

solución para incrementar la disponibilidad de nutrientes. Esta diferencia de pH posiblemente se deba a la actividad microbiana. A mayor relación vermicompost:agua se registró mayor pH. Los valores mas bajos de pH fueron registrados con la relación 1:6 (vermicompost:agua).

Las concentraciones nutrimentales de los téis oscilaron para  $\text{NH}_4^+$  entre 0.54 y 0.61  $\text{mg L}^{-1}$ , el  $\text{NO}_3^-$  entre 24.71 y 36.89  $\text{mg L}^{-1}$ , para P fueron de 13.35 a 21.67  $\text{mg L}^{-1}$ , de 318.88 a 479.99  $\text{mg L}^{-1}$  para K, entre 33.77 y 63.78  $\text{mg L}^{-1}$  para Ca y entre 21.62 y 36.26  $\text{mg L}^{-1}$  para Mg. Las concentraciones de N fueron bajas en relación a las obtenidas por Pant *et al.* (2011) así como las de Ochoa-Martínez *et al.* (2009); sin embargo en lo referente a P, K y Ca las concentraciones obtenidas en este experimento fueron superiores.

#### **1.4. Conclusiones**

El prelavado del vermicompost disminuyó en 25 % el valor de la CE, se recomienda hacerlo en compost y vermicompost con pH alcalino para eliminar el exceso de sales que pueden afectar al cultivo. El origen del vermicompost utilizado en la elaboración de los téis influye directamente en el pH y CE, el vermicompost de la mezcla de los dos estiércoles registró los mayores valores. Con la relación 1:2 (vermicompost:agua) se observaron los valores más altos de pH y CE; la ventaja de obtener téis concentrados da una alternativa para elaborar soluciones nutritivas más diluidas. Se recomiendan periodos de 24 h, ya que la diferencia de CE no es muy alta comparada a las 48 h, además el valor de pH resulta ligeramente alcalino.

### 1.5. Literatura citada

- Arancon Q. N., C. A. Edwards, R. Dick, and L. Dick. 2007. Vermicompost tea production and plant growth impacts. *BioCycle* 48(11): 51-52.
- Hernández J. A., L. Chacín, J. Ávila, N. El-Khatib, I. Chirinos, y B. Bracho. 2011. Métodos de manejo de la salinidad del estiércol bovino para el vermicompostaje con la lombriz roja (*Eisenia andrei*). *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)* 28(1): 342-350.
- Ingham E. 2005. *The Compost Tea Brewing Manual; Latest Methods and Research*. Soil Food Web Incorporated, Fifth Edition. Corvallis, OR. 79 p.
- Lazcano C., and J. Domínguez. 2010. Effects of vermicompost as a potting amendment of two commercially-grown ornamental plant species. *Spanish Journal of Agricultural Research* 8(4): 1260-1270.
- NOSB. 2004. Compost Tea Task Force Final Report. National Organic Standards Board. April 6, 2004. [www.ams.usda.gov/nosb/meetings/CompostTeaTaskForceFinalReport.pdf](http://www.ams.usda.gov/nosb/meetings/CompostTeaTaskForceFinalReport.pdf).
- Ochoa-Martínez E., U. Figueroa-Viramontes, P. Cano-Ríos, P. Preciado-Rangel, A. Moreno-Reséndez, y N. Rodríguez-Dimas. 2009. Té de Composta como Fertilizante Orgánico en la Producción de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en Invernadero. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 15 (3): 245-250.
- Pant A. P., T. J. Radovich K., N. Hue V., and N. Q. Arancon. 2009. Vermicompost extracts influence growth, mineral nutrients, phytonutrients and antioxidant activity in pak choi (*Brassica rapa* cv. Bonsai, Chinensis group) grown under vermicompost and chemical fertilizer. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 89: 2383-2392.

- Pant A. P., T. J. Radovich K., N. Hue V., S. Talcott T., and K. Krenek A. 2011. Effects of Vermicompost tea (Aqueous extract) on Pak Choi Yield, Quality, and on Soil Biological properties. *Compost Science and Utilization* 19 (4): 279-292.
- Preciado-Rangel P., M. Fortis-Hernández, J. L. García-Hernández, E. Rueda-Puente, J. R. Esparza-Rivera, A. Lara-Herrera, M. A. Segura-Castruita, y J. Orozco-Vidal. 2011. Evaluación de soluciones nutritivas orgánicas en la producción de tomate en invernadero. *Interciencia* 36(9): 689-693.
- Scheuerell S. J. 2003. Understanding how compost tea can control disease. *BioCycle* 44 (2): 20-25.

## CAPÍTULO II. PROPIEDADES QUÍMICAS DE TÉS DE VERMICOMPOST

### CHEMICAL PROPERTIES OF VERMICOMPOST TEAS

#### Resumen

La investigación tuvo como objetivo relacionar algunas características químicas de los téis con el origen de vermicompost usado en la extracción, la relación agua:vermicompost y el tiempo de incubación. Como parámetros de evaluación se consideró la conductividad eléctrica (CE), el pH y la concentración nutrimental. El tipo u origen del vermicompost tuvo efecto significativo en los valores de pH, de CE y en la concentración de nutrientes. Los téis extraídos del vermicompost de pasto y estiércoles de borrego y bovino presentaron los valores más altos de pH (7.74) y CE ( $4.58 \text{ dS m}^{-1}$ ), así como de macronutrientes (excepto P y Mg) y micronutrientes. A mayor relación vermicompost:agua se incrementó el pH, la CE y la concentración nutrimental. El tiempo de incubación modificó algunas variables, a las 8, 16 y 24 h el pH fue de 7.32, 7.72 y 7.79 respectivamente, y la CE se incrementó hasta en 7% a las 24 h ( $3.52$ ,  $3.68$  y  $3.77 \text{ dS m}^{-1}$ , respectivamente). La concentración nutrimental no presentó la misma tendencia, a las 8 h se obtuvo la mayor concentración de Nt,  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$ , las concentraciones de K, Ca, Mg, Cu y Ni se mantuvieron iguales en los tres periodos de muestreo y a las 24 h se registraron las mayores concentraciones de P, S, Fe, B, Mn, Mo y Zn.

**Palabras clave:** extracto acuoso de vermicompost, relación vermicompost:agua, tiempo de incubación, nutrientes.

## **Abstract**

The aim of this research was to relate the quality of the vermicompost tea used in the extraction, the water:vermicompost ratio and incubation time. As evaluation parameters, the electrical conductivity (EC), pH and nutrient concentration of the resulting teas were considered. The type or origin of the vermicompost had a significant effect on pH, EC and nutrient concentration; teas extracted from the grass vermicompost and sheep and cattle manures showed the highest values of pH (7.74) y EC (4.58 ds m<sup>-1</sup>), and macronutrient (except P and Mg) and micronutrients. A higher vermicompost: water ratio increased pH, EC and nutrient concentration. Incubation time modified some variables, at 8, 16 and 24 hours the pH was 7.32, 7.72 and 7.79 respectively and the EC was increased to 7% at 24 hours (3.52, 3.68 and 3.77). The nutrient concentration did not show the same trend. At 8 h, the highest concentration of Nt, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> and NO<sub>3</sub><sup>-</sup> was obtained. Concentrations of K, Ca, Mg, Cu and Ni remained the same in the three sampling periods, and at 24 h the highest concentrations of P, S, Fe, B, Mn, Mo and Zn were recorded.

**Keywords:** aqueous extract of vermicompost, vermicompost:water ratio, incubation time, nutrients.

## **2.1. Introducción**

La utilización de materiales orgánicos líquidos es una alternativa para satisfacer la demanda nutrimental de los cultivos, disminuir los costos de producción y la dependencia de los fertilizantes minerales. La aplicación de efluentes vía foliar o adicionados al suelo aumenta el rendimiento y la calidad de los frutos, ornamentales y plantas aromáticas debido a que incrementa el estatus nutrimental de la planta, además favorece la sanidad vegetal debido

principalmente a que contienen microorganismos benéficos capaces de suprimir enfermedades en los cultivos (Ingham, 2005; Pant *et al.*, 2009).

El té de humus o vermicompost es un extracto acuoso de alta calidad biológica que se consigue por una fermentación aeróbica del vermicompost y es producido al mezclar vermicompost con agua (NOSB, 2004). Los nutrientes solubles en el té son absorbidos por la planta y al mismo tiempo favorecen el desarrollo de los microorganismos benéficos que permiten suprimir enfermedades en los cultivos, por lo que las plantas son más sanas y se reduce la aplicación de fertilizantes minerales.

Los tés permiten la desintoxicación del suelo y hacen más fácil el crecimiento de las plantas. Existe una amplia gama de variantes en el método de producción de tés, entre las que se encuentran: i) la relación de vermicompost:agua, con intervalos desde 1:3 hasta 1:200; ii) periodos de incubación de 12 h hasta tres semanas; iii) aireación o no aireación de la mezcla en el periodo de incubación; iv) suplementación o no con fuentes de nutrimentos como melaza, polvos de algas o extractos de levaduras (Arancon *et al.*, 2007). En base a lo antes planteado el objetivo fue relacionar algunas propiedades químicas de los tés de vermicompost en función del origen, las relaciones vermicompost:agua y el tiempo de incubación.

## **2.2. Materiales y métodos**

En el laboratorio de Nutrición Vegetal del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, se condujo un experimento bajo un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial 2X3X3, donde los factores de estudio fueron; el origen del vermicompost (pasto + estiércol de borrego y pasto + estiércoles de borrego y bovino), la relación vermicompost:agua (1:2, 1:4 y 1:6) y el tiempo de incubación (8, 16 y 24 h), con un total de 18 tratamientos con cuatro repeticiones cada uno (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Factores y niveles de estudio evaluados en la extracción de los té.**

<b>Factor de estudio</b>	<b>Origen del vermicompost</b>	<b>Relación sólido:agua (g:mL)</b>	<b>Tiempo de incubación</b>
Niveles	1. Pasto y estiércol de borrego (P+EB)	1:2	8 h
	2. Pasto y estiércoles de borrego y bovino (P+ EB+EBov)	1:4 1:6	16 h 24 h

Los residuos orgánicos utilizados se obtuvieron de la propia institución, el pasto se obtuvo de los restos de poda de los jardines y los estiércoles de la granja. El vermicompost de pasto y estiércol de borrego tenía las proporciones 40 y 60% respectivamente, mientras que el vermicompost de pasto y estiércoles de borrego y bovino 30, 35 y 35%.

#### **Extracción de té de vermicompost**

Se prepararon paquetes de 50 g de las diferentes muestras de vermicompost que se depositaron en cuadros de organza de 15 x 15 cm, lo que permitió mayor solubilidad de los nutrientes y el paso de los microorganismos del vermicompost al agua. Los paquetes se sumergieron en agua en frascos de vidrio de 500 mL de acuerdo con la relación correspondiente en los tratamientos establecidos, la incubación se hizo durante 24 h en el laboratorio (temperatura máxima de 25 °C y mínima de 15 °C), durante este periodo se agitaron los frascos tres veces (cada 8 h) para propiciar intercambio de aire. Se hicieron tres muestreos como se indica en el Cuadro 1.

Después del periodo de incubación se midió en los té resultantes la conductividad eléctrica (CE) y el pH con un el medidor CONDUCTRONIC modelo PC18, nitrógeno total por el método Kjeldahl, nitrógeno inorgánico (amonio y nitrato) por arrastre de vapor

(Bremner, 1965). El contenido P, K, Ca, Mg, Fe, S, B, Mn, Cu, Mo, Zn, Na y Ni se determinó en un equipo de espectroscopia de emisión atómica de inducción por plasma ICP-VARIAN 725-ES.

Los datos de pH y CE así como las concentraciones de nutrientes se sometieron a un análisis de varianza del DCA ( $\alpha=0.05$ ) (Anexo 2), pruebas de comparación de medias a través de Tukey ( $\alpha=0.05$ ), y arreglos factoriales con el paquete estadístico SAS V9.3.

### **2.3. Resultados y discusión**

En el Cuadro 2 se muestran los niveles de significancia de las fuentes de variación evaluadas (origen del vermicompost, relación vermicompost:agua y tiempo de incubación) sobre los valores de CE, pH y nutrientes de los téis resultantes. El pH y la concentración de P fueron influenciados por los factores de estudio, no así por las interacciones. La CE y la concentración de S fueron afectados por los factores de estudio y por la interacción O\*R (Origen del vermicompost\*relación vermicompost:agua). La concentración de N total y  $\text{NO}_3^-$  fueron influenciados significativamente por los tres factores en estudio así como por sus interacciones. El  $\text{NH}_4^+$  no fue influenciado por las interacciones O\*T (Origen del vermicompost\*tiempo de incubación) y O\*R\*T (Origen del vermicompost\*relación vermicompost:agua\*tiempo de incubación). El tiempo de incubación no influyó en la concentración de K, Ca y Mg. y con respecto a las interacciones, sólo fueron influenciados por O\*R (Origen del vermicompost\*relación vermicompost:agua).

**Cuadro 2. Significancia estadística del origen del vermicompost, su relación con el agua para la extracción y el tiempo de incubación, sobre la conductividad eléctrica, pH y concentración de macronutrientes en los téis resultantes.**

<b>F.V</b>	<b>G.L.</b>	<b>pH</b>	<b>CE</b>	<b>Nt</b>	<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>
<b>O</b>	1	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>R</b>	2	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>T</b>	2	**	*	**	**	**	**	ns	ns	ns	*
<b>O*R</b>	2	ns	**	**	**	**	ns	**	**	**	**
<b>O*T</b>	2	ns	ns	**	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns
<b>R*T</b>	4	ns	ns	**	**	**	ns	ns	ns	ns	ns
<b>O*R*T</b>	4	ns	ns	**	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns

F.V.= Fuente de variación; G.L.= Grados de libertad; O=Origen del vermicompost; R=relación vermicompost:agua; T=tiempo de incubación. ns = No significativo; \* = Significativo al 5 %; \*\*= Altamente significativo al 5%.

El humus de lombriz está compuesto por C, O<sub>2</sub>, N, así como otros macronutrientes y micronutrientes en diferentes proporciones, tales como Ca, K, Fe, Mn y Zn entre otros. Al igual que en la presente investigación Durán y Henríquez (2007) demuestran que las características finales de los vermicompost están en función de la naturaleza de las fuentes orgánicas utilizadas para su elaboración.

La concentración de B, Mn, Fe y Zn estuvo influenciada por los factores en estudio y por la interacción O\*R (Origen del vermicompost\*relación vermicompost:agua), lo mismo sucedió con el Mo además de ser afectada su concentración por la interacción O\*T (Origen del vermicompost\*tiempo de incubación). El cobre, níquel y sodio no se modificaron por el tiempo de incubación (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Significancia estadística del efecto del origen del vermicompost, su relación con el agua para la extracción y el tiempo de incubación sobre las concentraciones de micronutrientes en los téis resultantes.**

F.V	G.L.	B	Mn	Cu	Fe	Mo	Zn	Na	Ni
<b>O</b>	1	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>R</b>	2	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>T</b>	2	**	**	ns	*	*	*	ns	ns
<b>O*R</b>	2	**	**	**	**	**	**	*	**
<b>O*T</b>	2	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
<b>R*T</b>	4	ns							
<b>O*R*T</b>	4	ns							

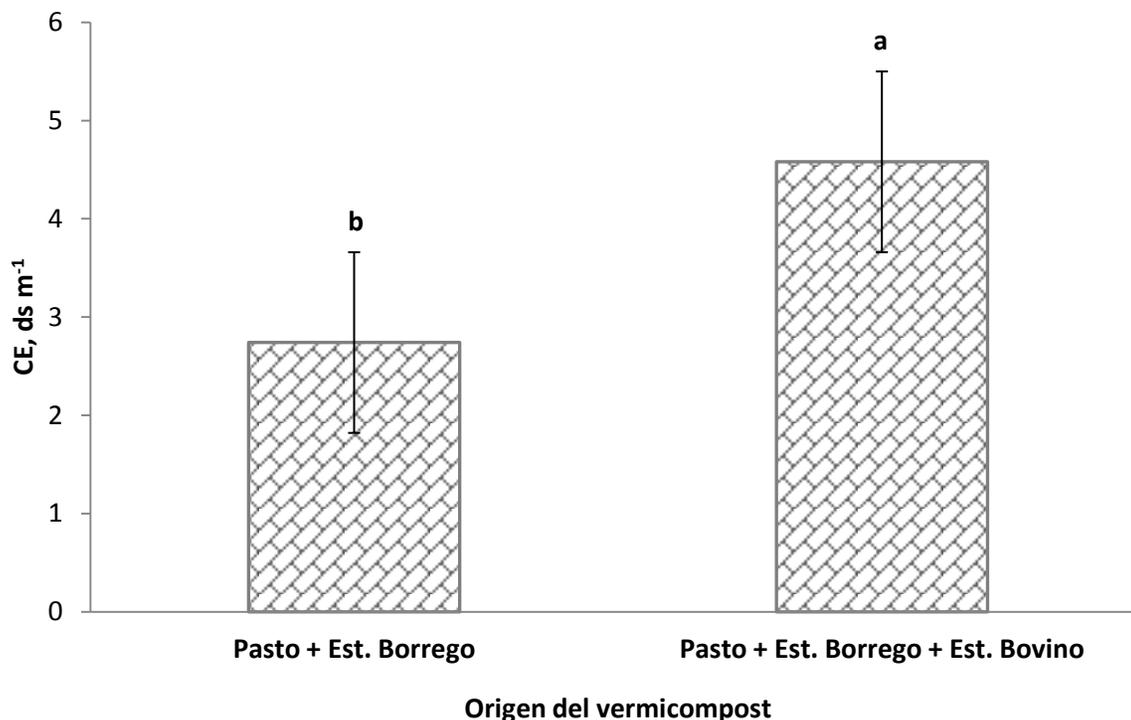
F.V.= Fuente de variación; G.L.= Grados de libertad; O=Origen del vermicompost; R=relación vermicompost:agua; T=tiempo de incubación. ns = No significativo; \* = Significativo al 5 %; \*\*= Altamente significativo al 5%.

### **Origen del vermicompost y su relación con pH, CE y concentración nutrimental**

Los principales factores que afectan las características químicas de los téis de compost y vermicompost tienen que ver con las metodologías de preparación del té, que incluyen el origen del compost y vermicompost, la aireación, aditivos de fermentación, la duración de la fermentación, entre otros, que modifican las propiedades biológicas y químicas finales de los téis de compost y vermicompost (Scheuerell, 2004; Scheuerell y Mahaffee, 2006; Arancon *et al.*, 2007; Fritz *et al.*, 2012; Pant *et al.*, 2012).

El té de vermicompost hecho de la mezcla de dos estiércoles tuvo una CE mayor en 67% que el té obtenido con el vermicompost producido sólo con una fuente de estiércol (Figura 1), estas diferencias en valores de CE se reflejan en los resultados de concentraciones de nutrientes (Cuadros 4 y 5). Las referidas diferencias están relacionadas con el origen de los materiales utilizados para la producción del vermicompost (Ingham, 2005). Los resultados obtenidos en este trabajo indican que, el identificar los materiales con que se elabora el

vermicompost da una idea del contenido nutricional que tendrán los téis basado en la CE. De esta manera la CE puede establecerse como criterio.



**Figura 1. Efecto del origen del vermicompost en la CE de los téis.** Medias con letras iguales, son estadísticamente similares (Tukey,  $\alpha= 0.05$ ). Las barras de error indican la desviación estándar.

El pH de los téis obtenido en función del origen del vermicompost mostró la misma tendencia que la conductividad eléctrica; el valor más alto se encontró en aquellos donde se usó el vermicompost que tiene como origen la mezcla de los dos estiércoles (7.74) que en los téis obtenidos de vermicompost de pasto y estiércol de borrego (7.47). Estos resultados de pH fueron diferentes estadísticamente a pesar que la diferencia numérica es pequeña. Pant *et al.* (2009) registraron valores de pH de 7.5 y 7.8 en téis de compost aireado y no aireado respectivamente, mismos que son similares a los obtenidos en esta investigación. Sin embargo para utilizar los téis como fuente nutricional es necesario ajustar el valor de su pH a 5.5, lo anterior con la finalidad de garantizar una mayor disponibilidad de todos los nutrientes.

Preciado-Rangel *et al.* (2011) sugieren también este ajuste de pH en los téis para su uso en la producción de tomate. Las concentraciones más altas de micronutrientes y la mayoría de macronutrientes, se obtuvieron en los téis hechos con el vermicompost de pasto y estiércoles de borrego y bovino, las concentraciones de  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$  fueron de 51.37 y 387.57  $\text{mg L}^{-1}$ , respectivamente; mientras que en el té del vermicompost de pasto y estiércol de borrego éstas fueron de 35.86 y 258.94  $\text{mg L}^{-1}$ , respectivamente. El primer té tuvo concentraciones de  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$  superiores en 43 y 49%, respectivamente, a las registradas en el segundo. Hargreaves *et al.* (2009) encontraron concentraciones más bajas de  $\text{NH}_4^+$  (1.70, 1.62  $\text{mg L}^{-1}$ ) y  $\text{NO}_3^-$  (106, 122  $\text{mg L}^{-1}$ ) en téis de compost de residuos sólidos urbanos (RSU) y de rumiantes, respectivamente, lo que demuestra que la concentración nutrimental depende del origen del vermicompost con el que se extraen los téis. Contrario a lo anterior, en los téis de vermicompost de pasto y estiércol de borrego la concentración de P y Mg fue mayor en 36 y 57% a la registrada en los téis que contienen la mezcla de los estiércoles (Cuadros 4 y 5). Los téis de compost pueden servir como fuente de nutrientes para las plantas (Ingham, 2005), sin embargo, hay escasa información para estandarizar las concentraciones nutrimentales por la alta variabilidad de los materiales con que se hace el compost y vermicompost (Hargreaves *et al.*, 2009).

**Cuadro 4. Concentración de macronutrientes de los téis en función del origen del vermicompost.**

Origen del vermicompost	Nt	$\text{NH}_4^+$	$\text{NO}_3^-$	P	K	Ca	Mg	S
----- $\text{mg L}^{-1}$ -----								
<b>P+EB</b>	352.79b <sup>§</sup> (±60.0)	35.86b (±5.6)	258.94b (±91.3)	26.26a (±4.0)	184.80b (±68.1)	61.95b (±25.1)	80.15a (±37.6)	81.08b (±33.4)
<b>P+EB+EBov</b>	540.73a (±209.8)	51.37a (±15.4)	387.57a (±187.6)	19.28b (±4.2)	436.28a (±205.5)	83.60a (±40.2)	46.34b (±26.4)	117.72a (±57.1)

P+EB=pasto y estiércol de borrego, P+EB+EBov=pasto y estiércoles de borrego y bovino. <sup>§</sup>Medias con letras iguales en cada columna, son estadísticamente similares (Tukey,  $\alpha= 0.05$ ). Valores dentro de paréntesis indican la desviación estándar.

**Cuadro 5. Concentración de micronutrientos de los té s en función del origen del vermicompost.**

Origen del vermicompost	B	Mn	Cu	Fe	Mo	Zn	Na	Ni
	----- mg L <sup>-1</sup> -----							
<b>P+EB</b>	0.598b <sup>§</sup> (±0.13)	0.037b (±0.01)	0.069b (±0.02)	0.191b (±0.05)	0.091b (±0.04)	0.066b (±0.02)	116.93b (±42.6)	0.023b (±0.01)
<b>P+EB+EBov</b>	0.668a (±0.24)	0.140a (±0.08)	0.118a (±0.07)	0.709a (±0.4)	0.126a (±0.07)	0.142a (±0.07)	149.74a (±72.8)	0.044a (±0.02)

P+EB=pasto y estiércol de borrego, P+EB+EBov=pasto y estiércoles de borrego y bovino. <sup>§</sup>Medias con letras iguales en cada columna, son estadísticamente similares (Tukey,  $\alpha= 0.05$ ). Valores dentro de paréntesis indican la desviación estándar.

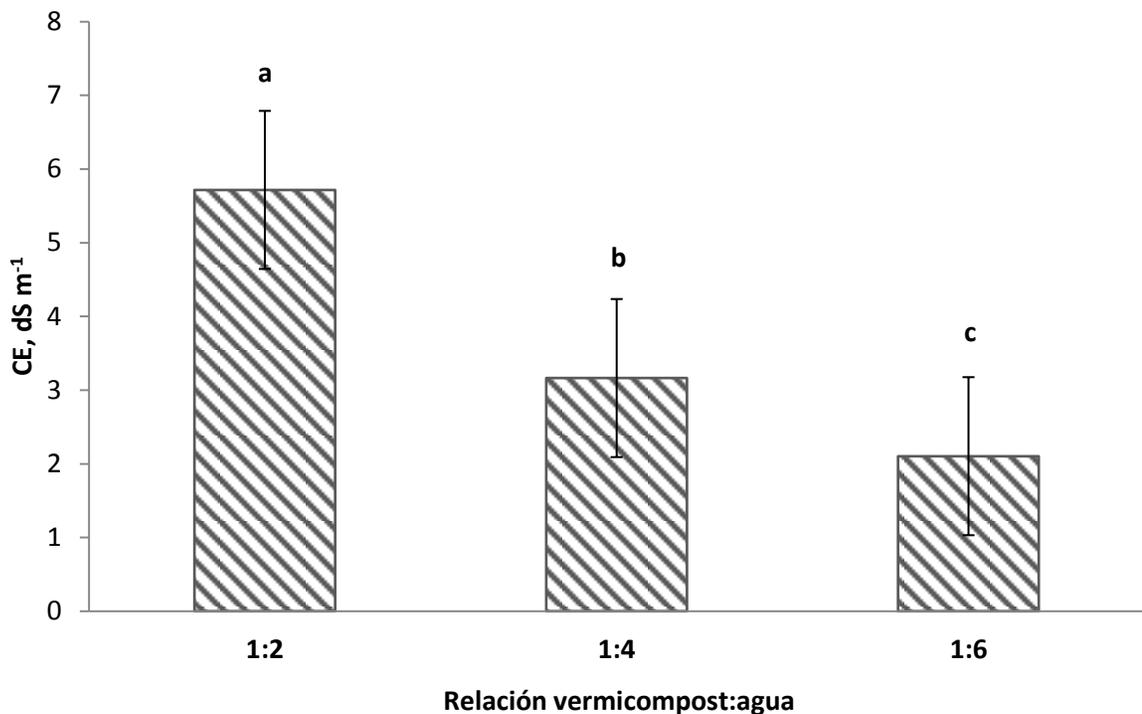
Durán y Henríquez (2007), caracterizaron cinco vermicompost hechos a base de desechos domésticos, estiércol vacuno, residuo de banano, follaje de ornamentales y broza de café; el mayor contenido de P lo encontraron en el vermicompost de estiércol vacuno (2.0%), K y Mg (6.8 y 0.8% respectivamente) en el vermicompost de residuos del cultivo de banano y el mayor contenido de Ca (5.6%) en el vermicompost de residuos domésticos.

La época del año, el alimento de los animales, los residuos del cultivo modifican la relación C/N de los materiales, que se refleja en las propiedades químicas y biológicas del compost y vermicompost, esto hace difícil estandarizar los té s, sin embargo no quiere decir que no se puedan utilizar pues independientemente del origen, los materiales orgánicos contienen nutrientes y microorganismos benéficos.

Más que como una fuente nutrimental, la mayoría de los trabajos sobre té s de compost y vermicompost se enfocan a los beneficios para el control de enfermedades. Dionne *et al.* (2012) realizaron un trabajo *in vitro* con té de compost para el control de los hongos que producen marchitamiento fúngico (damping-off), y encontraron que los té s preparados a partir de compost de algas marinas, polvo de camarón, estiércol vacuno y ovino, tenían la capacidad de reducir en gran medida el crecimiento del micelio de *Phytophthora ultimum*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *Radicis-lycopersici* y *Verticillium dahliae*.

## Relación vermicompost agua y su relación con CE, pH y concentración nutrimental

La relación vermicompost: agua es directamente proporcional a la CE. Los valores más bajos de CE fueron registrados con la relación 1:6 de vermicompost:agua (Figura 2). La ventaja de obtener extractos concentrados da la posibilidad de realizar ajustes mediante diluciones para obtener soluciones nutritivas que se adecuen a los propósitos de producción. Haggag y Saber (2007) obtuvieron una CE de  $1.66 \text{ dS m}^{-1}$  en compost de estiércol de pollo utilizado para la extracción de té, que se prepararon en una relación 1:5, mientras que los compost originados de paja de frijol y desechos vegetales mezclados con estiércol de pollo registraron CE de  $2.43$  y  $2.36 \text{ dS m}^{-1}$  respectivamente, lo cual indica que los té hechos con compostas provenientes de plantas también representan una buena alternativa.



**Figura 2. CE de extractos en función de las proporciones del vermicompost y agua.** Medias con letras iguales, son estadísticamente similares (Tukey,  $\alpha=0.05$ ). Las barras de error indican la desviación estándar.

El valor de pH de los tés mostró diferencias altamente significativas por la relación vermicompost:agua en 1:2 (7.66) y 1:6 (7.57). Existe una amplia variabilidad del pH en los tés, esto depende del origen del compost o vermicompost con que se elaboren, más que de la relación. Hargreaves *et al.* (2009) hicieron tés de compost a base de desechos municipales en relación 1:5 y encontraron intervalos de pH de 7.68 a 8.35, mientras que Pant *et al.* (2012) obtuvieron pH de 7.3 en tés de vermicompost de estiércol de pollo y pH de 7.9 en tés de compost de residuos verdes, ambos preparados en relación 1:10. Se obtuvieron diferencias altamente significativas en la concentración de macronutrientes en función de la relación vermicompost:agua, a menor cantidad de agua, mayor concentración nutrimental (Cuadro 6). Las concentraciones más bajas se registraron con la relación 1:6 de vermicompost:agua, resultado esperado dado que una menor cantidad de vermicompost respecto al agua, se traduce en la obtención de tés diluidos con bajas concentraciones nutrimentales (Ingham, 2005). Los micronutrientes tuvieron la misma tendencia en función de la dilución.

**Cuadro 6. Concentración de macronutrientes de los tés en función de la relación vermicompost: agua.**

Relación vermicompost:agua (g:mL)	Nt	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	P	K	Ca	Mg	S
	----- mg L <sup>-1</sup> -----							
<b>1:2</b>	613.97a <sup>§</sup> (±207.7)	55.76a (±14.8)	468.18a (±190.6)	25.05a (±4.1)	490.10a (±223.9)	115.91a (±22.9)	104.05a (±30.1)	159.27a (±36.2)
<b>1:4</b>	412.45b (±79.7)	42.65b (±9.1)	304.51b (±46.8)	23.25a (±5.6)	266.62b (±109.7)	61.28b (±10.2)	52.75b (±16.8)	84.52b (±15.7)
<b>1:6</b>	313.87c (±41.9)	32.44c (±3.7)	197.06c (±41.7)	20.01b (±5.3)	174.91c (±61.2)	41.12c (±5.6)	32.94c (±10.8)	54.40c (±8.3)

<sup>§</sup>Medias con letras iguales en cada columna, son estadísticamente similares (Tukey,  $\alpha=0.05$ ). Valores dentro de paréntesis indican la desviación estándar.

Pant *et al.* (2011) obtuvieron tés de vermicompost de estiércol de pollo en relación 1:10 (vermicompost:agua) con menores concentraciones de N (81.7 mg L<sup>-1</sup>) y P (16.2 mg L<sup>-1</sup>); sin

embargo, las concentraciones de K ( $180.4 \text{ mg L}^{-1}$ ) Ca ( $49.0 \text{ mg L}^{-1}$ ) y Mg ( $43.9 \text{ mg L}^{-1}$ ) fueron superiores comparadas con la relación más diluida evaluada en este experimento.

### **Tiempo de incubación del vermicompost y su relación con CE, pH y concentración nutrimental**

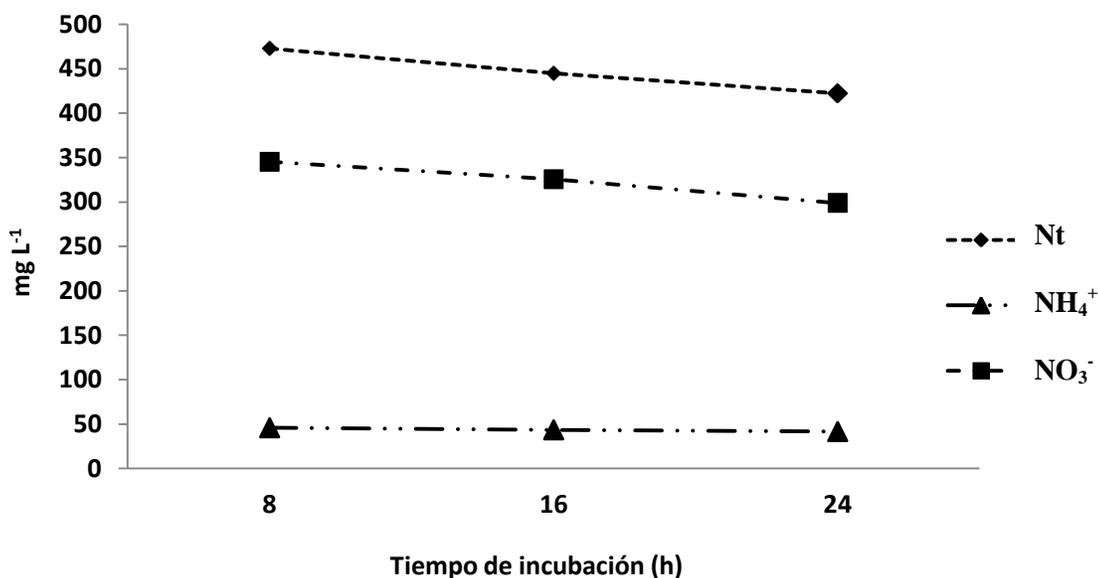
El análisis estadístico mostró diferencias significativas en la CE y el pH por efecto del tiempo de incubación. A mayor tiempo de incubación (8, 16 y 24 h) se observa incremento en la CE (3.52, 3.68 y  $3.77 \text{ dS m}^{-1}$ , respectivamente). A las 8 h, se obtuvo un valor de pH de 7.32, que aumentó a 7.72 a las 16 h de incubación y aumentó ligeramente a las 24 h (7.79). Los resultados muestran que en periodos de 24 h el pH tiende a la alcalinidad (7.8). Scheuerell (2003) reporta que en la producción de té en condiciones de anaerobiosis el tiempo ideal es de 2 semanas. La modificación en el pH se relaciona con la actividad microbiana que se da en los tés (Atiyeh *et al.*, 2002; Ingham, 2005; Pant *et al.*, 2009), además de la volatilización de compuestos que contienen hidrógeno, como el amoníaco (Korner y Stegmann, 1998). Pant *et al.* (2012) reportaron que la adición de té de vermicompost al suelo, aumentó la respiración y la actividad deshidrogenasa (DHA), indicador de la actividad microbiana en el suelo (Błońska, 2010).

El tiempo de incubación, influyó significativamente en la concentración de nutrientes. A las 8 h se obtuvo la mayor concentración de Nt,  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$  (Figura 3); estos resultados confirman que este tiempo es suficiente para la extracción de los tés, ya que se obtienen las mayores concentraciones de N. Este elemento está involucrado directamente en el proceso de la fotosíntesis, la carencia de él no permite que la planta utilice la luz solar como fuente de energía en el proceso de la fotosíntesis y la planta pierde la habilidad de ejecutar funciones esenciales como la absorción de nutrientes (Mengel y Kirkby, 1987; Alcántar *et al.*, 2009). El

mayor contenido de  $\text{NO}_3^-$  respecto a  $\text{NH}_4^+$  (7 veces mayor), se debe a que el  $\text{NH}_4^+$  se oxida a  $\text{NO}_3^-$  al final de proceso de vermicompostaje (García *et al.*, 1991; Velasco-Velasco *et al.*, 2004). Por otro lado, tiempos de incubación muy prolongados pueden favorecer la inmovilización de los nutrientes (Ingham, 2005). El número de los microorganismos en los tés aumenta durante el proceso de extracción (Fritz *et al.*, 2012), por lo que el nivel de  $\text{NO}_3^-$  cae gradualmente debido a que los microorganismos lo inmovilizan al consumirlo y almacenarlo (Ingham, 2005; Lubke y Lubke, 2013).

Las concentraciones de K, Ca, Mg, Cu y Ni se mantuvieron iguales en los tres periodos de muestreo. A las 24 h se registraron las mayores concentraciones de P, S, Fe, B, Mn, Mo y Zn (Cuadro 7 y 8).

Las concentraciones de Nt, P, K y Ca fueron altas en relación a las obtenidas Ochoa-Martínez *et al.* (2009) en la extracción de tés aireados incubados por 24 h. Con respecto a Mg, Zn y Cu, se obtuvieron concentraciones menores a las reportadas por tales autores.



**Figura 3. Concentración de nitrógeno total,  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$  en función del tiempo de incubación.**

**Cuadro 7. Concentración de macronutrientos de los téis en función del tiempo de incubación.**

Tiempo de incubación (h)	P	K	Ca	Mg	S
	----- mg L <sup>-1</sup> -----				
8	19.96c <sup>§</sup>	304.51a	71.22a	62.22a	96.47b
	(±4.6)	(±195.7)	(±36.1)	(±37.4)	(±48.8)
16	22.75b	307.02a	73.56a	64.36a	99.24ab
	(±4.9)	(±193.1)	(±36.5)	(±38.0)	(±49.5)
24	25.60a	320.09a	73.54a	63.16a	102.48a
	(±5.3)	(±212.3)	(±33.8)	(±35.6)	(±53.5)

<sup>§</sup>Medias con letras iguales en cada columna, son estadísticamente similares (Tukey,  $\alpha= 0.05$ ). Valores dentro de paréntesis indican la desviación estándar.

**Cuadro 8. Concentración de micronutrientos de los téis en función del tiempo de incubación.**

Tiempo de incubación (h)	B	Mn	Cu	Fe	Mo	Zn	Na	Ni
	----- mg L <sup>-1</sup> -----							
8	0.586b <sup>§</sup>	0.072b	0.086a	0.400b	0.105ab	0.098ab	130.86a	0.031a
	(±0.18)	(±0.06)	(±0.05)	(±0.32)	(±0.06)	(±0.06)	(±65.3)	(±0.01)
16	0.633ab	0.089ab	0.091a	0.427ab	0.100b	0.095b	135.16a	0.032a
	(±0.20)	(±0.08)	(±0.05)	(±0.36)	(±0.05)	(±0.06)	(±64.9)	(±0.02)
24	0.680a	0.105a	0.104a	0.523a	0.119a	0.119a	133.99a	0.038a
	(±0.20)	(±0.09)	(±0.06)	(±0.45)	(±0.06)	(±0.07)	(±56.5)	(±0.02)

<sup>§</sup>Medias con letras iguales en cada columna, son estadísticamente similares (Tukey,  $\alpha= 0.05$ ). Valores dentro de paréntesis indican la desviación estándar.

En los últimos años, los agricultores que producen orgánicamente y otros que desean minimizar el uso de fertilizantes y pesticidas buscan alternativas para la producción como el uso de extractos acuosos de compost y vermicompost. Estos líquidos denominados téis, son mucho más fáciles de transportar y aplicar a los cultivos que los materiales sólidos (Arancon *et al.*, 2007). Puesto que la eficiencia de los téis dependen de la preparación, la manipulación del proceso de producción de los téis de compost y vermicompost y el uso de nuevas técnicas para la caracterización de la materia orgánica y el perfil de la comunidad microbiana puede mejorar la eficacia y la fiabilidad del control de una determinada enfermedad (St. Martin y

Brathwaite, 2012). Además el tener información de las concentraciones nutrimentales de los extractos, posibilita su empleo para la nutrición de cultivos.

#### **2.4. Conclusiones**

El origen del vermicompost utilizado en la elaboración de los tés muestra alta correlación con el contenido nutrimental, pH y CE. Los tés elaborados a partir del vermicompost de pasto y la mezcla de estiércol de borrego y bovino presentaron mayor pH así como CE más alta reflejada en mayor concentración de nutrientes.

La relación 1:2 (vermicompost:agua) ofrece la ventaja de obtener tés concentrados con valores más altos de pH, CE y concentración de nutrientes, lo que representa una alternativa para su uso en la elaboración de soluciones nutritivas más diluidas.

De acuerdo con lo realizado en el presente experimento el tiempo de incubación más adecuado para la extracción de tés es de 8 h.

#### **2.5. Literatura citada**

Alcántar G. G., L. I. Trejo-Téllez, L. Fernández P., y M. N. Rodríguez M. 2009. Elementos esenciales *In:* Alcántar, G. G. y Trejo, T. L. I. (eds.). Nutrición de cultivos. Ediciones Mundi-Prensa. México, D. F. 454 p.

Arancon Q. N., C. A. Edwards, R. Dick, and L. Dick. 2007. Vermicompost tea production and plant growth impacts. *BioCycle* 48(11): 51-52.

Atiyeh R. M., S. Lee, C. A. Edwards, N. Q. Arancon, and J. D. Metzger. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Bioresource Technology* 84: 7-14.

Błońska E. 2010. Enzyme activity in forest peat soils. *Folia Forestalia Polonica, series A*, 52 (1): 20–25.

- Bremner J. M. 1965. Inorganic forms of nitrogen. In: C. A. A. Black (ed.). *Methods of soil analysis*. Part 2. Agronomy 9. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin. Pp. 1179-1206.
- Dionne A., R. J. Tweddell, H. Antoun, and T. J. Avis. 2012. Effect of non-aerated compost teas on damping-off pathogens of tomato. *Canadian Journal of Plant Pathology* 34(1): 51–57.
- Durán L., y C. Henríquez. 2007. Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense* 31(1): 41-51.
- Fritz J. I., I. H. Franke-Whittle, S. Haindl, H. Insam, and R. Braun. 2012. Microbiological community analysis of vermicompost tea and its influence on the growth of vegetables and cereals. *Canadian Journal of Microbiology* 58(7): 836-847.
- García C., T. Hernández, and F. Costa. 1991. The influence of composting on the fertilizing value of an anaerobic sewage sludge. *Plant Soil* 136: 269-272.
- Haggag W. M., and M. S. Saber M. 2007. Suppression of early blight on tomato and purple blight on onion by foliar sprays of aerated and nonaerated compost teas. *Journal of Food Agriculture and Environment* 5: 302–309.
- Hargreaves C. J., M. A. Sina, and P. R. Warman. 2009. Are compost teas an effective nutrient amendment in the cultivation of strawberries? Soil and plant tissue effects. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 89: 390–397.
- Ingham E. 2005. *The Compost Tea Brewing Manual; Latest Methods and Research*. Soil Food Web Incorporated, Fifth Edition. Corvallis, OR. 79 p.

- Korner I., and R. Stegmann. 1998. Influence of biowaste composition and composting parameters on nitrogen dynamics during composting and on nitrogen contents in compost. *Acta Horticulturae* 469: 97-109.
- Lubke U., and S. Lubke. 2013. El Compost Microbiológico Controlado. Una solución sostenible para el tratamiento de suelos y cultivos. Soluciones agrícolas y medioambientales. Disponible en: [www.samsoluciones.es](http://www.samsoluciones.es) (Consultado: 05/01/13).
- Mengel K., and E. A. Kirkby. 1987. Principles of plant nutrition. International Potash Institute, Bern, 687pp.
- NOSB. 2004. Compost Tea Task Force Final Report. National Organic Standards Board. 2004. [www.ams.usda.gov/nosb/meetings/CompostTeaTaskForceFinalReport.pdf](http://www.ams.usda.gov/nosb/meetings/CompostTeaTaskForceFinalReport.pdf).
- Ochoa-Martínez E., U. Figueroa-Viramontes, P. Cano-Ríos, P. Preciado-Rangel, A. Moreno-Reséndez, y N. Rodríguez-Dimas. 2009. Té de Composta como Fertilizante Orgánico en la Producción de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en Invernadero. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 15 (3): 245-250.
- Pant A. P., T. J. K. Radovich, N. V. Hue, S. T. Talcott, and K. A. Krenek. 2009. Effects of Vermicompost tea (Aqueous extract) on Pak Choi Yield, Quality, and on Soil Biological properties. *Compost Science and utilization* 19 (4): 279-292.
- Pant A. P., T. J. K. Radovich, N. V. Hue, and N. Q. Arancon. 2011. Vermicompost extracts influence growth, mineral nutrients, phytonutrients and antioxidant activity in pak choi (*Brassica rapa* cv. Bonsai, Chinensis group) grown under vermicompost and chemical fertilizer. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 89: 2383-2392.

- Pant A. P., T. J. K. Radovich, N. V. Hue, and R. E. Paull. 2012. Biochemical properties of compost tea associated with compost quality and effects on pak choi growth. *Scientia Horticulturae* 148: 138–146.
- Preciado-Rangel P., M. Fortis-Hernández, J. L. García-Hernández, E. Rueda-Puente, J. R. Esparza-Rivera, A. Lara-Herrera, M. A. Segura-Castruita, y J. Orozco-Vidal. 2011. Evaluación de soluciones nutritivas orgánicas en la producción de tomate en invernadero. *Interciencia* 36 (9): 689-693.
- Scheuerell S. J. 2003. Understanding how compost tea can control disease. *BioCycle* 44 (2): 20-25.
- Scheuerell S. J. 2004. Compost tea production practices, microbial properties, and plant disease suppression. I International Conference Soil And Compost Eco-Biology September 15th – 17th. León – Spain.
- Scheuerell S. J., and W. F. Mahaffee. 2006. Variability associated with suppression of gray mold (*Botrytis cinerea*) on geranium by foliar applications of nonaerated and aerated compost teas. *Plant Disease* 90: 1201–1208.
- St. Martin C. C. G., and R. A. I. Brathwaite. 2012. Compost and compost tea: Principles and prospects as substrates and soilborne disease management strategies in soil-less vegetable production. *Biological Agriculture and Horticulture* 28(1): 1–33.
- Velasco-Velasco J., B. Figueroa-Sandoval, R. Ferrera-Cerrato, A. Trinidad-Santos, y J. Gallegos-Sánchez. 2004. CO<sub>2</sub> y dinámica de poblaciones microbianas en composta de estiércol y paja con aireación. *Terra Latinoamericana* 22 (3): 307-316.

### **CAPÍTULO III. EFLUENTE Y TÉ DE VERMICOMPOST EN LA PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS DE HOJA EN SISTEMA NFT.**

#### **VERMICOMPOST EFFLUENT AND TEA IN THE PRODUCTION LEAFY VEGETABLES IN SYSTEM NFT.**

##### **Resumen**

El objetivo de la investigación fue comparar la eficiencia nutrimental del té y efluente de vermicompost en tres especies vegetales en un sistema hidropónico NFT. El experimento se llevó a cabo en Montecillo, Texcoco, Estado de México, en un invernadero tipo túnel de mayo a agosto de 2012. Las especies utilizadas fueron albahaca (*Ocimum basilicum* L.) cv. Minimum, cilantro (*Coriandrum sativum* L.) cv. Caribe y lechuga (*Lactuca sativa* L.) cv Escala. La solución nutritiva tuvo efecto positivo significativo sobre la altura, diámetro de tallo, lecturas SPAD, área foliar, pesos secos de raíz, de tallo, de hojas y total de las plantas. El té de vermicompost favoreció el desarrollo de la albahaca y lechuga de forma similar a la solución nutritiva formulada con fuentes químicas obteniéndose en ambos tratamientos los mejores resultados en altura, diámetro de tallo, área foliar, pesos secos de tallo y de hojas de albahaca; empero, el mayor peso seco de raíz (1.403 g) y de biomasa total (3.013 g) se registraron con el té. En plantas de cilantro el mejor desarrollo se presentó en aquellas nutridas con té de vermicompost, mientras que en aquellas tratadas con el efluente se registraron valores bajos en los tres cultivos. Con el té se obtuvo en lechuga los mayores valores de biomasa total (7.219 g) y de lecturas SPAD (28.10), las demás variables fueron estadísticamente iguales a las de la solución Steiner. El té de vermicompost resultó ser una fuente nutrimental suficiente para el desarrollo de las especies evaluadas, por lo que se recomienda como alternativa para la producción en sistemas hidropónicos.

**Palabras clave:** solución nutritiva, producción orgánica, índices de crecimiento.

## **Abstract**

The aim of this research was to compare the nutritional efficiency of vermicompost tea and effluent in three plant species in a NFT hydroponic system. The experiment was conducted in Montecillo, Texcoco, State of Mexico, in a tunnel-type greenhouse from May to August 2012. The species and cultivars used were basil (*Ocimum basilicum* L.) cv Minimum, coriander (*Coriandrum sativum* L.) cv Caribe y lettuce (*Lactuca sativa* L.) cv Escala. The nutrient solution factor had a significant effect on height, stem diameter, SPAD readings, leaf area, root, stem and leaf dry weight and total plant biomass. Vermicompost tea favored the development of basil and lettuce in a similar way to the mineral solution, obtaining with both treatments the best results for the 2 plants in height, stem diameter, leaf area, stem dry weight and leaf dry weight; the best root dry weight (1.403 g) and total biomass (3.013 g) was recorded with tea. In coriander plants, the best development occurred in those in which the nutrition was with the application of the tea, while the effluent recorded low values in the three crops. For lettuce with tea, the highest total biomass (7.219 g) and SPAD readings (28.10) were obtained, while the other variables were statistically equal to those of the Steiner solution. Vermicompost tea proved to be a sufficient nutrient source for the development of the species analyzed, so it is recommended as an alternative production method in hydroponic systems.

**Keywords:** nutrient solution, organic production, growth rates.

### **3.1. Introducción**

A escala mundial se ha extendido la producción orgánica de hortalizas a través de diferentes sistemas de producción económica, social y ecológicamente aceptables que permiten la obtención en pequeñas superficies de alimentos en cantidad suficiente y con

aseguramiento de estándares de calidad para consumo, accesibles para toda la población. En los últimos años se han venido evaluando, como abonos orgánicos, los extractos acuosos de compost y vermicompost, comúnmente denominados té, así como los lixiviados o efluentes, subproductos de los procesos de compostaje y vermicompostaje. El vermicompost es un abono orgánico, de gran bioestabilidad que evita su putrefacción (Atiyeh *et al.*, 2002), contiene una carga enzimática y bacteriana que incrementa la solubilidad de los elementos nutritivos que favorecen el desarrollo de las plantas (Atiyeh *et al.*, 2000). El té de vermicompost es un extracto acuoso de alta calidad biológica que se consigue por una fermentación aeróbica del vermicompost y es producido mezclando éste con agua (NOSB, 2004). El té puede ser aplicado por medio de un sistema de riego presurizado, por lo que su uso puede adaptarse en sistemas de producción orgánica de cultivos en invernadero (Rippy *et al.*, 2004).

La aplicación de efluentes orgánicos, vía foliar o adicionados al suelo ha favorecido la sanidad vegetal y aumentado el rendimiento y la calidad de los frutos, de plantas aromáticas y de flores debido principalmente a que contienen microorganismos benéficos y a la mejora del estatus nutricional de la planta por contener nutrientes esenciales en la forma iónica en que éstos son absorbidos por las plantas (Ingham, 2005; Pant *et al.*, 2009a; Albert *et al.*, 2012); además de la producción de reguladores de crecimiento de plantas, tales como los ácidos húmicos y hormonas en el caso particular del vermicompost, que pueden contribuir a un mayor crecimiento y a los rendimientos de plantas (Arancon *et al.*, 2005).

En el sistema NFT, las plantas crecen teniendo las raíces dentro de una lámina de plástico, a través de la cual circula continuamente la solución nutritiva. La profundidad del

flujo del líquido debe ser pequeño (laminar), para que siempre haya disposición de oxígeno (Resh, 2006).

En el contexto anterior, el objetivo del presente trabajo fue comparar la calidad nutrimental de dos fuentes orgánicas (efluente y té de vermicompost) en la producción de hortalizas de hoja bajo el sistema NFT, para comprobar si la fertilización mineral tradicional puede ser sustituida de manera exitosa con estas fuentes orgánicas en la producción de cada especie y con menor costo.

### **3.2. Materiales y métodos**

El experimento se estableció en un invernadero tipo túnel del Área de Nutrición Vegetal del Colegio de Postgraduados, con cubierta de polietileno UVII-720 y estructura de acero galvanizado, con ventilación lateral a lo largo de la nave, localizado en Montecillo, Texcoco, Estado de México. Se llevó a cabo de mayo a agosto de 2012. Se trabajó con tres especies, albahaca (*Ocimum basilicum* L. cv. Minimum), cilantro (*Coriandrum sativum* L. cv. Caribe) y lechuga tipo romana (orejona) (*Lactuca sativa* L. cv. Escala).

Las soluciones nutritivas utilizadas fueron: solución de Steiner (Steiner, 1984) como testigo, solución de efluente de vermicompost y solución de té de vermicompost (Cuadro 1). Las tres soluciones se ajustaron a un valor de conductividad eléctrica (CE) de  $2 \text{ dS m}^{-1}$  con agua de la llave y a un pH de 5.5 con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado.

El efluente se colectó de un vermicompost hecho a base de estiércol bovino y paja de maíz. La colecta se hizo dos semanas después de la incorporación de las lombrices al proceso de degradación de los materiales.

La obtención del té de vermicompost se realizó solubilizando vermicompost maduro (color negro, textura fina, olor a tierra húmeda) con agua mediante una relación 1:4 por lo que

se utilizaron 6 kg de vermicompost (colocados en una bolsa de organza) para 24 L de agua. La incubación se realizó por espacio de 12 h, durante el tiempo en que se realizó la incubación, se removió un par de veces para airear la infusión. El té resultante mostró una CE de  $3.47 \text{ dS m}^{-1}$  y pH de 7.75.

Se realizó el análisis nutrimental de las dos fuentes orgánicas por el método Kjeldahl para nitrógeno total, amonio y nitrato por arrastre de vapor. Para la determinación de P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Zn, Mn y B se pesó 0.5 g de la muestra, con la que se realizó una digestión húmeda y finalmente los extractos resultantes fueron leídos en un equipo de espectroscopia de emisión atómica de inducción por plasma ICP-VARIAN 725-ES obteniendo los valores reportados en el Cuadro 1. La conductividad eléctrica y el pH se midieron con un medidor portátil (CONDUCTRONIC PC18).

Para el almacenamiento de las soluciones se usaron contenedores de plástico de 20 L. A partir de estas soluciones se hicieron diluciones hasta obtener las CE manejadas durante el experimento de NFT. Para obtener una CE de  $1.0 \text{ dS m}^{-1}$ , se hizo una dilución 1:4 y para una CE de  $2.0 \text{ dS m}^{-1}$  una relación de 1:1. El pH fue ajustado a 5.5 con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado.

En la preparación de la solución testigo se tomó en cuenta la relación de aniones y cationes (Steiner, 1984). Los fertilizantes utilizados en la preparación de solución Steiner fueron  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  y  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  como fuentes de macronutrientes. Para los micronutrientes se preparó una solución de 1 L con  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (0.22 g),  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (0.18 g),  $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  (1.81 g),  $\text{H}_3\text{BO}_3$  (2.88 g),  $\text{H}_2\text{MoO}_4$  (0.02 g) y se utilizó un quelato de hierro ( $5 \text{ mg L}^{-1}$ ); de esta solución concentrada se agregó  $1 \text{ mL L}^{-1}$  de solución nutritiva.

Para verificar que las soluciones orgánicas estaban libres de bacterias patógenas se evaluó la población de las cepas bacterianas de *Salmonella* spp. y *Escherichia coli* mediante un análisis realizado por la empresa GISENA (Grupo Integral de Servicios Fitosanitarios Ena, S. A. de C. V). Ambas soluciones fueron reportadas sin peligros (Anexos 12 y 13), encontrándose valores por debajo de los límites permisibles de acuerdo a las normas de inocuidad para cada microorganismo, *Escherichia coli* <10 UFC/g (PROY-NOM-210-SSA1-2002) y *Salmonella* spp. ausente en 25 g (NOM-114-SSA1-1994).

**Cuadro 1. Análisis nutrimental de las soluciones nutritivas empleadas**

Nutrimento	Té	Té	Efluente	Efluente	Steiner
	3.47 dS m <sup>-1</sup>	CE 2.0 dS m <sup>-1</sup>	CE 11.6 dS m <sup>-1</sup>	CE 2.0 dS m <sup>-1</sup>	
	----- mg L <sup>-1</sup> -----				
N total	175.60	157.0	194.7	121.30	168
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	44.69	31.92	25.54	22.34	-
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	226.63	95.76	22.34	25.54	744
P	45.59	18.85	154.12	16.46	15.5
K	367.99	153.17	1414.52	145.98	273
Ca	44.15	35.28	237.15	43.99	180
Mg	29.39	26.01	221.80	34.48	48.6
S	112.04	57.19	340.89	45.92	112

Para la instalación del sistema NFT se utilizaron tubos de PVC (82 mm x 6 m de largo) a los que se les hizo perforaciones cada 20 cm (30 por tubo). Los tubos (cinco por solución) estuvieron sostenidos en bases de metal con una ligera pendiente (4%) para facilitar la recirculación de la solución (Resh, 2006).

La solución nutritiva mineral y las fuentes orgánicas se prepararon por separado en tanques de 70 L y se utilizaron bombas para recircularlas. La recirculación de la solución nutritiva fue realizada durante 5 min por hora, mediante bombas programadas con un temporizador.

Las plantas de albahaca, cilantro y lechuga provenientes del almácigo se trasplantaron a los tubos de PVC cuando tuvieron de 2 a 3 hojas verdaderas. Para mantener las plantas en el sistema NFT se les colocó un vaso de plástico de 100 mL y un trozo de hule espuma para sujetarla y posteriormente ser puesta en las perforaciones del tubo, teniendo cuidado de no dañar las raíces durante el trasplante. Las plantas se mantuvieron con solución Steiner al 25%, a los 7 días posteriores al trasplante se aplicaron los tratamientos ajustados a una CE de 1.0 dS m<sup>-1</sup> y a la semana ésta se aumentó a 2.0 dS m<sup>-1</sup>.

El diseño experimental utilizado fue parcelas divididas donde el factor principal fue la solución nutritiva; los tubos de PVC y especies fueron los subfactores. Se tuvieron siete repeticiones por tratamiento.

La cosecha se hizo 43 días después del trasplante (ddt) para albahaca y cilantro; y 52 ddt para la lechuga. Las variables evaluadas fueron: altura de planta determinada con cinta métrica; diámetro de tallo medido con un vernier digital (TRUPER Stainless Steel); lecturas SPAD usando un medidor portátil de clorofila SPAD (Minolta 502); área foliar (cm<sup>2</sup>) utilizando un integrador de área foliar (LICOR LI-300), biomásas secas de raíz, de tallo y de hojas determinadas con una balanza analítica (OHAUS Adventurer Pro AV213C). Con las medidas directas de área foliar y peso seco, se calcularon los índices de crecimiento indicados en el Cuadro 2.

Para analizar los datos se hizo el análisis de varianza ( $\alpha=0.05$ ) del diseño experimental y además pruebas de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) apoyado del paquete estadístico SAS V9.3 para determinar el efecto de las soluciones nutritivas sobre las diferentes especies.

**Cuadro 2. Fórmulas para el cálculo de los índices de crecimiento.**

<b>Índice de crecimiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Unidades</b>
Razón de Área Foliar (RAF)	Es la relación entre el área foliar y el peso seco total de la planta.	AF/PST	cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup>
Área Foliar Específica (AFE)	Representa la superficie foliar por gramo de hoja	AF/PSH	cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup>
Proporción de Hoja (PH)	Es la relación de la biomasa de hojas y la biomasa total de la planta	PSH/PST	g g <sup>-1</sup> (o adimensional)
Proporción de Tallo (PT)	Es la relación de la biomasa del tallo y la biomasa total de la planta	PST/PST	g g <sup>-1</sup> (o adimensional)
Proporción de Raíz (PR)	Es la relación de la biomasa de la raíz y la biomasa total de la planta	PSR/PST	g g <sup>-1</sup> (o adimensional)

Fuente: Gardner *et al.*, 1990; Hunt *et al.*, 2002.

### 3.3. Resultados y discusión

El análisis de varianza de los datos en base al diseño experimental planteado (Anexo 3), mostró diferencias altamente significativas principalmente para la parcela grande (solución nutritiva), así como para los tratamientos establecidos que son las diferentes especies vegetales (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Efecto de las fuentes de variación sobre aspectos agronómicos e índices de crecimiento de las especies vegetales.**

F.V	G.L.	Altura	DT	SPAD	AF	BSR	BST	BSH	BT	RAF	AFE	PH	PT	PR
<b>P</b>	2	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>B</b>	4	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	ns
<b>P(B)</b>	8	ns	ns	ns	ns	*	**	*	*	ns	ns	ns	ns	ns
<b>T</b>	2	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>B(T)</b>	8	*	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	**	ns	*

F.V.= Fuente de variación; G.L.= Grados de libertad; P=Parcela grande (solución nutritiva); B=Bloque (tubo); T=tratamiento (especie). DT=diámetro de tallo; AF=área foliar; BSR=biomasa seca de raíz; BST=biomasa seca de tallo; BSH=biomasa seca de hoja; BT=biomasa total; RAF=razón de área foliar; AFE=área foliar específica; PH=proporción de hoja; PT=proporción de tallo; PR=proporción de raíz; ns = No significativo; \* = Significativo al 5 %; \*\* = Altamente significativo al 5 %.

Los resultados obtenidos muestran evidencia que el té de vermicompost como fuente nutrimental es suficiente para el desarrollo de las especies evaluadas, ya que con éste se obtienen resultados comparables en algunas variables, a los obtenidos con la solución Steiner; incluso, en algunas variables la supera. Por el contrario, los resultados muestran que el abastecimiento nutrimental a partir del efluente de vermicompost con un valor de CE ajustado a  $2.0 \text{ dS m}^{-1}$ , no favorece el desarrollo de las tres especies (Cuadros 4, 5 y 6; Figuras 1, 2, 3 y 4; Anexos 4, 5 y 6).

En albahaca se encontraron diferencias estadísticas significativas en todas las variables en estudio por efecto de la solución nutritiva empleada (Cuadro 4, Figuras 1 y 2). La altura de planta y diámetro de tallo fueron mayores en plantas de albahaca tratadas con té de

vermicompost y con la solución Steiner (Cuadro 4). Es importante mencionar que el té de vermicompost aceleró el desarrollo de las plantas de albahaca, ya que la floración inició a los 40 ddt mientras que con la solución Steiner y efluente la floración aún no iniciaba cuando se realizaron las evaluaciones finales (43 ddt). Al respecto, Zheljaskov y Warman (2003) realizaron aplicaciones de compost en albahaca y observaron aumento en la floración con 20 y 40 % del compost, sin embargo a altas dosis (60%) la floración disminuyó, lo que indica que la aplicación de fuentes orgánicas no sólo acelera la fase de florecimiento, sino que además aumenta la floración. La aceleración de la fase de florecimiento de la aromática tiene que ver principalmente con el contenido de nutrientes, reguladores de crecimiento y a los microorganismos benéficos que contiene el vermicompost (Atiyeh *et al.*, 2002) y se usó el té proveniente de éste.

En un estudio realizado por Cabanillas *et al.* (2006) en plantas de albahaca, las variables de crecimiento se incrementaron significativamente cuando se utilizó vermicompost en comparación con urea, concluyendo que este aumento de vigor prepara a la planta para las etapas de desarrollo, llegando al adelanto de la inducción e inicio de floración, que se traduce en un incremento significativo de los componentes del rendimiento.

**Cuadro 4. Parámetros agronómicos evaluados en albahaca a la cosecha.**

<b>Solución</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Diámetro tallo (mm)</b>	<b>Lecturas SPAD</b>	<b>Área foliar (cm<sup>2</sup>)</b>
Steiner	27.56a <sup>§</sup> (±4.5)	5.71 a (±0.8)	35.66b (±6.5)	311.33a (±97.9)
Efluente	10.80b (±2.4)	3.49b (±0.7)	25.44c (±4.8)	28.52b (±10.1)
Té	30.22a (±7.6)	6.23 a (±1.2)	39.54a (±4.9)	291.11a (±89.1)

<sup>§</sup>Medias con letras iguales en cada columna, son estadísticamente similares (Tukey,  $\alpha= 0.05$ ). Valores dentro de paréntesis indican la desviación estándar.

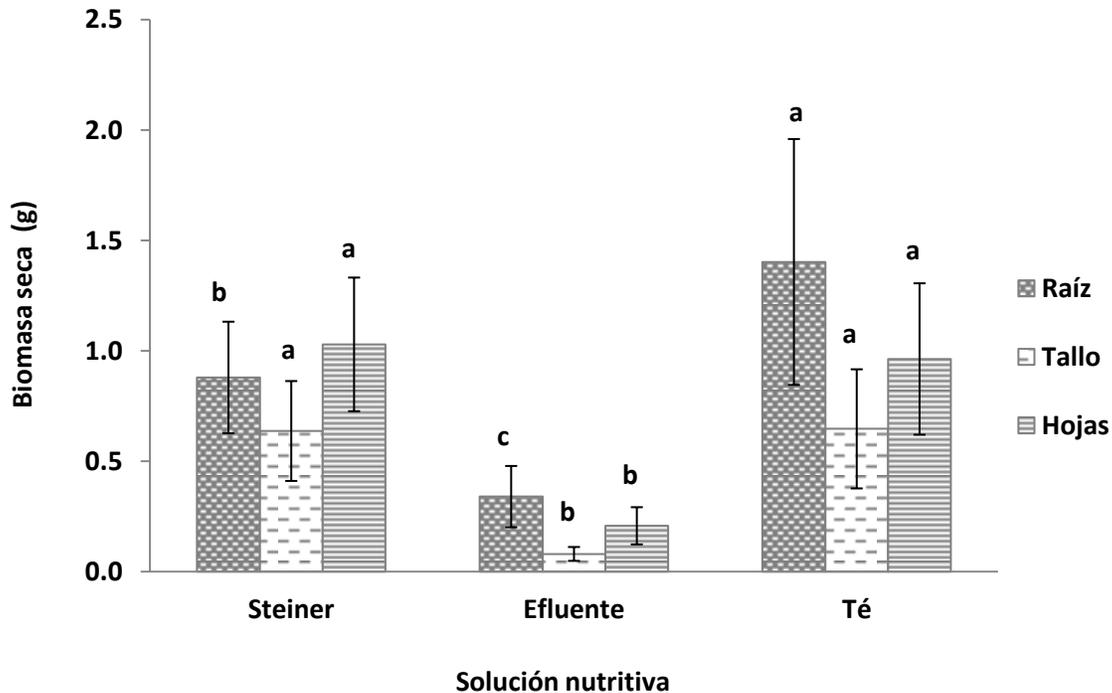
Con la solución con efluente, se presentó inhibición del crecimiento, dado que la altura promedio obtenida con esta solución nutritiva fue de 10.80 cm, y el diámetro de tallo fue de 3.48 mm, valores muy bajos comparados con las otras dos soluciones evaluadas, lo cual podría deberse a que a pesar de que el valor de la CE de la solución se ajustó a  $2 \text{ dS m}^{-1}$ , al igual que en las otras dos soluciones, la concentración de nutrientes en el efluente está más desbalanceada que en el té ya que éste se obtiene del vermicompost ya maduro y estable, provocando que la nutrición con efluente inhibiera el desarrollo. Atiyeh *et al.* (2002) obtuvieron mayor crecimiento de las plantas con tasas de aplicación bajas de ácidos húmicos derivados de vermicompost, lo cual nos indica que tanto el vermicompost como el efluente son un complejo nutrimental donde no sabemos exactamente que sustancias hay que estimulen el desarrollo de las plantas pero que a concentraciones elevadas lo inhiban.

Las lecturas SPAD, que se relacionan de forma positiva con el contenido de N en la planta, a través de la medición indirecta de clorofila (Krugh *et al.*, 1994) indicaron que tanto en la solución Steiner y como en el té de vermicompost, las plantas no tuvieron deficiencias de este elemento a diferencia del efluente (Cuadro 4). Lo anterior puede deberse a los mayores contenidos de  $\text{NO}_3^-$  en la solución Steiner y té de vermicompost.

Las plantas de albahaca con la mayor área foliar resultaron ser aquellas tratadas con la solución Steiner y el té de vermicompost, registrándose valores de 311.27 y 291.11  $\text{cm}^2$ , respectivamente (Cuadro 4). La mayor cantidad de los aceites esenciales, que es uno de los productos activos principales de este cultivo se encuentra en las hojas (Sam *et al.*, 2002), por lo que mayor área representa la posibilidad de incrementar la cantidad de aceites. Hendawy *et al.* (2010) estudiaron el crecimiento, rendimiento y porcentaje de aceite en plantas de tomillo tratadas con diferentes tipos de fertilizantes orgánicos y encontraron que el compost más té de

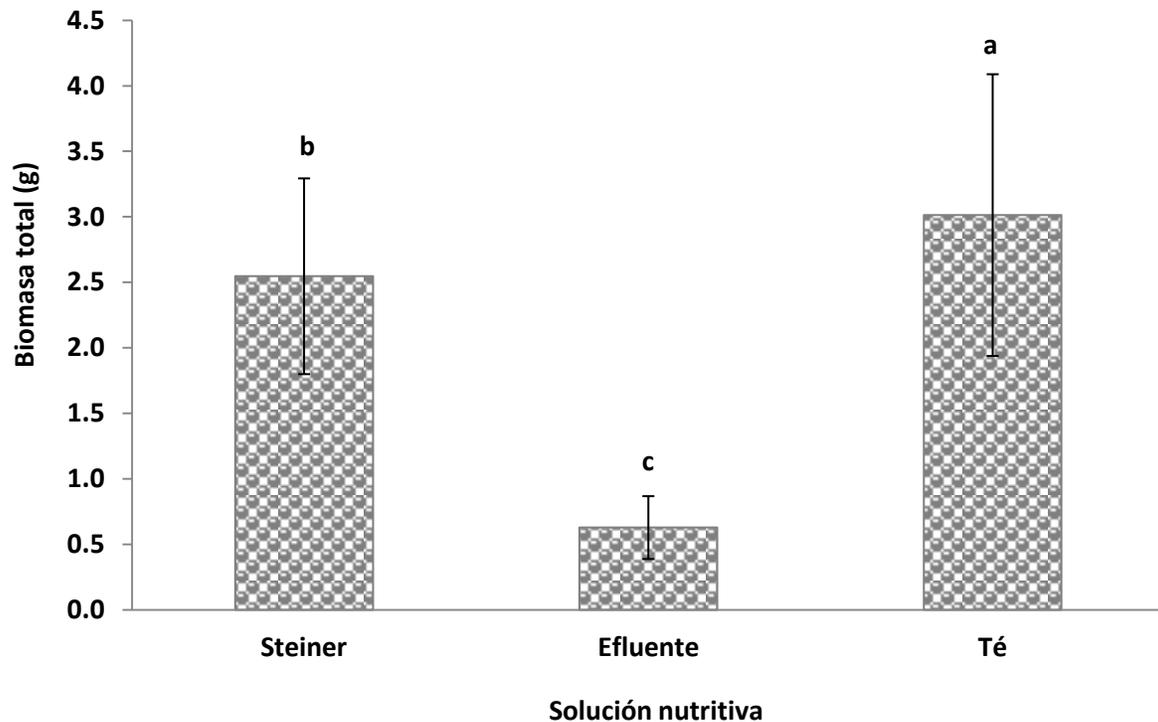
compost y roca fosfórica fueron superiores en los caracteres evaluados comparados con otros fertilizantes orgánicos como estiércol de oveja y bovino, además del control (sin aplicación de fertilizantes orgánicos).

La disponibilidad de P es un factor esencial que determina el crecimiento de la raíz, de tal forma que cuando la planta es privada de este elemento ocurren cambios en el sistema radical (Le Bot *et al.*, 1994). En plantas nutridas con té de vermicompost se registró el mayor peso de la biomasa seca de la raíz, seguido de la solución Steiner (Figura 1), lo cual coincide con la mayor concentración de P en el té en relación a la solución Steiner y al efluente. Además de los nutrientes, los microorganismos y sustancias promotoras que contiene el té de vermicompost, contribuyen al crecimiento de la raíz (Ingham, 2005; Pant *et al.*, 2009a).



**Figura 1. Efecto de la solución nutritiva en la biomasa seca de órganos de las plantas de albahaca.** Medias correspondientes a cada órgano de la planta con letras iguales, son estadísticamente similares (Tukey,  $\alpha=0.05$ ). Las barras de error representan la desviación estándar.

La biomasa seca de tallo y hojas, se incrementó con la aplicación del té de vermicompost y la solución Steiner, mientras que el tratamiento con el efluente de vermicompost generó plantas con biomasa seca de tallo y hojas más bajas (Figura 1). La mayor biomasa total se obtuvo con el té de vermicompost (3.013g), seguido de la solución Steiner (2.546 g), con el efluente la biomasa total fue de 0.628 g (Figura 2). Zheljzakov y Warman (2003), trabajando con compost, también observaron incrementos en el rendimiento de la materia seca en albahaca.



**Figura 2. Efecto de la solución nutritiva en la biomasa total de las plantas de albahaca.** Medias con letras iguales, son estadísticamente similares (Tukey,  $\alpha= 0.05$ ). Las barras de error representan la desviación estándar.

En cilantro las plantas respondieron favorablemente a la solución de té de vermicompost, la sobrevivencia de éstas fue mayor (60%) en comparación con la registrada con el

tratamiento efluente (50%) y la solución Steiner (30%), observándose los mayores valores para el caso de todas las variables agronómicas estudiadas (Cuadro 5).

**Cuadro 5. Parámetros agronómicos evaluados en cilantro a la cosecha.**

<b>Solución</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Diámetro tallo (mm)</b>	<b>Lecturas SPAD</b>
Steiner	13.99b <sup>§</sup> (±5.2)	3.80b (±0.8)	19.52b (±5.8)
Efluente	13.31b (±4.4)	3.19b (±0.8)	20.72b (±6.1)
Té	27.78a (±6.4)	4.72a (±0.9)	30.96a (±4.2)

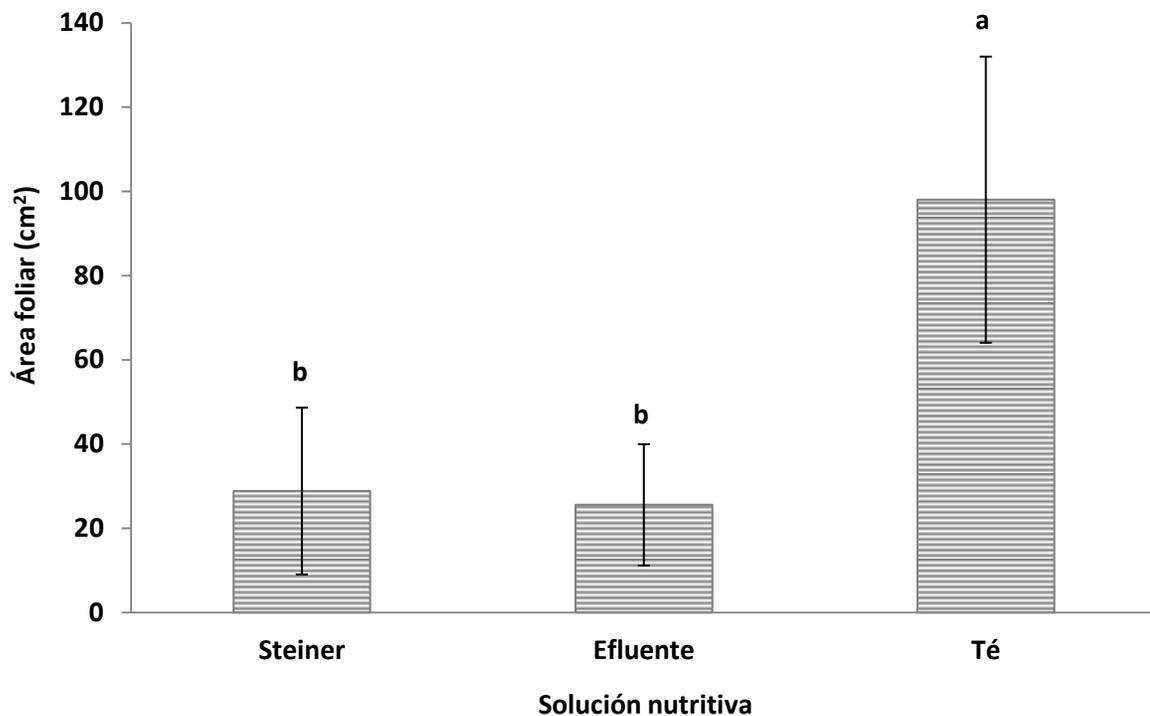
<sup>§</sup>Medias con letras iguales en cada columna, son estadísticamente similares (Tukey,  $\alpha=0.05$ ). Valores dentro de paréntesis indican la desviación estándar.

Para el consumo en fresco del cilantro las variables de crecimiento son muy importantes. Con la aplicación del té de vermicompost se obtuvo tanto la mayor altura 27.78 cm como el mayor diámetro de tallo 4.72 mm (Cuadro 5). Oliveira *et al.* (2002) evaluaron en cilantro diferentes dosis de fertilización con estiércol de bovino, encontraron un incremento de entre 0.42 cm y 1.5 cm en la altura de la planta a los 20 y 40 días respectivamente, en presencia de fertilización mineral. Casco e Iglesias (2005), realizaron un experimento en invernadero con plantas de maíz, en el cual evaluaron biofertilizantes líquidos, entre ellos efluente y té de lombricompost, encontrando que el tratamiento con fertilización al suelo con el lixiviado líquido procedente del método de obtención llamado té de lombricompost, generó plantas de mayor altura y con mejor conformación. Resultados similares encontraron Méndez *et al.* (2012) al aplicar lombricompost en maíz criollo combinada con la aplicación foliar de té de humus, con lo que se estimuló que las plantas crecieran con mayor biomasa. La altura y el diámetro de tallos de plantas tratadas con la solución Steiner y con el efluente no fueron diferentes estadísticamente.

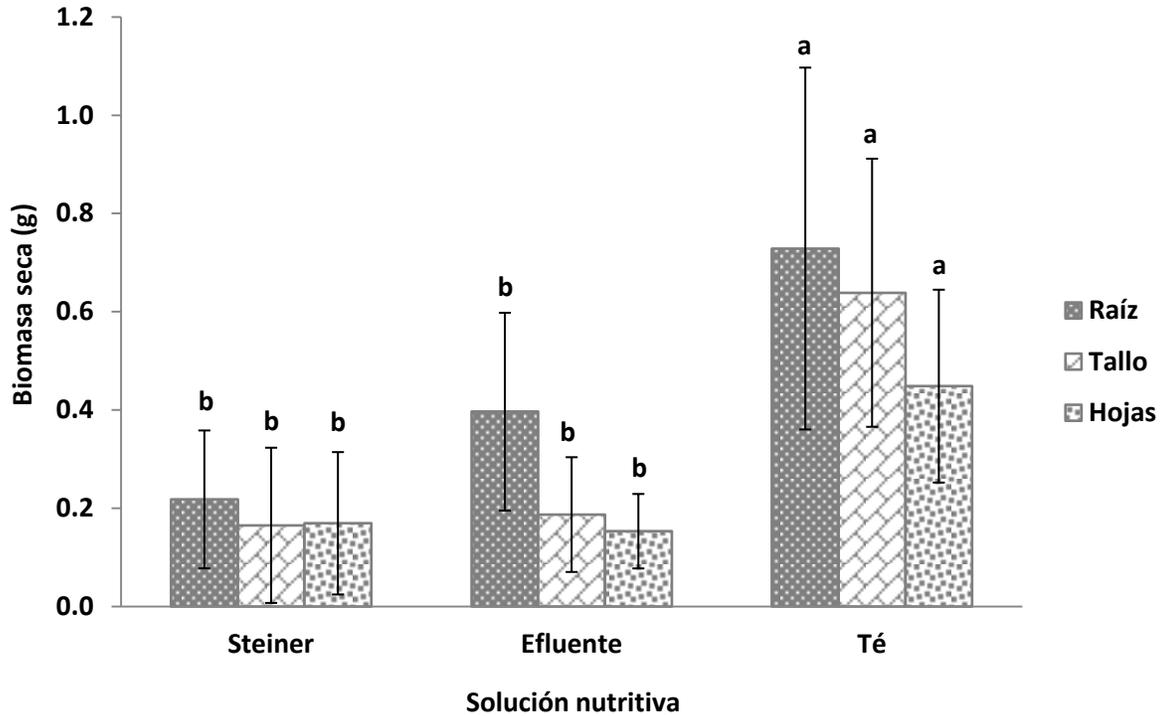
El mayor valor de lecturas SPAD se registró en las plantas que crecieron con el té de vermicompost por lo que no se presentaron deficiencias de N, no así para el caso de la

solución Steiner y efluente (Cuadro 5) donde se advirtieron síntomas visuales de deficiencias de N (clorosis) y P (coloración púrpura).

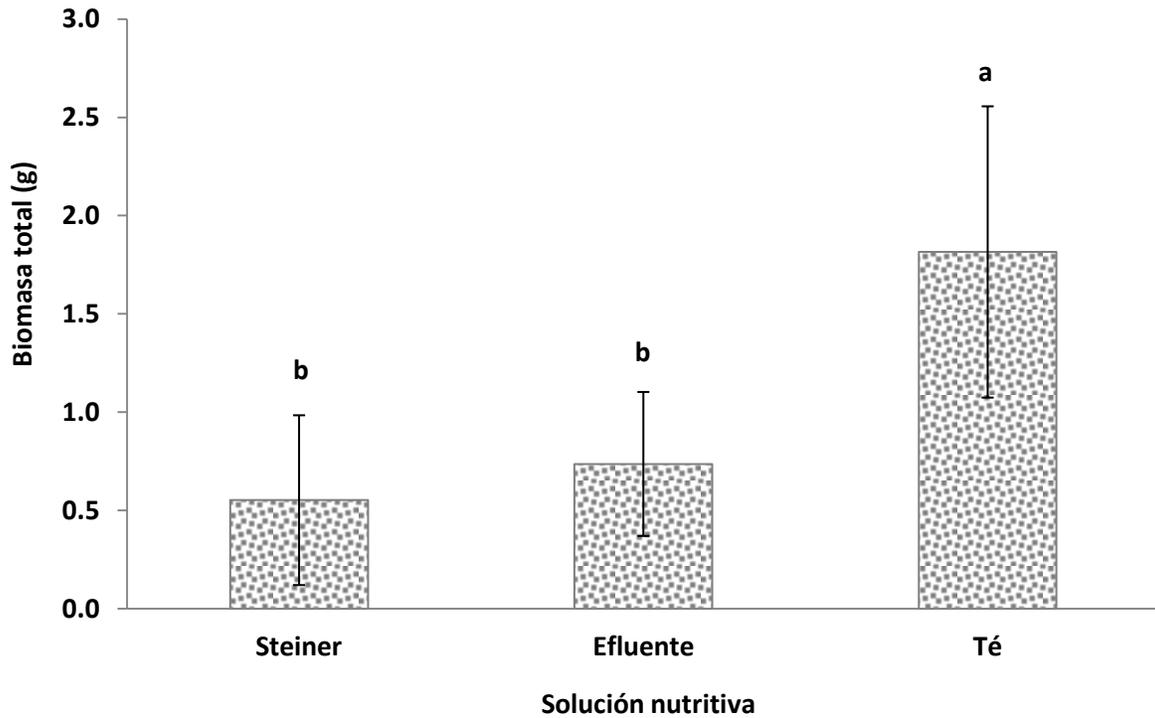
El área foliar, biomasa seca de órganos y la biomasa total de plantas tratadas con té, fueron estadísticamente superiores al registrado en las plantas del resto de los tratamientos, los cuales no fueron diferentes estadísticamente (Figuras 3, 4 y 5).



**Figura 3. Área foliar de las plantas de cilantro en función de la solución nutritiva.** Medias con letras iguales, son estadísticamente similares (Tukey,  $\alpha= 0.05$ ). Las barras de error representan la desviación estándar.



**Figura 4. Efecto de la solución nutritiva en la biomasa seca de órganos de las plantas de cilantro.** Medias correspondientes a cada órgano de la planta con letras iguales, son estadísticamente similares (Tukey,  $\alpha=0.05$ ). Las barras de error representan la desviación estándar.



**Figura 5. Efecto de la solución nutritiva en la biomasa total de las plantas de cilantro.** Medias con letras iguales, son estadísticamente similares (Tukey,  $\alpha=0.05$ ). Las barras de error representan la desviación estándar.

El cultivo de lechuga, al igual que las otras dos especies aceleró su desarrollo con el té de vermicompost, observándose diferencias notorias a los 10 días de tratamiento. Las plantas tratadas con esta solución además de ser más grandes, presentaban coloración verde uniforme, sin indicios de deficiencias nutrimentales. Ochoa-Martínez *et al.* (2009) evaluaron el tratamiento de tomate en invernadero con té de composta y no observaron síntomas de deficiencia nutrimental, lo cual es similar a lo observado en la presente investigación, por lo que podemos afirmar que el té de composta abasteció las necesidades de N y otros nutrimentos en las especies. Así, las plantas tratadas con té no fueron diferentes estadísticamente en los parámetros agronómicos, a las plantas tratadas con solución Steiner, con excepción de la variable SPAD (Cuadro 6).

**Cuadro 6. Parámetros agronómicos evaluados en lechuga a la cosecha.**

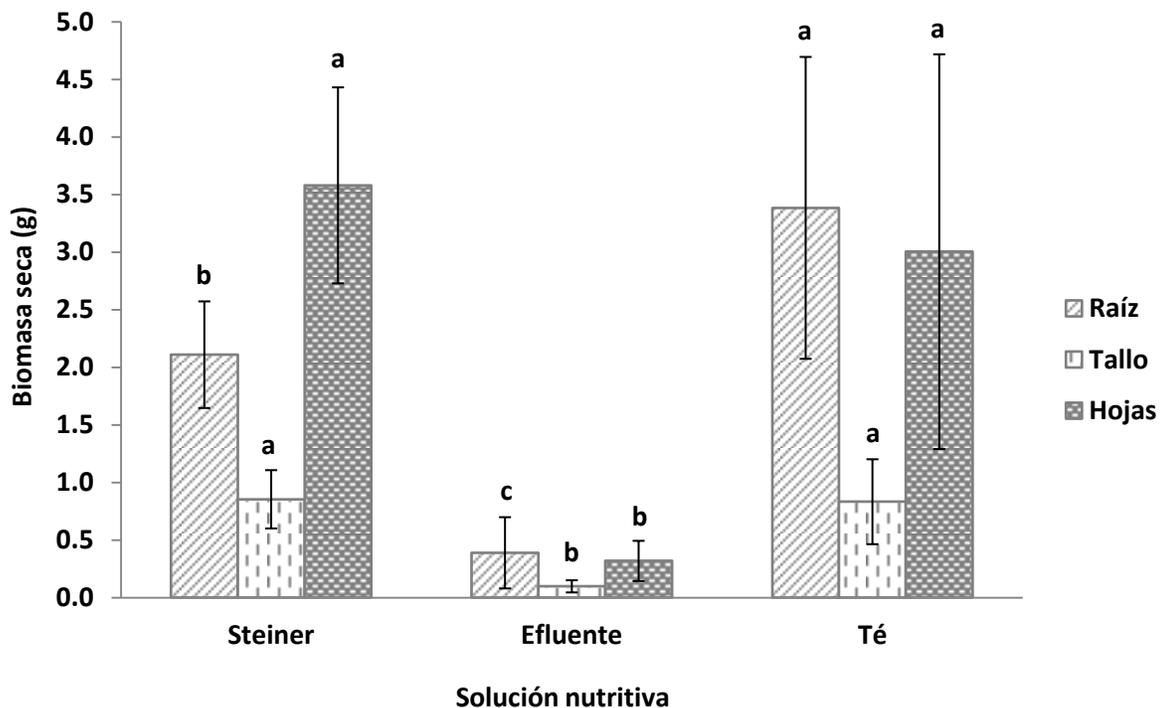
<b>Solución</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Diámetro tallo (mm)</b>	<b>Lecturas SPAD</b>	<b>Área foliar (cm<sup>2</sup>)</b>
Steiner	18.86a <sup>§</sup> (±2.0)	11.86a (±1.2)	23.06b (±2.4)	1212.64a (±250.7)
Efluente	8.29b (±1.3)	4.89b (±1.2)	23.11b (±3.4)	67.38b (±38.4)
Té	18.91a (±2.4)	12.66a (±2.0)	28.10a (±4.3)	1112.18a (±397.9)

<sup>§</sup>Medias con letras iguales en cada columna, son estadísticamente similares (Tukey,  $\alpha=0.05$ ). Valores dentro de paréntesis indican la desviación estándar.

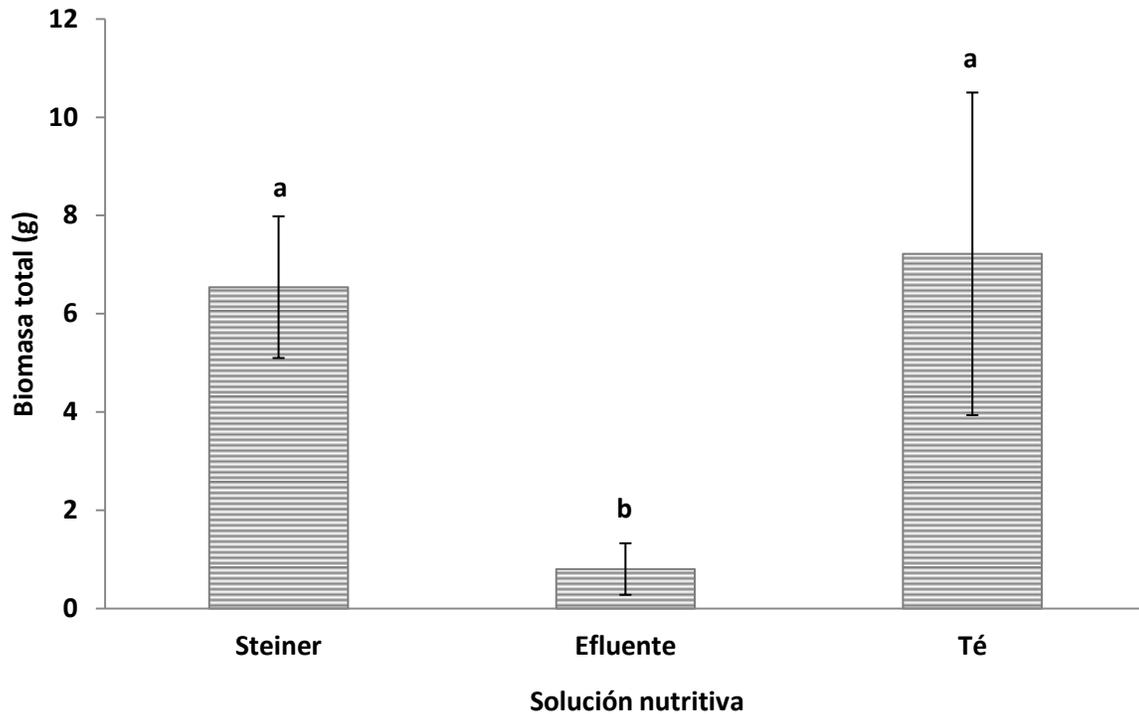
El incremento en el área foliar promovido por el té de vermicompost en esta investigación es similar a lo reportado por Pant *et al.* (2009b) quienes evaluaron tres té de vermicompost obtenidos por diferentes métodos de extracción, no aireado, aireado y aireado té potenciado con microorganismos en pak choi, los cuales incrementaron el área foliar de las plantas. Una de las propiedades del té de vermicompost es el contenido de sustancias que promueven el crecimiento (Ingham, 2005; Albert *et al.*, 2012), lo cual probablemente influyó

en el caso de las tres especies evaluadas en este experimento, como lo muestran los resultados de biomasa seca por órgano y total en lechuga en las Figuras 6 y 7.

Para el caso de las especies aquí evaluadas, no se ha registrado información sobre el uso de té de vermicompost. En otros cultivos como tomate, Preciado-Rangel *et al.* (2011) evaluaron calidad de fruto utilizando lixiviado y té de compost y vermicompost, concluyendo que el tipo de fertilización influye en la calidad de los frutos de tomate. En forraje verde hidropónico, se evaluó el té de compost y una solución nutritiva química en forraje de maíz, encontrando que la producción con té de compost fue similar en rendimiento y calidad nutricional a la obtenida con la fertilización inorgánica, por lo que es factible la utilización del té de compost como sustituto de la fertilización química en la producción de forraje hidropónico (Salas-Pérez *et al.*, 2010).



**Figura 6. Efecto de la solución nutritiva en la biomasa seca de órganos de las plantas de lechuga.** Medias correspondientes a cada órgano de la planta con letras iguales, son estadísticamente similares (Tukey,  $\alpha=0.05$ ). Las barras de error representan la desviación estándar.



**Figura 7. Efecto de la solución nutritiva en la biomasa total de las plantas de lechuga.** Medias con letras iguales, son estadísticamente similares (Tukey,  $\alpha= 0.05$ ). Las barras de error representan la desviación estándar.

En plantas de borraja (*Borago officinalis* L.) también se ha probado el efecto positivo del té, donde se incrementó significativamente la altura de planta, peso fresco y seco de la parte aérea, las flores y el número de ramas y retoños (Ezz El-Din y Hendawy, 2010), así como en nabo (*Brassica rapa* L.), donde éste incrementa el contenido de carbohidratos (El-Sherbeny *et al.*, 2012).

### Índices de crecimiento

El análisis de crecimiento es una aproximación cuantitativa para entender el crecimiento de una planta o de una población de plantas bajo condiciones ambientales naturales o controladas. Es una técnica que utiliza modelos matemáticos para cuantificar la relación existente entre el crecimiento de una planta, la producción de materia seca y la expansión de

área foliar, entre estos factores y una condición ambiental como la luz, el agua o los nutrientes (Clavijo, 1989). Las técnicas de análisis del crecimiento en plantas son una herramienta poderosa de comparación, tienen la gran ventaja de proveer medidas precisas del funcionamiento de la planta a través de intervalos de tiempo (Hunt, 1990).

**1. Razón de Área Foliar (RAF).** Estima la magnitud del aparato fotosintético de la planta y, es la relación entre el área foliar y el peso seco total de la planta (Gardner *et al.*, 1990). Este componente morfológico del crecimiento, se puede diseccionar en dos componentes: el área foliar específica (AFE) y la proporción de masa foliar (PMF) o proporción de hoja. La razón del área foliar (RAF), por tanto, equivale al producto de AFE por PMF (Cuéllar y Arrieta, 2010). Las plantas de albahaca sometidas a la solución Steiner registraron mayor RAF, seguidas por las del té de vermicompost (Cuadro 7), mientras que en plantas de cilantro y lechuga, la mayor RAF se registró con el té de vermicompost y la solución Steiner en relación con el efluente (Cuadros 8 y 9). La utilidad de este índice radica en comparar la eficiencia del dosel vegetal entre especies, cultivares y tratamientos como fechas de siembra, nutrimentos, etc. (Hunt *et al.*, 2002). En este estudio cuyo objetivo fue comparar las soluciones nutritivas en los tres cultivos, los resultados indican que el té de vermicompost y la solución Steiner incrementaron la eficiencia de la maquinaria fotosintética, en comparación con el efluente.

**2. Área Foliar Específica (AFE).** Mide el grosor de la hoja y representa la superficie foliar por gramo de hoja (Gardner *et al.*, 1990). En general, es una variable muy simple a nivel foliar, y está estrecha y positivamente asociada con las tasas de crecimiento relativo. Este rasgo aparentemente simple de la planta, el cociente entre la superficie y el peso de su hoja, puede explicar en ocasiones hasta el 80% de la variación en sus tasas de crecimiento. A pesar de que otros factores, como la proporción de biomasa distribuida en los diferentes órganos, las

tasas de fotosíntesis y respiración, o la composición química de la hoja, también deben intervenir de forma decisiva en las tasas de crecimiento (Villar *et al.*, 2004). Las plantas de albahaca regadas con la solución Steiner y té de vermicompost no presentaron diferencias estadísticas en el AFE, ambas superaron al efluente (Cuadro 7). En plantas de cilantro y lechuga, sobresalieron las tratadas con el té de vermicompost, seguidas por las de la solución Steiner y efluente (Cuadros 8 y 9). Por lo que podemos afirmar que tanto con el té de vermicompost como con la solución Steiner se logró mayor producción relativa de tejidos asimiladores.

**3. Proporción de Hoja (PH), Tallo (PT) y Raíz (PR).** Estos índices representan la fracción del total de biomasa que la planta distribuye a cada uno, es decir, una medida de su inversión en órganos fotosintéticos, de sostén y de absorción (Hunt *et al.*, 2002; Cuéllar y Arrieta, 2010). En este estudio, el análisis de crecimiento mostró que las plantas de albahaca con mayor PH y PT fueron las nutridas con la solución Steiner, mientras que las sometidas al efluente y té de vermicompost presentaron mayor PR (Cuadro 7). Con la solución Steiner se obtuvo mayor PH en plantas de cilantro, seguida por el té de vermicompost, éste a su vez registró mayor PT y la mayor PR en plantas de cilantro se logró con los efluentes de vermicompost (Cuadro 8). En plantas de lechuga, la mayor PH se logró con la solución Steiner, mientras que con el té de vermicompost y el efluente la PR fue mayor en comparación con la solución Steiner (Cuadro 9). Existe, por tanto, un compromiso para la planta entre una mayor asignación de biomasa a hojas, con la consecuente mayor capacidad para captar luz y CO<sub>2</sub>, redundando en su mayor tasa de crecimiento o bien, en una mayor asignación de biomasa a las raíces, consiguiendo así captar más agua y nutrientes minerales del suelo, pero a la expensa de un menor crecimiento. Desde el punto de vista ecológico, una

planta con mayor proporción de biomasa en raíz tendría un crecimiento más lento, pero en cambio podría tener algunas ventajas (una mayor superficie de absorción) y una mayor supervivencia en hábitats donde los recursos del suelo (agua y nutrientes) son limitantes (Villar *et al.*, 2004). De acuerdo con lo anterior, Poorter y Nagel (2000), mencionan que la asignación de biomasa de plantas sigue el modelo de un "equilibrio funcional". Según este modelo, las plantas responden a una disminución de los recursos sobre el suelo con una mayor asignación a los brotes (hojas), mientras que responden a una disminución de los recursos debajo del suelo con una mayor asignación a las raíces. Las interacciones entre la disponibilidad de recursos (por agua, nutrientes) y el programa genético de cada especie (que determina, en gran medida, el reparto de biomasa en hojas, tallos y raíces), son complejas y por tanto la relación con el crecimiento no siempre es predecible (Villar *et al.*, 2004). En el caso de los nutrientes, la asignación de biomasa es un factor importante en la respuesta de las plantas al limitar la oferta de recursos (Poorter y Nagel, 2000).

**Cuadro 7. Índices de crecimiento de plantas de albahaca.**

<b>Solución</b>	<b>RAF (cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>)</b>	<b>AFE (cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>)</b>	<b>PH (g g<sup>-1</sup>)</b>	<b>PT (g g<sup>-1</sup>)</b>	<b>PR (g g<sup>-1</sup>)</b>
Steiner	121.76a <sup>§</sup> (±17.4)	302.16a (±48.8)	0.41a (±0.03)	0.25a (±0.03)	0.35c (±0.03)
Efluente	46.46c (±8.5)	142.62b (±30.0)	0.33b (±0.05)	0.13c (±0.02)	0.54a (±0.06)
Té	102.82b (±31.8)	317.77a (±87.2)	0.32b (±0.04)	0.21b (±0.04)	0.46b (±0.06)

RAF= razón de área foliar; AFE= área foliar específica; PH= proporción de hoja; PT= proporción de tallo; PR= proporción de raíz. <sup>§</sup>Medias con letras iguales en cada columna, son estadísticamente similares (Tukey,  $\alpha= 0.05$ ). Valores dentro de paréntesis indican la desviación estándar.

**Cuadro 8. Índices de crecimiento de plantas de cilantro.**

Solución	RAF (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	AFE (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	PH (g g <sup>-1</sup> )	PT (g g <sup>-1</sup> )	PR (g g <sup>-1</sup> )
Steiner	54.22a <sup>§</sup> (±13.8)	181.14b (±25.1)	0.30a (±0.07)	0.29b (±0.05)	0.41b (±0.06)
Efluente	35.46b (±13.7)	167.63b (±62.5)	0.21c (±0.04)	0.26b (±0.06)	0.53a (±0.07)
Té	58.15a (±17.4)	231.64a (±55.6)	0.25b (±0.05)	0.35a (±0.06)	0.40b (±0.09)

RAF= razón de área foliar; AFE= área foliar específica; PH= proporción de hoja; PT= proporción de tallo; PR= proporción de raíz. <sup>§</sup>Medias con letras iguales en cada columna, son estadísticamente similares (Tukey,  $\alpha= 0.05$ ). Valores dentro de paréntesis indican la desviación estándar.

**Cuadro 9. Índices de crecimiento de plantas de lechuga.**

Solución	RAF (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	AFE (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	PH (g g <sup>-1</sup> )	PT (g g <sup>-1</sup> )	PR (g g <sup>-1</sup> )
Steiner	186.08a <sup>§</sup> (±10.8)	341.74b (±24.6)	0.55a (±0.03)	0.13a (±0.03)	0.32b (±0.03)
Efluente	86.14b (±16.8)	209.65c (±39.6)	0.42b (±0.07)	0.13a (±0.02)	0.46a (±0.07)
Té	167.46a (±56.9)	434.66a (±76.5)	0.40b (±0.06)	0.12a (±0.03)	0.48a (±0.06)

RAF= razón de área foliar; AFE= área foliar específica; PH= proporción de hoja; PT= proporción de tallo; PR= proporción de raíz. <sup>§</sup>Medias con letras iguales en cada columna, son estadísticamente similares (Tukey,  $\alpha= 0.05$ ). Valores dentro de paréntesis indican la desviación estándar.

El té de vermicompost puede ser una buena opción para la nutrición de determinadas plantas, sin embargo, debe tenerse conocimiento de la materia prima para la elaboración del vermicompost del cual se hará la extracción del té, ya que las diferencias en las respuestas de la nutrición están relacionadas con la calidad de los materiales utilizados para la producción del vermicompost (Ingham, 2005). Algunos materiales, si son de calidad, pueden ser suficientes para obtener rendimientos aceptables como lo reportan Márquez y Cano (2005) en la producción de tomate Cherry con composta.

El efluente de vermicompost limitó el crecimiento de las plantas de las tres especies de forma general. Álvarez *et al.* (1995) mencionaron que algunas compostas pueden producir fitotoxinas que inhiben el desarrollo de las plantas y la absorción de nutrientes por un exceso

del ácido indolacético, o por excederse en las concentraciones de aplicación (Atiyeh *et al.*, 2002), por lo que se su aplicación generalmente es de forma muy diluida para evitar daños a las plantas (Gutiérrez-Miceli *et al.*, 2008).

### **3.4. Conclusiones**

El té de vermicompost y el efluente estuvieron libres de bacterias patógenas para el hombre. El primero de ellos, aportó los nutrimentos necesarios para el desarrollo de los tres cultivos en estudio; en consecuencia éste es una fuente de nutrimentos obtenida con una menor cantidad de insumos, lo que constituye una alternativa eficaz, y al alcance del productor, para ser utilizada como fuente nutrimental en el caso de la albahaca, cilantro y lechuga. Adicionalmente su uso, fomenta el reciclaje de desechos agrícolas y ganaderos e incrementa el beneficio de obtener productos de calidad para el consumo.

### **3.5. Literatura citada**

Albert N., K. Nazaire, and K. Hartmut. 2012. The relative effects of compost and non-aerated compost tea in reducing disease symptoms and improving tuberization of *Solanum tuberosum* in the field. *International Journal of Agriculture: Research and Review* 2(4): 504-512.

Álvarez M. A., S. Gagné, and H. Antoun. 1995. Effect of compost on rhizosphere microflora of the tomato and on the incidence of plant growth-promoting rhizobacteria. *Applied and Environmental Microbiology* 61: 194–199.

Arancon Q. N., C. A. Edwards, P. Bierman, J. D. Metzger, and C. Luchtd. 2005. Effects of vermicomposts produced from cattle manure, food waste and paper waste on the growth and yield of peppers in the field. *Pedobiologia* 49: 297-306.

- Atiyeh R. M., S. Subler, C. A. Edwards, G. Bachman, J. D. Metzger, and W. Shuster. 2000. Effects of vermicomposts and compost on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiologia* 44: 579-590.
- Atiyeh R. M., S. Lee, C. A. Edwards, N. Q. Arancon, and J. D. Metzger. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Bioresource Technology* 84: 7-14.
- Cabanillas C., A. Ledesma, y O. Del Longo. 2006. Biofertilizers (vermicomposting) as sustainable alternative to urea application in the production of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Molecular medicinal chemistry* 11: 28-30.
- Casco C. A., y C. M. Iglesias. 2005. Producción de biofertilizantes líquidos a base de lombricompuesto. Trabajo final para obtener el título de Ingeniero Agrónomo Universidad Nacional del Nordeste. Argentina. 87 pp.
- Clavijo J. 1989. Análisis del crecimiento en malezas. *Comalfi* 26:12-16.
- Cuéllar N. D., y H. J. M. Arrieta. 2010. Evaluación de respuestas fisiológicas de la planta arbórea *Hibiscus rosasinensis* L. (Cayeno) en condiciones de campo y vivero. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 11(1): 61-72.
- El-Sherbeny S. E., S. F. Hendawy, A. A. Youssef, N. Y. Naguib, and M. S. Hussein. 2012. Response of Turnip (*Brassica rapa*) Plants to Minerals or Organic Fertilizers Treatments. *Journal of Applied Sciences Research* 8(2): 628-634.
- Ezz El-Din A. A., and S. F. Hendawy. 2010. Effect of Dry Yeast and Compost Tea on Growth and Oil Content of *Borago officinalis* Plant. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* 6(4): 424-430.

- Gardner F. P., R. B. Pearce, and R. L. Mitchell. 1990. *Physiology of Crop Plants*. Second edition. Iowa State Press, Ames. 327 p.
- Gutiérrez-Miceli F. A., R. C. García-Gómez., R. Rincón R., M. Abud- Archila., M. A. Oliva L., M. J. Guillen C., and L. Dendooven. 2008. Formulation of a liquid fertilizer for sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) using vermicompost leachate. *Bioresource Technology* 99: 6174–6180.
- Hendawy S. F., A. A. Ezz El-Din, E. E. Aziz, and E. A. Omer. 2010. Productivity and oil quality of *Thymus vulgaris* L. under organic fertilization conditions. *Ocean Journal of Applied Science* 3(2): 203-216.
- Hunt R. 1990. *Basic growth analysis: plant growth analysis for beginners*. Unwin Hyman, Londres. 112 p.
- Hunt R., D. R. Causton, B. Shipley, and A. P. Askew. 2002. A modern tool for classical growth analysis. *Annals of Botany* 90: 485-488.
- Ingham E. 2005. *The Compost Tea Brewing Manual; Latest Methods and Research*. Soil Food Web Incorporated, Fifth Edition. Corvallis, OR. 79 p.
- Krugh B., L. Bichham, and D. Miles. 1994. The solid-state chlorophyll meter, a novel instrument for rapidly and accurately determining the chlorophyll concentrations in seedling leaves. *Maize Genetics Cooperation. News Letter* 68: 25-27.
- Le Bot J., Pilbeam J. D., and Kirkby A. E. 1994. *Plant Mineral Nutrition in Crop Production*. In: Basra A. S. (ed). *Mechanisms of Plant Growth and Improved Productivity*. Marcel Dekker ed. USA. Pp. 33-72.
- Márquez H. C., y R. P. Cano. 2005. Producción orgánica de tomate Cherry bajo invernadero. *Actas Portuguesas de Horticultura* 5: 219-224.

- Méndez M. O., M. N. S. León, M. F. A. Gutiérrez, R. R. Rosales, y S. J. D. Álvarez. 2012. Efecto de la aplicación de humus de lombriz en el crecimiento y rendimiento de grano del cultivo de maíz. *Gayana Botánica*. 69: 49-54.
- NOSB. 2004. Compost Tea Task Force Final Report. National Organic Standards Board. April 6, 2004. [www.ams.usda.gov/nosb/meetings/Compost TeaTaskForceFinal Report pdf](http://www.ams.usda.gov/nosb/meetings/Compost_TeaTaskForceFinal_Report.pdf). (Cons. 25/10/2012).
- Ochoa-Martínez E., U. Figueroa-Viramontes, P. Cano-Ríos, P. Preciado-Rangel, A. Moreno-Reséndez, y N. Rodríguez-Dimas. 2009. Té de Composta como Fertilizante Orgánico en la Producción de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en Invernadero. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 15 (3): 245-250.
- Oliveira A. P., V. R. F. Silva, C. S. Santos, J. S. Araujo, and J. T. Nascimento. 2002. Yield of Coriander cultivated with cattle manure and mineral fertilization. *Horticultura Brasileira* 20(3): 477-479.
- Pant A. P., T. J. K. Radovich, N. V. Hue, S. T. Talcott, and K. A. Krenek. 2009a. Effects of Vermicompost tea (Aqueous extract) on Pak Choi Yield, Quality, and on Soil Biological properties. *Compost Science and Utilization* 19 (4): 279-292.
- Pant A. P., T. J. K. Radovich, N. V. Hue, S. T. Talcott, and K. A. Krenek. 2009b. Vermicompost extracts influence growth, mineral nutrients, phytonutrients and antioxidant activity in pak choi (*Brassica rapa* cv. Bonsai, Chinensis group) grown under vermicompost and chemical fertiliser. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 89: 2383–2392.
- Poorter H., and O. Nagel. 2000. The role of biomass allocation in the growth response of plants to different levels of light, CO<sub>2</sub>, nutrients and water: a quantitative review. *Australian Journal of Plant Physiology* 27: 1191-1191.

- Preciado-Rangel, P., M. Fortis-Hernández, J. L. García-Hernández, E. Rueda-Puente, J. R. Esparza-Rivera, A. Lara-Herrera, M. A. Segura-Castruita, y J. Orozco-Vidal. 2011. Evaluación de soluciones nutritivas orgánicas en la producción de tomate en invernadero. *Interciencia* 36 (9): 689-693.
- Resh M. H. 2006. Cultivos hidropónicos. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 558 pp.
- Rippy J. F. M., M. M. Peet, F. J. Louis, and P. V. Nelson. 2004. Plant development and harvest yield of greenhouse tomatoes in six organic growing systems. *Hortscience* 39 (2): 223-229.
- Salas-Pérez L., P. Preciado-Rangel, J. R. Esparza-Rivera, V. de P. Álvarez-Reyna, A. Palomo-Gil, N. Rodríguez-Dimas, y C. Márquez-Hernández. 2010. Rendimiento y calidad de forraje hidropónico producido bajo fertilización orgánica. *Terra Latinoamericana* 28 (4): 354-360.
- Sam O., M. De la Luz, and L. Barroso L. 2002. Caracterización anatómica de las hojas de la albahaca blanca (*Ocimum basilicum* L.) *Cultivos Tropicales* 23 (2): 39-42.
- Steiner A. A. 1984. The universal nutrient solution. In: *Proceedings of Sixth International Congress on Soilless Culture*. International Society for Soilless Culture. Lunteren, The Netherlands. Pp. 633-649.
- Villar R., R. J. Ruiz, J. L. Quero, H. Poorter, F. Valladares y T. Marañón. 2004. Tasas de crecimiento en especies leñosas: aspectos funcionales e implicaciones ecológicas. *In: Valladares F (Ed.) Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Ministerio de Medio Ambiente. Egraf, S. A. Madrid, España. pp. 191-227.
- Zheljazkov V. M., and P. Warman. 2003. Application of high Cu-compost to Swiss chard and basil. *Science of the Total Environment* 302(1-3): 13-26.

## **CAPÍTULO IV. ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y ABSORCIÓN NUTRIMENTAL EN ALBAHACA Y LECHUGA PRODUCIDAS CON SOLUCIONES NUTRITIVAS ORGÁNICAS**

### **ANTIOXIDANT ACTIVITY AND NUTRIENT ABSORPTION IN BASIL AND LETTUCE PRODUCED WITH ORGANIC NUTRIENT SOLUTIONS**

#### **Resumen**

La investigación sobre antioxidantes naturales ha sido muy estudiada, por lo que son numerosos los trabajos realizados por el creciente interés de frutas y verduras con este potencial. La investigación tuvo como objetivo evaluar dos soluciones nutritivas orgánicas, efluente y té de vermicompost y la solución Steiner como testigo inorgánico, en la actividad antioxidante y en la concentración nutrimental de albahaca y lechuga. En el experimento se empleó para cada especie un diseño completamente al azar con 5 repeticiones. El análisis estadístico mostró que la actividad antioxidante, medida por la inhibición de la actividad del radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) presentó diferencias altamente significativas ( $p \leq 0.05$ ) por el efecto de las soluciones nutritivas. Con el té de vermicompost se registró la mayor actividad antioxidante en albahaca y lechuga (84% y 78.3%), seguido de la solución Steiner (75% y 53.6%). La mayor concentración de N se presentó en las plantas nutridas con la solución Steiner, en albahaca la concentración fue de  $47.5 \text{ g kg}^{-1}$  y en lechuga  $28.7 \text{ g kg}^{-1}$ ; seguido del té de vermicompost con  $41 \text{ g kg}^{-1}$  y  $26.9 \text{ g kg}^{-1}$  respectivamente. La concentración de P y K en albahaca fue similar con el té de vermicompost y con Steiner, mientras que en lechuga la mayor concentración de éstos nutrientes se registró con el té. La mayor concentración de Ca, Mg, S, Mn y Cu se obtuvo con la solución Steiner en albahaca. Con el efluente se presentó mayor concentración de Fe y con el té de vermicompost la mayor concentración de Zn en ambas especies. La aplicación del té de vermicompost incrementa el contenido de antioxidantes en lechuga y albahaca, por lo que es una buena alternativa de nutrición para hortalizas de hoja y plantas aromáticas.

**Palabras clave:** solución nutritiva, producción orgánica, efluente, té de vermicompost, antioxidantes.

## **Abstract**

Considerable research has been carried out on natural antioxidants, and many studies have been conducted due to the growing interest in fruits and vegetables with this potential. The aim of this research was to evaluate the effect of two organic nutrient solutions, vermicompost effluent and tea, and Steiner solution as an inorganic control on antioxidant activity and nutrient concentration in basil and lettuce. In the experiment a completely randomized design with 5 replications was used for each species. Statistical analysis showed that antioxidant activity, as measured by the inhibition of the activity of the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl free radical (DPPH•), presented highly significant differences ( $p \leq 0.05$ ) due to the nutrient solutions. With vermicompost tea the highest antioxidant activity was recorded in basil and lettuce (84% and 78.3%), followed by Steiner solution (75% and 53.6%). The highest N concentration occurred in plants nourished with Steiner solution. In basil the concentration was  $47.5 \text{ g kg}^{-1}$  and in lettuce  $28.7 \text{ g kg}^{-1}$ , followed by vermicompost tea with  $41 \text{ g kg}^{-1}$  and  $26.9 \text{ g kg}^{-1}$ , respectively. The concentration of P and K in basil was similar with vermicompost tea and Steiner solution, while in lettuce the highest concentration of these nutrients was recorded with the tea. The highest concentration of Ca, Mg, S, Mn and Cu was obtained with Steiner solution in basil. In both species, effluent resulted in the highest concentration of Fe and vermicompost tea yielded the highest concentration of Zn. The application of vermicompost tea increases antioxidant content in lettuce and basil, making it a good nutrient source for leafy vegetables and aromatic plants.

**Keywords:** Nutrient solution, organic production, effluent, vermicompost tea, antioxidants.

## **4.1. Introducción**

Desde hace algunos años, las tendencias mundiales de la alimentación, indican un interés acentuado de los consumidores hacia alimentos que, además de contener nutrientes, contengan sustancias fisiológicamente activas que cumplan, al igual que los nutrientes esenciales, una función benéfica en la reducción de ciertas enfermedades (Hinneburg *et al.*, 2006). Los compuestos antioxidantes presentes en los alimentos juegan un papel importante

como factores protectores de la salud. También son ampliamente utilizados como aditivos en las grasas y aceites, y en procesamiento de alimentos para prevenir o retrasar el deterioro de éstos (Suhaj, 2006). El interés en los aditivos de alimentos derivados de plantas ha crecido, los consumidores modernos piden productos naturales, libres de antioxidantes sintéticos por que sufren de varios inconvenientes (Hinneburg *et al.*, 2006).

Un gran número de plantas aromáticas, especias, medicinales y otras contienen compuestos químicos que presentan propiedades antioxidantes. Algunos estudios se han llevado a cabo en romero, salvia, orégano, lo que resultó en un desarrollo de formulaciones antioxidantes naturales para alimentos, cosméticos y otras aplicaciones (Miliauskas *et al.*, 2004). En consecuencia, ha habido un creciente interés en la investigación sobre el papel de los antioxidantes naturales, como los polifenoles, flavonoides, vitaminas, y productos químicos volátiles (Moon y Shibamoto, 2009) por el creciente interés de ciertas plantas aromáticas, frutas, verduras, café y cacao con alto poder antioxidante con el objetivo de potenciar su consumo debido a su efecto positivo en la alimentación y la salud humana como la prevención de ciertas enfermedades crónicas tales como algunos tipos de cáncer, enfermedades cardiovasculares, enfermedades neurodegenerativas, etc. (Gülçin, 2012; Morillas y Delgado, 2012).

Aunado a lo anterior, la aplicación de fuentes orgánicas solas o combinadas con fertilizantes inorgánicos está ganando importancia (Anwar *et al.*, 2007). La tecnología del vermicompostaje implica el aprovechamiento de las lombrices de tierra como biorreactores naturales que juegan un papel vital en la descomposición de la materia orgánica, el mantenimiento de la fertilidad del suelo y en llevar a cabo el reciclaje eficiente de nutrientes y el crecimiento de las plantas (Sharma *et al.*, 2005). En años recientes se ha evaluado tanto el

té de compost como de vermicompost, que son extractos líquidos obtenidos a partir de la fermentación aeróbica de compost y vermicompost en agua, y han sido usados debido a su contenido de microorganismos, nutrientes solubles y compuestos benéficos para las especies vegetales (Rippy *et al.*, 2004; Arancon *et al.*, 2007; Ochoa *et al.*, 2009; Pant *et al.*, 2011).

Desde esta perspectiva el objetivo de la presente investigación fue comparar la actividad antioxidante y la absorción nutrimental de albahaca y lechuga producidas con dos fuentes orgánicas (efluente y té de vermicompost) y una mineral en un sistema NFT, bajo la premisa de que la aplicación de soluciones nutritivas orgánicas incrementa la actividad antioxidante y la absorción de nutrientes.

#### **4.2. Materiales y métodos**

El experimento se estableció en un invernadero tipo túnel del Área de Nutrición Vegetal del Colegio de Postgraduados, con cubierta de polietileno UVII-720 y estructura de acero galvanizado, con ventilación lateral a lo largo de la nave, localizado en Montecillo, Texcoco, Estado de México. Se llevó a cabo de mayo a agosto de 2012 bajo un sistema NFT. Las especies en estudio fueron albahaca (*Ocimum basilicum* L. cv. Minimum) y lechuga tipo romana (orejona) (*Lactuca sativa* L. cv. Escala). Las soluciones nutritivas utilizadas fueron: solución de Steiner (Steiner, 1984) como testigo, solución de efluente de vermicompost y solución de té de vermicompost (Cuadro 1). El vermicompost fue producido a partir de la mezcla de paja de maíz y de estiércol bovino con un valor en la relación C/N de 45. Las tres soluciones se ajustaron a un valor de conductividad eléctrica (CE) de  $2 \text{ dS m}^{-1}$  con agua corriente y a un pH de 5.5 con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado.

El efluente se colectó dos semanas después de la incorporación de las lombrices al proceso de degradación de los materiales.

La obtención del té de vermicompost se realizó solubilizando vermicompost maduro (color negro, textura fina, olor a tierra húmeda) con agua mediante una relación 1:4 por lo que se utilizaron 6 kg de vermicompost (colocados en una bolsa de organza) para 24 L de agua. La incubación se realizó por espacio de 12 h, durante el tiempo en que se realizó la incubación, se removió un par de veces para airear la infusión. El té resultante tuvo una CE de  $3.47 \text{ dS m}^{-1}$  y pH de 7.75.

Posteriormente a la cosecha de las plantas, en el laboratorio de Nutrición Vegetal del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, se realizó la determinación de la concentración nutrimental y de la actividad antioxidante de plantas de albahaca y lechuga en función de la solución nutritiva, de tal forma que se tuvieron tres tratamientos por especie. Durante el experimento, se empleó para cada especie vegetal un diseño completamente al azar (DCA) con cinco repeticiones por tratamiento.

### **Determinación de la actividad antioxidante**

Esta actividad fue determinada usando el procedimiento descrito por Chizzola *et al.* (2008) y Scherer y Teixeira (2009) para cuantificar la actividad del radical libre 2,2 difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH). La reacción se basa en una disminución de color que ocurre cuando un electrón de un átomo de nitrógeno en DPPH es reducido por recibir un átomo de hidrogeno de los compuestos antioxidantes. Los reactivos utilizados fueron DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo), trólox (ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromal-2-carboxílico), metanol y etanol. Para la extracción de la muestra se usó etanol al 60% de concentración, se utilizó 1 g de material fresco. El material vegetal se picó y se colocó en vasos de precipitado, se agregaron 15 mL de extractante, se cubrieron con papel parafilm para evitar su evaporación y se dejaron en incubación durante 24 h a  $4^\circ\text{C}$ , posteriormente se filtraron y se procedió con el

análisis. Se tomó una muestra de 400 µL del extracto etanólico, se ajustó a 1 mL con metanol al 50% y se agitó. Se agregó 1 mL de DPPH (7.5 mg/50 mL de metanol al 50% y se agitó. Se dejó incubando durante 30 min en oscuridad y a temperatura ambiente, posteriormente se tomó la lectura de absorbancia a 517 nm, que es la absorbancia máxima del DPPH (Domínguez *et al.*, 2009). Los resultados fueron reportados como porcentaje de inhibición del DPPH de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\% DPPH I = \frac{ABSc - ABSs}{ABSc} \times 100$$

Dónde:

% DPPH I = Porcentaje de inhibición del DPPH

ABSc = Absorbancia del control (blanco)

ABSs = Absorbancia en la muestra

El control se preparó con 500 µL de trólox y 500 µL de metanol, agregando 1 mL de DPPH para obtener la decoloración del radical. Los 500 µL de trólox se tomaron de una solución de 2.5 mM en metanol al 50%. Todas las muestras y soluciones estándar fueron preparadas diariamente.

### **Análisis nutricional**

Las muestras de parte aérea de plantas de albahaca y lechuga se secaron en una estufa a 70 °C durante 72 h; posteriormente fueron molidas y se tomó una muestra de 0.1 g para realizar el análisis de nitrógeno total mediante el método Kjeldahl. Para la determinación de P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Zn, Mn y B se pesó 0.5 g de la muestra, con la que se realizó una digestión húmeda y finalmente los extractos resultantes fueron leídos en un equipo de espectroscopia de emisión atómica de inducción por plasma ICP-VARIAN 725-ES.

Con los datos obtenidos se realizó el análisis de varianza del DCA con ( $\alpha=0.05$ ) y pruebas de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) por medio del paquete estadístico SAS V9.3 para cada una de las especies (Anexos 7 y 8).

### 4.3. Resultados y discusión

En el Cuadro 2 se observa los efectos de las fuentes de variación evaluadas sobre los valores de actividad antioxidante y concentración de nutrimentos en el tejido vegetal. La actividad antioxidante y la concentración nutrimental fueron influenciadas por los factores en estudio, con excepción del K y Zn los cuales no fueron diferentes en relación a la especie vegetal. Asimismo, las concentraciones nutrimentales fueron influenciadas por la interacción E\*SN (especie\*solución nutritiva), no así para la actividad antioxidante y la concentración de Fe.

**Cuadro 1. Significancia estadística del efecto de la solución nutritiva sobre la actividad antioxidante y concentración de nutrimentos en albahaca y lechuga.**

F. V.	G. L.	% I DPPH	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Mn	Cu	Fe	Zn
<b>Albahaca</b>													
<b>Trat.</b>	2	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>Lechuga</b>													
	2	**	**	**	*	**	**	**	**	**	ns	**	**

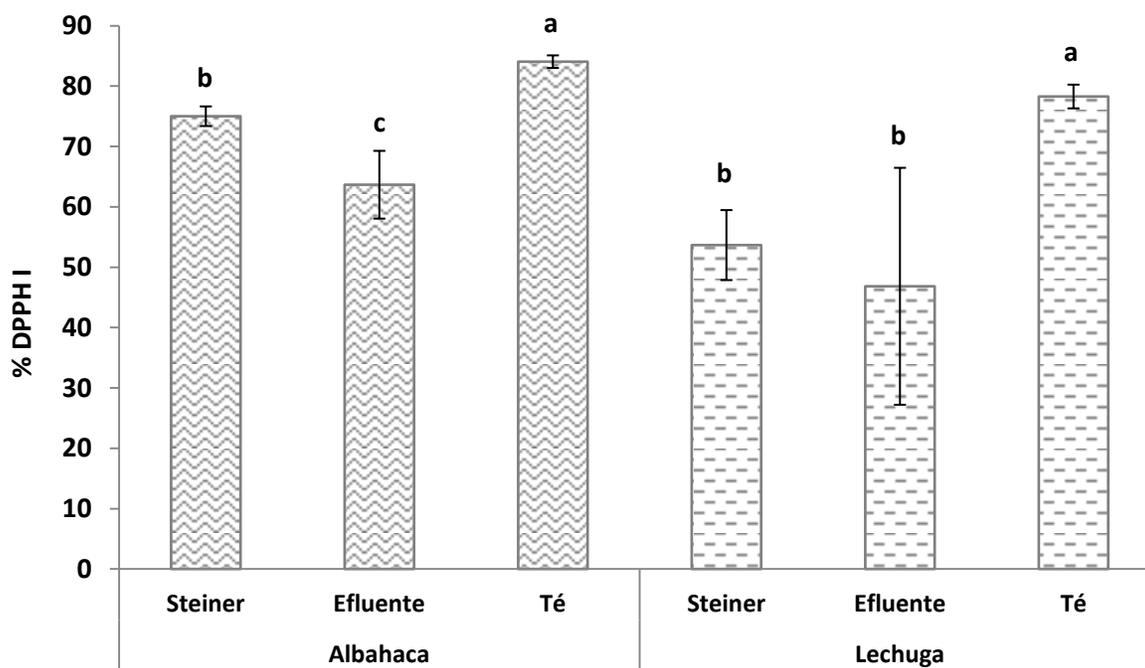
F.V.= Fuente de variación; G.L.= Grados de libertad; Trat.=solución nutritiva; \*= significativo al 5%; \*\* = Altamente significativo al 5 %; ns= no significativo.

### Actividad del radical libre DPPH

La actividad antioxidante de albahaca y lechuga presentó diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) por el efecto de las soluciones nutritivas. El mayor porcentaje de inhibición de la actividad del radical libre DPPH en albahaca y lechuga fue obtenido con el té de vermicompost (84% y 78.3%), seguido de la solución Steiner (75% y 53.6%), mientras que

con el efluente de vermicompost se obtuvo la menor actividad antioxidante (63.6 y 46.8%) (Figura 1). Juárez *et al.* (2011) evaluaron la actividad antioxidante en tomillo y encontraron que la aplicación de sustancias húmicas incrementó la actividad antioxidante, el contenido de fenoles y flavonoides en comparación con un testigo químico. En pak choi (*Brassica rapa* L.) se apreció un aumento significativo en compuestos fenólicos con la aplicación de fertilizante orgánico (vermicompost + fertilizante de pescado) en relación al tratamiento con fertilizantes inorgánicos de liberación lenta, esto asociado con la baja disponibilidad de nitrógeno (Zhao *et al.*, 2009). La actividad antioxidante ha sido reportada como dependiente de los nutrientes minerales, por ejemplo en un estudio realizado por Nguyen y Niemeyer (2008) donde evaluaron cómo la fertilización nitrogenada afecta a la producción de compuestos polifenólicos en tres cultivares de albahaca. Encontraron mayor contenido de fenólicos totales, ácido rosmarínico y caféico con el tratamiento del nitrógeno más bajo y con el nivel de nitrógeno más alto, se observó la actividad antioxidante más baja que el resto de tratamientos de fertilización nitrogenada. En lechuga, se ha reportado que el uso excesivo de N en la producción puede conducir a problemas ambientales causados por la lixiviación y la acumulación de nitrato, lo cual es perjudicial en tejidos comestibles, Stefanelli *et al.* (2011) encontraron un aumento en el rendimiento de lechuga con dosis altas de N, sin embargo el contenido de fenoles totales en hojas así como la capacidad antioxidante fueron mayores con suministro bajo de N. Estos resultados coinciden con los obtenidos en el presente experimento donde con la solución mineral que contiene mayor cantidad de N, se obtuvo menor actividad antioxidante en comparación con el té de vermicompost con el que se registró mayor actividad antioxidante; no obstante de tener una baja disponibilidad de N.

En relación a otros nutrientes, Nguyen *et al.* (2010) determinaron que la concentración de K afecta los niveles de fenólicos y las propiedades antioxidantes de tres cultivares de albahaca. Encontraron que el albahaca tratada con la tasa más alta de K tuvo los mayores niveles de fenólicos y capacidad antioxidante. Estos resultados no coinciden con los del presente experimento, ya que en la solución Steiner hubo mayor cantidad de este elemento y obtuvo menor actividad antioxidante que con el té de vermicompost. En zanahoria, se estudió el efecto del suministro de minerales en la calidad nutricional. Cuando no fue suministrado B o Ca adicional se observó un aumento entre 33 y 50% en los niveles acumulados de  $\beta$ -carotenos, de 45 a 70% en vitamina C, así como mayores niveles de ácidos fenólicos totales en comparación con las zanahorias con el suplemento con B (Singh *et al.*, 2012). Resultados similares se obtuvieron en este estudio donde la mayor actividad se logró con el té de vermicompost con menor concentración de Ca.



**Figura 1. Actividad antioxidante en albahaca y lechuga función de la solución nutritiva.** Medias con letras iguales, son estadísticamente similares (Tukey,  $\alpha= 0.05$ ). Las barras de error representan la desviación estándar.

En relación a la especie vegetal, la actividad antioxidante observada en albahaca fue mayor que la registrada en lechuga (Figura 1). Las especias y algunas hierbas han recibido mayor atención como fuente de muchos antioxidantes eficaces (Suhaj, 2006; Nguyen y Niemeyer 2008). En tomillo, Juárez *et al.* (2011) registraron una actividad antioxidante total de 43.4%, mientras que Chizzola *et al.* (2008) reportaron 55.9% de inhibición de DPPH. Las propiedades de la actividad antioxidante de los extractos de plantas se asocian a la presencia de compuestos fenólicos con la capacidad de donar hidrógeno para la reducción de los radicales DPPH (Miliauskas *et al.*, 2004; Stratil *et al.*, 2006), por lo que se ha reportado una correlación lineal significativa entre el contenido de fenólicos totales y la capacidad de absorción de radicales de oxígeno (ORAC) en algunas plantas como menta y tomillo (Kratchanova *et al.*, 2010; Nguyen *et al.*, 2010; Singh *et al.*, 2012).

En un estudio, los extractos de albahaca, laurel, perejil, enebro, anís, hinojo, comino, cardamomo y jengibre fueron evaluados por su contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante. Se encontró que los extractos de albahaca y laurel poseían las actividades antioxidantes más altas, por lo que ambos extractos son considerados prometedoras alternativas a las sustancias sintéticas como ingredientes alimentarios con actividad antioxidante (Hinneburg *et al.*, 2006).

Otros estudios se han orientado a buscar el incremento de antioxidantes, por ejemplo en un experimento se compararon los componentes químicos y las propiedades antioxidantes de extractos de diversas partes de plantas (hojas, tallos e inflorescencias) de albahaca (*Ocimum sanctum* Linn.) cultivadas en el campo, contra los extractos provenientes del cultivo de callos inducidos de explantes *in vitro*. Los extractos de callos presentaron mayor actividad antioxidante, lo que sugiere la posibilidad de que el aislamiento proporcione un alto contenido

de ácido rosmarínico (RA) a partir de cultivos de callos *in vitro* en lugar de órganos de las plantas cultivadas en el campo de albahaca morada (Hakkim *et al.*, 2007). Sin embargo Danesi *et al.* (2008) encontraron que la actividad antioxidante *in vitro* no es predictivo de la actividad biológica y que la albahaca puede producir extractos con efectos sustancialmente diferentes de protección, en relación con la composición y las técnicas de extracción, además también reportaron que se ha detectado variación entre diferentes cultivares.

En otros estudios se ha encontrado que tanto el crecimiento, como las características químicas y la acumulación de metabolitos secundarios en tejidos de las plantas, pueden estar influenciados por varios factores ambientales como la calidad de la luz, la intensidad luminosa y el fotoperiodo (Sharafzadeh, 2012). En un estudio se determinó si las condiciones de luz afectan el contenido de RA, uno de los principales compuestos fenólicos en albahaca y la actividad antioxidante. Tanto la actividad antioxidante como el contenido fenólico se incrementaron por efecto de la irradiación con luz blanca continua; mientras que, la longitud de onda roja entre 600 y 700 nm de radiación tanto en blanco como en rojo, promovió la acumulación de RA. Estos resultados indican que la luz blanca continua es eficaz en el aumento del contenido de RA en albahaca, que se traduce en una alta actividad antioxidante (Shiga *et al.*, 2009).

El contenido de los constituyentes químicos puede variar también con las diferentes estaciones del año. Hussain *et al.* (2008) encontraron que los aceites esenciales de *O. basilicum* obtenidos a partir de cultivos de primavera y de invierno mostraron una mayor actividad secuestrante de radicales libres que las colectadas durante el otoño y el verano. Cuando se compararon la actividad captadora de DPPH de los aceites esenciales con el antioxidante sintético butil hidroxitolueno (BHT), los aceites esenciales de invierno y

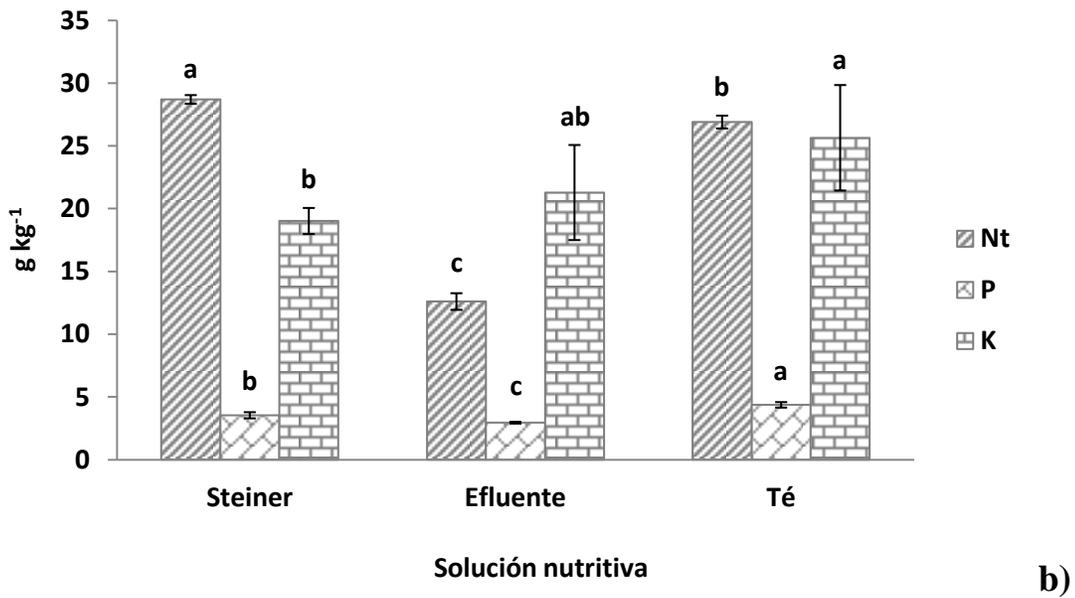
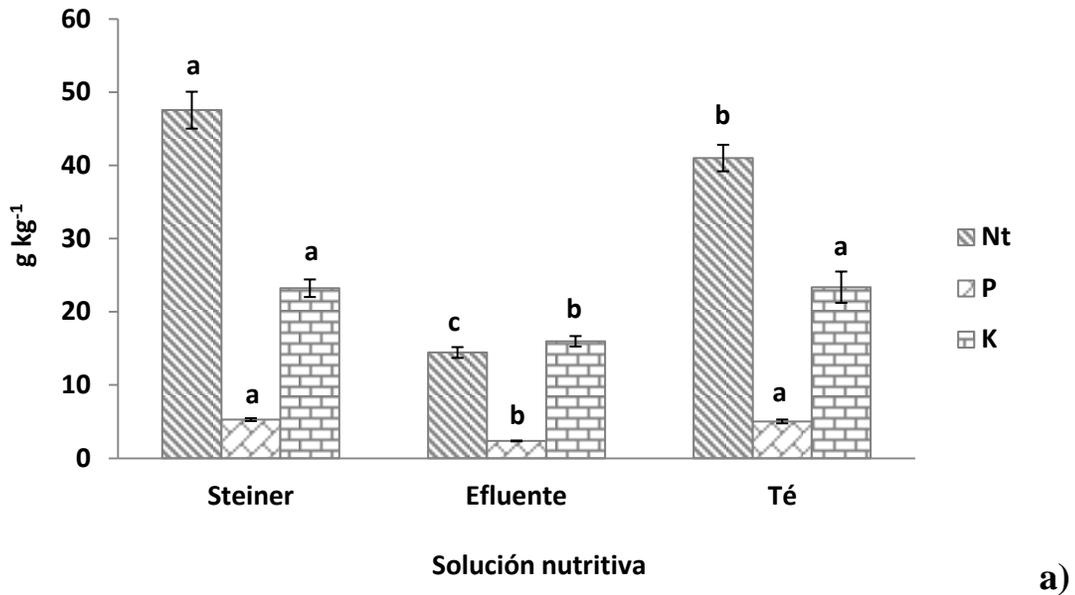
primavera ofrecieron actividad comparable. Es importante destacar que las plantas del presente estudio fueron obtenidas en primavera.

La actividad del radical libre DPPH es influenciada por la polaridad del medio de la reacción, por la estructura química del captador de radicales y por el pH de la mezcla de reacción (Sharma y Bhat, 2009). Otros factores como la edad de la planta tal vez afecten la reacción (Juárez *et al.*, 2010) tal como lo mencionan Salas *et al.* (2012) al comparar diferentes soluciones nutritivas en invernadero con forraje verde hidropónico de maíz, donde el rendimiento, contenido de fenólicos y capacidad antioxidante no fueron afectados por el tipo de fertilización (tés de compost y de vermicompost y solución química) atribuyéndolo a la corta edad del forraje al momento de la cosecha.

### **Concentración nutrimental**

La mayor concentración de N en albahaca y lechuga ( $47.5 \text{ g kg}^{-1}$  y  $28.7 \text{ g kg}^{-1}$ ) se presentó en las plantas nutridas con la solución Steiner, seguido del té de vermicompost ( $41 \text{ g kg}^{-1}$  y  $26.9 \text{ g kg}^{-1}$  respectivamente). Ésto, se debe principalmente a que la solución inorgánica está balanceada en cuanto al contenido de cationes y aniones que necesitan las plantas para su adecuado desarrollo (Steiner, 1984).

La concentración de P y K en albahaca fue similar con la solución Steiner ( $5.27 \text{ g kg}^{-1}$  y  $23.2 \text{ g kg}^{-1}$ ) y con el té de vermicompost ( $5.03 \text{ g kg}^{-1}$  y  $23.4 \text{ g kg}^{-1}$ ), mientras que en lechuga con el té de vermicompost se logró entre 23 y 34.8% más de concentración de P y K en relación a la solución Steiner (Figura 2). De acuerdo con Asghar *et al.* (2012) la adición de fuentes orgánicas puede proporcionar una fuente continua de P para plantas y microorganismos. El P orgánico acumulado podría ser mineralizado por el cultivo de plantas con alta exudación de fosfatasa y/o por estimulación de los microorganismos.



**Figura 2. Concentración de NPK en albahaca (a) y lechuga (b) en función de la solución nutritiva.** Medias correspondientes a cada nutrimento con letras iguales por especie, son estadísticamente similares (Tukey,  $\alpha=0.05$ ). Las barras de error representan la desviación estándar.

La mayor concentración de Ca, Mg, S, Mn y Cu se obtuvo con la solución Steiner en albahaca; en lechuga, con esta solución se presentó la mayor concentración de Ca y Mg. Con respecto a S y B, las mayores concentraciones se registraron con el efluente y con el té de vermicompost, mientras que de Mn, con la solución Steiner y el efluente se obtuvieron las concentraciones más altas. Con el efluente se presentó mayor concentración de Fe y con el té de vermicompost la mayor concentración de Zn en ambas especies (Cuadros 2 y 3). De acuerdo con Heeb *et al.* (2006) los fertilizantes orgánicos liberan los nutrientes más lentamente que los fertilizantes minerales, lo que resulta en una disminución de las concentraciones de éstos en las hojas. También es posible que la actividad microbiana en el té y efluente modifica continuamente la disponibilidad de nutrientes a diferencia de la solución Steiner que está balanceada.

**Cuadro 2. Concentración de C, Mg y S en plantas de albahaca y lechuga.**

Solución nutritiva	Ca	Mg	S
	-----g kg <sup>-1</sup> -----		
<b>Albahaca</b>			
Steiner	27.11a <sup>§</sup> (±0.81)	12.06a (±0.60)	5.15a (±0.19)
Efluente	8.44b (±0.16)	4.84b (±0.11)	3.52b (±0.12)
Té	7.82b (±0.12)	4.91b (±0.28)	3.06c (±0.13)
<b>Lechuga</b>			
Steiner	13.30a <sup>§</sup> (±0.05)	6.89a (±0.48)	2.69b (±0.17)
Efluente	6.00b (±0.25)	5.06b (±0.27)	3.32a (±0.09)
Té	5.65c (±0.19)	4.78b (±0.32)	3.14a (±0.11)

<sup>§</sup>Medias con letras iguales en cada columna por especie, son estadísticamente similares (Tukey,  $\alpha= 0.05$ ). Valores dentro de paréntesis indican la desviación estándar.

**Cuadro 3. Concentración de micronutrientos en plantas de albahaca y lechuga.**

<b>Solución nutritiva</b>	<b>B</b>	<b>Mn</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Zn</b>
	-----mg kg <sup>-1</sup> -----				
<b>Albahaca</b>					
Steiner	129.3a <sup>§</sup> (±5.1)	114.6a (±4.2)	10.7a (±0.8)	130.7b (±5.6)	35.7c (±2.6)
Efluente	132.5a (±4.3)	36.6b (±1.1)	4.1c (±0.1)	163.2a (±13.3)	44.2b (±1.1)
Té	111.5b (±3.9)	22.8c (±0.7)	6.8b (±1.0)	130.8b (±15.8)	53.2a (±0.8)
<b>Lechuga</b>					
Steiner	114.5b <sup>§</sup> (±8.7)	48.4a (±1.1)	5.3a (±0.5)	96.2b (±34.6)	24.9c (±2.3)
Efluente	150.7a (±5.0)	50.9a (±2.5)	4.3a (±1.4)	154.9a (±11.8)	42.6b (±2.2)
Té	138.8a (±8.5)	32.0b (±0.9)	5.8a (±0.8)	114.3b (±9.1)	63.1a (±1.5)

<sup>§</sup>Medias con letras iguales en cada columna por especie, son estadísticamente similares (Tukey,  $\alpha= 0.05$ ). Valores dentro de paréntesis indican la desviación estándar.

#### 4.4. Conclusiones

La aplicación del té de vermicompost incrementó el contenido de antioxidantes en albahaca y lechuga; en promedio, con el té se obtuvo una actividad antioxidante mayor en 49.6% comparado con efluente y con la solución Steiner se registró una actividad antioxidante mayor en 16.2% comparada con la misma solución, por lo que el té de vermicompost es una buena alternativa de nutrición para plantas aromáticas y hortalizas de hoja. Además la actividad antioxidante varió entre especies siendo las plantas de albahaca las que presentaron mayor cantidad de compuestos antioxidantes.

La mayor concentración de nutrientes en las plantas se encontró en aquellas que se nutrieron con la solución Steiner aunque esto no se refleja con la producción de antioxidantes, por lo que se concluye que el té de vermicompost no sólo aporta nutrientes sino que los constituyentes favorecen el desarrollo de las plantas así como su calidad.

#### 4.5. Literatura citada

- Anwar M., D. D. Patra, S. Chand, K. Alpesh, A. A. Naqvi, and S. P. S. Khanuja. 2007. Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation, and oil quality of french basil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 36: 1737–1746.
- Arancon Q. N., C. A. Edwards, R. Dick, and L. Dick. 2007. Vermicompost tea production and plant growth impacts. *BioCycle* 48(11): 51-52.
- Asghar M. M., P. Marschner, and K. Saifullah K. 2012. Addition of organic and inorganic P sources to soil e Effects on P pools and microorganisms. *Soil Biology and Biochemistry* 49: 106 - 113.
- Chizzola R., H. Michistschs, and C. Franz. 2008. Antioxidative properties of *Thymus vulgaris* leaves: comparison of different extracts and essential oil chemotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56: 6897-6904.
- Danesi F., S. Elementi, R. Neri, M. Maranesi, L. F. D'Antuono, and A. Bordoni. 2008. Effect of Cultivar on the Protection of Cardiomyocytes from Oxidative Stress by Essential Oils and Aqueous Extracts of Basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56 (21): 9911–9917.
- Domínguez O. M. A., O. Muñoz M., R. V. García R., M. Vázquez H., J. Gallegos E., and J. S. Cruz S. 2009. Antioxidant and anti-inflammatory activity of *Moussonia deppeana*. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas* 9 (1): 13-19.
- Gülçin I. 2012. Antioxidant activity of food constituents: an overview. *Archives of Toxicology* 86 (3): 345-391.

- Hakkim F. L., C. G. Shankar, and S. Girija. 2007. Chemical composition and antioxidant property of holy Basil (*Ocimum sanctum* L.) leaves, stems, and inflorescence and their *in vitro* callus cultures. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55 (22): 9109–9117.
- Heeb A., B. Lundegardh, G. Savage, and T. Ericsson. 2006. Impact of organic and inorganic fertilizers on yield, taste, and nutritional quality of tomatoes. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 169: 535–541.
- Hinneburg I., H. J. Damien D., and R. Hiltunen. 2006. Antioxidant activities of extracts from selected culinary herbs and spices. *Food Chemistry* 97: 122–129.
- Hussain A. I., F. Anwar, S. T. Hussain, and R. Przybylski. 2008. Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of basil (*Ocimum basilicum*) essential oils depends on seasonal variations. *Food Chemistry* 108: 986-995
- Juárez R. C. R., L. Craker E., M. N. Rodríguez M., and J. A. Aguilar C. 2011. Humic substances and moisture content on the biomass production and bioactive constituents of *Thymus vulgaris*. *Revista Fitotecnia Mexicana* 34 (3): 183–188.
- Kratchanova M., P. Denev, M. Ciz, A. Lojek, and A. Mihailov. 2010. Evaluation of antioxidant activity of medicinal plants containing polyphenol compounds. Comparison of two extraction systems. *Acta Biochimica Polonica* 57 (2): 229–234.
- Miliauskas G., P. R. Venskutonis, and T.A. Van Beek. 2004. Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. *Food Chemistry* 85: 231–237.
- Moon J. K., and T. Shibamoto. 2009. Antioxidant Assays for Plant and Food Components. *Agricultural and Food Chemistry* 57(5): 1655–1666.

- Morillas R. J. M., y J. M. Delgado A. 2012. Análisis nutricional de alimentos vegetales con diferentes orígenes: Evaluación de capacidad antioxidante y compuestos fenólicos totales. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria* 32(2): 8-20.
- Nguyen P. M., and E. D. Niemeyer. 2008. Effects of Nitrogen Fertilization on the Phenolic Composition and Antioxidant Properties of Basil (*Ocimum basilicum* L.). *Agricultural and Food Chemistry* 56 (18): 8685–8691.
- Nguyen P. M., E. M. Kwee, and E. D. Niemeyer. 2010. Potassium rate alters the antioxidant capacity and phenolic concentration of basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves. *Food Chemistry* 123: 1235–1241.
- Ochoa-Martínez E., U. Figueroa-Viramontes, P. Cano-Ríos, P. Preciado-Rangel, A. Moreno-Reséndez, y N. Rodríguez-Dimas. 2009. Té de Composta como Fertilizante Orgánico en la Producción de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en Invernadero. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 15 (3): 245-250.
- Pant A.P., T. J. K. Radovich, N. V. Hue, and N. Q. Arancon. 2011. Vermicompost extracts influence growth, mineral nutrients, phytonutrients and antioxidant activity in pak choi (*Brassica rapa* cv. Bonsai, Chinensis group) grown under vermicompost and chemical fertilizer. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 89: 2383-2392.
- Rippy J. F. M., M. M. Peet, F. J. Louis, and P. V. Nelson. 2004. Plant development and harvest yield of greenhouse tomatoes in six organic growing systems. *Hortscience* 39 (2): 223-229.
- Salas P. L., J. R. Esparza R., P. Preciado R., V. de P. Álvarez R., J. A. Meza V., J. R. Velázquez M., y M. Murillo O. 2012. Rendimiento, calidad nutricional, contenido

- fenólico y capacidad antioxidante de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays*) producido en invernadero bajo fertilización orgánica. *Interciencia* 37(3): 215-220.
- Scherer R., and G. H. Teixeira 2009. Antioxidant activity index (AAI) by the 2,2-diphenyl-1-picrilhydrazil method. *Food Chemistry* 112: 654-658.
- Sharafzadeh S. 2012. Growth and secondary metabolites of basil, mint and thyme as affected by light. *International Journal of Pharma and Bio Sciences* 3: 43-49.
- Sharma S., K. Pradhan, S. Satya, and P. Vasudevan. 2005. Potentiality of Earthworms for Waste Management and in Other Uses – A Review. *The Journal of American Science* 1(1): 4-16.
- Sharma O. P., and T. K. Bhat. 2009. DPPH antioxidant assay revisited. *Food Chemistry* 113: 1202-1205.
- Shiga T., K. Shoji, H. Shimada, S. Hashida, F. Goto, and T. Yoshihara. 2009. Effect of light quality on rosmarinic acid content and antioxidant activity of sweet basil, *Ocimum basilicum* L. *Plant Biotechnology* 26(2): 255-259.
- Singh D. P., J. Beloy, J. K. McInerney, and L. Day. 2012. Impact of boron, calcium and genetic factors on vitamin C, carotenoids, phenolic acids, anthocyanins and antioxidant capacity of carrots (*Daucus carota*) *Food Chemistry* 132:1161–1170.
- Stefanelli D., S. Winkler, and R. Jones. 2011. Reduced nitrogen availability during growth improves quality in red oak lettuce leaves by minimizing nitrate content, and increasing antioxidant capacity and leaf mineral content. *Agricultural Sciences* 2(4): 477-486.
- Steiner A. A. 1984. The universal nutrient solution. In: *Proceedings of Sixth International Congress on Soilless Culture*. International Society for Soilless Culture. Lunteren, The Netherlands. Pp. 633-649.

- Stratil P., B. Klejdus, and V. Kuban. 2006. Determination of total content of phenolic compounds and their antioxidant activity in vegetables-evaluation of spectrophotometric methods. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 54: 607-617.
- Suhaj M. 2006. Spice antioxidants isolation and their antiradical activity: a review. *Journal of Food Composition and Analysis* 19: 531–537.
- Zhao X., J. R. Nechols, K. A. Williams, W. Wang, and E. E. Carey. 2009. Comparison of phenolic acids in organically and conventionally grown pac choi (*Brassica rapa* L. chinensis). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 89: 940–946.

**CAPÍTULO V. ÍNDICES DE CRECIMIENTO EN HORTALIZAS DE HOJA  
PRODUCIDAS CON EFLUENTE DE VERMICOMPOST EN SISTEMA NFT.**

**GROWTH RATES IN LEAFY VEGETABLES PRODUCED WITH  
VERMICOMPOST EFFLUENT IN NFT SYSTEM**

**Resumen**

La investigación tuvo como objetivo probar la eficiencia de efluentes de vermicompost con tres valores de conductividad eléctrica (CE) en tres especies vegetales en el sistema hidropónico NFT. El experimento se llevó a cabo en Montecillo, Texcoco, Estado de México, en un invernadero tipo túnel del mes de agosto a noviembre de 2012. Las especies utilizadas fueron albahaca, cilantro y lechuga. La CE de los efluentes tuvo efecto significativo sobre las variables en estudio en cada especie vegetal. Las plantas de albahaca tuvieron un mayor crecimiento con el efluente a CE de  $1.0 \text{ dS m}^{-1}$ , excepto en los índices proporción de tallo (PT) y proporción de raíz (PR) donde los valores más altos se registraron con valores de CE de 0.5 y  $1.5 \text{ dS m}^{-1}$ . En lechuga la CE de  $1.5 \text{ dS m}^{-1}$  favoreció el desarrollo obteniéndose los mejores resultados en todas las variables agronómicas, así como en los índices razón de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE) y proporción de hojas (PH). El cilantro se desarrolló favorablemente tanto a  $1.0$  como a  $1.5 \text{ dS m}^{-1}$  de CE. Los resultados obtenidos permiten recomendar el uso de efluentes como alternativa para la producción en sistemas hidropónicos a una CE entre  $1.0$  y  $1.5 \text{ dS m}^{-1}$ .

**Palabras clave:** solución nutritiva, producción orgánica, efluentes, índices de crecimiento.

## **Abstract**

The objective of this research was to test the efficiency of vermicompost effluents with three electrical conductivity (EC) values in three plant species in the NFT hydroponic system. The experiment was carried out in Montecillo, Texcoco, State of Mexico, in a tunnel-type greenhouse from August to November 2012. The species used were basil, coriander and lettuce. The EC of the effluents had a significant effect on the variables under study in each plant species. Basil plants had greater growth with the effluent at 1.0 dS m<sup>-1</sup> EC, except in the stem proportion (SP) and root proportion (RP) rates where the highest values were recorded with EC values of 0.5 and 1.5 dS m<sup>-1</sup>. In lettuce, 1.5 dS m<sup>-1</sup> EC led to the best results in all agronomic traits and in leaf area ratio (LAR), specific leaf area (SLA) and leaf proportion (LP). Coriander developed favorably with both 1.0 and 1.5 dS m<sup>-1</sup> EC. The results allow us to recommend the use of effluents as a production alternative in hydroponic systems with EC between 1.0 and 1.5 dS m<sup>-1</sup>.

**Keywords:** nutrient solution, organic production, leachates, growth rates.

## **5.1 Introducción**

Los sistemas intensivos con cultivos que responden a fertilizantes, dependen de altos insumos inorgánicos y a menudo conducen a la no sostenibilidad en la producción y plantean también una grave amenaza para la salud del suelo (Anwar *et al.*, 2007). Aunado a esto, la gestión de residuos sólidos se ha convertido en uno de los principales problemas que enfrentamos hoy en día. El rápido incremento en la generación de residuos es un aspecto de la crisis ambiental causada por la rápida urbanización y el crecimiento demográfico que se ha traducido en la generación de gran cantidad de residuos sólidos orgánicos (Mane y Smita, 2012). Por ello es necesario emplear formas alternativas que mejoren la productividad sin

causar la degradación del medio ambiente. La conversión de residuos orgánicos en fertilizantes a través de vermicompostaje es una de tales alternativas, que junto con la aplicación de fuentes orgánicas de nutrientes con o sin muy poco uso de fertilizantes inorgánicos está ganando importancia (Anwar *et al.*, 2007; Basílio y Galba, 2012).

Los procesos de compostaje y vermicompostaje son métodos útiles para producir un material orgánico estabilizado y maduro, rico en sustancias húmicas, que puede cambiar algunas propiedades en la solución del suelo (Campitelli y Ceppi, 2008).

El vermicompost se considera como un producto excelente, ya que es homogéneo, es estable, ha reducido el nivel de contaminantes, contiene hormonas del crecimiento de plantas, mayor nivel de enzimas del suelo, una alta población microbiana y tiende a mantener más nutrientes durante un período más largo sin afectar negativamente el medio ambiente (Sharma *et al.*, 2005). Durante el proceso de su elaboración, la cama está llena de residuos alimenticios para las lombrices y está equipada con un sistema de drenaje y recolección para reducir las filtraciones y posible contaminación del medio ambiente (Gutiérrez-Miceli *et al.*, 2011), ese líquido drenado durante el proceso de vermicompostaje conocido como lixiviado o efluente contiene sustancias húmicas, fitohormonas que regulan el crecimiento vegetal, por lo que se ha utilizado para la producción de plantas (Basílio y Galba, 2012). Considerando lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue comparar el desarrollo de albahaca, cilantro y lechuga tratados con efluentes de vermicompost con tres valores de conductividad eléctrica (CE) como solución nutritiva en un sistema NFT, con la premisa de que la concentración de los efluentes influye en la producción y calidad de las hortalizas en sistemas hidropónicos.

## 5.2. Materiales y métodos

El presente experimento se estableció en un invernadero tipo túnel del Área de Nutrición Vegetal del Colegio de Postgraduados, con cubierta de polietileno UVII-720 y estructura de acero galvanizado, con ventilación lateral a lo largo de la nave, localizado en Montecillo, Texcoco, Estado de México. La investigación se realizó de agosto a octubre de 2012.

Se trabajó con tres especies vegetales, lechuga tipo romana (orejona) (*Lactuca sativa* cv Escala), Cilantro (*Coriandrum sativum* cv Caribe) y albahaca (*Ocimum basilicum* cv Minimum).

Para el almacenamiento de los efluentes se usaron contenedores de plástico de 20 L. A partir de estas soluciones concentradas (CE de  $11.6 \text{ dS m}^{-1}$ ) se hicieron diluciones hasta obtener las CE manejadas durante el experimento. El pH fue ajustado a 5.5 con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado.

Como solución nutritiva se utilizaron efluentes de vermicompost con tres valores de conductividad eléctrica (CE): 0.5, 1.0 y  $1.5 \text{ dS m}^{-1}$ . Las diluciones para hacer los ajustes de CE se hicieron con agua de la llave y las relaciones efluente: agua en cada uno de los casos fueron: 1:40, 1:28 y 1:18.

El efluente se colectó de un vermicompost hecho a base de estiércol bovino y paja de maíz, con relación inicial C/N de la materia prima de 45, elaborado en el área de Agroecología del Colegio de Postgraduados. La colecta se hizo tres semanas antes del final del proceso de vermicompostaje.

Se realizó el análisis nutrimental de los efluentes de vermicompost por el método Kjeldahl para nitrógeno total, amonio y nitrato por arrastre de vapor. Para la determinación de P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Zn, Mn y B se pesó 0.5 g de la muestra, con la que se realizó una

digestión húmeda y finalmente los extractos resultantes fueron leídos en un equipo de espectroscopia de emisión atómica de inducción por plasma ICP-VARIAN 725-ES (Cuadro 1). La CE y el pH se midieron con un medidor portátil (CONDUCTRONIC PC18).

**Cuadro 1. Análisis nutrimental del efluente de vermicompost evaluado como solución nutritiva.**

Nutrimento	Conductividad eléctrica del efluente (dS m <sup>-1</sup> )			
	11.6	0.5	1.0	1.5
	----- mg L <sup>-1</sup> -----			
Nitrógeno total	194.7	92.6	108.5	114.9
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	25.54	22.34	22.34	25.54
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	22.34	25.22	25.54	25.80
P	154.12	1.748	2.541	6.345
K	1414.52	8.842	40.15	91.30
Ca	237.15	37.78	40.33	41.67
Mg	221.80	25.01	28.13	29.76
S	340.89	52.29	81.74	87.43
B	2.239	0.074	0.12	0.166
Mn	0.769	0.014	0.015	0.044
Cu	0.267	0.009	0.023	0.037
Fe	8.94	0.13	0.499	0.678
Zn	0.867	0.005	0.03	0.049

Se realizó el análisis microbiológico de los efluentes (Anexo 13) para descartar posibles peligros de bacterias patógenas. La solución fue reportada sin peligros encontrándose por debajo de los límites permisibles de acuerdo a las normas de inocuidad para *Escherichia coli* (<10 UFC g<sup>-1</sup>) y *Salmonella spp.* (ausente en 25 g).

Las soluciones de efluentes se prepararon por separado en tanques de 70 L y se utilizaron bombas para recircularlas. Éstas fueron abastecidas por 5 min cada hora usando un temporizador.

Las plantas provenientes del almácigo se colocaron en las perforaciones de los tubos del sistema NFT, se trasplantaron cuando tuvieron de 2 a 3 hojas verdaderas y se mantuvieron con solución Steiner al 25%, a los 5 días después del trasplante (ddt) se aplicaron los tratamientos en estudio.

Los tratamientos evaluados fueron las tres soluciones nutritivas. Se empleó un diseño completamente al azar para cada muestra independiente (especie vegetal) con 15 repeticiones por tratamiento.

Las variables evaluadas fueron altura (AL) de planta medida con cinta métrica; diámetro de tallo (DT) determinado con un vernier digital (TRUPER Stainless Steel); lecturas SPAD usando un medidor portátil de clorofila SPAD (Minolta 502); área foliar ( $\text{cm}^2$ ) determinada con un integrador de área foliar (LICOR LI-300), biomasa seca de raíz, tallo y hojas determinadas con una balanza analítica (OHAUS Adventurer Pro AV213C). Con las medidas directas de área foliar y biomasa seca, se calcularon los índices de crecimiento referidos por Gardner *et al.* (1990) y Hunt *et al.* (2002): razón de área foliar (RAF)= área foliar (AF)/Biomasa seca total (BT); área foliar específica (AFE)= AF/biomasa seca de hojas (BSH); proporción de raíz (PR)= biomasa seca de raíz (BSR)/BT; proporción de tallo (PT)= biomasa seca de tallo (BST)/BT y proporción de hojas (PH)= BSH/BT. Todas las variables se evaluaron a la cosecha, la cual se realizó a los 30 ddt.

Con la información obtenida se realizó análisis de la varianza ( $\alpha=0.05$ ) y pruebas de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) por especie con el paquete estadístico SAS V9.3.

### 5.3. Resultados y discusión

El análisis de la varianza mostró diferencias significativas en la mayoría de los parámetros evaluados (Anexos 9, 10 y 11) en las especies por efecto de la conductividad eléctrica (CE) del efluente aplicado, con excepción de los índices RAE, AFE y PT en albahaca. En cilantro, el DT y la PR no se modificaron por efecto de la CE (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Significancia estadística del valor de las CE de las soluciones nutritivas evaluadas en aspectos agronómicos e índices de crecimiento de tres especies vegetales.**

FV	GL	AL	DT	SPAD	AF	BSR	BST	BSH	BT	RAF	AFE	PH	PT	PR
<b>Albahaca</b>														
	2	**	**	**	**	**	**	**	**	ns	ns	ns	*	*
<b>Cilantro</b>														
CE	2	*	ns	**	**	**	**	**	**	**	*	**	**	ns
<b>Lechuga</b>														
	2	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

F.V.= Fuente de variación; G.L.= Grados de libertad; AL=altura; DT=diámetro de tallo; AF=área foliar; BSR=biomasa seca de raíz; BST=biomasa seca de tallo; BSH=biomasa seca de hoja; BT=biomasa total; RAF=razón de área foliar; AFE=área foliar específica; PH=proporción de hoja; PT=proporción de tallo; PR=proporción de raíz; ns = No significativo; \* = Significativo al 5 %; \*\* = Altamente significativo al 5 %.

### Evaluación agronómica

La respuesta de las plantas de cada especie a la nutrición, dependió de la concentración (CE) de los efluentes de vermicompost.

Plantas de albahaca tratadas con el efluente con CE de 1.0 dS m<sup>-1</sup> tuvieron mayor altura, diámetro de tallo, lecturas SPAD (Cuadro 3) y área foliar (Figura 1). Arancon *et al.* (2006) mencionan que tanto el vermicompost como el lixiviado tienen un efecto inhibitorio a

concentraciones más altas sobre la germinación de semillas y crecimiento de las plantas. Estos efectos inhibitorios pueden ser debidos a un aumento de las concentraciones de sales, pH o a través de un efecto inhibidor de las auxinas así como de ácidos húmicos y fúlvicos (Gutiérrez-Miceli *et al.*, 2011).

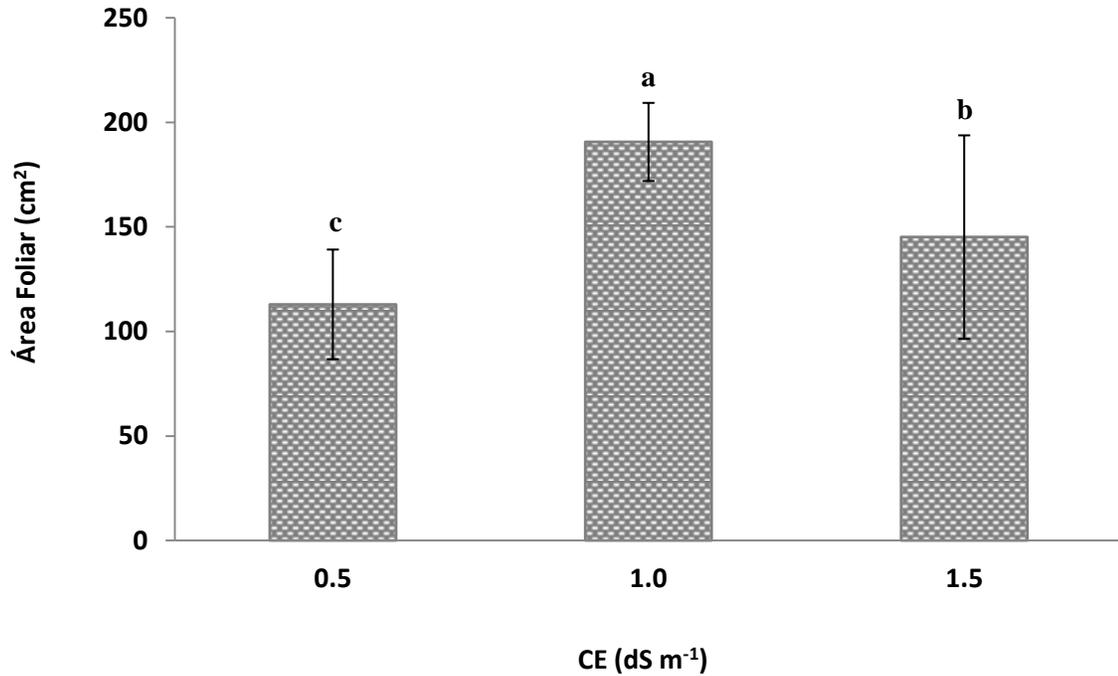
**Cuadro 3. Parámetros agronómicos evaluados en plantas de albahaca tratadas con efluentes con diferentes valores de CE.**

CE (dS m <sup>-1</sup> )	Altura (cm)	Diámetro tallo (mm)	Lecturas SPAD
0.5	21.41b <sup>§</sup> (±3.9)	4.06b (±0.41)	29.03b (± 2.6)
1.0	30.21a (±2.9)	4.78a (±0.18)	31.45a (±0.97)
1.5	23.91b (±4.7)	4.12b (±0.75)	25.47c (±2.8)

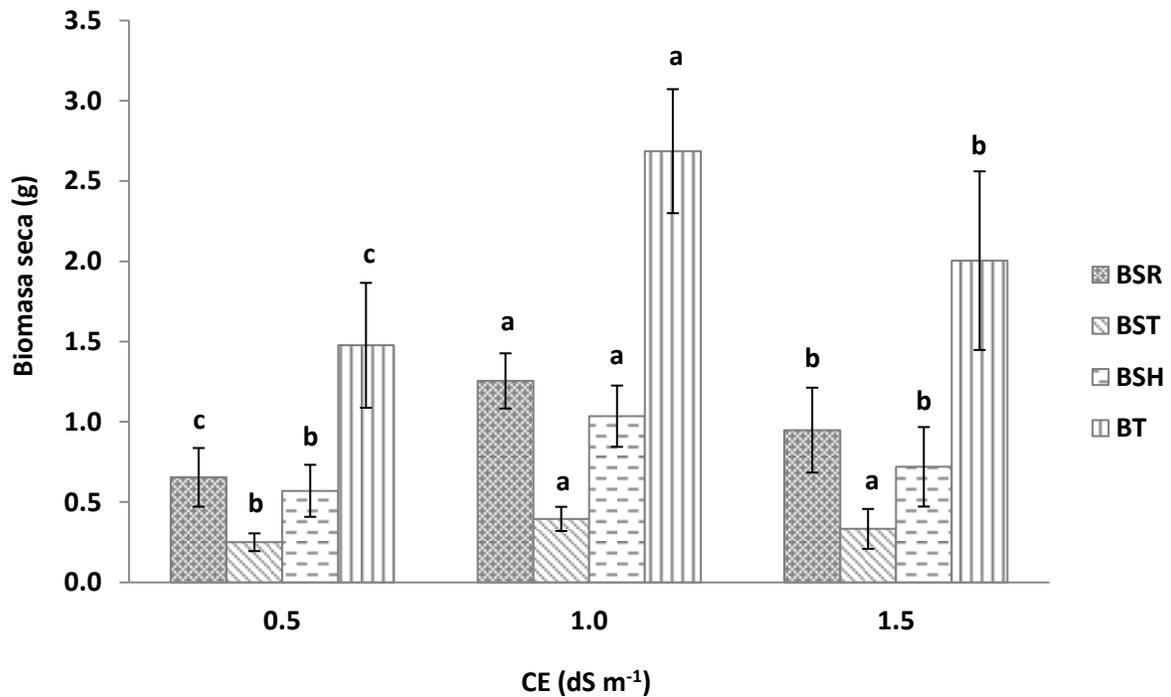
<sup>§</sup>Medias con letras iguales en cada columna, son estadísticamente similares (Tukey,  $\alpha= 0.05$ ). Valores dentro de paréntesis indican la desviación estándar.

El rendimiento de un cultivo viene dado por la capacidad de acumular biomasa en los órganos que se destinan a la cosecha (Peil y Gálvez, 2005).

En albahaca, las biomásas secas más altas de raíz, hoja y total se registraron con el efluente con CE de 1.0 dS m<sup>-1</sup>. Por otra parte, el mayor peso de biomasa seca de tallo se registró con los efluentes con valores de CE de 1.0 y 1.5 dS m<sup>-1</sup> (Figura 2). Los efectos benéficos del humus líquido, se han comprobado en cultivos como maíz, donde se ha incrementado el crecimiento de raíz, tallo y biomasa de hojas, además de inducir una precocidad de la floración y desarrollo de las raíces, lo que sugiere una interacción de los extractos húmicos con los procesos de desarrollo (Eyheraguibel *et al.*, 2008). En fresa se estudió el efecto de la aplicación foliar de lixiviados de vermicompost en el crecimiento, el rendimiento y la calidad a una concentración de 2 mL L<sup>-1</sup>. La aplicación de los lixiviados incrementó en 18% el área foliar, hasta 27% la materia seca y 13% el rendimiento de fruto (Singh *et al.*, 2010).



**Figura 1. Efecto de la CE del efluente en el área foliar de las plantas de albahaca.** Medias con letras iguales, son estadísticamente similares (Tukey,  $\alpha=0.05$ ). Las barras de error representan la desviación estándar.



**Figura 2. Efecto de la CE del efluente en la biomasa seca de las plantas de albahaca.** Medias correspondientes a cada órgano de la planta con letras iguales, son estadísticamente similares (Tukey,  $\alpha=0.05$ ). Las barras de error representan la desviación estándar.

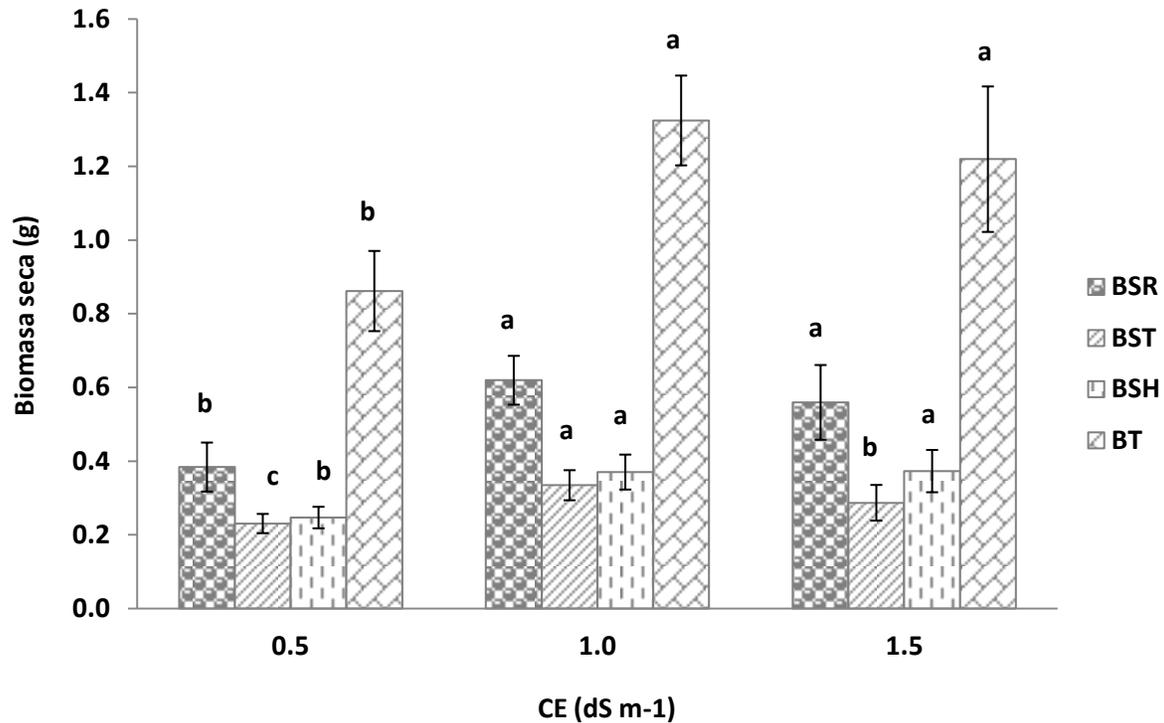
Las plantas de cilantro tratadas con el efluente con valores de CE de 1.0 y 1.5 dS m<sup>-1</sup> incrementaron su desarrollo obteniéndose con ambas soluciones las medias más altas en las variables altura, lecturas SPAD, área foliar, biomasa seca de raíz, hojas y total. Sólo en tallo, el mayor peso de biomasa seca se registró con 1.0 dS m<sup>-1</sup> de CE (Cuadro 4, Figura 3).

**Cuadro 4. Parámetros agronómicos evaluados en el cultivo de cilantro**

CE (dS m <sup>-1</sup> )	Altura (cm)	Diámetro tallo (mm)	Lecturas SPAD	Área foliar (cm <sup>2</sup> )
0.5	16.97b <sup>§</sup> (±2.2)	4.58a (±0.6)	22.99b (±2.6)	64.23b (±7.0)
1.0	18.72a (±1.0)	4.85a (±0.6)	29.41a (±2.8)	102.05a (±8.6)
1.5	18.21ab (±1.8)	4.45a (±0.4)	28.21a (±3.8)	103.33a (±17.5)

<sup>§</sup>Medias con letras iguales en cada columna, son estadísticamente similares (Tukey,  $\alpha=0.05$ ). Valores dentro de paréntesis indican la desviación estándar.

Los ácidos húmicos (AH) benefician el crecimiento vegetal mediante la mejora de la absorción de nutrientes y los efectos hormonales (Arancon *et al.*, 2006; Nikbakht *et al.*, 2008). Lo cual también coincide con un estudio en el que se evaluó el efecto de lixiviados de vermicompost procedentes de estiércol bovino y forraje verde sobre el cultivo de tomate, donde hubo aumento de altura, concentraciones de clorofila, de N, de P y de K, con respecto a las plantas que recibieron tratamiento inorgánico, atribuido al contenido de sustancias húmicas en los lixiviados (Tejada *et al.*, 2008). En nochebuena, se evaluó el efecto de la aplicación foliar de efluentes de vermicompost a concentración de 0.05%, la cual promovió mayor altura, número de ciatios, área de brácteas, biomasa seca total y foliar (Pineda-Pineda *et al.*, 2008).



**Figura 3. Efecto de la CE del efluente en la biomasa seca de las plantas de cilantro.** Medias correspondientes a cada órgano de la planta con letras iguales, son estadísticamente similares (Tukey,  $\alpha=0.05$ ). Las barras de error representan la desviación estándar.

Gutiérrez-Miceli *et al.* (2008) mencionan que los lixiviados de vermicompost deben utilizarse diluidos para evitar daños a las plantas, pero que al diluir se reduce la cantidad de nutrientes, por lo que se requiere en ocasiones un fertilizante adicional. En sorgo encontraron que los lixiviados estimularon el desarrollo de la planta, pero la fertilización con NPK se requirió para el crecimiento máximo, por lo que en este cultivo recomiendan el uso de lixiviados sin dilución y complementados con fertilizantes como triple 17. Los lixiviados de vermicompost se pueden utilizar para complementar los fertilizantes químicos en aquellos cultivos más demandantes en cuanto a nutrientes (Kandari *et al.*, 2011).

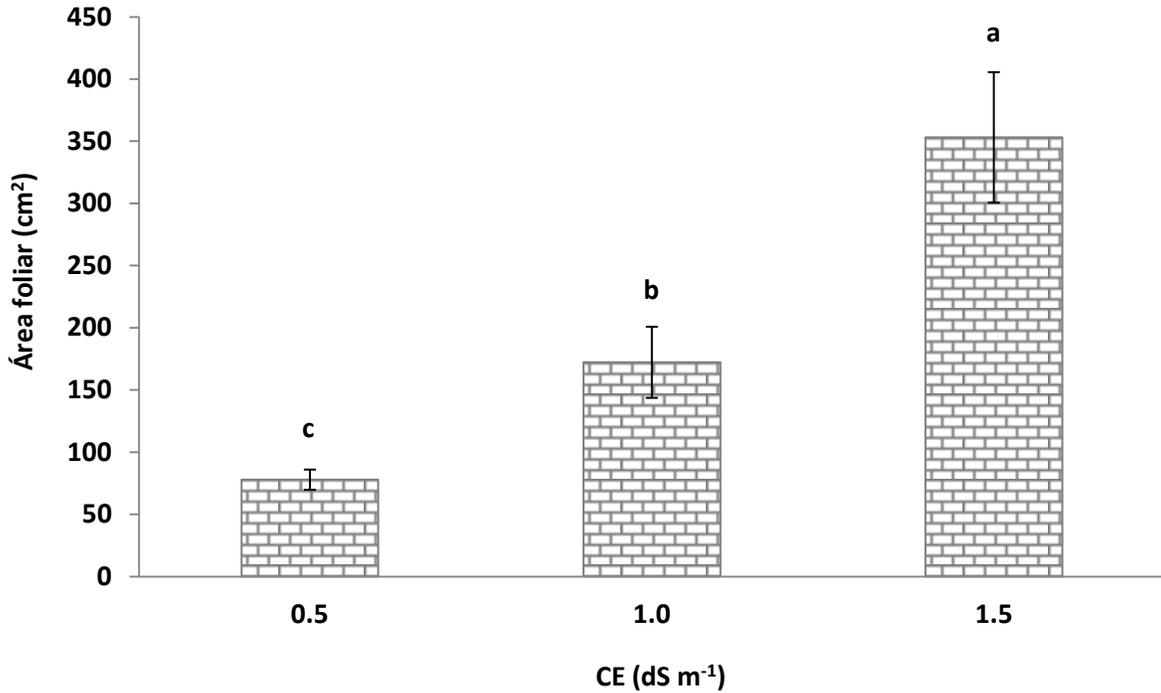
Las plantas de lechuga respondieron favorablemente al tratamiento con efluente con CE de 1.5 dS m<sup>-1</sup>, con el que se registraron los mayores valores en todas las variables agronómicas estudiadas, seguido del tratamiento del efluente con 1.0 dS m<sup>-1</sup> de CE (Cuadro 5 y Figuras 4 y 5). Los mecanismos bioquímicos-fisiológicos, así como el crecimiento y el desarrollo de las plantas son estimulados por la aplicación de sustancias húmicas (Calderín *et al.*, 2013).

**Cuadro 5. Parámetros agronómicos evaluados en el cultivo de lechuga.**

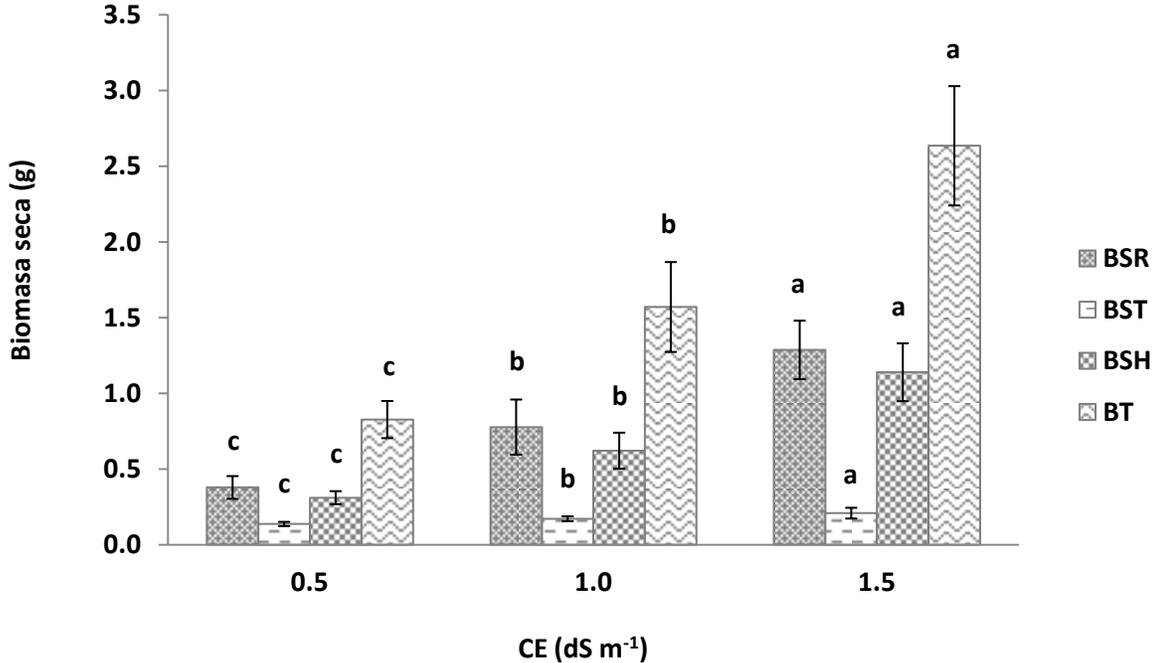
CE (dS m <sup>-1</sup> )	Altura (cm)	Diámetro tallo (mm)	Lecturas SPAD
0.5	12.59c <sup>§</sup> (±0.94)	4.60c (±0.39)	22.83c (±3.7)
1.0	16.01b (±0.83)	6.76b (±0.98)	26.45b (±2.6)
1.5	19.52a (±0.77)	7.50a (±0.98)	30.28a (±1.5)

<sup>§</sup>Medias con letras iguales en cada columna, son estadísticamente similares (Tukey,  $\alpha= 0.05$ ). Valores dentro de paréntesis indican la desviación estándar.

Los lixiviados de vermicompost se han usado también en pruebas de germinación, por ejemplo, semillas de eucalipto de tres especies se sometieron a tres concentraciones diferentes de lixiviados, preparadas diluyendo con agua en proporciones de 1:5, 1:10 y 1:20 (v/v), lográndose mayor índice de vigor en *Eucalyptus dunnii* con la concentración de 1:5, *E. nitens* a 1:20 y *E. smithii* a 1:10. Estos resultados sugieren que la influencia del lixiviado en las especies de eucalipto es dependiente de la concentración (Kandari *et al.*, 2011).



**Figura 4. Efecto de la CE del efluente en el área foliar de las plantas de lechuga.** Medias con letras iguales, son estadísticamente similares (Tukey,  $\alpha=0.05$ ). Las barras de error representan la desviación estándar.



**Figura 5. Efecto de la CE del efluente en la biomasa seca de las plantas de lechuga.** Medias correspondientes a cada órgano de la planta con letras iguales, son estadísticamente similares (Tukey,  $\alpha=0.05$ ). Las barras de error representan la desviación estándar.

En plantas de tomate en semillero se estudió el efecto de lixiviados de vermicompost, las cuales mejoraron su desarrollo cuando la solución de nutrientes de Hoagland (50%) fue suplementado con el extracto (10:01 v / v, respectivamente). En ausencia de P y K, la adición de éste incrementó la longitud de brotes, número de hojas, así como biomasa de brotes y raíces, por lo que el lixiviado podría servir como un sustituto potencial para la deficiencia de P y K (Arthur *et al.*, 2012).

Los lixiviados derivados de procesos de compostaje tienen efectos benéficos en diferentes etapas del crecimiento de la planta y tienen un uso potencial como fertilizante foliar (Eyheraguibel *et al.*, 2008; Singh *et al.*, 2010). El alto porcentaje de ácidos húmicos en vermicompost contribuye a la salud de la planta, ya que promueve la síntesis de compuestos fenólicos, tales como las antocianinas y flavonoides, que pueden mejorar la calidad de las plantas y actúan como un elemento de disuasión a las plagas y enfermedades (Theunissen *et al.*, 2010). Su naturaleza líquida es conveniente para su aplicación tanto en condiciones de vivero como en campo; sin embargo, se necesitan más estudios en condiciones de campo (Kandari *et al.*, 2011). Cuando estos lixiviados se utilizan como un fertilizante líquido, proporcionan la ventaja de la homogeneidad, al aplicarse al suelo o a la hoja como fertilizante foliar en comparación con la aplicación de fertilizante sólido. Su uso como fertilizante foliar, evita el problema lixiviación que ocurre debido a las propiedades del suelo. Además por su contenido de nutrientes para las plantas, tiene el potencial de ser utilizado como una solución nutritiva en cultivo hidropónico (Quaik *et al.*, 2012).

## Índices de crecimiento

Las plantas de albahaca no presentaron diferencias estadísticas en los índices RAF, AFE y PH, lo que indica que la eficiencia fotosintética, grosor de la hoja, así como la inversión de la planta en órganos fotosintéticos, no se modificó por el efecto de la CE del efluente aplicado.

Sin embargo la proporción de los órganos de sostén y absorción si se modificaron. La mayor PT se presentó con el efluente a CE de 0.5 dS m<sup>-1</sup>, mientras que la mayor PR se registró con una CE de 1.5 dS m<sup>-1</sup>.

**Cuadro 6. Índices de crecimiento de plantas de albahaca.**

CE (dS m <sup>-1</sup> )	RAF (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	AFE (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	PH (g g <sup>-1</sup> )	PT (g g <sup>-1</sup> )	PR (g g <sup>-1</sup> )
0.5	77.18a <sup>§</sup> (±5.7)	201.51a (±21.9)	0.385a (±0.03)	0.172a (±0.02)	0.443b (±0.03)
1.0	71.44a (±4.4)	187.32a (±20.4)	0.384a (±0.03)	0.148b (±0.02)	0.468ab (±0.03)
1.5	72.67a (±14.9)	204.55a (±41.4)	0.360a (±0.06)	0.166ab (±0.03)	0.474a (±0.04)

RAF= razón de área foliar; AFE= área foliar específica; PH= proporción de hoja; PT= proporción de tallo; PR= proporción de raíz. <sup>§</sup>Medias con letras iguales en cada columna, son estadísticamente similares (Tukey,  $\alpha= 0.05$ ). Valores dentro de paréntesis indican la desviación estándar.

En las plantas de cilantro, se presentaron diferencias estadísticas significativas en todos los índices de crecimiento calculados. La mayor RAF se presentó en el tratamiento con CE de 1.5 dS m<sup>-1</sup>, lo que se traduce en un incremento en la eficiencia del dosel vegetal. La mayor AFE, es decir, el mayor grosor de hoja se registró con CE de 1.0 dS m<sup>-1</sup>. De acuerdo con Pérez *et al.* (2004) una elevada AFE incrementa la apetencia y fragilidad de las hojas e incrementa el riesgo de pérdidas prematuras de tejido, mientras que las hojas más densas y con menor AFE, tienen correlaciones altas con una mayor lignificación, menor tamaño celular, bajo contenido de humedad y baja concentración de N.

En relación a la inversión de la planta en los diferentes órganos de crecimiento, la CE del efluente influyó de forma significativa, ya que con 1.5 dS m<sup>-1</sup> se obtuvo mayor PH, con 0.5 dS m<sup>-1</sup> mayor PT y con 1.0 dS m<sup>-1</sup> mayor PR. Estos resultados muestran que las interacciones entre la disponibilidad de nutrientes así como la genética de cada especie, que determinan, en gran medida, el reparto de biomasa en hojas, tallos y raíces, son complejas y por tanto la relación con el crecimiento no siempre es predecible (Villar *et al.*, 2004).

**Cuadro 7. Índices de crecimiento de plantas de cilantro.**

CE (dS m <sup>-1</sup> )	RAF (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	AFE (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	PH (g g <sup>-1</sup> )	PT (g g <sup>-1</sup> )	PR (g g <sup>-1</sup> )
0.5	74.78b <sup>§</sup> (±4.1)	260.67b (±14.2)	0.287b (±0.02)	0.269a (±0.02)	0.444b (±0.03)
1.0	77.21b (±4.7)	277.84a (±25.7)	0.279b (±0.02)	0.253ab (±0.03)	0.468a (±0.03)
1.5	84.67a (±5.2)	276.35ab (±15.9)	0.307a (±0.02)	0.235b (±0.01)	0.457ab (±0.02)

RAF= razón de área foliar; AFE= área foliar específica; PH= proporción de hoja; PT= proporción de tallo; PR= proporción de raíz. <sup>§</sup>Medias con letras iguales en cada columna, son estadísticamente similares (Tukey,  $\alpha= 0.05$ ). Valores dentro de paréntesis indican la desviación estándar.

El análisis estadístico presentó diferencias estadísticas significativas en todos los índices de crecimiento en lechuga. En los índices RAF, AFE y PH, los mayores valores se obtuvieron con la aplicación de efluente a 1.5 dS m<sup>-1</sup> de CE, seguido de la aplicación de efluente con CE de 1.0 dS m<sup>-1</sup>. La mayor PT se registró con 0.5 dS m<sup>-1</sup> de CE en el efluente; mientras que con CE de 1.0 y 1.5 dS m<sup>-1</sup> se originó la mayor PR. Los factores de crecimiento cambian con las condiciones ambientales, como la temperatura y la respuesta de las plantas dependen en gran medida de la especie (Hikosaka *et al.*, 2006). La luz puede afectar el crecimiento y desarrollo de las plantas como fuente de energía (fotosíntesis) y fuente de calor, promoviendo cambios morfológicos y fisiológicos (Wassink y Stolwijk, 2009).

**Cuadro 8. Índices de crecimiento de plantas de lechuga.**

CE (dS m <sup>-1</sup> )	RAF (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	AFE (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	PH (g g <sup>-1</sup> )	PT (g g <sup>-1</sup> )	PR (g g <sup>-1</sup> )
0.5	95.13c <sup>§</sup> (±10.6)	252.43c (±26.1)	0.377c (± 0.02)	0.168a (±0.02)	0.455b (±0.03)
1.0	110.38b (±8.5)	279.32b (±20.8)	0.396b (±0.02)	0.113b (±0.02)	0.491a (±0.03)
1.5	134.33a (±9.3)	311.13a (±17.8)	0.432a (±0.02)	0.079c (±0.01)	0.488a (±0.02)

RAF= razón de área foliar; AFE= área foliar específica; PH= proporción de hoja; PT= proporción de tallo; PR= proporción de raíz. <sup>§</sup>Medias con letras iguales en cada columna, son estadísticamente similares (Tukey,  $\alpha= 0.05$ ). Valores dentro de paréntesis indican la desviación estándar.

El vermicompost contiene nutrientes para las plantas, incluyendo N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Zn, Cu y B, la absorción de los cuales tiene un efecto positivo en la nutrición de éstas, la fotosíntesis, el contenido de clorofila de las hojas y la mejora del contenido de nutrientes en los diferentes componentes de la planta (raíces, tallos y los frutos) (Theunissen *et al.*, 2010).

#### 5.4. Conclusiones

La concentración del efluente empleado como solución nutritiva, influyó de forma significativa en el desarrollo de las especies vegetales en estudio.

El mejor desarrollo de las plantas de albahaca se obtuvo con la CE de 1.0 dS m<sup>-1</sup>, en cilantro, el mejor desarrollo se registró tanto con CE de 1.0 como de 1.5 dS m<sup>-1</sup>, mientras que las plantas de lechuga mostraron mejores respuestas con el efluente manejado a 1.5 dS m<sup>-1</sup> de CE.

Los diferentes índices de crecimiento permitieron entender la relación existente entre el crecimiento de las plantas y la disponibilidad de nutrientes; en albahaca prácticamente no se modificó el crecimiento por efecto de la CE de los efluentes, a diferencia de cilantro y lechuga, donde el crecimiento fue dependiente de la concentración de la solución.

## 5.5. Literatura citada

- Anwar M., D. D. Patra, S. Chand, K. Alpesh, A. A. Naqvi, and S. P. S. Khanuja. 2007. Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation, and oil quality of french basil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 36: 1737–1746.
- Arancon N. Q., C. A. Edwards, S. Lee, and R. Byrne. 2006. Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth. *European Journal of Soil Biology* 42: S65–S69.
- Arthur D. G., A. O. Aremu, M. G. Kulkarni, and J. V. Staden. 2012. Vermicompost Leachate Alleviates Deficiency of Phosphorus and Potassium in Tomato Seedlings. *HortScience* 47(9): 1304–1307.
- Basílio Z. D., and J. Galba B. 2012. Vermicompost humic substances: technology for converting pollution into plant growth regulators. *International Journal of Environmental Science and Engineering Research* 3(2): 73-84.
- Calderín G. A., F. Guridi I., O. L. Hernández G., M. M. Diaz de A., R. Huelva L., S. Mesa R., D. Martínez B., and R. L. Louro B. 2013. Biotechnology of humified materials obtained from vermicomposts for sustainable agroecological purposes. *African Journal of Biotechnology* 12(7): 625-634.
- Campitelli P., and S. Ceppi. 2008. Effects of composting technologies on the chemical and physicochemical properties of humic acids. *Geoderma* 144: 325–333.
- Eyheraguibel B., J. Silvestre and P. Morard. 2008. Effects of humic substances derived from organic waste enhancement on the growth and mineral nutrition of maize. *Bioresource Technology* 99: 4206–4212.

- Gardner F. P., R. B. Pearce, and R. L. Mitchell. 1990. *Physiology of Crop Plants*. Second edition. Iowa State Press, Ames. 327 p.
- Gutiérrez-Miceli F. A., R. C. García-Gómez., R. Rincón R., M. Abud- Archila., M. A. Oliva L., M. J. Guillen C., and L. Dendooven. 2008. Formulation of a liquid fertilizer for sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) using vermicompost leachate. *Bioresource Technology* 99: 6174–6180.
- Gutiérrez-Miceli F. A., M. A. Oliva L., P. Mendoza N., B. Ruíz S., J. D. Álvarez S., and L. Dendooven. 2011. Optimization of vermicompost and worm-bed leachate for the organic cultivation of radish. *Journal of Plant Nutrition* 34: 1642–1653.
- Hikosaka K., K. Ishikawa, A. Borjigidai, O. Muller, and Y. Onoda. 2006. Temperature acclimation of photosynthesis: mechanisms involved in the changes in temperature dependence of photosynthetic rate. *Journal of Experimental Botany* 57 (2): 291–302.
- Hunt R., D. R. Causton, B. Shipley, and A. P. Askew. 2002. A modern tool for classical growth analysis. *Annals of Botany* 90: 485-488.
- Kandari L. S., M. G. Kulkarni, and J. Van Staden. 2011. Vermicompost leachate improves seedling emergence and vigour of aged seeds of commercially grown Eucalyptus species. *Southern Forests* 73(2): 117–122.
- Mane T. T., and R. Smita S. 2012. Management of Agriculture Waste from Market yard Through Vermicomposting. *Research Journal of Recent Sciences* 1: 289-296.
- Nikbakht A., M. Kafi, M. Babalar, Y. P. Xia, A. Luo, and N. Etemadi. 2008. Effect of Humic Acid on Plant Growth, Nutrient Uptake, and Postharvest Life of Gerbera. *Journal of Plant Nutrition* 31: 2155-2167.

- Peil, R. M., y J. L. Gálvez. 2005. Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. *Revista Brasileira de Agrociência* 11 (1): 05-11.
- Pérez A. J. A., E. García M., J. F. Enríquez Q., A. R. Quero C., J. Pérez P., y A. Hernández G. 2004. Análisis de crecimiento, área foliar específica y concentración de nitrógeno en hojas de pasto “mulato” (*Brachiaria* híbrido). *Técnica Pecuaria en México* 42 (3): 447-458.
- Pineda-Pineda J., A. M. Castillo-González, J. A. Morales-Cárdenas, M. T. Colinas-León, L. A. Valdez-Aguilar, y E. Avitia-García. 2008. Efluentes y sustratos en el desarrollo de nochebuena. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 14(2): 131-137.
- Quaik S., A. Embrandiri, P. F. Rupani, and M. H. Ibrahim. 2012. Potential of vermicomposting leachate as organic foliar fertilizer and nutrient solution in hydroponic culture: a review. *2nd International Conference on Environment and BioScience* 44: 43-47.
- Sharma S., K. Pradhan, S. Satya, and P. Vasudevan. 2005. Potentiality of Earthworms for Waste Management and in Other Uses – A Review. *The Journal of American Science* 1(1): 4-16.
- Singh R., R. K. Gupta, R. T. Patil, R. R. Sharma, R. Asrey, A. Kumar, and K. K. Jangra. 2010. Sequential foliar application of vermicompost leachates improves marketable fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria*×*ananassa* Duch.). *Scientia Horticulturae* 124(1): 34-39.

- Tejada M., J. L. González, M. T. Hernández, and C. García. 2008. Agricultural use of leachates obtained from two different vermicomposting processes. *Bioresource Technology* 99: 6228–6232.
- Theunissen J., P. A. Ndakidemi, and C. P. Laubscher. 2010. Potential of vermicompost produced from plant waste on the growth and nutrient status in vegetable production. *International Journal of the Physical Sciences* 5(13): 1964-1973.
- Villar R., R. J. Ruiz, J. L. Quero, H. Poorter, F. Valladares y T. Marañón. 2004. Tasas de crecimiento en especies leñosas: aspectos funcionales e implicaciones ecológicas. *In*: Valladares, F. (Ed.) *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Ministerio de Medio Ambiente. Egraf, S. A. Madrid, España. pp. 191-227.
- Wassink E. C., and J. A. Stolwijk, J. 2009. Effects of light quality on plant growth. *Annual Reviews (AR)*. Laboratory for Plant Physiological Research, Agricultural University, Wageningen, Netherlands. 29 p.

## CONCLUSIONES GENERALES

La metodología de preparación del té ya sea de compost o vermicompost, así como el origen de la materia prima para su elaboración va a determinar las características finales del extracto. En este estudio se comprobó que el prelavado del vermicompost disminuye la CE, lo cual es posible hacerse cuando los materiales tienen pH alcalinos, con la finalidad de eliminar el exceso de sales que pudieran provocar efectos negativos en el cultivo. El origen del vermicompost utilizado en la elaboración de los tés mostró alta correlación con el pH, CE y contenido nutrimental. Los tés elaborados a partir del vermicompost de pasto y la mezcla de estiércol de borrego y bovino presentaron los mejores resultados. La relación 1:2 (vermicompost:agua) ofrece la ventaja de obtener tés concentrados con valores más altos de pH, CE y concentración de nutrientes, lo que representa una alternativa para su uso en la elaboración de soluciones nutritivas más diluidas. Además el tiempo de extracción influyó en las variables evaluadas. Los resultados del presente experimento indicaron que el tiempo de incubación más adecuado para la extracción de tés fue de ocho horas, pues durante ese tiempo se observaron las mayores concentraciones de Nt,  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$ .

La evaluación en invernadero, mostró evidencias en favor de la hipótesis general que indica que el té de vermicompost es una fuente suficiente de nutrimentos para el desarrollo de los tres cultivos en estudio, por lo que este extracto es una alternativa eficaz como fuente de nutrimentos y que además fue obtenida con una menor cantidad de insumos, siendo accesible al productor, el cual podrá obtener productos de calidad para el consumo a través del reciclaje de desechos agrícolas y ganaderos.

El efluente de vermicompost como solución nutritiva ajustada a una CE de  $2.0 \text{ dS m}^{-1}$ , no favoreció el desarrollo de los cultivos estudiados en el primer experimento. Al evaluar esta solución nutritiva a CE menor, se observó que la concentración influyó de forma significativa en el desarrollo de las especies vegetales. El mejor desarrollo de las hortalizas de hoja se obtiene con soluciones de efluentes a CE entre  $1.0$  y  $1.5 \text{ dS m}^{-1}$ .

La evaluación de la actividad antioxidante en albahaca y lechuga, mostró que la aplicación del té de vermicompost incrementa el contenido de antioxidantes, por lo que es una buena alternativa de nutrición para plantas aromáticas y hortalizas de hoja.

## ANEXOS

### Anexo 1. Análisis de la varianza para pH y CE de los téis de vermicompost obtenidos con algunas variantes en el proceso de extracción.

Variable	$\sigma^2$	$R^2$	C. V.	F Calc.	Pr > F	Sig.
pH	0.02	0.9314	1.73	27.91	<.0001	**
CE	0.02	0.9964	6.20	566.05	<.0001	**

### Anexo 2. Análisis de la varianza para pH, CE y concentración nutrimental de los téis de vermicompost obtenidos con algunas variantes en el proceso de extracción.

Variable	$\sigma^2$	$R^2$	C. V.	F Calc.	Pr > F	Sig.
pH	0.01	0.8923	1.33	26.32	<.0001	**
CE	0.09	0.9804	8.20	158.62	<.0001	**
Nt	323.93	0.9924	4.03	414.78	<.0001	**
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	12.09	0.9526	7.97	63.84	<.0001	**
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	608.78	0.9819	7.63	172.76	<.0001	**
P	6.92	0.8190	11.55	14.38	<.0001	**
K	1068.79	0.9792	10.53	149.74	<.0001	**
Ca	58.00	0.9640	10.46	85.18	<.0001	**
Mg	102.23	0.9417	15.99	51.30	<.0001	**
S	60.80	0.9815	7.84	168.39	<.0001	**
B	0.01	0.7901	16.18	11.96	<.0001	**
Mn	0.001	0.8664	37.00	20.60	<.0001	**
Cu	0.001	0.7213	35.61	8.22	<.0001	**
Fe	0.03	0.8431	38.25	17.07	<.0001	**
Zn	0.001	0.7971	32.61	12.48	<.0001	**
Mo	0.001	0.8399	24.57	16.67	<.0001	**
Na	800.11	0.8393	21.21	16.59	<.0001	**
Ni	0.0001	0.6939	34.06	7.20	<.0001	**

**Anexo 3. Análisis de la varianza para las variables agronómicas e índices de crecimiento en plantas de albahaca, cilantro y lechuga sometidas a tres soluciones nutritivas.**

Variable	$\sigma^2$	R <sup>2</sup>	C. V.	F Calc.	Pr > F	Sig.
Altura	26.37	0.6945	26.69	24.16	<.0001	**
Diámetro de Tallo	3.12	0.7801	26.78	37.69	<.0001	**
Lecturas SPAD	26.83	0.6071	18.46	16.42	<.0001	**
Área Foliar	75439.54	0.7119	70.03	26.25	<.0001	**
Peso Seco de Raíz	0.5237	0.6434	60.91	19.17	<.0001	**
Peso Seco de Tallo	0.0565	0.6407	48.79	18.94	<.0001	**
Peso Seco de Hojas	0.7695	0.6565	72.59	20.31	<.0001	**
Biomasa Total	2.91	0.6656	59.16	21.15	<.0001	**
Razón de Área Foliar	840.99	0.7662	28.67	34.83	<.0001	**
Área Foliar Específica	6953.08	0.5632	31.11	13.70	<.0001	**
Proporción de Hoja	0.0026	0.7896	13.96	39.88	<.0001	**
Proporción de Tallo	0.0022	0.7395	23.74	30.17	<.0001	**
Proporción de Raíz	0.0045	0.539752	15.33343	12.46	<.0001	**

**Anexo 4. Análisis de la varianza para las variables agronómicas e índices de crecimiento en plantas de albahaca sometidas a tres soluciones nutritivas.**

Variable	$\sigma^2$	R <sup>2</sup>	C. V.	F Calc.	Pr > F	Sig.
Altura	27.86	0.7310	23.11	138.60	<.0001	**
Diámetro de Tallo	0.8975	0.6181	18.43	82.53	<.0001	**
Lecturas SPAD	29.80	0.5518	16.3	62.79	<.0001	**
Área Foliar	5877.63	0.7439	36.45	148.18	<.0001	**
Peso Seco de Raíz	0.1310	0.5965	41.42	75.41	<.0001	**
Peso Seco de Tallo	0.0416	0.6343	44.86	88.45	<.0001	**
Peso Seco de Hojas	0.0721	0.6649	36.61	101.18	<.0001	**
Biomasa Total	0.5903	0.6500	37.26	94.71	<.0001	**
Razón de Área Foliar	463.13	0.6945	23.82	115.95	<.0001	**
Área Foliar Específica	3629.45	0.6398	23.7	90.60	<.0001	**
Proporción de Hoja	0.0019	0.4244	12.26	37.60	<.0001	**
Proporción de Tallo	0.0009	0.726776	15.765	135.66	<.0001	**
Proporción de Raíz	0.0027	0.6996	11.68	118.77	<.0001	**

**Anexo 5. Análisis de la varianza para las variables agronómicas e índices de crecimiento en plantas de cilantro sometidas a tres soluciones nutritivas.**

<b>Variable</b>	<b><math>\sigma^2</math></b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>C. V.</b>	<b>F Calc.</b>	<b>Pr &gt; F</b>	<b>Sig.</b>
Altura	29.98	0.6334	27.85	57.87	<.0001	**
Diámetro de Tallo	0.7665	0.3864	22.00	21.09	<.0001	**
Lecturas SPAD	28.20	0.5108	21.37	34.98	<.0001	**
Área Foliar	655.85	0.6646	44.67	66.39	<.0001	**
Peso Seco de Raíz	0.0773	0.3689	55.54	19.58	<.0001	**
Peso Seco de Tallo	0.0423	0.5612	54.72	42.84	<.0001	**
Peso Seco de Hojas	0.0231	0.4811	53.66	31.06	<.0001	**
Biomasa Total	0.3248	0.5128	49.13	35.26	<.0001	**
Razón de Área Foliar	238.90	0.3191	31.41	15.7	<.0001	**
Área Foliar Específica	2867.69	0.2418	27.05	10.68	<.0001	**
Proporción de Hoja	0.0026	0.2923	20.67	13.84	<.0001	**
Proporción de Tallo	0.0034	0.3655	19.06	19.30	<.0001	**
Proporción de Raíz	0.0061	0.3978	17.46	22.13	<.0001	**

**Anexo 6. Análisis de la varianza para las variables agronómicas e índices de crecimiento en plantas de lechuga sometidas a tres soluciones nutritivas.**

<b>Variable</b>	<b><math>\sigma^2</math></b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>C. V.</b>	<b>F Calc.</b>	<b>Pr &gt; F</b>	<b>Sig.</b>
Altura	3.87	0.8688	12.82	337.77	<.0001	**
Diámetro de Tallo	2.32	0.8438	15.54	275.62	<.0001	**
Lecturas SPAD	12.06	0.3229	14.02	24.32	<.0001	**
Área Foliar	74231.11	0.7881	34.17	189.65	<.0001	**
Peso Seco de Raíz	0.6761	0.6964	41.95	116.97	<.0001	**
Peso Seco de Tallo	0.0676	0.6527	43.77	95.87	<.0001	**
Peso Seco de Hojas	1.231	0.6281	48.23	86.15	<.0001	**
Biomasa Total	4.38	0.6607	43.10	99.32	<.0001	**
Razón de Área Foliar	1215.00	0.6147	23.78	81.36	<.0001	**
Área Foliar Específica	11105.66	0.4414	32.06	40.29	<.0001	**
Proporción de Hoja	0.0031	0.5850	12.28	71.88	<.0001	**
Proporción de Tallo	0.0008	0.0254	22.08	1.33	0.2689	ns
Proporción de Raíz	0.0032	0.6037	13.53	77.69	<.0001	**

**Anexo 7. Análisis de la varianza de la actividad antioxidante y concentración nutrimental en plantas de albahaca sometidas a tres soluciones nutritivas.**

Variable	$\sigma^2$	R <sup>2</sup>	C. V.	F Calc.	Pr > F	Sig.
% DPPH I	11.74	0.8809	4.62	44.41	<.0001	**
Nt	0.03	0.9870	5.35	453.20	<.0001	**
P	36723.84	0.9834	4.54	354.77	<.0001	**
K	2172500.70	0.8725	7.07	41.06	<.0001	**
Ca	232731.00	0.9977	3.34	2580.53	<.0001	**
Mg	152255.30	0.9895	5.37	566.37	<.0001	**
S	23127.77	0.9773	3.89	258.86	<.0001	**
B	19.67	0.8441	3.56	32.48	<.0001	**
Mn	6.45	0.9969	4.38	1903.23	<.0001	**
Cu	0.52	0.9455	10.02	104.08	<.0001	**
Fe	152.90	0.6557	8.73	11.42	0.0017	**
Zn	2.80	0.9580	3.78	136.87	<.0001	**

**Anexo 8. Análisis de la varianza de la actividad antioxidante y concentración nutrimental en plantas de lechuga sometidas a tres soluciones nutritivas.**

Variable	$\sigma^2$	R <sup>2</sup>	C. V.	F Calc.	Pr > F	Sig.
% DPPH I	140.90	0.6180	19.92	9.71	0.0031	**
Nt	0.0027	0.9958	2.30	1423.60	<.0001	**
P	37974.39	0.9175	5.39	66.72	<.0001	**
K	11032608.40	0.4615	15.11	5.14	0.0244	*
Ca	33654.20	0.9978	2.21	2768.35	<.0001	**
Mg	136573.36	0.8885	6.63	47.80	<.0001	**
S	16914.34	0.8386	4.27	31.17	<.0001	**
B	57.56	0.8309	5.63	29.48	<.0001	**
Mn	2.84	0.9685	3.85	184.81	<.0001	**
Cu	0.95	0.3302	18.91	2.96	0.0903	ns
Fe	472.72	0.6148	17.85	9.58	0.0033	**
Zn	4.04	0.9869	4.62	452.41	<.0001	**

**Anexo 9. Análisis de la varianza para las variables agronómicas e índices de crecimiento en plantas de albahaca sometidas a solución de efluente de vermicompost con tres valores de CE.**

Variable	$\sigma^2$	R <sup>2</sup>	C. V.	F Calc.	Pr > F	Sig.
Altura	15.41	0.4880	15.59	20.01	<.0001	**
Diámetro de Tallo	0.26	0.3068	11.70	9.29	0.0005	**
Lecturas SPAD	5.3	0.5488	8.04	25.54	<.0001	**
Área Foliar	1135.85	0.4894	22.53	20.13	<.0001	**
Peso Seco de Raíz	0.04	0.5927	22.08	30.56	<.0001	**
Peso Seco de Tallo	0.008	0.3203	27.45	9.89	0.0003	**
Peso Seco de Hojas	0.04	0.4928	26.22	20.40	<.0001	**
Biomasa Total	0.2	0.5636	21.93	27.12	<.0001	**
Razón de Área Foliar	91.9	0.0663	13.00	1.49	0.2366	ns
Área Foliar Específica	869.99	0.0649	14.91	1.46	0.2442	ns
Proporción de Hoja	0.002	0.0765	10.89	1.74	0.1881	ns
Proporción de Tallo	0.001	0.1582	15.24	3.95	0.0269	*
Proporción de Raíz	0.001	0.1503	7.27	3.72	0.0327	*

**Anexo 10. Análisis de la varianza para las variables agronómicas e índices de crecimiento en plantas de cilantro sometidas a solución de efluente de vermicompost con tres valores de CE.**

Variable	$\sigma^2$	R <sup>2</sup>	C. V.	F Calc.	Pr > F	Sig.
Altura	3.05	0.1587	9.72	3.96	0.0265	*
Diámetro de Tallo	0.29	0.0938	11.63	2.17	0.1265	ns
Lecturas SPAD	9.54	0.4656	11.49	18.30	<.0001	**
Área Foliar	143.70	0.7104	13.34	51.51	<.0001	**
Peso Seco de Raíz	0.01	0.6270	15.32	35.29	<.0001	**
Peso Seco de Tallo	0.002	0.5527	13.92	25.94	<.0001	**
Peso Seco de Hojas	0.002	0.6348	13.99	36.50	<.0001	**
Biomasa Total	0.02	0.6577	13.03	40.35	<.0001	**
Razón de Área Foliar	21.84	0.4651	5.92	18.26	<.0001	**
Área Foliar Específica	372.45	0.1478	7.11	3.64	0.0347	*
Proporción de Hoja	0.0003	0.3241	5.98	10.07	0.0003	**
Proporción de Tallo	0.000	0.3234	8.01	10.04	0.0003	**
Proporción de Raíz	0.001	0.1251	5.86	3.00	0.0603	ns

**Anexo 11. Análisis de la varianza para las variables agronómicas e índices de crecimiento en plantas de lechuga a solución de efluente de vermicompost con tres valores de CE.**

<b>Variable</b>	<b><math>\sigma^2</math></b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>C. V.</b>	<b>F Calc.</b>	<b>Pr &gt; F</b>	<b>Sig.</b>
Altura	0.73	0.9217	5.32	247.27	<.0001	**
Diámetro de Tallo	0.69	0.7020	13.21	49.46	<.0001	**
Lecturas SPAD	7.60	0.5660	10.39	27.38	<.0001	**
Área Foliar	1213.71	0.9201	17.33	241.78	<.0001	**
Peso Seco de Raíz	0.03	0.8537	19.57	122.49	<.0001	**
Peso Seco de Tallo	0.001	0.6139	13.87	33.39	<.0001	**
Peso Seco de Hojas	0.018	0.8772	19.16	150.05	<.0001	**
Biomasa Total	0.09	0.8726	17.50	143.82	<.0001	**
Razón de Área Foliar	90.35	0.7553	8.39	64.82	<.0001	**
Área Foliar Específica	477.05	0.5638	7.77	27.14	<.0001	**
Proporción de Hoja	0.0005	0.5506	5.29	25.73	<.0001	**
Proporción de Tallo	0.0003	0.8220	14.66	97.01	<.0001	**
Proporción de Raíz	0.001	0.2989	5.46	8.95	0.0006	**

## Anexo 12. Análisis microbiológico del té de vermicompost.



GRUPO INTEGRAL DE SERVICIOS FITOSANITARIOS ENA SA DE CV  
EMILIANO ZAPATA No. 10, SAN LUIS HUEYOTLA, TEXCOCO EDO. DE MEXICO.  
C.P. 56250 TEL: 01(595) 928 41 78, 01(595) 931 39 60 y 01(595) 931 39 61  
TEL/FAX: 01(595) 928 40 77 E-mail: gisena@prodigy.net.mx

LABORATORIO DE INOCUIDAD BIOLÓGICA  
TERCERO AUTORIZADO COMO LABORATORIO DE PRUEBA  
AUTORIZACIÓN No. TA-75-11

Vigencia a partir de 2011-09-08 con vencimiento al 2013-09-08.  
Determinación de bacterias aerobias en placa, mohos y levaduras, bacterias coliformes en NMP, coliformes totales en placa y *Salmonella* spp.

### INFORME DE RESULTADOS DE PRUEBA

#### DATOS DE LA MUESTRA

Tipo de muestra:	Té de vermicomposta	Clave de Identificación:	GISI12-00507
Fecha de recepción:	2012-07-09	No. De Lote	T1T
Descripción:	Té de vermicomposta	Fecha de obtención de la muestra:	2012-07-09
Cantidad de muestra:	500 mL	Fecha de emisión de resultados:	2012-07-13
Número de muestras:	1	Fecha de Caducidad:	

#### INTERESADO

Nombre o Razón Social: Colegio de Post-Graduados  
RFC: N/A  
Dirección: Carretera México-Texcoco Km 36.5, Montecillo, Texcoco, Edo. De México CP.5623  
Telefono:

#### DATOS DEL ANÁLISIS

Método	Norma
Determinación de <i>Escherichia coli</i>	PROY-NOM-210-SSA1-2002
Determinación de <i>Salmonella</i> spp.	NOM-114-SSA1-1994

Fecha de preparación de la muestra	2012-07-09
Fecha de análisis:	2012-07-09
Fecha de realización del informe:	2012-07-13

#### RESULTADOS DEL ANÁLISIS

ANÁLISIS	RESULTADOS	LIMITES MAXIMOS
<i>Escherichia coli</i> *	<10 UFC/g	< 1000 ** UFC/g
<i>Salmonella</i> spp.	Ausente en 25 g.	N/A

\* El análisis no se encuentra dentro del alcance de la autorización.

\*\* L.M : Límite Máximo según la norma de referencia.

#### Norma de referencia:

NOM Referencia: NMX-FE-109-SCFI-2008 Humus de Lombriz( vermicomposta), Especificaciones y Métodos de Prueba

Ing. Juan Carlos Capulin Valencia  
Analista



Q.F.B. Nadia Amores Elizondo  
Revisó

PIRP/GIS/101-FM01-03

## Anexo 13. Análisis microbiológico del efluente de vermicompost.



**GRUPO INTEGRAL DE SERVICIOS FITOSANITARIOS ENA S.A. DE C.V.**  
 EMILIANO ZAPATA No. 70, SAN LUIS HUEXOTLA, TEXCOCO EDO. DE MEXICO.  
 C.P. 59250 TEL: 01(595) 928 41 78, 01(595) 931 39 60 y 01(595) 931 39 61  
 TEL/FAX: 01(595) 928 40 77 E-mail: gisena@prodigy.net.mx

LABORATORIO DE INOCUIDAD BIOLÓGICA  
 TERCERO AUTORIZADO COMO LABORATORIO DE PRUEBA  
 AUTORIZACIÓN No. TA-75-11

Vigencia a partir de 2011-09-08 con vencimiento al 2013-09-08.  
 Determinación de bacterias aerobias en placa, mohos y levaduras, bacterias coliformes en NMP, coliformes totales en placa y *Salmonella* spp.

### INFORME DE RESULTADOS DE PRUEBA

#### DATOS DE LA MUESTRA

Tipo de muestra:	Efluente de Vermicomposta	Clave de Identificación:	GIS12-00506
Fecha de recepción:	2012-07-09	No. De Lote	T1E
Descripción:	Efluente de Vermicomposta	Fecha de obtención de la muestra:	2012-07-09
Cantidad de muestra:	500 mL	Fecha de emisión de resultados:	2012-07-13
Número de muestras:	1	Fecha de Caducidad:	

#### INTERESADO

Nombre o Razón Social: Colegio de Post-Graduados  
 RFC: N/A  
 Dirección: Carretera México-Texcoco Km 36.5, Montecillo, Texcoco, Edo. De México CP.5623  
 Telefono:

#### DATOS DEL ANÁLISIS

Metodo	Norma
Determinación de <i>Escherichia coli</i>	PROY-NOM-210-SSA1-2002
Determinación de <i>Salmonella</i> spp.	NOM-114-SSA1-1994

Fecha de preparación de la muestra	2012-07-09
Fecha de análisis:	2012-07-09
Fecha de realización del informe:	2012-07-13

#### RESULTADOS DEL ANÁLISIS

ANÁLISIS	RESULTADOS	LIMITES MAXIMOS
<i>Escherichia coli</i> *	<10 UFC/g	< 1000 ** UFC/g
<i>Salmonella</i> spp.	Ausente en 25 g.	N/A

\* El análisis no se encuentra dentro del alcance de la autorización.

\*\* L.M : Límite Máximo según la norma de referencia.

#### Norma de referencia:

NOM Referencia: NMX-RF-109-SCFI-2008 Humus de Lombriz( vermicomposta), Especificaciones y Métodos de Prueba

  
 Ing. Juan Carlos Capulin Valencia  
 Analista



  
 Q.F.B. Nadia Ampres Elizondo  
 Revisó

PIRP/GIS/101-FM01-03