

---

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

---

Karla D. González Solano, Ma. de las Nieves Rodríguez Mendoza, Libia I. Trejo Téllez, José Luis García Cue y Julio Sánchez Escudero

## RESUMEN

Se comparó los efectos de té y efluente de vermicompost con la solución nutritiva Steiner en tres especies vegetales en un sistema hidropónico NFT (Nutrient Film Technique). El experimento se realizó en Montecillo, Texcoco, Estado de México, en invernadero tipo túnel, de mayo a agosto 2012. Las especies y cultivares utilizados fueron: albahaca (*Ocimum basilicum* L.) cv Minimum, cilantro (*Coriandrum sativum* L.) cv Caribe, y lechuga (*Lactuca sativa* L.) cv Escala. La solución nutritiva mineral tuvo efecto significativo sobre la altura, diámetro de tallo, lecturas SPAD, área foliar, peso seco de raíz, tallo y hojas y en la biomasa total de las plantas. El té de vermicompost favoreció el crecimiento de albahaca y lechuga de forma similar a la solución mineral, obteniéndose en ambos tratamientos los mejores resultados en altura,

diámetro de tallo, área foliar, peso seco de tallo y peso seco de hoja de albahaca; el mayor peso seco de raíz (1,403g) y biomasa total (3,013g) se registró con el té. En plantas de cilantro el mejor crecimiento se presentó en las plantas en que la nutrición fue con la aplicación del té, mientras que con el efluente se registraron valores bajos en los tres cultivos. Para lechuga con el té se obtuvo la mayor biomasa (7,219g) y lecturas SPAD (28,10); las demás variables fueron estadísticamente iguales a la solución Steiner. El té de vermicompost resultó ser una fuente nutrimental suficiente para el crecimiento de las especies evaluadas, por lo que se recomienda como alternativa para la producción en sistemas hidropónicos.

## 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 evaluado como abonos orgánicos los extractos, tales como abonos orgánicos, extractos acuosos de compost y

vermicompost, comúnmente denominados como té, y 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 crecimiento 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 frutos, plantas aromáticas y flores, debido principalmente a que contienen microorganismos benéficos que favorecen

la absorción de los nutrientes esenciales en forma iónica (Ingham, 2005; Pant *et al.*, 2009; 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 rendimiento de plantas (Arancon *et al.*, 2005).

En el sistema NFT (del inglés; *Nutrient Film Technique*) las plantas crecen teniendo su sistema radical dentro de una lámina de plás-

---

**PALABRAS CLAVE /** *Coriandrum sativum* / Extractos Orgánicos / *Lactuca sativa* / *Ocimum basilicum* / Producción Orgánica / Vermicompost /

---

Recibido: 12/07/2013. Modificado: 28/08/2013. Aceptado: 13/12/2013.

**Karla D. González Solano.** Ingeniera Agrónoma Fitotecnista, Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CSAE-Gro), México. Maestra en Ciencias en Edafología, Colegio de Postgraduados (COLPOS), México. Dirección: Postgrado en Edafología, Área de Nutrición Vegetal COLPOS, Campus Montecillo. Km 36.5 carretera México- Texcoco, Col. Montecillo. Texcoco, Estado de México, México. e-mail: gonzalez.karla@colpos.mx

**Ma. de las Nieves Rodríguez Mendoza.** Química Farmacobióloga, Universidad Nacional Autónoma de México. Maestra en Ciencias en Edafología especialista en Microbiología y Doctora en Ciencias en Edafología especialista en Nutrición Vegetal, COLPOS, México. Profesora Investigadora, COLPOS, México. e-mail: marinie@colpos.mx.

**Libia I. Trejo-Téllez.** Ingeniera Agrónoma Especialista en Suelos, Universidad Autónoma Cha-

pingo, México. Maestra en Ciencias, COLPOS, México. Doctora en Ciencias Naturales, Freie Universitaet Berlin, Alemania. Profesora Investigadora, COLPOS, México. e-mail: tlibia@colpos.mx

**José Luis García Cue.** Ingeniero Mecánico Electricista, Universidad La Salle, México; Maestro en Ciencias en Cómputo Aplicado, COLPOS, México; y Doctor en Educación, Universidad Nacional de Educación a Distancia

(UNED), España. Profesor Investigador, COLPOS, México. Profeso, UNED, España. e-mail: jlgcue@colpos.mx

**Julio Sánchez Escudero.** Biólogo, Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), México; Maestro en Ciencias, COLPOS, México; y Doctor, Universidad de Córdoba, España. Profesor Investigador, COLPOS, México. e-mail: sanchezzej@colpos.mx

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

Karla D. González Solano, Ma. de las Nieves Rodríguez Mendoza, Libia I. Trejo Téllez, José Luis García Cue and Julio Sánchez Escudero

### SUMMARY

The effects of vermicompost tea and effluent were compared to Steiner nutrient solution on 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*, and lettuce (*Lactuca sativa* L.) cv *Escala*. The mineral nutrient solution 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 growth of basil and lettuce in a similar way to the mineral solution, obtaining with both treatments the best results for the

two plants in height, stem diameter, leaf area, stem dry weight and leaf dry weight; the best root dry weight (1.403g) and total biomass (3013g) was recorded with tea. In coriander plants, the best growth 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 (7.219g) 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 growth of the species analyzed, and is thus recommended as an alternative production method in hydroponic systems.

## EFLUENTE E CHÁ DE VERMICOMPOST NA PRODUÇÃO DE HORTALIÇAS DE FOLHA NO SISTEMA NFT

Karla D. González Solano, Ma. de las Nieves Rodríguez Mendoza, Libia I. Trejo Téllez, José Luis García Cue e Julio Sánchez Escudero

### RESUMO

Comparou-se os efeitos de chá e efluente de vermicompost com a solução nutritiva Steiner em três espécies vegetais em um sistema hidropônico NFT (Nutrient Film Technique). O experimento se realizou em Montecillo, Texcoco, Estado do México, em efeito estufa tipo túnel, de maio a agosto 2012. As espécies e cultivares utilizados foram: Manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) cv *Minimum*, cilantro (*Coriandrum sativum* L.) cv *Caribe*, e Alface (*Lactuca sativa* L.) cv *Escala*. A solução nutritiva mineral teve efeito significativo sobre a altura, diâmetro de caule, leituras SPAD, área foliar, peso seco de raiz, caule e folhas e na biomassa total das plantas. O chá de vermicompost favoreceu o crescimento de manjeriço e alface de forma similar à solução mineral, obtendo-se em ambos os tratamen-

tos os melhores resultados em altura, diâmetro de caule, área foliar, peso seco de caule e peso seco de folha de manjeriço; o maior peso seco de raiz (1,403g) e biomassa total (3,013g) se registrou com o chá. Em plantas de coentro o melhor crescimento se apresentou nas plantas em que a nutrição foi com a aplicação do chá, enquanto que com o afluente se registraram valores baixos nos três cultivos. Para alface com o chá se obteve a maior biomassa (7,219g) e leituras SPAD (28,10); as demais variáveis foram estatisticamente iguais à solução Steiner. O chá de vermicompost resultou ser uma fonte nutritiva apropriada para o crescimento das espécies avaliadas, pelo qual se recomenda como alternativa para a produção em sistemas hidropônicos.

tico 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).

El objetivo del presente trabajo fue comparar los efectos del té y efluente 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 y menor costo con estas fuentes orgánicas en la producción de cada especie.

### 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 como testigo, solución de efluente de vermicompost y solución de té de vermicompost. Las tres soluciones se ajustaron a una conductividad

eléctrica (CE) de 2dS·m<sup>-1</sup> con agua corriente y a pH 5,5 con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

El contenido de nutrientes (en mg·l<sup>-1</sup>) en las soluciones nutritivas fueron, Steiner: 744 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>; 15,5 P; 273 K; 180 Ca; 48,6 Mg; 112 S; efluente de vermicompost: 25,5 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>; 16,5 P; 146 K; 44 Ca; 34,5 Mg; 45,9 S; y té de vermicompost: 95,8 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>; 18,9 P; 153,2 K; 35,3 Ca; 26,0 Mg; 57,2 S.

El efluente y el té de vermicompost se obtuvieron de un vermicompost hecho a base de estiércol bovino y paja de maíz. La colecta del efluente se hizo tres semanas antes del término del proceso de vermicompostaje.

La obtención del té de vermicompost se realizó solubili-

zando vermicompost maduro (color negro, textura fina, olor a tierra húmeda) con agua en relación 1:4, para lo que se utilizaron 6kg de vermicompost (colocados en una bolsa de organza) y 24 litros de agua. La incubación se realizó por 12h y durante el tiempo en que se realizó la misma se removió un par de veces para airear la mezcla. El té resultante mostró una CE de 3,47dS·m<sup>-1</sup> y pH de 7,75. De los dos fuentes orgánicas se realizó el análisis nutrimental en un equipo de espectroscopía de emisión atómica de inducción por plasma ICP-VARIAN 725-ES. La conductividad eléctrica y el pH se midieron con un medidor portátil (CONDUC-TRONIC PC18).

Para el almacenamiento de las soluciones se usaron contenedores de plástico de 20 litros. A partir de estas soluciones se hicieron diluciones hasta obtener las CE manejadas durante el experimento de NFT. Para obtener una CE de  $1,0\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$  se hizo una dilución 1:4 y para una CE de  $2,0\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$  una relación de 1:1. El pH fue ajustado a 5,5 con  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . En la preparación de la solución testigo se tomó en cuenta la relación de aniones y cationes descrita por Steiner (1961).

Para verificar que las soluciones orgánicas estaban libres de bacterias patógenas se evaluó la presencia 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 muy por debajo de los límites permisibles de acuerdo a las normas mexicanas de inocuidad para cada microorganismo: *Escherichia coli* <10 UFC/g (PROY-NOM-210-SSA1-2002), y *Salmonella* spp. ausente en 2g (NOM-114-SSA1-1994).

Para la instalación del sistema NFT se utilizaron tubos de PVC (82mm × 6m) a los que se les hizo perforaciones cada 20cm (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 litros y se utilizaron bombas para recircularlas. Éstas se hicieron funcionar con un temporizador que fue programado para recircular la solución cada hora durante 5min. Las plantas de albahaca, cilantro y lechuga provenientes del almácigo se trasplantaron a los tubos de PVC cuando tuvieron 2-3 hojas verdaderas.

Para mantener las plantas en el sistema NFT, se les colocó un vaso de plástico de 100ml y un trozo de hule espuma para sujetarlas y posteriormente ser

TABLA I  
EFECTO DE LAS FUENTES DE VARIACIÓN SOBRE ASPECTOS AGRONÓMICOS E ÍNDICES DE CRECIMIENTO DE LAS ESPECIES VEGETALES

| FV   | G.L. | Altura | DT | SPAD | AF | PSR | PST | PSH | BT | RAF | AFE | PH | PT | PR |
|------|------|--------|----|------|----|-----|-----|-----|----|-----|-----|----|----|----|
| P    | 2    | **     | ** | **   | ** | **  | **  | **  | ** | **  | **  | ** | ** | ** |
| B    | 4    | ns     | ns | ns   | ns | ns  | ns  | ns  | ns | *   | *   | ns | ns | ns |
| P(B) | 8    | ns     | ns | ns   | ns | *   | **  | *   | *  | ns  | ns  | ns | ns | ns |
| T    | 2    | **     | ** | **   | ** | **  | **  | **  | ** | **  | **  | ** | ** | ** |
| B(T) | 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, PSR: peso seco de raíz, PST: peso seco de tallo, PSH: peso seco 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%.

TABLA II  
PARÁMETROS AGRONÓMICOS EVALUADOS EN ALBAHACA, CILANTRO Y LECHUGA A LA COSECHA BAJO LAS SOLUCIONES NUTRITIVAS STEINER, EFLUENTE Y TÉ DE VERMICOMPOST

| Solución nutritiva       | Altura (cm)               | Diámetro tallo (mm) | Lecturas SPAD | Área foliar (cm <sup>2</sup> ) |
|--------------------------|---------------------------|---------------------|---------------|--------------------------------|
| Albahaca                 |                           |                     |               |                                |
| Steiner                  | 27,56 ±4,5 a <sup>§</sup> | 5,71 ±0,8 a         | 35,66 ±6,5 b  | 311,33 ±97,9 a                 |
| Efluente de vermicompost | 10,80 ±2,4 b              | 3,49 ±0,7 b         | 25,44 ±4,8 c  | 28,52 ±10,1 b                  |
| Té de vermicompost       | 30,22 ±7,6 a              | 6,23 ±1,2 a         | 39,54 ±4,9 a  | 291,11 ±89,1 a                 |
| Cilantro                 |                           |                     |               |                                |
| Steiner                  | 13,99 ±5,2 b              | 3,80 ±0,8 b         | 19,52 ±5,8 b  | 28,84 ±19,8                    |
| Efluente de vermicompost | 13,31 ±4,4 b              | 3,19 ±0,8 b         | 20,72 ±6,1 b  | 25,58 ±14,4                    |
| Té de vermicompost       | 27,78 ±6,4 a              | 4,72 ±0,9 b         | 30,96 ±4,2 a  | 98,03 ±33,9                    |
| Lechuga                  |                           |                     |               |                                |
| Steiner                  | 18,86 ±2,0 a              | 11,86 ±1,2 a        | 23,06 ±2,4 b  | 1212,64 ±250,7 a               |
| Efluente de vermicompost | 8,29 ±1,3 b               | 4,89 ±1,2 b         | 23,11 ±3,4 b  | 67,38 ±38,4 b                  |
| Té de vermicompost       | 18,91 ±2,4 a              | 12,66 ±2,0 a        | 28,10 ±4,3 a  | 1112,18 ±397,9 a               |

Valores ±D.E. seguidos de la misma letra en cada columna para cada especie son estadísticamente similares (Tukey,  $\alpha=0,05$ ).

puestas en las perforaciones del tubo, teniendo cuidado de no dañar las raíces durante el trasplante. Las plantas se mantuvieron con solución Steiner 25%, y a los 7 días después del trasplante (ddt) se aplicaron los tratamientos ajustados a CE de  $1,0\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$  y a la semana siguiente se aumentó la CE a  $2,0\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ .

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

La cosecha se llevó a cabo a los 43 ddt para albahaca y cilantro y a los 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, utilizando un medidor

portátil de clorofila SPAD (Minolta 502) y tomadas en la hoja más recientemente madura, en tres distintos lugares de la misma (proximal, media y distal) y se promedió; área foliar (cm<sup>2</sup>), utilizando un integrador de área foliar (LICOR LI-300); biomasa seca de raíz, de tallo y de 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 según Gardner *et al.* (1990) y Hunt *et al.* (2002).

Se llevó a cabo análisis de varianza ( $\alpha=0,05$ ) de los datos y pruebas de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0,05$ ), empleando el paquete estadístico de SAS (2012) para determinar el efecto de las soluciones nutritivas sobre las diferentes especies.

## Resultados y Discusión

El análisis de varianza de los datos en base al diseño experimental planteado, indicó diferencias altamente significativas para la parcela grande (solución nutritiva), así como para los tratamientos, puesto que son diferentes especies vegetales (Tabla I).

Los resultados muestran evidencia que el té de vermicompost como fuente nutritiva es suficiente para el crecimiento de las especies evaluadas, ya que en comparación con la solución Steiner muestra tendencias de lograr el mismo efecto y en algunas variables le supera. También muestran que el efluente como solución nutritiva ajustada a CE de  $2,0\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$  no favorece el crecimiento de las tres especies (Tablas II y III; Figuras 1, 2 y 3).

Para las tres especies hubo diferencias estadísticas signifi-

TABLA III  
 ÍNDICES DE CRECIMIENTO DE PLANTAS DE ALBAHACA, CILANTRO Y LECHUGA  
 CON LAS SOLUCIONES NUTRITIVAS STEINER, EFLUENTE Y TÉ DE VERMICOMPOST

| 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> ) |
|--------------------------|---|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| <b>Albahaca</b>          |   |   |                         |                         |                         |
| Steiner                  | 121,76 ±17,4 a                          | 302,16 ±48,8 a                          | 0,40 ±0,03 a            | 0,25 ±0,03 a            | 0,35 ±0,03 c            |
| Efluente de vermicompost | 46,46 ±8,5 c                            | 142,62 ±30,0 b                          | 0,33 ±0,05 b            | 0,13 ±0,02 c            | 0,54 ±0,06 a            |
| Té de vermicompost       | 102,82 ±31,8 b                          | 317,77 ±87,2 a                          | 0,33 ±0,04 b            | 0,21 ±0,04 b            | 0,46 ±0,06 b            |
| <b>Cilantro</b>          |   |   |                         |                         |                         |
| Steiner                  | 54,22 ±13,8 a                           | 181,14 ±25,1 b                          | 0,30 ±0,07 a            | 0,29 ±0,05 b            | 0,41 ±0,06 b            |
| Efluente de vermicompost | 35,46 ±13,7 b                           | 167,63 ±62,5 b                          | 0,21 ±0,04 c            | 0,26 ±0,06 b            | 0,53 ±0,07 a            |
| Té de vermicompost       | 58,15 ±17,4 a                           | 231,64 ±55,6 a                          | 0,25 ±0,05 b            | 0,35 ±0,06 a            | 0,40 ±0,09 b            |
| <b>Lechuga</b>           |   |   |                         |                         |                         |
| Steiner                  | 186,08 ±10,8 a                          | 341,74 ±24,6 b                          | 0,55 ±0,03 a            | 0,13 ±0,03 a            | 0,32 ±0,03 b            |
| Efluente de vermicompost | 86,14 ±16,8 b                           | 209,65 ±39,6 c                          | 0,42 ±0,07 b            | 0,12 ±0,02 a            | 0,46 ±0,07 a            |
| Té de vermicompost       | 167,46 ±56,9 a                          | 434,66 ±76,5 a                          | 0,40 ±0,06 b            | 0,12 ±0,03 a            | 0,48 ±0,06 a            |

RAF: razón de área foliar, AFE: área foliar específica, PH: proporción de hoja, PT: proporción de tallo, PR: proporción de raíz. Valores ±D.E. seguidos de la misma letra en cada columna para cada especie son estadísticamente similares (Tukey,  $\alpha=0,05$ ).

cativas en todas las variables en estudio por efecto de la solución nutritiva empleada (Tablas I).

La altura de planta y diámetro de tallo fueron mayores en plantas de albahaca tratadas con té de vermicompost y con solución Steiner (Tabla II). El té de vermicompost promovió el desarrollo de las plantas de albahaca, ya que iniciaron la floración a los 40 ddt; mientras que con la solución Steiner y efluente la floración aún no se presentaba al realizar la cosecha. Los resultados son similares a los observados por Zheljaskov y Warman (2003), quienes al evaluar aplicaciones de

compost en albahaca observaron aumento en la floración con 20 y 40% del compost, sin embargo a altas dosis (60%) la floración disminuyó. El corto tiempo que se dio para llegar a la floración de esa especie tiene que ver principalmente con el contenido de nutrientes, reguladores de crecimiento y con los microorganismos benéficos que contiene el vermicompost del cual proviene el té (Atiyeh *et al.*, 2002). En un estudio realizado por Cabanillas *et al.* (2006) en plantas de albahaca, las variables de crecimiento aumentaron significativamente cuando se utilizó vermicompost en comparación con urea,

concluyendo que tal aumento de vigor prepara a la planta para las etapas de desarrollo, llegando al adelanto de la inducción e inicio de floración, lo que se traduce en un incremento significativo del rendimiento. En cilantro, las plantas respondieron favorablemente a la solución de té de vermicompost; la sobrevivencia fue mayor (60%) en comparación con el efluente (50%) y la solución Steiner (30%), observándose los mayores valores para el caso de todas las variables agronómicas estudiadas (Tabla II). Estos resultados pueden ser atribuibles a las propiedades microbianas del té de vermi-

compost y a un mejor balance iónico de la solución.

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 como el mayor diámetro de tallo (Tabla II). Valores similares fueron obtenidos por Oliveira *et al.* (2002). Casco e Iglesias (2005) encontraron en plantas de maíz que las procedentes del té de vermicompost, eran de mayor altura y con mejor conformación. Resultados similares encontraron Méndez *et al.* (2012) al aplicar vermicompost en maíz criollo combinado con aplicación foliar de té de humus, con lo que se estimuló que las plantas alcanzaran mayor biomasa. La altura y el diámetro de tallos de plantas tratadas con la solución Steiner y con el efluente no fueron diferentes estadísticamente (Tabla II). Resultados similares encontraron León-Anzueto *et al.* (2011) en té limón. El cultivo de lechuga, al igual que las otras dos especies, aceleró su crecimiento con el té de vermicompost, observándose diferencias notorias a los 10 días de someterlas a las diferentes soluciones. Las plantas tratadas con esa solución además de ser más grandes, presentaban coloración verde uniforme, sin indicios de deficiencias nutritivas. Ochoa *et al.* (2009) eva-

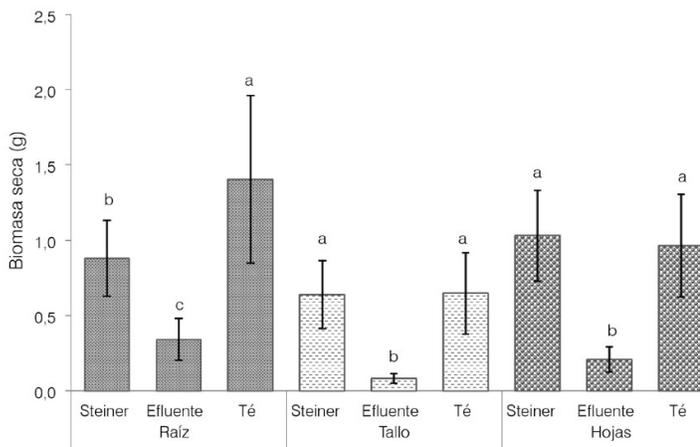


Figura 1. Efecto de las soluciones nutritivas Steiner, efluente y té de vermicompost en la biomasa seca de órganos de las plantas de albahaca. Medias correspondientes a cada órgano de la planta con letras iguales son estadísticamente similares (Tukey,  $\alpha=0,05$ ). Las barras de error representan la desviación estándar de cada media.

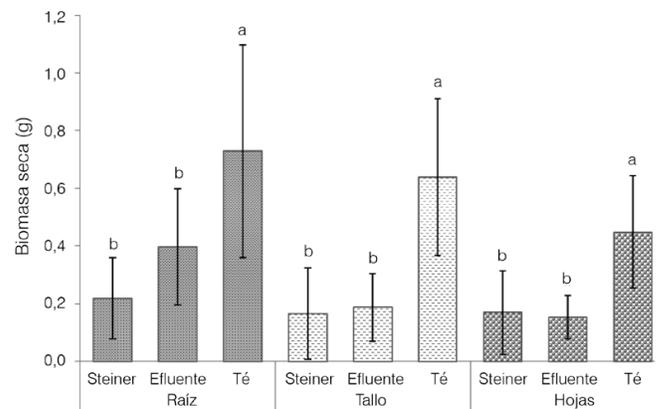


Figura 2. Efecto de las soluciones nutritivas Steiner, efluente y té de vermicompost en la biomasa seca de órganos de las plantas de cilantro. Medias correspondientes a cada órgano de la planta con letras iguales son estadísticamente similares (Tukey,  $\alpha=0,05$ ). Las barras de error representan la desviación estándar de cada media.

luaron tomate en invernadero con té de compost y no observaron síntomas de deficiencia nutricional, por lo que concluyeron que el té de compost abasteció las necesidades de N y otros nutrientes; además, el té de compost aumentó 19% los sólidos solubles. 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 (Tabla II). Con la solución efluente de vermicompost se observó inhibición del crecimiento, con valores muy bajos comparados con las otras dos soluciones nutritivas, lo cual podría deberse a que, aunque la solución se ajustó a un valor de CE igual a las otras dos soluciones, la concentración de ácidos húmicos y reguladores de crecimiento en el efluente del vermicompost era menor y posiblemente disminuyó la solubilidad de los iones, provocando que en lugar de incrementar el crecimiento, disminuyera. Estos resultados coinciden con Atiyeh *et al.* (2002), quienes obtuvieron mayor crecimiento de las plantas con tasas de aplicación bajas de ácidos húmicos derivados de vermicompost.

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 como en el té de vermicompost, las plantas de albahaca y lechuga no tuvieron deficiencias de ese elemento, a diferencia del efluente (Tabla II). Lo anterior puede deberse a los mayores contenidos de  $\text{NO}_3^-$  en la solución Steiner y a la actividad microbiana, aportación de aminoácidos y contenido de nitratos del té de vermicompost. En cilantro 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 (Tabla II).

Las plantas de albahaca y lechuga con la mayor área foliar resultaron ser aquellas tratadas con la solución Steiner y

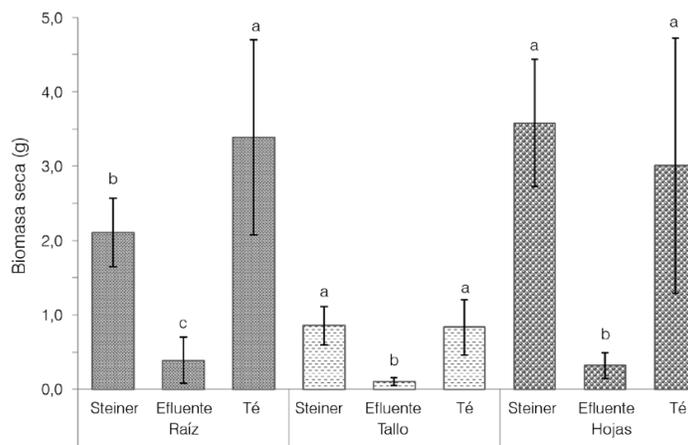


Figura 3. Efecto de las soluciones nutritivas Steiner, efluente y té de vermicompost en la biomasa seca de órganos de las plantas de lechuga. Medias correspondientes a cada órgano de la planta con letras iguales son estadísticamente similares (Tukey,  $\alpha=0,05$ ). Las barras de error representan la desviación estándar de cada media.

el té de vermicompost, registrándose valores significativamente más altos en comparación con el efluente (Tabla II). La mayor cantidad de aceites esenciales, que es uno de los productos activos principales de la albahaca, se encuentra en las hojas (Sam *et al.*, 2002), por lo que una mayor área representa la posibilidad de incrementar la cantidad de aceites. Hendawy *et al.* (2010) encontraron en tomillo que se incrementó el rendimiento cuando se aplicó el compost más té de compost y fosfato de roca. En cilantro el área foliar, biomasa seca de órganos y la biomasa total de plantas tratadas con té fueron estadísticamente superiores a los registrados en las plantas del resto de los tratamientos, los cuales no fueron diferentes estadísticamente (Tabla II, Figura 2). El incremento en el área foliar promovido por el té de vermicompost en el presente estudio es similar al reportado por Ledesma *et al.* (2007) en lechuga.

En biomasa seca se presentó un mayor crecimiento de la raíz en las plantas de albahaca y lechuga nutridas con el té de vermicompost, seguido de la solución Steiner (Figuras 1 y 3). Los nutrientes, microorganismos y sustancias promotoras que contiene el té de vermicompost contribuyen al crecimiento de la raíz (Ingham, 2005; Pant *et al.*, 2009). 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 menores biomazas secas de tallo y hojas (Figuras 1 y 3).

La mayor biomasa total en albahaca y lechuga se obtuvo con el té de vermicompost (3,013 y 7,219g, respectivamente), seguido de la solución Steiner (2,546 y 6,541g, respectivamente), mientras que con el efluente la biomasa total en albahaca fue de 0,628g y en lechuga 0,804g. Zheljzkov y Warman (2003), trabajando con compost, también observaron incrementos en el rendimiento de materia seca en albahaca.

Una de las propiedades del té de vermicompost es el contenido de sustancias que promueven el crecimiento (Ingham, 2005; Albert *et al.*, 2012), comprobado en el caso de las tres especies evaluadas en este experimento, como lo muestran los resultados de biomazas secas por órgano y total en las Figuras 1, 2 y 3.

Para el caso de las especies aquí evaluadas no se ha registrado información sobre el uso de tés de vermicompost. En otros cultivos, Preciado *et al.* (2011) evaluaron calidad de fruto de tomate utilizando lixiviado y tés de compost y vermicompost, concluyendo que el tipo de ferti-

lización influye en la calidad de los frutos. En forraje verde hidropónico se evaluó el té de compost y una solución nutritiva química en forraje de maíz, encontrándose 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 *et al.*, 2010). En plantas de borraja (*Borago officinalis* L.) también se ha comprobado el efecto benéfico del té de compost (Ezz El-Din y Hendawy, 2010), al igual que en nabo (*Brassica rapa* L.), donde éste incrementa el contenido de carbohidratos (El-Sherbeny *et al.*, 2012).

#### Índices de crecimiento

**Razón de área foliar (RAF).** Estima la magnitud del aparato fotosintético de la planta, siendo 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 separar 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, 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 (Tabla III). La utilidad de este índice radica en comparar la eficiencia del dosel vegetal entre especies, cultivares y tratamientos con fechas de siembra, nutrimentos, etc. (Hunt *et al.*, 2002). En este estudio, los resultados indican que el té de vermicompost y la solución Steiner incrementaron la eficiencia de la maquinaria fotosintética.

**Área foliar específica (AFE).** Las plantas de albahaca regadas con la solución Steiner y té

de vermicompost no presentaron diferencias estadísticas en el AFE y ambas superaron al efluente. En plantas de cilantro y lechuga sobresalieron las tratadas con el té de vermicompost, seguidas por las de la solución Steiner y efluente (Tabla III). Por ello es posible afirmar que tanto con el té de vermicompost como con la solución Steiner se logró mayor producción relativa de tejidos asimiladores (Garner *et al.*, 1990).

*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 de los órganos; 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, lo cual puede atribuirse a un mejor balance nutricional, mientras que las sometidas al efluente y té de vermicompost presentaron mayor PR. En cilantro, con la solución Steiner se obtuvo mayor PH, seguida por el té de vermicompost; éste a su vez registró mayor PT y la mayor PR se observó con los efluentes de vermicompost. En 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 (Tabla III). Existe, por tanto, un compromiso para la planta entre una mayor asignación de biomasa a las 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 expensas 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 limitados (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 el cual 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 mayor asignación a las raíces. Las interacciones entre la disponibilidad de recursos (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).

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 compost.

El efluente de vermicompost limitó el crecimiento de las plantas de las tres especies de forma general. Álvarez *et al.* (1995) y Gutiérrez-Miceli *et al.* (2011) mencionan que algunos compost pueden producir fitotoxinas que inhiben el desarrollo de las plantas y la absorción de nutrientes por un exceso del ácido indolacético,

así como por un alto contenido de sales, pH, o por efectos de ácidos húmicos y fúlvicos, por lo que la aplicación generalmente se hace de forma muy diluida para evitar daños a las plantas (Gutiérrez-Miceli *et al.*, 2008).

## Conclusiones

El té de vermicompost y el efluente estuvieron libres de bacterias patógenas para el hombre.

El té de vermicompost, a diferencia del efluente, proviene de un material más estable, lo que garantiza mayor disponibilidad de nutrientes para las plantas.

El té de vermicompost aportó los nutrientes necesarios para el desarrollo de los tres cultivos en estudio; en consecuencia, es una fuente de nutrientes obtenida con una menor cantidad de insumos, lo que constituye una alternativa eficaz y al alcance del productor para ser utilizada como fuente nutritiva en el caso de la albahaca, cilantro y lechuga.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y a la LPI4 Agronegocios, Agroecoturismo y Arquitectura del Paisaje del Colegio de Postgraduados por el apoyo brindado para la realización de la presente investigación.

## REFERENCIAS

- Albert N, Nazaire K, Hartmut K (2012) The relative effects of compost and non-aerated compost tea in reducing disease symptoms and improving tuberization of *Solanum tuberosum* in the field. *Int. J. Agric. Res. Rev.* 2: 504-512.
- Álvarez MA, Gagné S, Antoun H (1995) Effect of compost on rhizosphere microflora of the tomato and on the incidence of plant growth-promoting rhizobacteria. *Appl. Env. Microbiol.* 61: 194-199.
- Arancon QN, Edwards CA, Bierman P, Metzger JD, Luchtd Ch (2005) Effects of vermicomposts produced from cattle manure, food waste and paper waste on the growth and yield of peppers

in the field. *Pedobiology* 49: 297-306.

- Atiyeh RM, Subler S, Edwards CA, Bachman G, Metzger JD, Shuster W (2000) Effects of vermicomposts and compost on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiology* 44: 579-590.
- Atiyeh RM, Lee S, Edwards CA, Arancon NQ, Metzger JD (2002) The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Bioresource Technol.* 84: 7-14.
- Cabanillas C, Ledesma A y Del Longo O (2006) Biofertilizers (vermicomposting) as sustainable alternative to urea application in the production of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Mol. Med. Chem.* 11: 28-30.
- Casco CA, Iglesias CM (2005) *Producción de Biofertilizantes Líquidos a Base de Lombricompost*. Tesis. Universidad Nacional del Nordeste. Argentina. 87 pp.
- Cuéllar ND, Arrieta HJM (2010) Evaluación de respuestas fisiológicas de la planta arborea *Hibiscus rosasinensis* L. (Cayeno) en condiciones de campo y vivero. *Corpoica Cienc. Tecnol. Agropec.* 11: 61-72.
- El-Sherbeny SE, Hendawy SF, Youssef AA, Naguib NY, Hussein MS (2012) Response of turnip (*Brassica rapa*) plants to minerals or organic fertilizers treatments. *J. Appl. Sci. Res.* 8: 628-634.
- Ezz El-Din AA, Hendawy SF (2010) Effect of dry yeast and compost tea on growth and oil content of *Borago Officinalis* plant. *Res. J. Agric. Biol. Sci.* 6: 424-430.
- Gardner FP, Pearce RB, Mitchell RL (1990) *Physiology of Crop Plants*. 2<sup>a</sup> ed. Iowa State University Press. Ames, IO, EEUU. 327 pp.
- Gutiérrez-Miceli FA, García GRC, Rincón RR, Abud MA, Oliva LMA, Guillen CMJ, Dendooven L (2008) Formulation of a liquid fertilizer for sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) using vermicompost leachate. *Bioresource Technol.* 99: 6174-6180.
- Gutiérrez-Miceli FA, Oliva LMA, Mendoza NP, Ruiz SB, Álvarez SJD, Dendooven L (2011) Optimization of vermicompost and worm-bed leachate for the organic cultivation of radish. *J. Plant Nutr.* 34: 1642-1653.
- Hendawy SF, Ezz El-Din AA, Aziz EE, Omer EA (2010) Productivity and oil quality of *Thymus vulgaris* L. under organic fertilization conditions. *Ozean J. Appl. Sci.* 3: 203-216.
- Hunt R, Causton DR, Shipley B, Askew AP (2002) A modern

- tool for classical growth analysis. *Ann. Bot.* 90: 485-488.
- Ingham E (2005) *The Compost Tea Brewing Manual; Latest Methods and Research*. 5ª ed. Soil Food Web Inc. Corvallis, OR, EEUU. 79 pp.
- Krugh B, Bichham L, Miles D (1994) The solid-state chlorophyll meter, a novel instrument for rapidly and accurately determining the chlorophyll concentrations in seedling leaves. *Maize Genet. Coop. Newslett.* 68: 25-27.
- Ledesma A, Argüello J, Núñez S, Díaz GM, Cabanillas C (2007) Aprovechamiento de residuos sólidos agrícolas y agroindustriales (lombricompostos) y su impacto en el crecimiento, rendimiento y calidad en hortalizas de hoja, de bulbo y aromáticas. *1er Encuentro de Investigadores en Problemáticas Ambientales de la U.N.C.* (26-28/09/2007. Córdoba, Argentina. pp. 21-22.
- León-Anzueto E, Abud AM, Dendooven L, Ventura CLMC, Gutiérrez MFA (2011) Effect of vermicompost, worm-bed leachate and arbuscular mycorrhizal fungi on lemongrass (*Cymbopogon citratus* (DC) Stapf.) growth and composition of its essential oil. *Electron. J. Biotechnol.* 14(6):1-11.
- Márquez HC, Cano RP (2005) Producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. *Actas Port. Hort.* 5: 219-224.
- Méndez MO, León MNS, Gutiérrez MFA, Rosales RR, Álvarez SJD (2012) Efecto de la aplicación de humus de lombriz en el crecimiento y rendimiento de grano del cultivo de maíz. *Gayana Bot.* 69: 49-54.
- NOSB (2004) *Compost Tea Task Force Final Report*. National Organic Standards Board. www.ams.usda.gov/nosb/meetings/Compost\_TeaTaskForceFinal\_Report.pdf (Cons. 25/10/2012).
- Ochoa ME, Figueroa VU, Cano RP, Preciado RP, Moreno RA, Rodríguez DN (2009) Té de composta como fertilizante orgánico en la producción de tomate (*Lycopersicon Esculentum* Mill.) en invernadero. *Rev. Chapingo Ser. Hort.* 15: 245-250.
- Oliveira AP, Silva VRF, Santos CS, Araujo JS, Nascimento JT (2002) Yield of coriander cultivated with cattle manure and mineral fertilization. *Hort. Bras.* 20: 477-479.
- Pant AP, Radovich KTJ, Hue V, Talcott TS, Krenek AK (2009) Effects of vermicompost tea (aqueous extract) on pak choi yield, quality, and on soil biological properties. *Compost Sci. Util.* 19: 279-292.
- Poorter H, Nagel O (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. *Aust. J. Plant Physiol.* 27: 1191-1191.
- Preciado RP, Fortis HM, García HJL, Rueda PE, Esparza RJR, Lara HA, Segura CMA, Orozco VJ (2011) Evaluación de soluciones nutritivas orgánicas en la producción de tomate en invernadero. *Interciencia* 36: 689-693.
- Resh MH (2006) *Cultivos Hidropónicos*. Mundi-Prensa. Madrid, España. 558 pp.
- Rippy JFM, Peet MM, Louis FJ, Nelson PV (2004) Plant development and harvest yield of greenhouse tomatoes in six organic growing systems. *Hortscience* 39: 223-229.
- Salas PL, Preciado RP, Esparza RJR, Álvarez RVP, Palomo GA, Rodríguez DN, Márquez HC (2010) Rendimiento y calidad de forraje hidropónico producido bajo fertilización orgánica. *Terra Latinoam.* 28: 354-360.
- Sam O, De la Luz M, Barroso L (2002) Caracterización anatómica de las hojas de la albahaca blanca (*Ocimum basilicum* L.). *Cultivos Tropicales* 23(2): 39-42.
- SAS (2012) *SAS/STAT® User's Guide*. Version 9.3. SAS Institute Inc., Cary, NC, EEUU.
- Steiner AA (1961) A universal method for preparing nutrient solutions of certain desired composition. *Plant Soil* 15: 134-154.
- Villar R, Ruiz RJ, Quero JL, Poorter H, Valladares F, Marañón T (2004) Tasas de crecimiento en especies leñosas: aspectos funcionales e implicaciones ecológicas. En Valladares F (Ed.) *Ecología del Bosque Mediterráneo en un Mundo Cambiante*. Ministerio de Medio Ambiente. Egraf. Madrid, España. pp. 191-227.
- Zheljzakov VM, Warman P (2003) Application of high Cu-compost to Swiss chard and basil. *Sci. Total Env.* 302: 13-26.