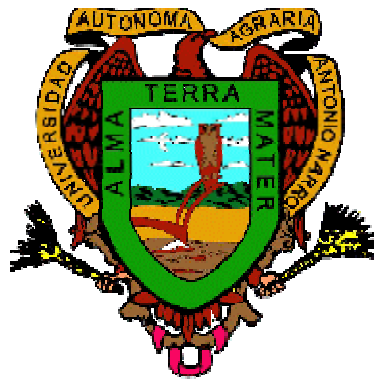


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



Determinación de Nitratos en Plantas de Lechuga (*Lactuca sativa* L.
var. Great Lakes) Fertilizadas Con Abonos Orgánicos

TESIS:

Presentada Como Requisito Parcial Para Obtener El Título De:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

PRESENTA:

MANUEL DE JESÚS GARCÍA MORALES

Buenavista Saltillo Coahuila; México.

Septiembre 2011.

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA**

Determinación de Nitratos en Plantas de Lechuga (*Lactuca sativa* L. var. Great Lakes)
Fertilizadas Con Abonos Orgánicos

Por:

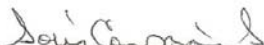
Manuel de Jesús García Morales


Tesis

Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para
obtener el título de

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

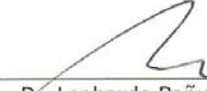
Aprobada por:


MC. Sofía Comparán Sánchez
Presidente del Jurado


Dr. Alejandro Hernández Herrera
Asesor principal


MC. Fidel Maximiano Peña Ramos
Asesor


Dr. Emilio Rascón Alvarado
Asesor suplente


Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Coordinación
División de Agronomía
Septiembre de 2011.

DEDICATORIA

A mi madre.

Cristina Morales López, por confiar en mí.
Sencillamente tú eres la base de mi vida profesional
y toda la vida te estaré agradecido.

A mi esposa

Rocío Ramírez Ramírez, por compartir
conmigo todo momento, por la paciencia, amor
y apoyo moral brindado.

A mi hijo

Cristian Roberto García Ramírez
Por llegar a mi vida y ser un motivo más
de mi superación personal.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS POR SER MI MEJOR AMIGO Y POR ESTAR A MI LADO A CADA PASO QUE DOY.

Al Dr. Alejandro Hernández Herrera, por su Amistad, paciencia y apoyo incondicional para realizar esta investigación, por compartir sus conocimientos conmigo y por sus valiosos comentarios para desarrollar y terminar este trabajo.

A la MC. Sofía Comparan, por sus consejos durante el desarrollo de mi carrera profesional, así como su confianza, amistad dada y apoyo para la realización de esta tesis.

Al MC. Fidel Maximiano Peña Ramos, por su amistad, consejos y su colaboración incondicional y valiosa para el desarrollo de este proyecto.

Al Dr. Emilio Rascón Alvarado por contribuir desinteresadamente en la revisión de éste trabajo.

Al Ing. Oscar Ávila Peralta por su ayuda en la realización de los muestreos y la toma de datos en campo.

Al Ing. José Luis Guerrero Ortiz, por el apoyo incondicional para la culminación de mis estudios y por prepararme para dar los primeros pasos en la vida profesional.

Al Dr. Francisco Rodríguez Martínez, gracias por sus consejos y amistad durante el desarrollo de mi carrera profesional.

A José Antonio Guillen Pérez, por su apoyo incondicional, por sus consejos para enfrentar la vida, y culminación de mis estudios, gracias hermano.

A Fabián Pérez Labrada, a José Luís Velázquez y Rubicel López Cruz por compartir conmigo gratos momentos, difíciles y divertidos de la carrera.

A mis compañeros de generación gracias por compartir parte de su vida conmigo.

Eternamente agradecido con mi **“ALMA MATER”**

Índice de Contenido

| Título | Páginas |
|---|----------------|
| ÍNDICE DE CUADROS | I |
| ÍNDICE DE FIGURAS | li |
| RESUMEN | lii |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. OBJETIVO | 2 |
| III. HIPOTESIS | 2 |
| IV. REVISIÓN DE LITERATURA | 3 |
| El cultivo de la lechuga | 3 |
| Adaptabilidad del cultivo | 4 |
| Producción de lechuga en México | 6 |
| Importancia de la lechuga | 7 |
| Abonos orgánicos | 7 |
| Beneficios de los Abonos orgánicos | 9 |
| Abonos orgánicos empleados en otros cultivos | 10 |
| Abonos orgánicos usados en el cultivo de la lechuga | 10 |
| Nitratos (NO ₃) | 11 |
| Nitratos (NO ₃) en lechuga | 12 |
| Limite máximo permisible del contenido de Nitratos en lechuga | 13 |
| Consecuencia por acumulación de nitratos en el organismo humano | 14 |
| V. MATERIALES Y METODOS | 15 |
| Descripción del sitio | 15 |
| Características climáticas | 15 |
| Procedimiento | 15 |
| Tratamientos estudiados | 16 |
| Primer ciclo productivo | 16 |
| Segundo ciclo productivo | 17 |
| Tercer ciclo productivo | 18 |
| Diseño experimental | 18 |
| Variables dependientes | 19 |
| Calibración del medidor de nitratos (NO ₃) | 19 |
| Toma de datos | 20 |

| | |
|--|----|
| VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 21 |
| Resultado de la variable respuesta con el análisis del factor A | 21 |
| Resultados de la variable PPMNO3 del factor B | 22 |
| Resultado de la variable respuesta con el análisis del factor C | 23 |
| Resultado de la integración de factores | 24 |
| Análisis de Varianza | 25 |
| Representación gráfica promedio de los datos experimentales como apoyo al análisis estadístico como respuesta de los tratamientos empleados | 27 |
| VII. CONCLUSIONES | 29 |
| VIII. LITERATURA CITADA | 30 |
| APÉNDICE | 34 |

Índice de cuadros

| Titulo | Paginas |
|--|---------|
| Cuadro 1: Composición nutritiva de distintos tipos de lechuga (por 100 g de parte comestible). | 3 |
| Cuadro 2: Cantidades de elementos Fertilizantes extraídas por las plantas de lechuga, en diferentes zonas de cultivo. | 5 |
| Cuadro 3: Producción de Lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) por Entidad Federativa. | 6 |
| Cuadro 4: Producción anual de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) en México. | 7 |
| Cuadro 5: Contenidos Máximos de Determinados Contaminantes en los Productos Alimenticios | 13 |
| Cuadro 6 : Comportamiento promedio en el contenido de Nitratos de Los componentes del factor A | 22 |
| Cuadro 7: Comportamiento promedio de los ciclos productivos, pertenecientes al factor B | 23 |
| Cuadro 8: Comportamiento promedio de los muestreos, que representan el factor C | 24 |
| Cuadro 9: Análisis de varianza de la integración de los factores (FA-FB-FC) para la variable respuesta Partes Por Millón de nitratos (PPMNO ₃) | 25 |
| Cuadro 10: Prueba de Medias de Datos Transformados con el Metodo Box-cox de un Arreglo Factorial de 3 Factores Completamente al Azar (fA*fB*fC). | 35 |

Índice de Figuras

| Título | Páginas |
|--|---------|
| Figura 1: Distribución de plantas de Lechuga (<i>Lactuca saliva</i> L. var. Great lakes), cultivadas en la biocama 5, correspondientes a cada tratamiento para el primer ciclo productivo. | 16 |
| Figura 2: Distribución de plantas de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L. var. Great lakes), cultivadas en la biocama 6, correspondiente a cada tratamiento para el segundo ciclo productivo. | 17 |
| Figura 3: Distribución de plantas de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L. var. Great lakes) cultivadas en la biocama 5, correspondiente a cada tratamiento para el tercer ciclo productivo. | 18 |
| Figura 4: Comportamiento Promedio del Contenido de Nitratos (NO ₃) en Plantas de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L. var. Great lakes) fertilizadas con 4 abonos orgánicos. | 21 |
| Figura 5: Comportamiento Promedio del Contenido de Nitratos (NO ₃) en Plantas de Lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L. var. Great lakes) fertilizadas con 4 abonos orgánicos, para cada ciclo productivo. | 22 |
| Figura 6: Comportamiento Promedio del Contenido de Nitratos (NO ₃) en Plantas de Lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L. var. Great lakes) fertilizadas con 4 abonos orgánicos, para cada muestreo. | 23 |
| Figura 7: Diferencias de las medias comparadas de los factores (Tukey, 0.05) | 24 |
| Figura 8: Comportamiento promedio de los datos experimentales, de la variable respuesta PPMNO ₃ para cada tratamiento | 27 |

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de diferentes abonos orgánicos sobre la acumulación de nitratos en hojas de lechuga (*Lactuca sativa* L. var. Great Lakes) en etapa de comercialización. La presente investigación se llevó a cabo en un área aledaña al establo lechero, dentro del campus de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. El experimento se basó en tres ciclos productivos de primavera-verano del año 2010. Los dos primeros ciclos productivos se realizaron en camas de doble excavado, con una profundidad aproximada de 50 a 60 cm, se delimitó cada cama en 5 parcelas de 1m² de superficie dentro de las cuales se trasplantó diferente número de plantas, representando cada una; un tratamiento y el testigo absoluto respectivamente. Se empleo riego por goteo y por cada planta se aplicó 250 gramos de abono orgánico sólido representando a cada tratamiento, excepto el tercer ciclo que únicamente se midió la residualidad de los abonos aplicados en el primer ciclo. Se hicieron dos muestreos para cada ciclo y la toma de datos se realizó antes de que las plantas fueran expuestas al sol. Con un medidor de nitratos se sacaron los valores de PPMNO₃ contenidos en las hojas frescas de lechuga, por el método de potenciometría. Se llevó a cabo un análisis de arreglo factorial con tres factores completamente al azar, el cual arrojó que entre tratamientos no hubo diferencias significativas, tampoco en los ciclos productivos, mientras que para los muestreos se observó diferencias altamente significativas ($p < 0.01$). Por lo tanto, las lechugas evaluadas muestran que la Lombricomposta de Bovino fue la que registró mayor cantidad de NO₃ respecto a los demás tratamientos y el testigo. Sin embargo, los abonos orgánicos empleados no sobrepasan los valores límites que establece la Comunidad Europea para el consumo humano de lechugas cultivadas al aire libre.

Palabras clave: Abonos Orgánicos, Lechuga, PPMNitratos (PPMNO₃)

I. INTRODUCCIÓN

Los abonos orgánicos son todos aquellos residuos de origen animal y vegetal de los que las plantas pueden obtener importantes cantidades de nutrimentos; el suelo, con la descomposición de estos abonos, se ve enriquecido con carbono orgánico y mejora sus características físicas, químicas y biológicas (SAGARPA, 2010). Por otra parte, Hernández *et al.*, (2009) mencionan que la aplicación de abonos orgánicos en la agricultura es una alternativa viable para alcanzar niveles de calidad óptimos y sin contaminar el ambiente.

Los abonos orgánicos juegan un papel muy importante en la agricultura, desde mantener y mejorar la disponibilidad de nutrimentos en el suelo hasta obtener mayores rendimientos en las cosechas de los cultivos. Por lo que López (2001) al evaluar los efectos de cuatro abonos orgánicos en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento de un cultivo de maíz, encontró que éstos mejoraron el rendimiento de grano y recomienda sustituir o disminuir el uso de la fertilización inorgánica. Lo cual; concuerda con Romero, (2000) quien encontró que los abonos orgánicos provocan mayor biomasa microbiana en el suelo y por consiguiente un mayor rendimiento en el tubérculo de la papa.

Por otra parte, Fraga (2007) al evaluar la aplicación de abonos orgánicos en la producción de lechuga, encontró un aumento en el rendimiento en materia fresca y seca, señalando que es posible disminuir el uso de agua requerida para este cultivo; al adicionar estos abonos principalmente en suelos de zonas áridas.

El estudio de la cantidad de nitratos (NO_3) existentes en los cultivos de lechuga, es un tema de interés para las disciplinas agrícolas y ambientales. ya que la lechuga es una de las especies químicamente analizadas con mayor frecuencia debido a las consecuencias de los nitratos como constituyentes normales en abonos y fertilizantes, o como contaminante en productos alimenticios, aguas de consumo, desechos urbanos e industriales. Además la cuantificación de nitratos es utilizada para diagnosticar el estado nutricional de las plantas cultivadas.

Debido a lo anterior se pretende estudiar un cultivo de lechugas fertilizadas con diferentes abonos orgánicos, evaluando el contenido de partes por millón de nitratos existentes en hojas comerciales de dicha planta.

II. OBJETIVO: Determinar el efecto de diferentes abonos orgánicos sobre la acumulación de nitratos en hojas de lechuga (*Lactuca sativa* L. var. Great Lakes) en etapa de comercialización.

III. HIPÓTESIS: Al menos uno de los abonos orgánicos, tendrá mayor influencia significativa sobre los niveles de nitratos en las hojas de lechuga.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

El cultivo de lechuga

Aunque Vavilov en 1927 (botánico y genetista ruso), pensaba que el origen de la lechuga había que situarlo en el cercano Oriente, hoy en día los botánicos no se ponen de acuerdo al respecto, por existir un seguro antecesor de la lechuga, *Lactuca scariola* L. que puede encontrarse en estado silvestre en la mayor parte de las áreas templadas (Mallar 1978). Sin embargo varias citas indican que las variedades de lechuga cultivadas actualmente son el producto de una hibridación entre especies distintas, continuando por el normal proceso de selección existente en las plantas.

Esta planta ya era conocida por los egipcios, persas, griegos y romanos, se trata de una planta cultivada desde hace muchos años. También existen testimonios escritos de que los romanos ya conocían diferentes variedades de esta planta (Maroto, 1998).

Cuadro1. Composición nutritiva de distintos tipos de lechugas (por 100 g de parte comestible).

| Componentes | Acogolladas de hojas rizadas | Acogolladas de hojas mantecosas | Romanas |
|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|---------|
| Aguas | 95.5 | 95.1 | 94.0 |
| Proteínas (g) | 0.9 | 1.2 | 1.3 |
| Grasas (g) | 0.1 | 0.2 | 0.3 |
| Hidratos de carbono totales (g) | 2.9 | 2.5 | 3.5 |
| Fibra | 0.5 | 0.5 | 0.7 |
| Cenizas | 0.9 | 1 | 0.9 |
| Calcio (mg) | 20 | 35 | 68 |
| Hierro (mg) | 0.5 | 2 | 1.4 |
| Fosforo (mg) | 22 | 26 | 25 |
| potasio (mg) | 175 | 264 | 264 |
| Sodio (mg) | 9 | 9 | 9 |
| Vitaminas a (UI) | 330 | 970 | 1900 |
| Tiamina (mg) | 0.06 | 0.06 | 0.05 |
| Riboflavina (mg) | 0.06 | 0.06 | 0.08 |
| Niacina (mg) | 0.3 | 0.3 | 0.4 |
| Vitamina C (mg ac. Ascórbico) | 5 | 9 | 24 |
| Valor energético (cal) | 13 | 14 | 18 |

Según Watt *et al*, 1975. Citado por (Maroto *et al*, 2000).

La lechuga es una hortaliza típica de ensaladas, y ha sido considerada como una hortaliza con propiedades tranquilizantes, sin embargo por su alto contenido de vitaminas (Cuadro1) permite que sea una planta muy importante y apreciada en las dietas modernas, aunque por otro punto de vista, esta hortaliza ha sido la pieza clave de los comercios de hamburguesas en Europa y Estados Unidos.

El cultivo de lechuga absorbe más del 70% del total de nutrientes 3 semanas antes de la cosecha, de manera que es necesario mantener un nivel elevado de nutrientes hasta la cosecha (Vigliola, 1989). Citado por Alcalá et al (2000).

Adaptabilidad del cultivo

Existen un gran número de variedades cultivadas de lechuga que tienen la capacidad de adaptarse cualquier clima y en cualquier parte del mundo, sin embargo en términos generales se puede decir que las lechugas prefieren climas templados y húmedos.

La temperatura óptima de crecimiento de las lechugas oscila entre los 15 y 20 °C, ya que esta planta puede sufrir <<apareamiento prematuro de la flor>> y un sabor amargo en las hojas. De la misma manera este cultivo puede sufrir daños severos, principalmente en las hojas que es la parte comestible bajo incidencias de vientos cálidos y/o secos.

Así mismo la cantidad de nutrientes que absorbe la lechuga depende de la cantidad de biomasa producida en las hojas, tallo y raíz. Por lo tanto estas extracciones de nutrientes varían considerablemente según la variedad, época de plantación, sistemas de riego, entre otros.

Un ejemplo de la absorción de nutrientes por lechugas cultivadas en diferentes zonas de cultivo se muestra en el (Cuadro 2) donde se observa que el macroelemento principal que es absorbido en mayor cantidad es el potasio seguido del nitrógeno y en Último lugar el fosforo. Esto fundamenta una vez más el propósito de esta investigación, ya que es una hortaliza con particularidades de absorción de algunos nutrientes específicos que pueden; en cantidades altas provocar serios problemas para la salud del consumidor.

Cuadro 2. Cantidades de elementos Fertilizantes extraídas por las plantas de lechuga, en diferentes zonas de cultivo.

| Tipo de plantación | Rto. Materia fresca t/ha | Materia seca de cogollos+ raíces t/ha | elementos extraídos (kg/ha) | | | | | Fuente |
|---|--------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|------------------|-----|-----|------------------------------|
| | | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | CaO | MgO | |
| Lechuga primavera | 25 | - | 55 | 20 | 120 | 35 | 10 | Anstett (1967) |
| Lechuga cultivo forzado | 24 | - | 67 | 28 | 127 | 29 | 9.7 | Anstett (1967) |
| Lechuga en Invernadero 180,000 pl/ha | 45 | - | 100 | 50 | 250 | - | 12 | Stephan (1967) |
| Lechuga | 18 | - | 45 | 11 | 54 | 9 | 4.5 | Knott (1962) |
| Lechuga | 47 | - | 106 | 31 | 233 | 51 | 22 | Knott (1962) |
| Lechuga Iceberg, Invierno, Invernadero, r. goteo | - | 3.27 | 95 | 36 | 244 | 60 | 25 | Rincon <i>et al.</i> (1991) |
| Lechuga Iceberg, primavera, invernadero, r. goteo | - | 2.75 | 80 | 27 | 195 | 44 | 20 | Rincon <i>et al.</i> (1991) |
| Lechuga | - | - | 115 | 32 | 192 | - | - | Papadopoulos (1996) |
| Lechuga Invernadero r. goteo | 67.9 | 4.06 | 136 | 44 | 246 | 81 | 33 | Corbi (1993) |
| Lechuga Invernadero r. inundación | 57.8 | 4.52 | 138 | 40 | 239 | 88 | 37 | Corbi (1993) |
| Lechuga Valladolid, r. goteo | 75.6 | 3.4 | 113 | 46 | 193 | 61 | 18 | Corbi (1993) |
| Lechuga Valladolid, r. inundación | 67.2 | 3.85 | 122 | 41 | 208 | 70 | 20 | Corbi (1993) |
| Lechuga var. Grandes lagos * | - | - | 106 | 30 | 233 | 52 | 22 | Zink y Yamaguchi. (1962) |
| Lechuga Iceberg r. goteo. ** | 32-5 | 2.36 | 85 | 26 | 186 | 41 | 14 | Pomares <i>et al.</i> (1999) |

*=medias de 15 cosechas, ** media de 7 cosechas.

(Maroto *et al.*, 2000).

Producción de lechuga en México

La producción de lechuga es representada en el cierre de producción agrícola por Entidades Federativas, donde los estados que tienen mayor producción de lechuga en el país son Guanajuato, seguido de Zacatecas y Puebla como se demuestra en el (Cuadro 3).

Cuadro 3. Producción de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) por Entidad Federativa.

| Ubicación | Superficie Sembrada (Ha) | Superficie Cosechada (Ha) | Producción (Ton) | Rendimiento (Ton/Ha) | Valor Producción (Miles de Pesos) |
|---------------------|--------------------------|---------------------------|------------------|----------------------|------------------------------------|
| Aguascalientes | 1,217.00 | 1,217.00 | 46,799.00 | 38.45 | 98,237.63 |
| Baja California | 1,300.50 | 1,281.50 | 22,186.51 | 17.31 | 182,677.76 |
| Baja California Sur | 14 | 14 | 226.5 | 16.18 | 1,176.75 |
| Chihuahua | 26 | 26 | 440 | 16.92 | 1,368.30 |
| Coahuila | 1 | 1 | 39.44 | 39.44 | 102.54 |
| Distrito Federal | 77 | 73.5 | 943.6 | 12.84 | 6,571.70 |
| Durango | 12 | 12 | 122 | 10.17 | 570 |
| Guanajuato | 4,500.00 | 4,497.00 | 74,628.40 | 16.6 | 184,424.56 |
| Guerrero | 8 | 8 | 61.31 | 7.66 | 156.49 |
| Hidalgo | 10 | 10 | 109 | 10.9 | 386.5 |
| Jalisco | 387 | 387 | 6,857.28 | 17.72 | 11,246.12 |
| México | 490.89 | 490.89 | 6,620.00 | 13.49 | 31,189.69 |
| Michoacán | 592 | 575.15 | 14,515.19 | 25.24 | 43,275.08 |
| Puebla | 2,540.28 | 2,540.28 | 50,527.11 | 19.89 | 104,978.24 |
| Querétaro | 459 | 459 | 11,013.00 | 23.99 | 25,107.40 |
| San Luis Potosí | 418 | 418 | 13,493.60 | 32.28 | 35,871.58 |
| Sonora | 512.5 | 512.5 | 12,553.78 | 24.5 | 43,518.39 |
| Tlaxcala | 244 | 244 | 5,485.95 | 22.48 | 9,136.46 |
| Veracruz | 25 | 25 | 324.6 | 12.98 | 631.32 |
| Yucatán | 24 | 24 | 72.95 | 3.04 | 739.54 |
| Zacatecas | 3,600.00 | 3,600.00 | 73,956.74 | 20.54 | 147,296.64 |

(SAGARPA, 2010)

La producción de lechuga a nivel nacional contemplando los ciclos de primavera- verano y otoño-invierno, bajo la modalidad de riego y temporal según SAGARPA por medio del Servicio de Información Agroalimentaria (SIAP, 2010). Informa que para el año 2010 la producción a nivel nacional fue la que se presenta en el Cuadro 3.

Cuadro 4. Producción anual de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en México.

| Superficie sembrada (ha) | Superficie cosechada (ha) | Producción (ton) | Rendimiento (ton/ha) | Valor de la producción (miles de pesos) |
|--------------------------|---------------------------|------------------|----------------------|--|
| 16,458.17 | 16,415.85 | 340,975.95 | 20.77 | 928,662.68 |

(SAGARPA, 2010).

Importancia de la lechuga

El mundo de las hortalizas es básico en la gastronomía de cualquier país o cultura. Dentro de éstas la lechuga ha sido pieza fundamental del arte culinario, por su utilización en todo tipo de comida, aunado a la gran demanda que tiene en nuestros días, por sus características de alto valor nutritivo y equilibrio orgánico.

Si bien la lechuga se encuentra en cualquier época del año y como el resto de las hortalizas, también es un buen abastecedor de vitaminas, minerales y sales indispensables para el organismo.

En los últimos años la sociedad ha ido cambiando su manera de alimentarse, inclinándose en el mayor consumo de vegetales y frutas. Tal es el caso de la lechuga, que por lo que toca a México, ha crecido constantemente en el campo de las exportaciones principalmente a los Estados Unidos.

Abonos orgánicos

Algunos campesinos, cuando escuchan hablar de abonos orgánicos relacionan el nombre con compostas, estiércoles, abono natural, hojas podridas e incluso "basura" de la casa. Esto es correcto pero solo en parte, pues los abonos orgánicos son todos los materiales de origen orgánicos que se pueden descomponer por la acción de microbios y del trabajo del ser humano, incluyendo además a los estiércoles de organismos pequeños y al trabajo de microbios específicos que ayudan a la tierra a mantener su fuerza o fertilidad.

Los abonos orgánicos se han usado desde tiempos remotos y su influencia sobre la fertilidad del suelo se ha demostrado, aunque su composición química, el aporte de

nutrimentos a los cultivos y su efecto en el suelo, varían según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad (Romero *et al.*, 2000).

Por lo que además, el valor de la materia orgánica que contiene ofrece grandes ventajas que difícilmente pueden lograrse con los fertilizantes inorgánicos (Castellanos, 1980).

Cabe destacar que el objetivo principal de aplicar abonos al suelo, es establecer el nivel apropiado y el equilibrio de nutrientes, lo que depende del tipo particular del suelo, las precipitaciones pluviales, el clima, la exposición solar, la altitud y capacidad de intercambio catiónico, es decir; una medición de la disponibilidad de nutrientes en un suelo determinado. El segundo objetivo consiste en mantener los nutrientes en el área de producción mediante el composteo adecuado y el reciclamiento de todos los residuos. Un tercer objetivo se refiere al uso de suficientes nutrientes, agua y composta en el área de cultivo. (Jeavons, 2002).

La principal fuente de materias orgánicas en una explotación de agricultura orgánica procede de la utilización racional de los residuos de cosecha de los cultivos (raíces, paja, etc.) y de los excrementos animales. En un sistema de policultivo y ganadería, las praderas temporales constituyen el principal medio para mantener e incluso mejorar los niveles de materia orgánicas de los suelos a menor costo. (De Silguy, 1994).

Los estiércoles varían mucho en su contenido de nutrientes fertilizantes. La composición varía según el tipo de alimentación utilizada, la edad y el grado de descomposición del estiércol. Los estiércoles animales también proporcionan la mayor parte de los nutrientes necesarios. (Stephens, 2003).

También se pueden utilizar algunos otros materiales como malezas, lodos orgánicos, desechos de madera, guano, sangre animal, harina de huesos, etc. (De Silguy, 1994)

Sin embargo durante la revolución verde en México, la práctica general sobre la fertilización al suelo se concentraba en aplicar fertilizantes químicos de nitrógeno y fosforo, marginando a los abonos orgánicos, que fueron la base y sustento de la agricultura por siglos (Arredondo, 1996). Debido a esto, se citan algunos beneficios que los abonos orgánicos pueden tener.

Beneficios de los abonos orgánicos

La mayoría de los cultivos muestran una respuesta a la aplicación de los abonos orgánicos, de manera más evidente bajo condiciones de temporal y en suelos sometidos al cultivo de manera tradicional y prolongada. No en vano, los abonos orgánicos están considerados universales por el hecho que aportan casi todos los nutrientes que las plantas necesitan para su desarrollo. Es cierto que en comparación con los fertilizantes químicos, contienen bajas cantidades de nutrientes; sin embargo, la disponibilidad de dichos elementos es más constante durante el desarrollo del cultivo por la mineralización gradual a que está sometidos.

Por lo tanto SAGARPA (2010) cita, que en los ensayos tradicionales de la aplicación de abonos orgánicos, siempre se han reportado respuestas superiores con éstos, al compararlos con la aplicación de fertilizantes químicos.

Loayza (2000) al trabajar en un proyecto de conservación de suelos, menciona que la incorporación de abonos orgánicos contribuye significativamente al aumento del nivel de fertilidad. Los resultados obtenidos han demostrado que se puede aumentar significativamente los rendimientos del cultivo de la papa (hasta 50 %) incorporando abono orgánico fermentado al mismo tiempo que mejorar la fertilidad del suelo.

Uno de los beneficios que se obtienen al incorporar abonos orgánicos en el suelo es que constituye una fuente de nutrientes para las plantas, los cuales son liberados gradualmente al mineralizarse éstos al suelo. Sin embargo Loayza (2000) señala que los abonos orgánicos pueden aumentar el contenido de materia orgánica los cuales tienden a llevar beneficios de mejora de retención de agua, mayor manejo del suelo y además representa una alternativa más económica que el uso de abonos químicos.

Restrepo (1994) recomienda que el uso de abonos tipo Bocashi son una buena alternativa que garantizan principalmente tres factores

- 1.- Asegurar la competitividad de la producción de alimentos en los mercados locales, regionales, nacionales e internacionales, acompañados de los parámetros de cantidad y calidad.

2.- Reducir costos de producción

3.- Eliminar el impacto negativo que la agricultura provoca al medio ambiente y la salud de los trabajadores y consumidores.

Abonos orgánicos empleados en otros cultivos

Díaz, (2007) al trabajar con abonos orgánicos para determinar el rendimiento de forraje de triticale, menciona que los abonos orgánicos representan una verdadera alternativa de producción de forraje verde y seco para el corte en etapa de espigamiento. Esto debido a que en este estudio obtuvieron los mayores rendimientos al compararlo con abonos químicos y suelo.

Rodríguez, (2009) al hacer uso de abonos orgánicos en la producción de tomate bajo invernadero, cita y afirma lo encontrado por Worthington, (2001), mencionando que los tomates producidos orgánicamente tienden a concentraciones altas de vitamina C, licopeno y bajas concentraciones de Nitratos.

Además, Chen, (2005) menciona que los productos orgánicos contienen menor concentración de plaguicidas que los convencionales.

Por otro lado, se señala que las aplicaciones de abonos orgánicos con sustancias húmicas de lombricompostaje incrementan el rendimiento en la producción del cultivo, reducen la proporción de $(\text{NH}_2^-/\text{NH}_4^+)$ Nitrato y amonio en el tejido de las hojas y en los frutos se reduce la concentración de nitratos (Siminis *et al.*, 1998).

Abonos orgánicos usados en el cultivo de lechuga

Valerio y Victoriano (2001), al comparar aplicaciones de fertilizantes químicos y orgánicos en un cultivo de lechuga, mencionan que los mercados internacionales cada día son mas exigentes por tal motivo prefieren comprar productos orgánicos con poca contaminación y de buena calidad. Debido a esto; los autores recomiendan el uso de los abonos orgánicos para diferentes cultivos, especialmente de hoja ancha.

Por otra parte Añez y Espinoza (2003) señala que en algunos tipos de suelo se puede aplicar e incorporar 10 toneladas por hectárea de lombricomposta sólida, un mes antes del trasplante de la lechuga para obtener una mayor producción y de mejor calidad, garantizando un buen uso y conservación del suelo.

Es por eso que los abonos orgánicos se deben considerar como la mejor opción para la sostenibilidad del recurso suelo; su uso ha permitido aumentar la producción y la obtención de productos agrícolas orgánicos, esto ha apoyado al desarrollo de la agricultura orgánica considerada como un sistema de producción agrícola orientado a la producción de alimentos de alta calidad nutritiva e inexistencia de contaminantes nocivos para la salud. (Santos, 2010).

Nitratos (NO₃)

El ion nitrato es la forma termodinámica estable del nitrógeno combinado en los sistemas acuosos y terrestres oxigenados, de forma que hay una tendencia de todos los materiales nitrogenados a ser convertidos a nitratos en estos medios. Sin embargo, debido a sus propiedades físicas, no pueden olerse ni sentirse y su presencia en concentraciones potencialmente peligrosas, es detectada cuando se manifiesta un problema de salud.

Por otra parte, el problema con los nitratos es que son contaminantes móviles en el agua debido a su naturaleza soluble, por lo que tienden a viajar grandes distancias en la superficie. Esto se debe a los procesos naturales que incluyen: la precipitación, el intemperismo de los minerales y descomposición de la material orgánicos. Y de las actividades humanas que encierran: la escorrentía de terrenos cultivados, efluentes de lagunas y tanques sépticos, fertilización excesiva con nitrógeno, deforestación y el cambio de la materia orgánica del suelo como resultado de la rotación de cultivos. Según Heaton, 1985; citado por Pacheco (2003).

Nitratos (NO₃) en Lechuga

El contenido de Nitratos varía según la especie, variedad, parte de la planta comestible, etc.

De la misma forma que ocurre en otras hortalizas, la acumulación excesiva de nitratos en sus hojas es peligrosa para la salud humana. Por lo que Keinink y Groenwold (1987) encontraron que en ciertas variedades de lechuga, su capacidad de acumulación de nitratos en las hojas, estaba regida por un mecanismo genético, en algún caso dirigido por un solo gen dominante de un pequeño grupo de (genes).

Algunos otros investigadores mencionan que la acumulación de nitratos en lechuga es muy frecuente ya que todo radica en el tipo de fertilización que se aplique para determinada superficie, como señala Escalona et al., (2009). Este autor al estudiar el efecto de las fuentes nitrogenadas sobre el contenido de nitratos en un cultivo de lechuga encontró que las plantas registraron grandes cantidades de nitratos debido a la fertilización de productos químicos comerciales.

Mientras que al analizar el contenido de nitratos en lechugas orejonas cultivadas en sistemas hidropónicos y acuaponicos de mesas flotantes, en invernadero no calefaccionado; en meses de abril a junio, Bernal et al., (2008) demostraron que en ambos sistemas de producción se encontraron las mismas cantidades de nitratos en las lechugas evaluadas. Esto es debido a sus características de absorción de nutrientes y acumulación de nitratos que ejerce el metabolismo de la planta.

Por otra parte la Lechuga (*Lactuca sativa* L.) consumida en ensaladas, es una de las especies con mayor tendencia a alcanzar alta concentración y nervaluras. Por tal causa, en varios países Europeos se ha fijado limite: 2500-4500 mg NO₃⁻/kg peso fresco. (Valdés, et al., 2004).

Finalmente Harbey, (2007) menciona que al hacer una encuesta para la sociedad de la región de Valparaiso Chile. Obtuvo que un 96% de los consumidores prefieren una lechuga con menor contenido de nitratos y un 62% estaría dispuesto a pagar un precio diferenciado por el producto.

Limite máximo permisible del contenido de nitratos en lechuga

La excesiva presencia de Nitratos en alimentos y agua compromete seriamente sus características higiénicas y sanitarias. La OMS y la FAO indican 3.7 mg NO₃⁻/Kg peso como dosis diaria admisible en adultos, y dado que aproximadamente el 75 % de los nitratos ingeridos es aportado por la verduras es importante su determinación en las mismas.

Cuadro 5. Contenidos Máximos de Determinados Contaminantes en los Productos Alimenticios

| Sección 1: Nitrato | | |
|---|--|------|
| Productos Alimenticios | Contenidos Máximos (mg/NO ₃ /kg) | |
| Espinacas frescas (<i>Spinacia oleracea</i>) | Recolectadas entre 1 de octubre y el 31 de marzo | 3000 |
| | Recolectadas entre 1 de abril y el 30 de septiembre | 2500 |
| Lechugas en conserva, refrigeradas o congeladas | | 2000 |
| Lechuga fresca (<i>Lactuca sativa</i> L.) (Lechugas de invernadero y cultivadas al aire libre). Excepto las lechugas tipo Iceberg | Recolectadas entre el 1 de octubre y el 31 de marzo | |
| | Lechugas cultivadas en invernadero | 4500 |
| | Lechugas cultivadas al aire libre | 4000 |
| | Recolectadas entre el 1 de abril y el 30 de septiembre | |
| Lechugas tipo Iceberg | Lechugas cultivadas en invernadero | 3500 |
| | Lechugas cultivadas al aire libre | 2500 |
| Lechugas tipo Iceberg | Lechugas cultivadas en invernadero | 2500 |
| | Lechugas cultivadas al aire libre | 2000 |
| Alimentos elaborados a base de cereales y alimentos infantiles para lactantes y niños de corta edad | | 200 |

(Diario Oficial de la Unión Europea, 2006).

En lo que respecta al nitrato, El diario Oficial de la Unión Europea (2006) cita que las hortalizas son la fuente principal de la ingesta humana de esta sustancia. Donde el comité científico de la alimentación humana (CCAH) afirmó en su dictamen de 22 de septiembre de 1995 que la ingesta total de nitratos se encuentra normalmente muy por debajo de la

ingesta diaria admisible (Cuadro 5). No obstante, recomendaba que prosiguieran los esfuerzos para reducir la exposición al nitrato a través de los alimentos y el agua.

Debido a que las condiciones climáticas tienen una gran influencia en los niveles de nitrato en determinadas hortalizas tales como las lechugas y las espinacas, deben establecerse, por tanto, diferentes contenidos máximos en función de la estación.

Consecuencias por acumulación de nitratos en el organismo humano

El nitrato puede transformarse en Nitrito por reducción bacteriana tanto en los alimentos (durante el procesado y almacenamiento), como el propio organismo (en la saliva y tracto gastrointestinal). Se estima que un 5% del nitrato ingerido se transforma en nitrito endógenamente, lo que supone la fracción mayoritaria de la exposición global a este compuesto. Los nitritos pueden provocar que la metahemoglobina no sea capaz de transportar el oxígeno a los tejidos, pudiendo dar lugar a efectos graves e incluso la muerte cuando la cantidad de metahemoglobina es superior al 70% de la hemoglobina total en el cuerpo.

También puede reaccionar en medio ácido del estómago, con las aminas, sustancias obtenidas por el metabolismo de los alimentos originando nitrosaminas, las cuales son agentes cancerígenos al humano. Además pruebas de estudios epidemiológicos en animales han demostrado que la exposición a nitrato y nitrito ha aumentado para algunos tipos de cáncer (Watson y Muftí, 1996).

Estudios efectuados en el Hemisferio Norte indican que las hortalizas son una de las fuentes principales de nitratos en la dieta humana, dentro de la cual se destaca la lechuga como uno de los acumuladores más importantes de este ion.

Así mismo, la Unión Europea ha reglamentado en esta especie el límite máximo permisible de nitratos que pueden contener el momento de comercializarse en las distintas estaciones del año (cuadro 5).

La necesidad de investigar el contenido de nitratos a través del año radia en que este ion se acumula principalmente en condiciones de restricción de luz (época invernal), uno de los principales factores ambientales. Así, lechugas cosechadas en el período de otoño e invierno no debieran superar los 4,500 mg NO₃/kg y 3.500 mg NO₃/kg. en primavera-verano. (Reglamento CE N° 194/97).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del Sitio

La presente investigación se llevó a cabo en un área aledaña al establo lechero, dentro del campus de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, Colonia Buenavista Saltillo; Coahuila, México en los 25° 21´19.26´´ Latitud Norte y 101° 01´54.85´´ Longitud Oeste y una altitud de 1801msnm. Este sitio cuenta con un suelo feozém calcárico con un mínimo de 10 años sin laboreo, de una profundidad entre 20 y 30 cm y pendiente crítica Sur-Norte de 3%.

Características Climáticas

Las características climáticas proporcionadas por el Observatorio Meteorológico de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", indican que en el área donde se llevó a cabo la investigación existe una precipitación anual promedio de 417 mm; siendo julio el mes donde se presentan mayor cantidad de lluvias, una humedad relativa de 62%, una temperatura media anual de 19.8 °C siendo Junio, Julio y Agosto los meses con mayor temperatura. La región tiene un clima templado, con verano caliente e invierno frío. La velocidad del viento promedio anual es de 4.05 m/s siendo la dirección de norte a sur y/o de noreste a suroeste, y con una radiación solar promedio anual de 12,766 Joules.

Procedimiento

El experimento se basó en tres ciclos productivos de primavera-verano del 2010. Los dos primeros ciclos productivos se llevaron a cabo en camas de doble escavado previamente elaboradas, para cada fecha establecida (Jeavons, 2007). Se realizó manualmente una limpia con azadón hasta dejar el suelo libre de maraña, posteriormente se procedió a medir con una cinta métrica el tamaño de la cama donde se efectuó el cultivo, teniendo un ancho de 1.0 metros y 5.0 metros de largo, siendo una superficie total de 5.0m² para cada cama. Usando una pala recta y un biello se hizo el doble escavado del área experimental, resultando una profundidad de entre 50 y 60 cm.

Se procedió a instalar un sistema de riego por goteo, colocando dos cintillas de 5 metros de largo para cada cama únicamente para los dos ciclos primeros. Cuando las plántulas median aproximadamente 10 centímetros de longitud, se trasplantó a una distancia de 30 cm entre plantas, con diferente número de plantas para cada cama, posteriormente se

delimitó cada cama en 5 parcelas de 1m², cada parcela representó un tratamiento y el testigo absoluto.

Tratamientos Estudiados:

- 1) Lombricomposta de Bovino; 2) Lombricomposta de Bocashi; 3) Lombricomposta de Residuos de Cocina; 4) Lombricomposta de Cerdo; 5) Testigo.

Primer ciclo productivo

Para este ciclo productivo se asignó la biocama 5 del área agrícola, realizando el trasplante el día jueves 25 de marzo de 2010. A los 15 días después del trasplante se aplicó a cada planta 250 gramos de abono solido. Dicha aplicación se llevó a cabo tomando en cuenta que el número de plantas fue diferente para cada tratamiento respectivamente, donde T1= Lombricomposta de Bovino. 6 plantas; T2= Lombricomposta de Bocashi. 6 plantas; T3= Lombricomposta de Residuos de Cocina. 5 plantas; T4= Lombricomposta de Cerdo. 7 plantas; T5=Testigo, 6 plantas.

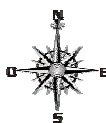
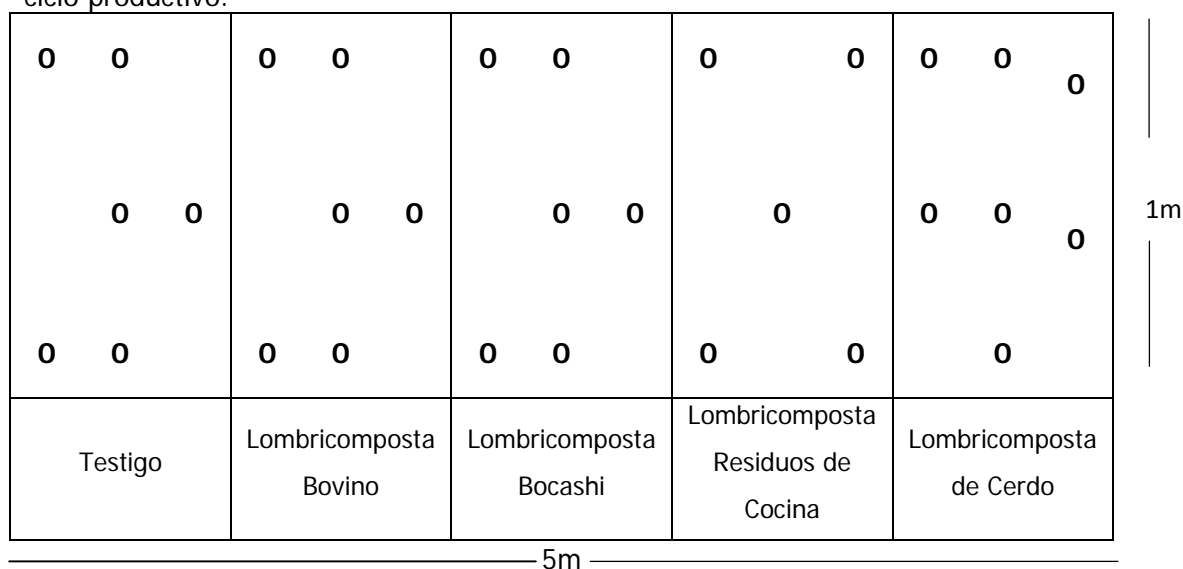


Figura 1. Distribución de plantas de Lechuga (*Lactuca saltiva* L. var. Great lakes), cultivadas en la biocama 5, correspondientes a cada tratamiento para el primer ciclo productivo.



Los muestreos se hicieron los días martes 15 de junio y jueves 17 de junio de 2010. La cantidad de plantas, la distribución de los tratamientos y la orientación de la cama fue de acuerdo a la Figura 1.

Segundo ciclo productivo

El segundo ciclo productivo se llevó a cabo en la biocama 6 del área agrícola, trasplantando el día domingo 4 de abril de 2010. A los 15 días después del trasplante se aplicó a cada planta 250 gramos de abono solido. Dicha aplicación se llevó a cabo tomando en cuenta que se establecieron 6 plantas para cada tratamiento respectivamente.

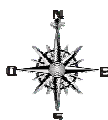


Figura 2. Distribución de plantas de lechuga (*Lactuca sativa* L. var. Great lakes), cultivadas en la biocama 6, correspondiente a cada tratamiento para el segundo ciclo productivo.

| | | | | | |
|---------|-----------------------|------------------------|-----------------------------------|-------------------------|----|
| 0 0 | 0 0 | 0 0 | 0 0 | 0 0 | 1m |
| 0 0 | 0 0 | 0 0 | 0 0 | 0 0 | |
| 0 0 | 0 0 | 0 0 | 0 0 | 0 0 | |
| Testigo | Lombricomposta Bovino | Lombricomposta Bocashi | Lombricomposta Residuos de Cocina | Lombricomposta de Cerdo | |
| 5m | | | | | |

Los muestreos se realizaron los días martes 15 y jueves 17 de junio de 2010. La cantidad de plantas, distribución de los tratamientos y la orientación de la cama se muestra en la Figura 2.

Tercer ciclo productivo

Para el tercer ciclo de producción se trasplantó el día domingo 30 de mayo de 2010, en la biocama 5. Señalando que para este ciclo, no se realizó el doble escavado del área experimental, ni se llevó a cabo ninguna fertilización, únicamente se evaluó la posible residualidad como efecto de la fertilización en el primer ciclo productivo. Esto en función de cada tratamiento y el contenido de nitratos extraídos por las plantas evaluadas en este ciclo; estableciendo 6 plantas para cada tratamiento.

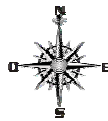
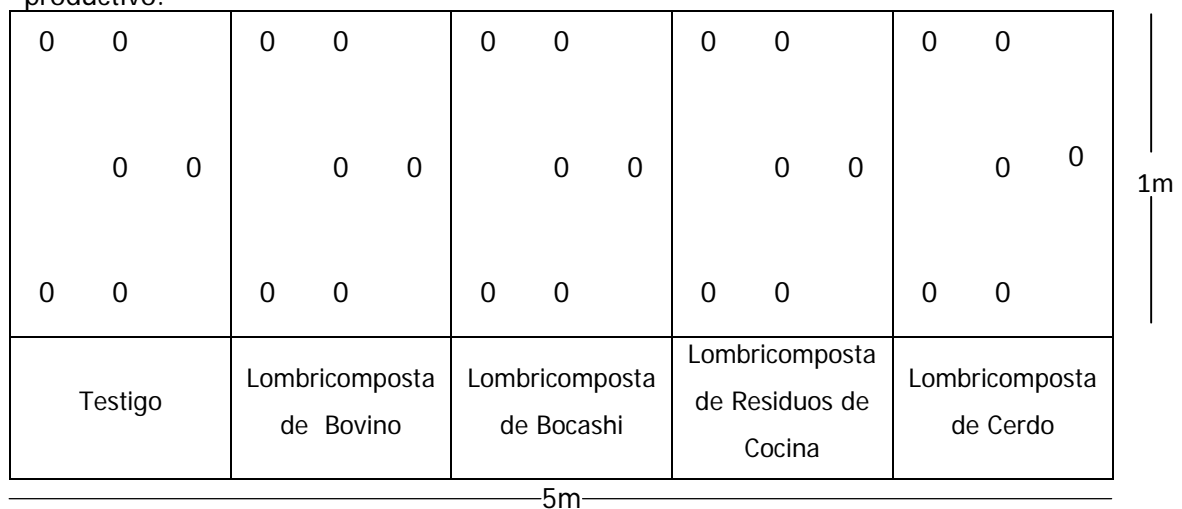


Figura 3. Distribución de plantas de lechuga (*Lactuca sativa* L. var. Great lakes) cultivadas en la biocama 5, correspondiente a cada tratamiento para el tercer ciclo productivo.



Se efectuaron dos muestreos los días viernes 20 y miércoles 25 de agosto de 2010 respectivamente. La cantidad de plantas, distribución de los tratamientos y la orientación de la cama se muestra en la Figura 3.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño de análisis factorial de tres factores completamente al azar con 5 tratamientos, dos ciclos productivos, dos muestreos por ciclo, con tres repeticiones por muestreo. El desarrollo del análisis estadístico fue con el programa R versión 2.13.1.

Se hizo el análisis de varianza para observar si existen diferencias significativas en cada uno de los factores. Se efectuó un diagnóstico sobre el modelo lineal con la prueba de Shapiro Willk Normality Test, para determinar la normalidad. Finalmente se ejecutó una prueba de medias con el método de Tukey (0.05), para cada factor.

Por otra parte, se realizó el método de transformación BOX-COX para llevar los datos a la normalidad y así obtener un Coeficiente de variación aceptable, con la ayuda del programa R Versión 2.13, Así mismo se llevó a cabo un estudio integral de factores (FA* FB*FC). Efectuando la prueba de Shapiro Willk Normality Test, para determinar la normalidad de los datos donde los intervalos de confianza para λ (lambda) fueron 0.5 - 0.9, tomando; para la transformación el valor de 0.6. Finalmente se realizó un análisis de varianza y Comparación de Medias con la Prueba de Tukey (0.05).

Variables dependientes

La variable estudiada fue Partes Por Millón de Nitratos (PPMNO₃). La evaluación de esta variable se realizó para cada muestreo, donde se cortaron 3 hojas por planta, seleccionando dos plantas por tratamiento. Los muestreos se llevaron a cabo por la mañana, antes de que la planta fuera expuesta a los rayos del sol. Los ejemplares fueron llevados al laboratorio de Pedología correspondiente al Departamento de Ciencias del Suelo. La determinación de PPMNO₃ se llevó a cabo por el método de potenciometría usando un medidor de nitratos modelo 343 COMPACT NITRATE METER, Twin NO₃.

Calibración del Medidor Nitratos

Previo a la toma de datos se realizó la calibración del medidor de nitratos de la siguiente manera.

- 1.- Se presionó el botón de encendido durante 2 segundos para encender.
- 2.- Se procedió a abrir la tapa protectora para posteriormente añadir; gota por gota suficiente solución estándar de calibración hasta cubrir el espacio entre A y B.

Previamente lavado con la solución estándar para facilitar una calibración exacta.

3.- Se cerró ligeramente la tapa y se oprimió el botón CAL al menos 2 segundos hasta visualizar una luz intermitente.

4.- Para notificar que la calibración fue concluida con éxito, el botón CAL tuvo que cambiar de luz intermitente a una luz fija, representando un icono de carita.

Nota: El medidor no se encuentra calibrado cuando el icono CAL continúa destellando y no queda firmemente iluminado o en caso de aparecer error. En este caso se debe comprobar que la solución estándar sea la correcta.

Lavar el sensor correctamente y calibrar nuevamente.

5.- Finalmente se lavó el sensor con agua destilada y se removieron las gotas adheridas con papel estroza, hasta dejar preparado para la toma de datos.

Toma de datos

Se tomaron 3 hojas de cada planta perteneciente a cada tratamiento, se lavaron y secaron para posteriormente segmentarlas con un bisturí, en seguida se colocaron los segmentos de hojas en una jeringa para separar la parte líquida, la cual fue depositada consecutivamente en el orificio perteneciente al sensor de dos puntos y/o electrodos, del medidor de nitratos para la realización de las lecturas.

Este mismo procedimiento se hizo para cada muestra correspondiente a los diferentes tratamientos y en cada ciclo productivo, lavando con agua destilada y secando con papel estroza toda la herramienta utilizada; para no alterar los resultados y garantizar la toma de una buena lectura.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al hacer un diagnóstico individual de los factores (A), (B) y (C), se evaluó el comportamiento promedio del contenido de nitratos de cada factor, del cual no se encontró diferencias estadísticas significativas (cuadro 6 y 7).

Resultado de la variable respuesta con el análisis del factor A

En la Figura 4 y el cuadro 6, se presenta todas las posibles combinaciones e interacción de los tratamientos que forman parte del factor A en el análisis estadístico, comparando directamente los promedios del contenido de nitratos, del cual no se encontró diferencias significativas entre estos componentes (Tukey, 0.05).

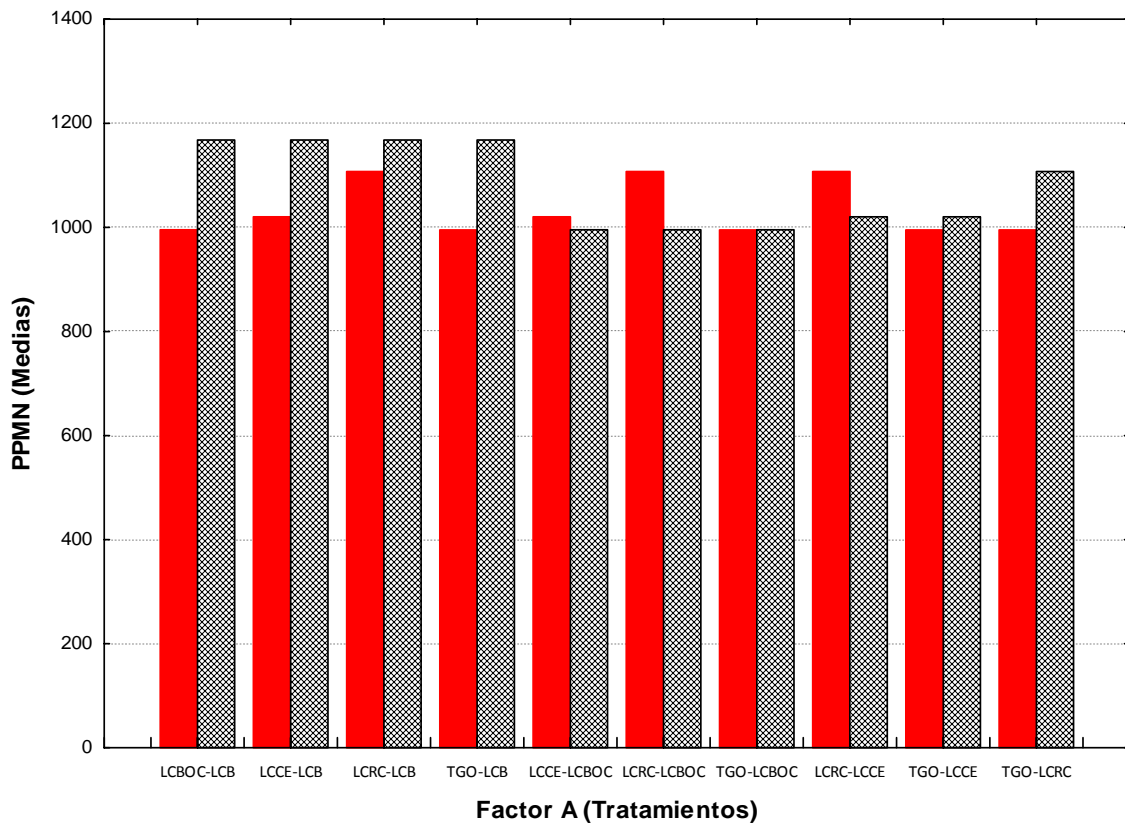


Figura 4. Comportamiento Promedio del Contenido de Nitratos (NO_3) en Plantas de Lechuga (*Lactuca sativa* L. var. Great lakes) fertilizadas con 4 abonos orgánicos.

PPMN=partes por millón de nitratos, LCBOC=lombricomposta de bocashi, LCB=lombricomposta de bovino, LCE= lombricomposta de cerdo
LCRC= lombricomposta de residuos de cocina, TGO= testigo.

Cuadro 6. Comportamiento promedio en el contenido de Nitratos de Los componentes del factor A

| Comparación de tratamientos | PPMNO (Promedios) | | P | Significancia |
|-----------------------------|-------------------|-----------|---------|---------------|
| LCBOCASHI-LCBOVINO | 995.4444 | 1167.7778 | 0.93106 | NS |
| LCCERDO-LCBOVINO | 1020.3889 | 1167.7778 | 0.96008 | NS |
| LRCOCINA-LCBOVINO | 1107.4444 | 1167.7778 | 0.99865 | NS |
| TESTIGO-LCBOVINIO | 995 | 1167.7778 | 0.93045 | NS |
| LCCERDO-LCBOCASHI | 1020.3889 | 995.4444 | 0.99996 | NS |
| LRCOCINA-LCBOCASHI | 1107.4444 | 995.4444 | 0.98539 | NS |
| TESTIGO-LCBOCASHI | 995 | 995.4444 | 1 | NS |
| LRCOCINA-LCCERDO | 1107.4444 | 1020.3889 | 0.99439 | NS |
| TESTIGO-LCCERDO | 995 | 1020.3889 | 0.99996 | NS |
| TESTIGO-LRCOCINA | 995 | 1107.4444 | 0.98518 | NS |
| CV % | 24.70% | | | |

*, **, NS= diferencias significativas, diferencias altamente significativas, Diferencias No Significativas(Tukey, 0.05)

LC=Lombricomposta, P= probabilidad. PPMN= Partes Por Millón de Nitros

(-)= Comparación, (%)= Porcentaje

Resultado de la variable PPMNO₃ del factor B

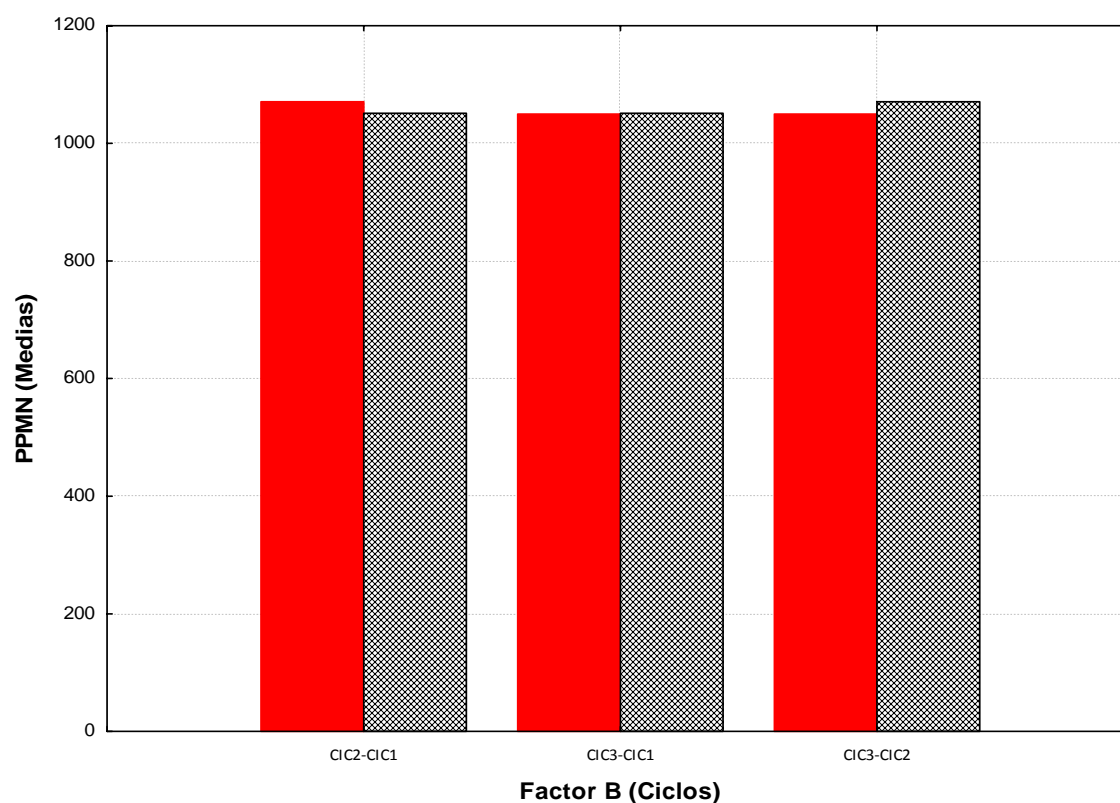


Figura 5: Comportamiento Promedio del Contenido de Nitratos (NO₃) en Plantas de Lechuga (*Lactuca sativa* L. var. Great lakes) fertilizadas con 4 abonos orgánicos, para cada ciclo productivo.

PPMN= partes por millón de nitratos, CIC1= primer ciclo productivo, CIC2= segundo ciclo productivo, CIC3=tercer ciclo productivo.

Al analizar individualmente la posible relación que existe en los tres ciclos productivos no

se encontró diferencias significativas, y el nivel de confiabilidad es muy bajo (Figura 5 y Cuadro 7).

Cuadro 7: Comportamiento promedio de los ciclos productivos, pertenecientes al factor B

| Comparación de ciclos productivos | PPMN (Promedios) | | P | Significancia |
|-----------------------------------|------------------|----------|---------|---------------|
| C2-C1 | 1070.833 | 1051 | 0.99223 | NS |
| C3-C1 | 1049.8 | 1051 | 0.99997 | NS |
| C3-C2 | 1049.8 | 1070.833 | 0.99126 | NS |
| CV | 24.10% | | | |

*, **, NS= diferencias significativas , diferencias altamente significativas, Diferencias No Significativas (Tukey, 0.05)

C= Ciclos, P= probabilidad. PPMN= Partes Por Millón de Nitros

(-)= Comparación, (%)= Porcentaje , CV= Coeficiente de Variación

Resultado para la variable respuesta con el análisis del factor C

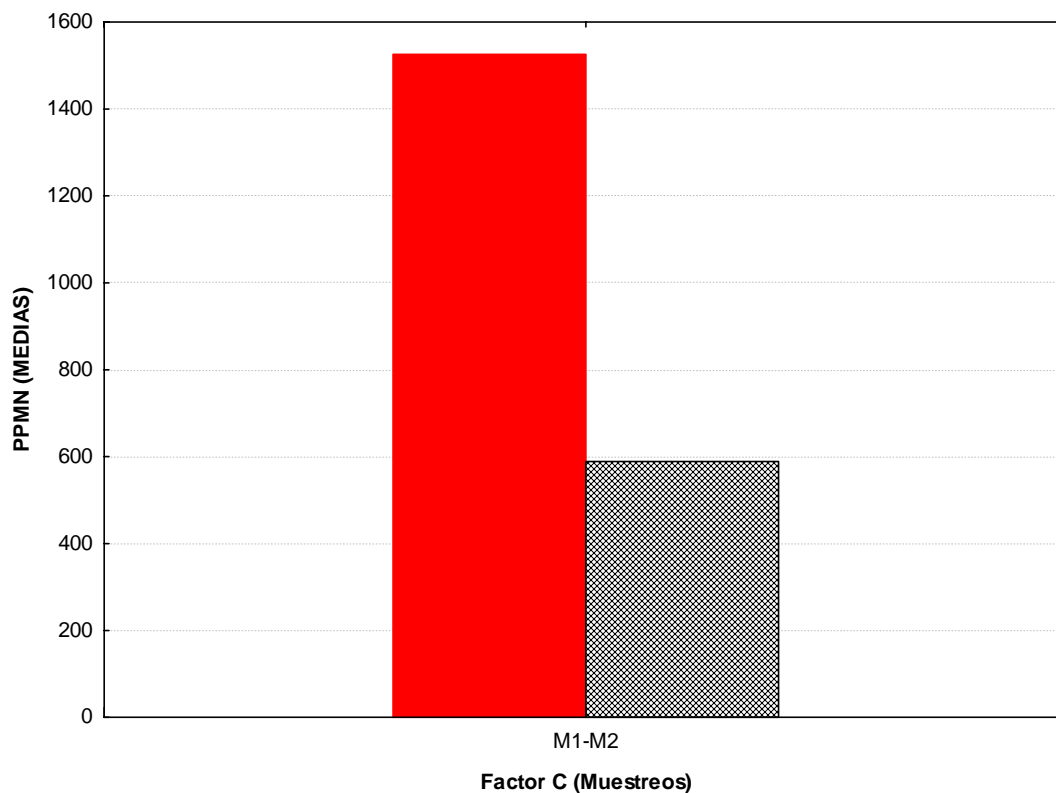


Figura 6. Comportamiento Promedio del Contenido de Nitratos (NO_3) en Plantas de Lechuga (*Lactuca sativa* L. var. Great lakes) fertilizadas con 4 abonos orgánicos, para cada muestreo.

PPMN= partes por millón de nitratos, M1= primer muestreo, M2= segundo muestreo

Cuadro 8. Comportamiento promedio de los muestreos, que representan el factor C.

| Comparación de Muestras | PPMN (promedios) | P | Significancia |
|-------------------------|------------------|-----------|---------------|
| M2-M1 | 588.6889 | 1525.7333 | 0 |
| CV | 1.60% | | |

*, **, NS= diferencias significativas , diferencias altamente significativas, Diferencias No Significativas (Tukey, 0.05)

M= Muestras , P= probabilidad. PPMN= Partes Por Millon de Nitros

(-)= Comparación, (%)= Porcentaje , CV= Coeficiente de Variación

El factor C representado en el Cuadro 9 y Figura 6, muestran diferencias altamente significativas, lo cual indica que entre los muestreos realizados para cada tratamiento en cada ciclo de producción son 100% diferentes en cuanto al contenido de nitratos en las plantas de lechuga. Sin embargo los datos obtenidos no son suficientes para lograr la hipótesis planteada en esta tesis.

Resultado de la Integración de factores

Por lo tanto, se hizo un análisis por interacción de factores (FA* FB*FC), la transformación de los datos con el método de BOX-COX fue exitosa, obteniendo un coeficiente de variación de 0.93%. Como resultado del diagnostico con la Prueba de SHAPIRO WILLK NORMALITY TEST se logró observar normalidad en los datos obtenidos en campo, el cual permitió hacer una prueba de medias (Tukey, 0.05) de los factores A, B y C.

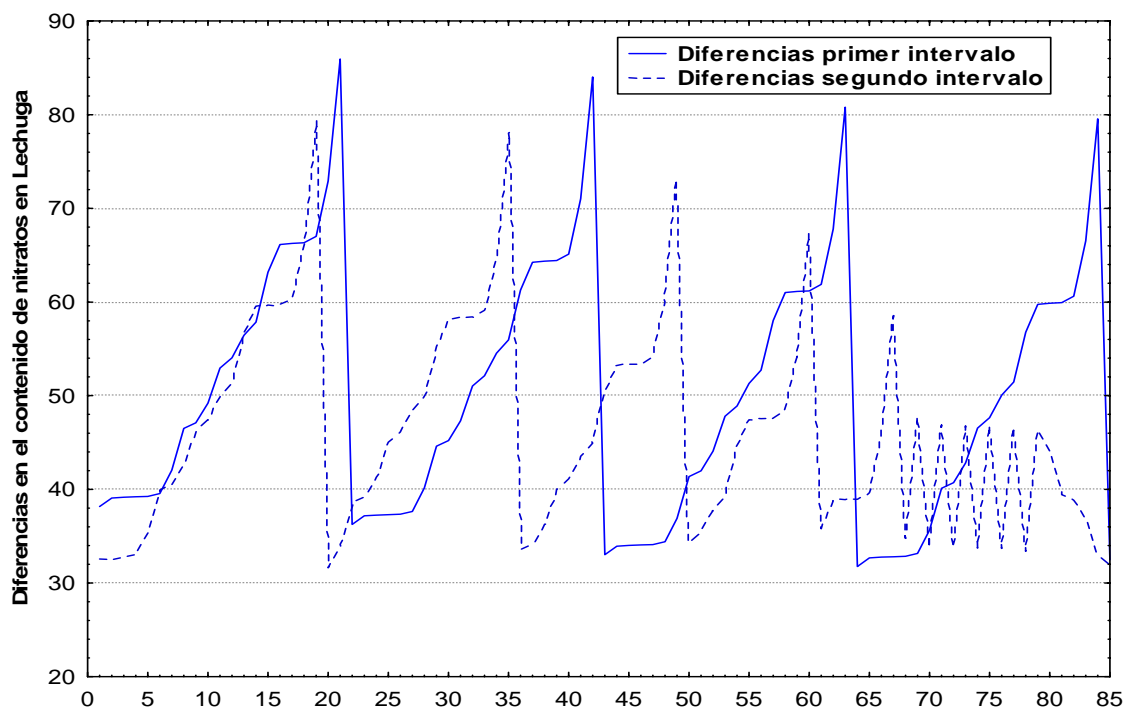


Figura 7. Diferencias de las medias comparadas de los factores (Tukey, 0.05).

Este estudio indica que todos los componentes que pertenecen a cada uno de los factores ejercen una interacción entre Tratamientos, ciclo productivo y muestreos. (Esto es común con el análisis del modelo lineal generalizado) el cual señala de forma trascendente en base a todas las posibles combinaciones, los factores que representan diferencias estadísticas significativas y diferencias altamente significativas para el contenido de nitratos en las hojas de lechuga, Figura 7 y Cuadro10.

En la figura 7, se puede observar que las diferencias que van de 1 a 85 (eje x) muestran una tendencia similar a las que van de 86 a 132. Sin embargo, las diferencias las diferencias que mostraron igual comportamiento van de 134 a 170. Lo anterior establece que hay más variabilidad (en contenido de nitratos en las hojas de lechuga) en el nivel de significancia para el rango 1-85 y 86-132 que para el rango 134-170 (el nivel de significancia es igual). Ver el apéndice.

Análisis de Varianza

Cuadro 9. Análisis de Varianza de la integración de los factores (FA-FB-FC) para la variable respuesta Partes Por Millón de Nitratos (PPMNO₃)

| FV | GL | SC | CM | F | P>F | Significancia |
|-------------------------------|----|--------------|---------|----------|------------|---------------|
| factor(A) | 4 | 602.9 | 150.7 | 1.5571 | 0.197444 | NS |
| factor(B) | 2 | 521.9 | 260.9 | 2.6957 | 0.075666 | NS |
| factor(C) | 1 | 31004.8 | 31004.8 | 320.3115 | < 2.20E-16 | *** |
| factor(A):factor(B) | 8 | 2489.9 | 311.2 | 3.2154 | 0.004177 | ** |
| factor(A):factor(C) | 4 | 1163 | 290.7 | 3.0037 | 0.025144 | * |
| factor(B):factor(C) | 2 | 13019.3 | 6509.6 | 67.2513 | 4.75E-16 | *** |
| factor(A):factor(B):factor(C) | 8 | 852.5 | 106.6 | 1.1009 | 0.375492 | NS |
| Residual | 60 | 5807.7 | 96.8 | | | |
| CV | | 0.93% | | | | |

**** (0), *** (0.001), ** (0.05), =diferencias estadísticas significativas. NS= No existe diferencias estadísticas significativas. FV= fuentes de variación, GL=grados de libertad, SC= suma de cuadrados, CM= cuadrados medios, F=valor de f, p>F= probabilidad mayor que f.

El análisis de Varianza para la integración de factores (cuadro 10), demuestra que no existen diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos utilizados en esta investigación, lo mismo ocurre al comparar los ciclos productivos 1, 2, y 3, de la misma manera al analizar la interacción que existe entre tratamientos, ciclos productivos y muestreos. Sin embargo al relacionar los tratamientos y los ciclos productivos existen diferencias medianamente significativas ($P = 0.05$). Equivalentemente al interactuar los

tratamientos y muestreos los cuales demuestran diferencias ($p < 0.05$) finalmente al observar la interacción entre ciclos y muestreos; existen diferencias altamente significativas ($p < 0.01$), esto ocurre al combinar estadísticamente todos los componentes que habitan en cada uno de los factores, los cuales proporcionan una pauta que a nivel integral se pueden notar diferencias influyentes en cuanto al contenido de nitratos en las plantas de lechugas evaluadas, dicha información es considerada confiable debido a que se obtuvo un coeficientes de variación de 0.93% (Tukey, 0.05)

La diferencias encontradas en los "ciclos productivos" podrían estar gobernadas además por diferentes factores climáticos como son la temperatura y la radiación solar por lo que concuerda con lo citado por Harbey, (2007), quien alude que al extraer muestras de lechuga en distintos ciclos productivos, encontró que existe una correlación positiva entre la radiación solar y la temperatura respecto al contenido de nitratos en lechuga.

Por otra parte Sánchez (2010) al evaluar la calidad de la lechuga respecto a su contenido de nitratos, menciona que para la variable NO_3 expresados en mg/kg de lechuga fresca, encontró diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) con respecto a las diferentes fechas de corte y de muestreo.

Representación grafica promedio de los datos experimentales como apoyo al análisis estadístico, con respuesta de los tratamientos empleados.

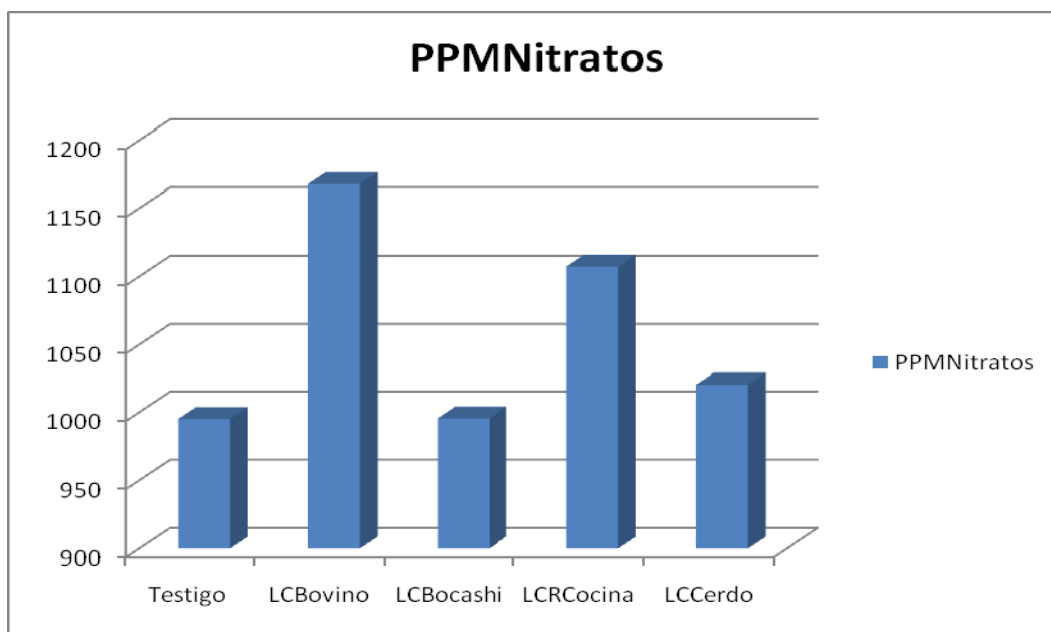


Figura 8. Comportamiento promedio de los datos experimentales, de la variable respuesta PPMNO_3 para cada tratamiento.

La Figura 8, representa los valores promedios correspondientes al contenido (Partes Por Millón) de nitratos, éstos oscilaron entre 995.44 y 1167.77ppm, donde las plantas muestreadas pertenecientes al testigo tuvieron un valor de 996.47 PPM de nitratos, del cual se registró una diferencia de 171.30PPMNO₃ al compararlo con los valores obtenidos de las lechugas fertilizadas con Lombricomposta de Bovino (LCBovino), las cuales registraron 1167.77 partes por millón de nitratos, cabe destacar que éste tratamiento demostró el valor más alto con respecto a los demás, A partir de éste último se muestra una tendencia decreciente, seguido de Lombricomposta de Residuos de Cocina (LCRCocina) el cual fue mayor con 110.97 PPMNO₃ y Lombricomposta de Cerdo (LCCerdo) con 23.91 PPMNO₃ al compararlos con el testigo respectivamente. Sin embargo los registros obtenidos de las lechugas fertilizadas con Lombricomposta de Bocashi

(LCBocashi) fueron inferiores con 1.02 partes por millón de nitratos con respecto al testigo.

Estos resultados obtenidos difieren con lo citado por Escalona (2009), quien menciona que al evaluar el efecto de algunas fuentes nitrogenadas sobre el contenido de nitratos en el cultivo de lechuga. Encontró efectos significativos sobre el contenido de nitratos en las hojas de lechuga en materia fresca, obteniendo con las fuentes nitrogenadas valores mayores de nitratos con respecto al testigo del cual se obtuvo un valor muy bajo.

Por otra parte la importancia del uso de los abonos orgánicos en este trabajo con respecto al contenido de nitratos registrados en hojas de lechuga coincide con Torregrosa (2002), quien expone que las concentraciones de nitratos encontradas en lechugas romanas se incrementa cuando el cultivo se realiza bajo prácticas agrícolas convencionales y uso de las fuentes nitrogenadas inorgánicas. De igual modo menciona que las diferencias en la concentración de nitratos pueden deberse tanto a factores de manejo (prácticas fertilizantes) y factores ambientales (Cantidad de luz) citado por (Raigón et al., 2006).

Debido a lo anterior es importante considerar lo citado por Aruani et al., (2008) quien menciona que los nitratos se distribuyen en diferentes profundidades dependiendo el tipo de suelo y las fuentes de fertilizantes, por lo que se pueden perder por lavado dependiendo el tipo de riego para el área de cultivo, alcanzando los estratos superficiales del suelo donde las raíces de la lechuga no aseguran su absorción. Por lo que la presencia de nitratos podría incrementar si el agregado del estiércol o abono se realiza junto al trasplante. Por otra parte, retomando los resultados de diferencias de contenidos de nitratos, Carrasco (2006) al evaluar el contenido de nitratos en lechugas cultivadas en sistemas hidropónicos, encontró que la concentración foliar de nitratos presentaron diferencias estadísticamente significativas. Sin embargo, al evaluar los experimentos con la técnica NFT de hidroponía, señala que en éste último encontró mayor contenido de nitrógeno en hojas viejas en relación a las hojas nuevas.

Por otra parte, los resultados obtenidos en esta investigación es diferente a lo encontrado por Pierret y Paillan, (1994), quienes afirman que los contenidos de nitratos se relacionan con rendimiento, contenido de Nitrógeno orgánico total y radiación fotosintéticamente activa, debido a que encontraron niveles elevados de nitratos al cultivar tres variedades de lechuga en condiciones de baja intensidad lumínica.

VII. CONCLUSIONES

-En este estudio fue posible determinar que ninguno de los abonos orgánicos utilizados para el cultivo de lechuga al aire libre tuvo efectos significativos sobre los niveles de nitratos.

-Al utilizar abonos orgánicos en el cultivo de lechuga, se concluye que con la dosis empleada no sobrepasan los valores límites que establece la comunidad europea para lechugas cultivadas al aire libre, respecto al contenido de nitratos

-El empleo de abonos orgánicos para este tipo de estudios, contribuyen con información de importancia ecológica para la salud humana. Sin embargo, se debe seguir investigando este tipo de abonos y dosis diferentes para fundamentar una nueva alternativa de producción de lechuga, fuera de contaminantes y con un valor comercial más confiable.

VIII. LITERATURA CITADA

- Alcalá, A., Fernández, N. N. y Cinthya, A. M.-2000- Respuesta del Cultivo de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) a la Fertilización Nitrogenada. Instituto Agrotécnico "Pedro Fuentes Godo" Facultad de Ciencias Agrarias UNNE. Argentina.
- Añez, B. y Wilmer, E.-2003-Respuestas de la Lechuga y del Repollo a la Fertilización Química y Orgánica. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (I. I. A. P.). Universidad de los Andes. Mérida. Venezuela. Revista Forest. Venez. 2 (47):73-82.
- Arbey, B. M.-2007-Evaluación Económica y Agronómica del Efecto de la Radiación y Temperatura Sobre la Concentración de Nitratos Para el Cultivo de Hidropónico (NFT) de Lechuga (*Lactuca sativa* L.). Tesis de Licenciatura. Universidad Católica de Valparaíso Facultad de Agronomía. Valparaíso Chile.
- Arredondo, V. C.-1996- Aplicación de Estiércol como Complemento a la Fertilización Química del Maíz de Temporal. Memorias de XXVII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Cd. Obregón, Sonora, México. Pp.194.
- Aruani, M. C., Gili, P., Fernández, L., Gonzales, R. J., Reeb, P. y Enrique, S.-2008- Utilización del Nitrógeno en Diferentes Manejos de Fertilización en Lechuga (*Lactuca sativa* L.) y su Efecto Sobre Algunas Variables Biológicas del Suelo, Neuquén-Argentina. AGRO SUR 36(3) 147-157.
- Bernal, M. I., García, R. E., y Soto, Z. G.-2008- Sistema de Producción Mixta hortícola-Acuícola. Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Querétaro. México.
- Carrasco, G., Tapia, J. y Miguel, U.-2006- Contenido de Nitratos en lechugas cultivadas en sistemas hidropónicos. Revista IDESIA. 1(24)25-30.
- Castellanos, R. J. Z.-1980- El Estiércol como Fuente de Nitrogeno. Seminarios Técnicos. 5 (13). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Torreón, México.
- Chen, C. M.-2005- Organic Fruit And Vegetables: Potential Health Benefits and Risks. Nutrition Noteworthy. Journal Issue. Nutrition Noteworthy 7 (1). 6p.
- De Silguy, C.-1994- La agricultura Biológica. Ed. Mundiprensa. 2da Edición. Madrid España.

- Diario Oficial de la Unión Europea. 20 de diciembre de 2006. Reglamento (CE) No. 1881 de la COMISION de 19 de diciembre de 2006 por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios.
- Díaz, D. A. E.-2007- Efecto de la Aplicación de Abonos Orgánicos Sobre el Rendimiento de Forraje de 6 Variedades de Triticale en el Rancho Las Vegas, La Laguna, Coahuila. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo Coahuila, México.
- Escalona, A., Santana, M., Acevedo, I., Rodríguez, V. y Marco, M. L.-2009- Efecto de las Fuentes Nitrogenadas Sobre el Contenido de Nitratos y Lecturas "SPAD" en el Cultivo de Lechuga. Revista. Agronomía Tropical 1(59):99-105.
- Fraga, P. H. C., García, H. J. L. y Troyo, D. E.-2007-Efecto de la Aplicación de Composta y Estiércol en la Producción de Lechuga. Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste. 129.
- Fortis, H. M., Leos, R. J. A., Preciado, R. P., Orona, C. I., García, S. J. A., García, H. J. L. y Orozco, V. J. A.-2009-Aplicación de Abonos Orgánicos en la Producción de Maíz Forrajero con Riego por Goteo. Terra Latinoamericana. 4 (27): 329-336.
- Keinink, K. y Groenwold R.-1987- The Inheritance of Nitrate Content in Lettuce (*Lactuca sativa* L.). Euphytica journal. 36(1987): 733-744.
- Loayza, P.-2000-Como Producir Más y Conservar Mejor. Programa Manejo Integral de Cuencas PROMIC. Bolivia.
- López, M. J. D., Díaz, E. A., Martínez, R. E. y Valdez C. R. D.-2001-Abonos Orgánicos y su Efecto en Propiedades físicas y Químicas del Suelo y Rendimiento en Maíz. Terra 04 (19):293-299.
- Maroto, B. J. V., Gómez, M. A. y Soria, B. C.-2000-La Lechuga y la Escarola. Cuadernos de Agricultura. Ed. Mundi-Prensa. 242p.
- Pacheco, A. J. y Armando, C. S.- Fuentes Principales de Nitrógeno de Nitratos en aguas Subterráneas. Revista Académica Ingeniería. 002 (7):47-54.

- Pierret, F. J. A. y Paillan, L. H.- 1994- Contenido de Nitratos en Lechugas (Lactuca sativa L.) Cultivadas Bajo Invernadero en la Zona de Talca. Pp.83
- Pérez, R. A.-2006- Fertilización Orgánica del Cultivo de Lechuga (Lactuca sativa L.). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo Coahuila. México.
- Raigón, M. D., García, M. M. D., Guerrero, C. y Esteve, P.-2006- Actividad de la Nitrato Reductasa y su Relación con los Factores Productivos en Lechuga. VII Congreso SEAE Zaragoza No. 157. Escuela Superior del Medio Rural y Enología, Universidad Politécnica Valencia.
- Restrepo, J.-1994- Abonos Orgánicos Fermentados. Experiencias de Agricultores en Centro América y Brasil. CEDECO. Costa Rica.
- Rodríguez, D. N., Cano, R. P., Figueroa, V. U., Favela, C. E., Moreno, R. A., Márquez, H. C., Ochoa, M. E. y Pablo, P. R.-2009- Uso de Abonos Orgánicos en la Producción de Tomate en Invernadero. Sistema de Información Científica (Redalyc). 4(27):319-327.
- Romero, L. M., Trinidad, S. A., García, E. R. y Ferrera, C. R.-2000-Producción de Papa y Biomasa Microbiana en Suelo con Abonos Orgánicos y Minerales. Agrociencia. 003 (34): 261-269.
- Sagarpa.-2010- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Servicio de Información Alimentaria y Pesquera (SIAP). Cierre de la Producción Agrícola por Cultivos y por Estados.
- Sánchez, T. M.-2010- Evaluación de la Calidad de Lechuga (Lactuca sativa L.) Respecto a su Contenido de Nitratos y Materia seca. Revista de la Facultad de Agronomía. UNL-Pam. Argentina (21): 29-36.
- Santos, A. T.-2010- Abonos Orgánicos. Instituto de Recursos Naturales. Colegio de Posgraduados. Ficha Informativa de la Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).México.
- Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA).-2010-Abonos Orgánicos. Ficha técnica. No. 6.

Stephens, J. M.-2003- Organic Vegetable Gardening. Horticultural Science Department
Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida.

Siminis, C., Louakis, M., Kefakis, M., Manios, T. y Manios, V.-1998- Humic Substances
From Compost Affects Nutrient Accumulation and Fruit Yield in Tomato. *Acta
Hortic.* 469: 353-358.

Valerio, S. M. L. y Victoriano, Q. M.-2001- Estudio Comparativo del Cultivo de la Lechuga
con Aplicaciones de Fertilizantes Químicos y Orgánicos en el Municipio de
Jarabacoa. Tesis de Ingeniería Agronómica. Universidad Agroforestal Fernando
Arturo de Meriño (UAFAM). Jarabacoa, La vega, República Dominicana.

Valdés, A., Martí, L., Filippini, M. F. y Carlos, S.-2004-Determinación de Nitratos en
Vegetales. Comparación de Cuatro Métodos Analíticos. *Revista FCA UNCuyo.* 1(36):
21-28.

APÉNDICE

Cuadro 10. Prueba de Medias e interacción de los factores A, B y C respecto a la cantidad de Nitratos NO₃ en hojas de lechuga Var. Great lakes.

| Factor (A), Factor (B) y Factor (C) | Diferencia | Probabilidad Ajustada | % Confiabilidad | Nivel de Significancia | |
|-------------------------------------|---------------------------------|-----------------------|-----------------|------------------------|----|
| 1 | LCBOCASHI:C3:M2-TESTIGO:C1:M2 | 38.16394998 | 0.0040787 | 99.59213 | ** |
| 2 | TESTIGO:C3:M2-TESTIGO:C1:M2 | 39.07442068 | 0.0027873 | 99.72127 | ** |
| 3 | LCCERDO:C3:M2-TESTIGO:C1:M2 | 39.16042445 | 0.002688 | 99.7312 | ** |
| 4 | LCBOCASHI:C3:M1-TESTIGO:C1:M2 | 39.20125633 | 0.0026421 | 99.73579 | ** |
| 5 | LCBOVINO:C3:M2-TESTIGO:C1:M2 | 39.24725876 | 0.0025912 | 99.74088 | ** |
| 6 | LCBOCASHI:C2:M2-TESTIGO:C1:M2 | 39.545664 | 0.0022833 | 99.77167 | ** |
| 7 | LCBOVINO:C3:M1-TESTIGO:C1:M2 | 42.04842813 | 0.0007721 | 99.92279 | ** |
| 8 | TESTIGO:C3:M1-TESTIGO:C1:M2 | 46.51198746 | 0.0001027 | 99.98973 | ** |
| 9 | LCRCOCINA:C3:M2-TESTIGO:C1:M2 | 47.11364036 | 0.0000777 | 99.99223 | ** |
| 10 | LCCERDO:C3:M1-TESTIGO:C1:M2 | 49.21265821 | 0.0000291 | 99.99709 | ** |
| 11 | LCRCOCINA:C3:M1-TESTIGO:C1:M2 | 52.94323681 | 0.000005 | 99.9995 | ** |
| 12 | LCBOCASHI:C1:M1-TESTIGO:C1:M2 | 54.04243748 | 0.0000029 | 99.99971 | ** |
| 13 | LCRCOCINA:C2:M1-TESTIGO:C1:M2 | 56.44910726 | 0.0000009 | 99.99991 | ** |
| 14 | TESTIGO:C2:M1-TESTIGO:C1:M2 | 57.85715813 | 0.0000005 | 99.99995 | ** |
| 15 | LCBOCASHI:C2:M1-TESTIGO:C1:M2 | 63.17191061 | 0 | 100 | ** |
| 16 | LCCERDO:C2:M1-TESTIGO:C1:M2 | 66.15124409 | 0 | 100 | ** |
| 17 | LCCERDO:C1:M1-TESTIGO:C1:M2 | 66.2728528 | 0 | 100 | ** |
| 18 | LCBOVINO:C2:M1-TESTIGO:C1:M2 | 66.32305958 | 0 | 100 | ** |
| 19 | LCRCOCINA:C1:M1-TESTIGO:C1:M2 | 67.01848044 | 0 | 100 | ** |
| 20 | TESTIGO:C1:M1-TESTIGO:C1:M2 | 72.92738222 | 0 | 100 | ** |
| 21 | LCBOVINO:C1:M1-TESTIGO:C1:M2 | 85.9426032 | 0 | 100 | ** |
| 22 | LCBOCASHI:C3:M2-LCBOCASHI:C1:M2 | 36.25910644 | 0.0088479 | 99.11521 | ** |
| 23 | TESTIGO:C3:M2-LCBOCASHI:C1:M2 | 37.16957714 | 0.0061347 | 99.38653 | ** |
| 24 | LCCERDO:C3:M2-LCBOCASHI:C1:M2 | 37.25558091 | 0.0059238 | 99.40762 | ** |
| 25 | LCBOCASHI:C3:M1-LCBOCASHI:C1:M2 | 37.29641278 | 0.0058261 | 99.41739 | ** |
| 26 | LCBOVINO:C3:M2-LCBOCASHI:C1:M2 | 37.34241522 | 0.0057179 | 99.42821 | ** |
| 27 | LCBOCASHI:C2:M2-LCBOCASHI:C1:M2 | 37.64082045 | 0.0050609 | 99.49391 | ** |
| 28 | LCBOVINO:C3:M1-LCBOCASHI:C1:M2 | 40.14358459 | 0.0017688 | 99.82312 | ** |
| 29 | TESTIGO:C3:M1-LCBOCASHI:C1:M2 | 44.60714391 | 0.0002456 | 99.97544 | ** |
| 30 | LCRCOCINA:C3:M2-LCBOCASHI:C1:M2 | 45.20879681 | 0.0001868 | 99.98132 | ** |
| 31 | LCCERDO:C3:M1-LCBOCASHI:C1:M2 | 47.30781467 | 0.000071 | 99.9929 | ** |
| 32 | LCRCOCINA:C3:M1-LCBOCASHI:C1:M2 | 51.03839327 | 0.0000123 | 99.99877 | ** |
| 33 | LCBOCASHI:C1:M1-LCBOCASHI:C1:M2 | 52.13759394 | 0.0000073 | 99.99927 | ** |
| 34 | LCRCOCINA:C2:M1-LCBOCASHI:C1:M2 | 54.54426372 | 0.0000023 | 99.99977 | ** |
| 35 | TESTIGO:C2:M1-LCBOCASHI:C1:M2 | 55.95231458 | 0.0000012 | 99.99988 | ** |
| 36 | LCBOCASHI:C2:M1-LCBOCASHI:C1:M2 | 61.26706706 | 0.0000001 | 99.99999 | ** |
| 37 | LCCERDO:C2:M1-LCBOCASHI:C1:M2 | 64.24640055 | 0 | 100 | ** |
| 38 | LCCERDO:C1:M1-LCBOCASHI:C1:M2 | 64.36800926 | 0 | 100 | ** |
| 39 | LCBOVINO:C2:M1-LCBOCASHI:C1:M2 | 64.41821603 | 0 | 100 | ** |
| 40 | LCRCOCINA:C1:M1-LCBOCASHI:C1:M2 | 65.11363689 | 0 | 100 | ** |
| 41 | TESTIGO:C1:M1-LCBOCASHI:C1:M2 | 71.02253867 | 0 | 100 | ** |
| 42 | LCBOVINO:C1:M1-LCBOCASHI:C1:M2 | 84.03775966 | 0 | 100 | ** |

Continúa en la siguiente página

| | | | | | |
|----|---------------------------------|-------------|-----------|----------|----|
| 43 | LCBOCASHI:C3:M2-LCCERDO:C2:M2 | 33.02556118 | 0.0303721 | 96.96279 | * |
| 44 | TESTIGO:C3:M2-LCCERDO:C2:M2 | 33.93603188 | 0.021712 | 97.8288 | * |
| 45 | LCCERDO:C3:M2-LCCERDO:C2:M2 | 34.02203565 | 0.0210239 | 97.89761 | * |
| 46 | LCBOCASHI:C3:M1-LCCERDO:C2:M2 | 34.06286752 | 0.0207043 | 97.92957 | * |
| 47 | LCBOVINO:C3:M2-LCCERDO:C2:M2 | 34.10886996 | 0.0203495 | 97.96505 | * |
| 48 | LCBOCASHI:C2:M2-LCCERDO:C2:M2 | 34.40727519 | 0.018181 | 98.1819 | * |
| 49 | LCBOVINO:C3:M1-LCCERDO:C2:M2 | 36.91003933 | 0.0068149 | 99.31851 | ** |
| 50 | TESTIGO:C3:M1-LCCERDO:C2:M2 | 41.37359865 | 0.0010383 | 99.89617 | ** |
| 51 | LCRCOCINA:C3:M2-LCCERDO:C2:M2 | 41.97525155 | 0.0007974 | 99.92026 | ** |
| 52 | LCCERDO:C3:M1-LCCERDO:C2:M2 | 44.07426941 | 0.0003126 | 99.96874 | ** |
| 53 | LCRCOCINA:C3:M1-LCCERDO:C2:M2 | 47.80484801 | 0.0000563 | 99.99437 | ** |
| 54 | LCBOCASHI:C1:M1-LCCERDO:C2:M2 | 48.90404868 | 0.0000337 | 99.99663 | ** |
| 55 | LCRCOCINA:C2:M1-LCCERDO:C2:M2 | 51.31071846 | 0.0000108 | 99.99892 | ** |
| 56 | TESTIGO:C2:M1-LCCERDO:C2:M2 | 52.71876933 | 0.0000055 | 99.99945 | ** |
| 57 | LCBOCASHI:C2:M1-LCCERDO:C2:M2 | 58.0335218 | 0.0000004 | 99.99996 | ** |
| 58 | LCCERDO:C2:M1-LCCERDO:C2:M2 | 61.01285529 | 0.0000001 | 99.99999 | ** |
| 59 | LCCERDO:C1:M1-LCCERDO:C2:M2 | 61.134464 | 0.0000001 | 99.99999 | ** |
| 60 | LCBOVINO:C2:M1-LCCERDO:C2:M2 | 61.18467078 | 0.0000001 | 99.99999 | ** |
| 61 | LCRCERDO:C1:M1-LCCERDO:C2:M2 | 61.88009163 | 0.0000001 | 99.99999 | ** |
| 62 | TESTIGO:C1:M1-LCCERDO:C2:M2 | 67.78899342 | 0 | 100 | ** |
| 63 | LCBOVINO:C1:M1-LCCERDO:C2:M2 | 80.8042144 | 0 | 100 | ** |
| 64 | LCBOCASHI:C3:M2-LCRCOCINA:C1:M2 | 31.76896553 | 0.0474583 | 95.25417 | * |
| 65 | TESTIGO:C3:M2-LCRCOCINA:C1:M2 | 32.67943623 | 0.034415 | 96.5585 | * |
| 66 | LCCERDO:C3:M2-LCRCOCINA:C1:M2 | 32.76544 | 0.0333675 | 96.66325 | * |
| 67 | LCBOCASHI:C3:M1-LCRCOCINA:C1:M2 | 32.80627187 | 0.0328803 | 96.71197 | * |
| 68 | LCBOCASHI:C3:M2-LCRCOCINA:C1:M2 | 32.85227431 | 0.0323391 | 96.76609 | * |
| 69 | LCBOCASHI:C2:M2-LCRCOCINA:C1:M2 | 33.15067954 | 0.02902 | 97.098 | * |
| 70 | LCBOVINO:C3:M1-LCRCOCINA:C1:M2 | 35.65344368 | 0.0112405 | 98.87595 | * |
| 71 | TESTIGO:C3:M1-LCRCOCINA:C1:M2 | 40.117003 | 0.001789 | 99.8211 | ** |
| 72 | LCRCOCINA:C3:M2-LCRCOCINA:C1:M2 | 40.7186559 | 0.0013805 | 99.86195 | ** |
| 73 | LCCERDO:C3:M1-LCRCOCINA:C1:M2 | 42.81767376 | 0.0005491 | 99.94509 | ** |
| 74 | LCRCOCINA:C3:M1-LCRCOCINA:C1:M2 | 46.54825236 | 0.000101 | 99.9899 | ** |
| 75 | LCBOCASHI:C1:M1-LCRCOCINA:C1:M2 | 47.64745303 | 0.0000606 | 99.99394 | ** |
| 76 | LCRCOCINA:C2:M1-LCRCOCINA:C1:M2 | 50.05412281 | 0.0000196 | 99.99804 | ** |
| 77 | TESTIGO:C2:M1-LCRCOCINA:C1:M2 | 51.46217368 | 0.00001 | 99.999 | ** |
| 78 | LCBOCASHI:C2:M1-LCRCOCINA:C1:M2 | 56.77692615 | 0.0000008 | 99.99992 | ** |
| 79 | LCCERDO:C2:M1-LCRCOCINA:C1:M2 | 59.75625964 | 0.0000002 | 99.99998 | ** |
| 80 | LCCERDO:C1:M1-LCRCOCINA:C1:M2 | 59.87786835 | 0.0000002 | 99.99998 | ** |
| 81 | LCBOVINO:C2:M1-LCRCOCINA:C1:M2 | 59.92807513 | 0.0000002 | 99.99998 | ** |
| 82 | LCRCOCINA:C1:M1-LCRCOCINA:C1:M2 | 60.62349598 | 0.0000001 | 99.99999 | ** |
| 83 | TESTIGO:C1:M1-LCRCOCINA:C1:M2 | 66.53239776 | 0 | 100 | ** |
| 84 | LCBOVINO:C1:M1-LCRCOCINA:C1:M2 | 79.54761875 | 0 | 100 | ** |
| 85 | TESTIGO:C3:M2-LCCERDO:C1:M2 | 32.48535421 | 0.0368887 | 96.31113 | * |
| 86 | LCCERDO:C3:M2-LCCERDO:C1:M2 | 32.57135798 | 0.0357734 | 96.42266 | * |
| 87 | LCBOCASHI:C3:M1-LCCERDO:C1:M2 | 32.61218986 | 0.0352546 | 96.47454 | * |
| 88 | LCBOVINO:C3:M2-LCCERDO:C1:M2 | 32.65819229 | 0.0346783 | 96.53217 | * |
| 89 | LCBOCASHI:C2:M2-LCCERDO:C1:M2 | 32.95659753 | 0.0311415 | 96.88585 | * |
| 90 | LCBOVINO:C3:M1-LCCERDO:C1:M2 | 35.45936166 | 0.0121273 | 98.78727 | * |

Continúa en la siguiente página

| | | | | | |
|-----|--------------------------------|-------------|-----------|----------|----|
| 91 | TESTIGO:C3:M1-LCCERDO:C1:M2 | 39.92292099 | 0.0019441 | 99.80559 | ** |
| 92 | LCRCOCINA:C3:M2-LCCERDO:C1:M2 | 40.52457389 | 0.0015013 | 99.84987 | ** |
| 93 | LCCERDO:C3:M1-LCCERDO:C1:M2 | 42.62359174 | 0.0005986 | 99.94014 | ** |
| 94 | LCRCOCINA:C3:M1-LCCERDO:C1:M2 | 46.35417034 | 0.0001104 | 99.98896 | ** |
| 95 | LCBOCASHI:C1:M1-LCCERDO:C1:M2 | 47.45337101 | 0.0000664 | 99.99336 | ** |
| 96 | LCRCOCINA:C2:M1-LCCERDO:C1:M2 | 49.86004079 | 0.0000215 | 99.99785 | ** |
| 97 | TESTIGO:C2:M1-LCCERDO:C1:M2 | 51.26809166 | 0.000011 | 99.9989 | ** |
| 98 | LCBOCASHI:C2:M1-LCCERDO:C1:M2 | 56.58284414 | 0.0000009 | 99.99991 | ** |
| 99 | LCCERDO:C2:M1-LCCERDO:C1:M2 | 59.56217762 | 0.0000002 | 99.99998 | ** |
| 100 | LCCERDO:C1:M1-LCCERDO:C1:M2 | 59.68378633 | 0.0000002 | 99.99998 | ** |
| 101 | LCBOVINO:C2:M1-LCCERDO:C1:M2 | 59.73399311 | 0.0000002 | 99.99998 | ** |
| 102 | LCRCOCINA:C1:M1-LCCERDO:C1:M2 | 60.42941397 | 0.0000001 | 99.99999 | ** |
| 103 | TESTIGO:C1:M1-LCCERDO:C1:M2 | 66.33831575 | 0 | 100 | ** |
| 104 | LCBOVINO:C1:M1-LCCERDO:C1:M2 | 79.35353673 | 0 | 100 | ** |
| 105 | LCBOCASHI:C2:M2-TESTIGO:C2:M2 | 31.63552424 | 0.0497008 | 95.02992 | * |
| 106 | LCBOVINO:C3:M1-TESTIGO:C2:M2 | 34.13828838 | 0.0201256 | 97.98744 | * |
| 107 | TESTIGO:C3:M1-TESTIGO:C2:M2 | 38.6018477 | 0.003399 | 99.6601 | ** |
| 108 | LCRCOCINA:C3:M2-TESTIGO:C2:M2 | 39.20350061 | 0.0026396 | 99.73604 | ** |
| 109 | LCCERDO:C3:M1-TESTIGO:C2:M2 | 41.30251846 | 0.001071 | 99.8929 | ** |
| 110 | LCRCOCINA:C3:M1-TESTIGO:C2:M2 | 45.03309706 | 0.0002023 | 99.97977 | ** |
| 111 | LCBOCASHI:C1:M1-TESTIGO:C2:M2 | 46.13229773 | 0.0001223 | 99.98777 | ** |
| 112 | LCRCOCINA:C2:M1-TESTIGO:C2:M2 | 48.53896751 | 0.00004 | 99.996 | ** |
| 113 | TESTIGO:C2:M1-TESTIGO:C2:M2 | 49.94701838 | 0.0000206 | 99.99794 | ** |
| 114 | LCBOCASHI:C2:M1-TESTIGO:C2:M2 | 55.26177086 | 0.0000016 | 99.99984 | ** |
| 115 | LCCERDO:C2:M1-TESTIGO:C2:M2 | 58.24110434 | 0.0000004 | 99.99996 | ** |
| 116 | LCCERDO:C1:M1-TESTIGO:C2:M2 | 58.36271305 | 0.0000004 | 99.99996 | ** |
| 117 | LCBOVINO:C2:M1-TESTIGO:C2:M2 | 58.41291983 | 0.0000004 | 99.99996 | ** |
| 118 | LCRCOCINA:C1:M1-TESTIGO:C2:M2 | 59.10834068 | 0.0000003 | 99.99997 | ** |
| 119 | TESTIGO:C1:M1-TESTIGO:C2:M2 | 65.01724247 | 0 | 100 | ** |
| 120 | LCBOVINO:C1:M1-TESTIGO:C2:M2 | 78.03246345 | 0 | 100 | ** |
| 121 | TESTIGO:C3:M1-LCBOVINO:C1:M2 | 33.59376391 | 0.0246604 | 97.53396 | * |
| 122 | LCRCOCINA:C3:M2-LCBOVINO:C1:M2 | 34.19541681 | 0.0196972 | 98.03028 | * |
| 123 | LCCERDO:C3:M1-LCBOVINO:C1:M2 | 36.29443467 | 0.0087243 | 99.12757 | ** |
| 124 | LCRCOCINA:C3:M1-LCBOVINO:C1:M2 | 40.02501327 | 0.001861 | 99.8139 | ** |
| 125 | LCBOCASHI:C1:M1-LCBOVINO:C1:M2 | 41.12421394 | 0.0011576 | 99.88424 | ** |
| 126 | LCRCOCINA:C2:M1-LCBOVINO:C1:M2 | 43.53088372 | 0.0003992 | 99.96008 | ** |
| 127 | TESTIGO:C2:M1-LCBOVINO:C1:M2 | 44.93893458 | 0.0002112 | 99.97888 | ** |
| 128 | LCBOCAHI:C2:M1-LCBOVINO:C1:M2 | 50.25368706 | 0.0000178 | 99.99822 | ** |
| 129 | LCCERDO:C2:M1-LCBOVINO:C1:M2 | 53.23302055 | 0.0000043 | 99.99957 | ** |
| 130 | LCCERDO:C1:M1-LCBOVINO:C1:M2 | 53.35462926 | 0.0000041 | 99.99959 | ** |
| 131 | LCBOVINO:C2:M1-LCBOVINO:C1:M2 | 53.40483603 | 0.000004 | 99.9996 | ** |
| 132 | LCRCOCINA:C1:M1-LCBOVINO:C1:M2 | 54.10025689 | 0.0000028 | 99.99972 | ** |
| 133 | TESTIGO:C1:M1-LCBOVINO:C1:M2 | 60.00915867 | 0.0000002 | 99.99998 | ** |
| 134 | LCBOVINO:C1:M1-LCBOVINO:C1:M2 | 73.02437966 | 0 | 100 | ** |
| 135 | LCRCOCINA:C3:M1-LCBOVINO:C2:M2 | 34.22724834 | 0.0194622 | 98.05378 | * |
| 136 | LCBOCASHI:C1:M1-LCBOVINO:C2:M2 | 35.32644901 | 0.0127719 | 98.72281 | * |
| 137 | LCRCOCINA:C2:M1-LCBOVINO:C2:M2 | 37.73311879 | 0.0048726 | 99.51274 | ** |
| 138 | TESTIGO:C2:M1-LCBOVINO:C2:M2 | 39.14116966 | 0.00271 | 99.729 | ** |

Continúa en la siguiente página

| | | | | | |
|-----|---------------------------------|-------------|-----------|----------|----|
| 139 | LCBOCASHI:C2:M1-LCBOVINO:C2:M2 | 44.45592214 | 0.000263 | 99.9737 | ** |
| 140 | LCCERDO:C2:M1-LCBOVINO:C2:M2 | 47.43525562 | 0.0000669 | 99.99331 | ** |
| 141 | LCCERDO:C1:M1-LCBOVINO:C2:M2 | 47.55686433 | 0.0000632 | 99.99368 | ** |
| 142 | LCBOVINO:C2:M1-LCBOVINO:C2:M2 | 47.60707111 | 0.0000618 | 99.99382 | ** |
| 143 | LCRCOCINA:C1:M1-LCBOVINO:C2:M2 | 48.30249196 | 0.0000447 | 99.99553 | ** |
| 144 | TESTIGO:C1:M1-LCBOVINO:C2:M2 | 54.21139375 | 0.0000027 | 99.99973 | ** |
| 145 | LCBOVINO:C1:M1-LCBOVINO:C2:M2 | 67.22661473 | 0 | 100 | ** |
| 146 | LCBOCASHI:C2:M1-LCRCOCINA:C2:M2 | 35.79430629 | 0.0106352 | 98.93648 | * |
| 147 | LCCERDO:C2:M1-LCRCOCINA:C2:M2 | 38.77363978 | 0.0031631 | 99.68369 | ** |
| 148 | LCCERDO:C1:M1-LCRCOCINA:C2:M2 | 38.89524848 | 0.0030057 | 99.69943 | ** |
| 149 | LCBOVINO:C2:M1-LCRCOCINA:C2:M2 | 38.94545526 | 0.0029429 | 99.70571 | ** |
| 150 | LCRCOCINA:C1:M1-LCRCOCINA:C2:M2 | 39.64087612 | 0.0021927 | 99.78073 | ** |
| 151 | TESTIGO:C1:M1-LCRCOCINA:C2:M2 | 45.5497779 | 0.0001598 | 99.98402 | ** |
| 152 | LCBOVINO:C1:M1-LCRCOCINA:C2:M2 | 58.56499889 | 0.0000003 | 99.99997 | ** |
| 153 | TESTIGO:C1:M1-LCBOCASHI:C3:M2 | 34.76343223 | 0.0158728 | 98.41272 | * |
| 154 | LCBOVINO:C1:M1-LCBOCASHI:C3:M2 | 47.77865322 | 0.0000057 | 99.9943 | ** |
| 155 | TESTIGO:C1:M1-TESTIGO:C3:M2 | 33.85296154 | 0.0223963 | 97.76037 | * |
| 156 | LCBOVINO:C1:M1-TESTIGO:C3:M2 | 46.86818252 | 0.0000871 | 99.99129 | ** |
| 157 | TESTIGO:C1:M1-LCCERDO:C3:M2 | 33.76695776 | 0.0231255 | 97.68745 | * |
| 158 | LCBOVINO:C1:M1-LCCERDO:C3:M2 | 46.78217875 | 0.0000906 | 99.99094 | ** |
| 159 | TESTIGO:C1:M1-LCBOCASHI:C3:M1 | 33.72612589 | 0.0234792 | 97.65208 | * |
| 160 | LCBOVINO:C1:M1-LCBOCASHI:C3:M1 | 46.74134688 | 0.0000923 | 99.99077 | ** |
| 161 | TESTIGO:C1:M1-LCBOVINO:C3:M2 | 33.68012345 | 0.0238837 | 97.61163 | * |
| 162 | LCBOVINO:C1:M1-LCBOVINO:C3:M2 | 46.69534444 | 0.0000943 | 99.99057 | ** |
| 163 | TESTIGO:C1:M1-LCBOCASHI:C2:M2 | 33.38171822 | 0.0266662 | 97.33338 | * |
| 164 | LCBOVINO:C1:M1-LCBOCASHI:C2:M2 | 46.39693921 | 0.0001083 | 99.98917 | ** |
| 165 | LCBOVINO:C1:M1-LCBOVINO:C3:M1 | 43.89417507 | 0.0003391 | 99.96609 | ** |
| 166 | LCBOVINO:C1:M1-TESTIGO:C3:M1 | 39.43061575 | 0.0023976 | 99.76024 | ** |
| 167 | LCBOVINO:C1:M1-LCRCOCINA:C3:M2 | 38.82896285 | 0.0030905 | 99.69095 | ** |
| 168 | LCBOVINO:C1:M1-LCCERDO:C3:M1 | 36.72994499 | 0.0073281 | 99.26719 | ** |
| 169 | LCBOVINO:C1:M1-LCRCOCINA:C3:M1 | 32.99936639 | 0.0306623 | 96.93377 | * |
| 170 | LCBOVINO:C1:M1-LCBOCASHI:C1:M1 | 31.90016572 | 0.0453415 | 95.46585 | * |

C.V.

0.93 %

*, **, = diferencias significativas (Tukey, $p= 0.05$), diferencias altamente significativas (Tukey, $p= 0.01$)

LC=Lombricomposta, C= Ciclo, M= Muestreo, R= Residuos

(-)= Comparación, (%)= Porcentaje