

Evaluación del lixiviado agroecológico como acondicionador del suelo en cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) variedad crespa verde

Evaluation of the agroecological leachate as a soil conditioner in cultivation of lettuce (*Lactuca sativa*) variety crepe Green

Avaliação do lixiviado agroecológico como condicionador do solo na cultura de alface (Lactuca sativa) variedade crespa verde

¹Carlos Arturo Granada Torres & ²Yolvi Prada Millán

¹Bacteriólogo, Especialista en Microbiología Industrial, Magíster en Administración de Salud Pública, Candidato a Doctor en Biotecnología y Bioprocesos Industriales. ²Ingeniera Agrónoma, Candidata Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente de la Universidad de Manizales, Colombia.

¹Centro de Investigación en Medio Ambiente y Desarrollo – CIMAD. ^{1,2}Facultad de Ciencias Contables, Económicas y Administrativas. Universidad de Manizales, Manizales Colombia.

¹cgranada@umanizales.edu.co, ²yolmillan@hotmail.com

Resumen

La producción limpia en los últimos años ha alcanzado gran interés a nivel mundial, cada día los consumidores se preocupan más por la salud y han optado por el consumo de hortalizas que estén libres de agroquímicos y que no hayan sido regadas con aguas servidas. Los productores colombianos con el fin de lograr altos rendimientos y minimización de problemas fitosanitarios se han dedicado a realizar aplicaciones e incorporación de fertilizantes de síntesis química, alterando las dosis y utilizando aguas que no son aptas para riego, obteniendo como producto final cultivos con altas trazas de agroquímicos, metales pesados y microorganismos perjudiciales para la salud humana. Metodológicamente, se evaluó en campo el lixiviado agroecológico del cultivo de lechuga tomando en cuenta las variables: peso y tamaño de la cabeza de lechuga. Se encontró que el tratamiento con microorganismos eficientes presenta mayor peso y diámetro de cabeza de lechuga.

Se concluye que el cultivo presenta mejores condiciones fitosanitarias y vigorosidad.

Palabras claves: residuos orgánicos, agroecológico, rendimiento, microorganismo, fitosanitario, biofertilizante.

Abstract

The clean production in recent years has reached great interest at the global level, each day consumers are more concerned about the health and have opted for the consumption of vegetables which are free of agrochemicals and which have not been irrigated with wastewater. Colombian producers with the aim of achieving high yields and minimization of phytosanitary problems have been dedicated to making applications and incorporation of fertilizers of chemical synthesis, altering the dose and using waters that are not suitable for irrigation, obtaining as final product crops with high traces of agrochemicals,

heavy metals and microorganisms harmful to human health. Methodologically, was evaluated in field the leachate agroecology in the lettuce crop taking into account the variables: weight and size of the head of lettuce. It was found that the treatment with efficient micro-organisms presents greater weight and diameter of head of lettuce. It was concluded that the culture presents best phytosanitary conditions and vigorous.

Key-words: Organic waste, agroecology, yield, microorganism, phytosanitary, biofertilizer.

Resumo

A produção limpa tem atingido nos últimos anos grande interesse no mundo, os consumidores preocupam-se cada dia mais pela saúde e tem se decidido pelo consumo de legumes que sejam livres de agroquímicos e sem rego com águas residuais. Os produtores colombianos com a finalidade de

conseguir alto rendimento e minimização dos problemas fitossanitários têm se dedicado a realizar aplicações e incorporação de fertilizantes de síntese química, mudando a dose e utilizando águas que não são adequadas para o rego, obtendo como produto final culturas com altos teores de agroquímicos, metais pesados e micro-organismos prejudiciais para a saúde humana. Metodologicamente foi avaliado em campo, o lixiviado agroecológico da cultura de alface considerando as variáveis: peso e tamanho da cabeça da alface. Foi encontrado que o tratamento com micro-organismos eficientes apresentou maior peso e diâmetro da cabeça da alface. Foi concluído que a cultura apresenta melhores condições fitossanitárias e vigorosas.

Palavras-chave: resíduos orgânicos, agroecológico, rendimento, micro-organismo, fitossanitário, biofertilizante

Introducción

De acuerdo con la Corporación Colombia Internacional, el cultivo de hortalizas ha presentado escasa transformación, por cuanto su producción depende de economías esencialmente campesinas y el alcance de su oferta es principalmente regional (CCI, 2006, p. 57). Para el 2010, se dedicaron 100.286 ha al cultivo de hortalizas y se produjeron 1.696.174 t bajo el sistema de producción convencional, que incluye aplicaciones de agroquímicos, tanto pesticidas como fertilizantes, y que ha venido en aumento ante el creciente desequilibrio que se ha causado por las repetidas y constantes aplicaciones realizadas para el control de plagas y enfermedades y el mejoramiento de la producción. Estos insumos son esenciales en la agricultura moderna para controlar las plagas y enfermedades e incrementar la productividad de los cultivos (Cortés *et al.*, 2006; Cooper & Dobson, 2007). En la sabana de Bogotá, Colombia, se observa la preferencia de los agricultores para descansar, rotar o recibir un ingreso económico a corto plazo con el establecimiento de un cultivo de lechuga, debido al ciclo corto, la facilidad de manejo en campo y la alta demanda en el mercado. En esta

región, generalmente se siembra bajo el sistema convencional lo cual es un riesgo elevado para los consumidores por ser un producto de consumo directo y en fresco, el cual tiende a presentar residualidad de los productos químicos utilizados en el cultivo.

Con base en lo anterior, actualmente toma gran fuerza la alternativa de producción agroecológica que plantea la disminución de la utilización de agroquímicos para el control de plagas y enfermedades y la fertilización con productos orgánicos que sean amigables con el medio ambiente. La creciente preocupación por el impacto negativo de la agricultura moderna sobre el medio ambiente y la salud del consumidor, aunado al contundente rechazo del consumidor a los alimentos transgénicos, está conduciendo a un número creciente de agricultores y consumidores hacia la denominada agricultura orgánica o sustentable, por ser ésta más saludable y más benigna, tanto para con los seres humanos como para con el medio ambiente (Ruiz, 2004). Por ello la agricultura convencional se ha convertido en una constante preocupación de los productores,

por la posibilidad de que sus productos exportables sean devueltos por contener residuos de plaguicidas, para evitar esto se plantean políticas de inocuidad y una tendencia al uso de compuestos con menor persistencia y residualidad (Moreno & López, 2005), que garanticen la calidad establecida en los mercados, ya que los consumidores esperan un suministro constante de alimentos limpios, de alta calidad, sanos y seguros (Atreya, 2006). Por tanto, la demanda de productos orgánicos se ha convertido en un mercado promisorio, donde el valor de las ventas mundiales pasó de 11 billones de dólares, a finales de la década de los noventa, a 55 billones de dólares para el año 2009 (Willer, 2011).

Con base en lo expuesto, la presente investigación tiene como objetivo evaluar el lixiviado agroecológico como acondicionador del suelo en el cultivo de lechuga en el municipio de Madrid, Cundinamarca, Colombia, a partir de la prueba de eficacia en campo como alternativa de producción agroecológica para los productores, que se dedican al establecimiento de cultivos libre de químicos y deben recurrir a diferentes técnicas para suplir las necesidades nutricionales y problemas fitosanitarios en cultivo.

La alternativa de producción agroecológica contempla como punto fundamental la adición de compost y/o biofertilizantes al suelo y a la planta constituyéndose en uno de los principales pasos que se deben tener en cuenta para iniciar el proceso de búsqueda del equilibrio con el medio ambiente. El proceso de compostaje, toma un valor incalculable como herramienta para la producción agroecológica, constituyéndose como una enmienda y/o biofertilizante para la recuperación de suelos y un medio para mejorar el desarrollo vegetal de los cultivos. De forma general, la adición de enmiendas orgánicas puede influir positivamente en las propiedades físicas del suelo (Stevenson, 1982; Roldán *et al.*, 2003), así como de manera química y microbiológica. El primer efecto es sobre las propiedades físicas del suelo, aumenta la porosidad del suelo, interviene en la estructura del suelo, indudablemente en la retención de agua en el suelo, así mismo influye positivamente sobre la formación y estabilidad de los agregados en el suelo (Lax *et al.*, 1994). El efecto sobre las

propiedades físico-químicas del suelo, se ve reflejado en el momento de incorporar el compost, éste ejerce un efecto tampón debido a la presencia de iones Ca^{+2} y de sales básicas (Hernando, 1988). La capacidad de cambio catiónica aumenta en suelos tratados con materiales orgánicos. Cualquier enmienda que potencie la formación de humus, producirá un aumento significativo de ésta ya que el humus posee una capacidad de cambio catiónica que es 3 a 6 veces superior a la de las arcillas del suelo (Moreno *et al.*, 2008). Según Schnitzer (1978) del 20 al 70% de la capacidad de cambio catiónica de muchos suelos es causada por el humus. Se debe tener en cuenta que algunas enmiendas orgánicas pueden contener cantidades apreciables de sales lo cual repercute en la posible salinización del suelo.

Adani & Tambone (2005) indicaron que la incorporación de compost de residuos sólidos urbanos tiende a aumentar ligeramente el contenido de huminas y de ácidos húmicos de un suelo pardo, disminuyendo el contenido de ácidos fúlvicos. Hernando (1988) observó que estos materiales, incorporados en el suelo, incrementaban ligeramente los porcentajes de nitrógeno e hidrógeno de los ácidos húmicos, así como su relación E4/E6, lo que implicaría su menor tamaño de partícula y de peso molecular. Los residuos orgánicos urbanos aumentan los contenidos en macro y micronutrientes del suelo, debido a que éstos se presentan en cantidades importantes en los citados residuos (Ayuso *et al.*, 1996). Estos materiales aportan el nitrógeno y fósforo mayoritariamente en forma orgánica mientras que el resto de macronutrientes son aportados en forma inorgánica. La eficacia de estos residuos como fertilizantes depende de diversos factores tales como el tipo de suelo y de cultivo, existiendo una gran controversia respecto a esto (Gallardo-Lara & Nogales, 1987). A pesar de ello, estos autores mantienen que las enmiendas orgánicas suponen una ventaja de los residuos orgánicos frente a los fertilizantes inorgánicos al ser una fuente gradual de nutrientes.

Algunos de los metabolitos liberados por los microorganismos (tipo vitaminas y/o aminoácidos) o moléculas de bajo peso molecular procedentes de la mineralización de la materia orgánica pueden

influir de forma positiva y directa sobre el crecimiento vegetal. También es importante indicar que parte de estas enzimas quedarán protegidas de la degradación e inactivación, al quedar inmovilizadas por la fracción húmica de la materia orgánica incorporada, mediante formación de complejos tipo enzima-humus (Dick & Tabatabai, 1992; Ceccanti & García, 1994). Sin embargo, un aspecto a tener presente es que dichos aportes no deben suponer desde ningún punto de vista, ni por supuesto, a lo largo del tiempo pos-aplicación, un riesgo para la biodiversidad microbiana del suelo (Klammer *et al.*, 2008); dicho riesgo podía venir motivado por las sustancias tóxicas que puedan incorporarse al suelo y que afecten negativamente a una serie determinada de microorganismos, o que alienten un desequilibrio microbiano debido al hecho de introducir ciertos sustratos implicados exclusivamente en un determinado proceso (Bastida *et al.*, 2007, 2008).

Así mismo se debe resaltar que la utilización de materia orgánica como enmienda natural beneficia tanto al suelo como a la planta, reflejando de cierta manera un aspecto saludable y vigoroso en el crecimiento y desarrollo de ésta. Algunos autores comentan la capacidad que tienen las enmiendas orgánicas de aportar un cierto efecto biocontrol (o biopesticida), debido a que intervienen sobre algunos microorganismos patógenos del suelo (Bernal-Vicente *et al.*, 2008; Cayuela *et al.*, 2008). Uno de los extractos de compost más utilizados en la actualidad, es el que se conoce con el nombre de lixiviado de compost, el cual es producto de la extracción de los compuestos orgánicos e inorgánicos presentes en el material sólido. Este producto al ser aplicado a las plantas de manera foliar, tiene un efecto más rápido y efectivo que el propio compost (Menderzkycki, 2001).

El té de compost, solución resultante de la fermentación aeróbica de composta en agua, puede utilizarse como fertilizante, debido a que contiene nutrientes solubles y microorganismos benéficos (Ingham, 2005). El té de compost se ha utilizado para prevenir enfermedades, tanto en aspersión foliar (Ingham, 2005) como aplicado al sustrato (Scheuerell & Mahaffee, 2004). Además, la aplicación al suelo induce

la actividad microbiana en la rizosfera, proporciona una gran cantidad de nutrientes solubles y estimula una respuesta positiva en la planta (Salter, 2004). Los lixiviados se producen directamente de las pilas de compost, los cuales son ricos en sustancias nutritivas y contienen altos porcentajes de microorganismos, que se diferencian en las diferentes etapas del proceso de compostaje, con el transcurrir del tiempo o la maduración del compost éste va adquiriendo un color negruzco lo cual indica que ya está listo para su uso. Los extractos o lixiviados han sido considerados tradicionalmente como un fertilizante líquido orgánico. Recientemente, estos materiales están siendo utilizados para el control de plagas y enfermedades; por lo que se han realizado estudios para conocer los componentes responsables de su capacidad de combatir patógenos. En este sentido, investigaciones realizadas en Estados Unidos, Alemania y Japón, utilizando diferentes lixiviados de compost, han demostrado su potencial en la protección de cultivos para un amplio rango de enfermedades, como es el tizón de la papa o del tomate, el mildiu polvoso y el *Fusarium* en manzano (Larco, 2004).

Metodología

Esta investigación se realizó en el municipio de Madrid, Cundinamarca, Colombia, en la finca Huertos Verdes, predio dedicado a la producción de hortalizas agroecológicas con una trayectoria de alrededor cinco años y que no se sembraba desde 1997 con productos agroquímicos, la especie utilizada es la lechuga crespa verde variedad Vera. Se realizó el montaje de un Diseño de Bloques Completos al Azar (D.B.C.A) con un testigo absoluto, tres (3) tratamientos y tres (3) bloques (Tabla 1), se efectuó una aleatorización de los tratamientos en el bloque y se trabajó con un análisis de varianza (ANAVA), desarrollando adicionalmente las pruebas de comparación de medias. Se realizó un muestreo semanal para determinar la incidencia de plagas y enfermedades en los tratamientos y en el testigo. Se realizó la evaluación únicamente del lixiviado agroecológico en campo, puesto que es un predio que está en proceso de certificación y no se pueden

realizar aplicaciones de agentes externos al cultivo. Para el desarrollo del proyecto de investigación se contó con una unidad experimental de 1 m² de cama, equivalente a la siembra de 24 plantas.

Tabla 1. *Tratamientos diseño experimental*

TESTIGO	Sin Lixiviado ni E.M.
T1	LIXIVIADO 5cc
T2	LIXIVIADO 10cc
T3	LIXIVIADO 5cc + E.M 5cc

Con los datos obtenidos se verificó el supuesto de normalidad mediante los test Kolmogorov -Smirnov, Durbin-Watson, Breusch-Pagan. Una vez procesados los datos y obtenidos los resultados de los test de normalidad se determinó si se era pertinente un ANAVA paramétrico o era adecuado el desarrollo por la vía alterna a efectuar un ANAVA no paramétrica.

Los datos obtenidos de la fase de campo fueron sistematizados mediante el programa estadístico R-project en el cual se calcularon parámetros estadísticos básicos como media, sumas de cuadrados y cuadrados medios del análisis de varianza para las variables estudiadas que en este caso fueron peso y diámetro de cabeza de la lechuga. Adicional a lo anterior, se realizó la comparación de medias entre los tratamientos en concordancia con el análisis de varianza ANAVA. Se probó la hipótesis:

Ho: T1 = T2 = T3=Testigo (Hipótesis nula)

H1: Uno o más pares de medias son diferentes (Hipótesis alterna)

En los casos donde se presentaron diferencias significativas entre alguna de las medias de los tratamientos, se realizó una comparación de medias mediante la prueba de Tukey con nivel de significancia 5%, para la evaluación de tres dosis de lixiviado sobre el desarrollo vegetativo y productivo de la lechuga (*Lactuca sativum*).

Resultados y Discusión

Prueba de eficacia en campo análisis Estadístico: una vez culminada la prueba en campo se procesaron los datos de las variables evaluadas: peso y diámetro de cabeza de la lechuga, por tratamiento y bloque.

Variable peso de cabeza de lechuga

Se recolectaron veinticuatro (24) datos por tratamiento, en tres (3) tratamientos y el testigo, en tres (3) bloques, para una total de doscientos ochenta y ocho (288) datos procesados.

Se desarrolló el análisis de varianza en el programa R project versión de software libre el cual arrojó los resultados mostrados en la Tabla 2.

Tabla 2. *Analisis de Varianza variable peso de cabeza de lechuga*

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Bloque	2	17888.90	8944.45	2.34	0.1776
Tratamiento	3	561373.18	187124.39	48.89	0.0001
Errores experimentales	6	22963.69	3827.28		
Errores observacionales	276	470663.21	1705.30		

$$R^2=0,54$$

Se encontraron diferencias significativas en la variable peso de cabeza de la lechuga, se desarrollaron pruebas de verificación de los supuestos de normalidad, mediante los test de Levene varianza

constante y Kolmogorov Smirnov como prueba confirmatoria de normalidad, obteniéndose los resultados de la Tabla 3.

Tabla 3. Test de Normalidad

Test de Levene	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	3	17605.82	5868.61	8.87	0.0000
Residuals	284	187994.68	661.95		
Test Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) Error Exp					
D = 0.20676, p-value = 0.2097					
Test Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) Error Obser					
D = 0.060622, p-value = 0.01587					

Con lo cual se concluye que no se cumple con los supuestos de normalidad, se aplicó la transformación de Box-Cox, obteniendo similares resultado para los Supuestos de Normalidad, en este orden de ideas se procedió a desarrollar el test no paramétrico de Friedman.

Usando como criterio el p valor, para un nivel de significancia del 5% (0,05), no se acepta los supuestos de normalidad, por tanto se procedió a desarrollar un test de Friedman como ANAVA no paramétrica aplicado al diseño de bloques completos al azar (Tabla 4).

Tabla 4. Test de Friedman

Test de Friedman	
data: cbind(Peso, Tratamiento, Bloque)	
Friedman chi-squared = 470.4, df = 2,	p-value >2.2e-16

En el procesamiento por el test de Friedman se constata con el criterio del p valor, que las medianas de los tratamientos presentan una diferencia altamente significativa, por tanto como método de

comparación de medianas, de los tratamientos se utilizó comparaciones por pares usando la suma de rangos con signo de wilcoxon, con la aplicación de este método se obtuvo la Tabla 5.

Tabla 5. Comparaciones suma de rangos con signo de Wilcoxon

Tratamiento	T1	T2	T3
. T2	1.7e-09	-	-
. T3	1.1e-08	1.5e-12	-
. Testigo	7.1e-05	3.8e-05	4.2e-12
. P value adjustment method: holm			

Al analizar la matriz de comparación de medianas, con el criterio de p valor y una significancia de 5% (0,05) se determina que las medianas de los tratamientos entre si y de los tratamientos con el testigo presentan diferencias en su comportamiento. Con

base en lo obtenido en la Tabla 6 se muestran las medidas de tendencia central por tratamiento para constatar que existen diferencias significativas entre los tratamientos y el testigo.

Tabla 6. Resumen de medidas de tendencia central por tratamiento

T1	T2	T3	Testigo
Min. :136.0	Min. : 80.0	Min. :200.0	Min. :145.0
1st Qu.:195.8	1st Qu.:134.8	1st Qu.:276.0	1st Qu.:183.8
Median :237.5	Median :162.5	Median :290.0	Median :200.0
Mean :237.4	Mean :168.8	Mean :288.6	Mean :203.9
3rd Qu.:278.0	3rd Qu.:200.0	3rd Qu.:302.2	3rd Qu.:220.2
Max. :390.0	Max. :305.0	Max. :390.0	Max. :288.0

Se desarrolló la obtención de las medias, medianas y cuartiles, por cada uno de los tratamientos en el programa R Project y la representación gráfica que es el box plot de los pesos de cabeza de lechuga se presenta en la Figura 1, esto indica que el tratamiento T3 presenta una alta diferencia con respecto a los otros tratamientos evaluados. En términos de medianas el mejor tratamiento es T3, pero se resalta que el tratamiento T2 estuvo por debajo del testigo; dado que los tratamientos T1 y T3 tuvieron una dosis de aplicación de lixiviado de 5 cc/l mostrando rendimiento superior en comparación al testigo y al tratamiento, este incremento en la concentración de lixiviado en el caso del tratamiento T2 puede estar generando reacciones adversas de la planta, en la raíz y en las hojas, posiblemente por un bloqueo de adsorción de nutrientes; contraria a esta situación en el caso de los tratamientos T1 y T3, la dilución de 5cc/l hace que la asimilación del lixiviado por vía edáfica y foliar sea óptima, y en el caso concreto del tratamiento T3 se observa un efecto sinérgico con adición de EM, este producto es una multi-cepa a base de bacterias fototróficas, ácido-lácticas y levaduras; estos microorganismos aceleran la tasa de asimilación de los nutrientes del lixiviado y en el caso concreto de las bacterias ácido-lácticas garantiza la sanitización de la aplicación.

De acuerdo al grupo de investigadores científicos de Fundases (2007) el EM ayuda al proceso de

descomposición de materiales orgánicos y durante la fermentación produce ácidos orgánicos que normalmente no está disponible como ácidos lácticos, ácidos acéticos, aminoácidos y ácidos málicos, sustancias bioactivas y vitaminas. Un ingrediente primordial en este proceso es la materia orgánica, suministrada por el reciclado de residuos de los cultivos, materia verde y desechos animales. Asimismo, este proceso lleva a un incremento de humus en el suelo: las bacterias ácido lácticas, que son importantes microorganismos en el EM, suprimen microbios patogénicos indirectamente por la producción de actinomicetos. También se conoce que el efecto antioxidante del EM mejora el sistema inmunológico de plantas y animales, por lo cual se puede establecer que el tratamiento T3 presenta una alta significancia en los resultados obtenidos.

Teniendo en cuenta las propiedades físicas y químicas del suelo que se favorecen por la incorporación de materia orgánica, de igual manera redundan en aumento de la población microbiana, que se traduce en el incremento de las enzimas y metabolitos del suelo. La enmienda orgánica crea un micro-hábitat muy adecuado para el desarrollo de diversas poblaciones microbianas, y de su actividad (Ros *et al.*, 2008). Una vez se ocasione el incremento de microorganismos hay una relación directa con el incremento de nutrientes, la asimilación y disponibilidad de estos para las plantas.

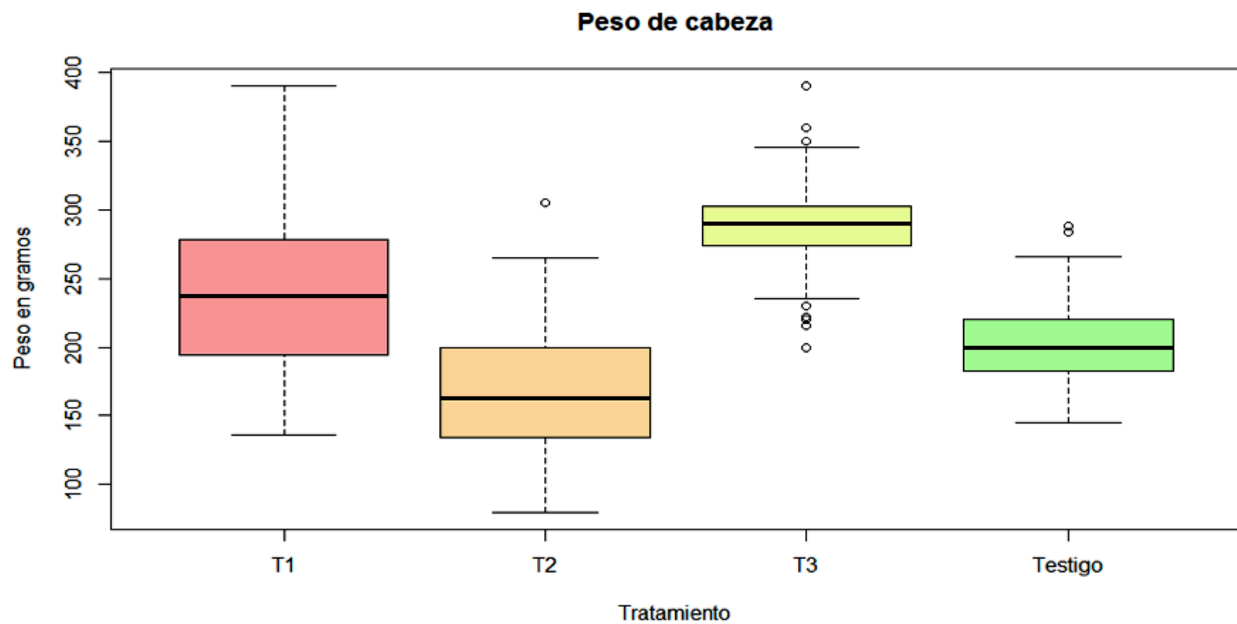


Figura 1. Comportamiento de la variable peso de cabeza de lechuga.

Variable diámetro de cabeza de lechuga

Se realizó un muestreo por tratamiento recolectando cinco (5) datos por tratamiento, en tres Se

desarrolló el análisis de varianza en el programa R project versión de software libre el cual arroja los resultados de la Tabla 7.

Tabla 7. Analisis de varianza de la variable diámetro de cabeza de lechuga

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Bloque	2	5.00	2.50	0.42	0.6729
Tratamiento	3	573.93	191.31	32.40	0.0004
Error experimental	6	35.43	5.90		
Error observacional	48	326.60	6.80		

Se constata con el criterio de p valor y una significancia de 5% (0.05) que existe una diferencia significativa en el comportamiento de los tratamientos aplicados y cuantificados en la variable diámetro de cabeza. Posterior al desarrollo del análisis de varianza se validarán los supuestos normalidad del

modelo, mediante los test de Durbin Watson autocorrelación de errores, Breusch Pagan varianza constante y Kolmorov Smirnov como prueba confirmatoria de normalidad, obteniéndose los resultados de la Tabla 8.

Tabla 8. Test de Normalidad variable diámetro de cabeza de lechuga

Test de Levene	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	3	4.33	1.44	0.61	0.6140
Residuals	56	133.42	2.38		
Test Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) Error Exp					
D = 0.17109, p-value = 0.4912					
Test Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) Error Obser					
D = 0.082456, p-value = 0.5707					

En este caso se confirma con criterio p valor y una significancia del 5% (0,05) que el modelo cumple con los supuestos para normalidad de los test de levene y Kolmogorov Smirnov, concordancia con lo anterior se procede a desarrollar el test de comparación de medias de Tuckey, mostrado en la Tabla 9.

Tabla 9. Test comparación de medias de Tuckey variable diámetro de cabeza de lechuga

Tratamiento	Diametro	std	r	Min	Max
. T1	29.12000	2.625752	15	25.0	33.5
. T2	22.31333	2.778969	15	19.0	27.5
. T3	29.04000	2.079079	15	25.0	32.5
. TESTIGO	23.61333	2.697583	15	19.5	30.0
. Tratamiento	means	M			
. T1	29.12000	a			
. T3	29.04000	a			
. TESTIGO	23.61333	b			
. T2	22.31333	b			

Se determina que hay una diferencia estadística entre los tratamientos T1 y T3 y de estos tratamientos con relación al tratamiento T2. El tratamiento de menor diámetro fue el tratamiento T2 que estuvo por debajo del testigo, esto se puede evidenciar en el gráfico box plot que se observa en la Figura 2, ésta presenta el mismo efecto que la variable peso de cabeza de la lechuga, donde se observa que afecta totalmente a la planta y esto se expresa en una disminución de peso y tamaño de la cabeza cosechada, aquí se confirma también este efecto deletéreo cuando se compara con el testigo.

Al comparar los resultados de las dos variables se puede observar que el tratamiento T3, presentó datos significativos tanto en peso como en el diámetro de la cabeza de la lechuga por lo cual se puede estimar que la mezcla de estos dos componentes permite una sinergia y una expresión de las cualidades de calidad para un producto hortícola. Así mismo otros estudios realizados demuestran que los extractos de compost poseen componentes

activos de bacterias (*Bacillus*), fermentos (*sporobolomyces* y *cryptococcus*) y hongos, además de antagonistas químicos como fenoles y aminoácidos, los cuales tienen efectos positivos sobre el crecimiento y condiciones sanitarias de las plantas (Mendzvcki, 2001).

Según estudios realizados por Chávez (2008) y Ochoa *et al.* (2009), es evidente que la concentración de nutrientes en el té de compost depende del origen de éste, el contenido nutrimental, entre otros factores, además del complemento de nutrientes con fuentes externas; por otra parte se menciona que existe un rendimiento significativo con la utilización del té de compost, sustratos a base de composta y lixiviado, con respecto al testigo que no contiene ninguna aplicación; retomando estos datos y analizando el comportamiento de las plantas con aplicaciones de alguna sustancia procedente de compost se concluye que con respecto al testigo se logra aumentar el rendimiento del cultivo de lechuga, el caso de la presente investigación.

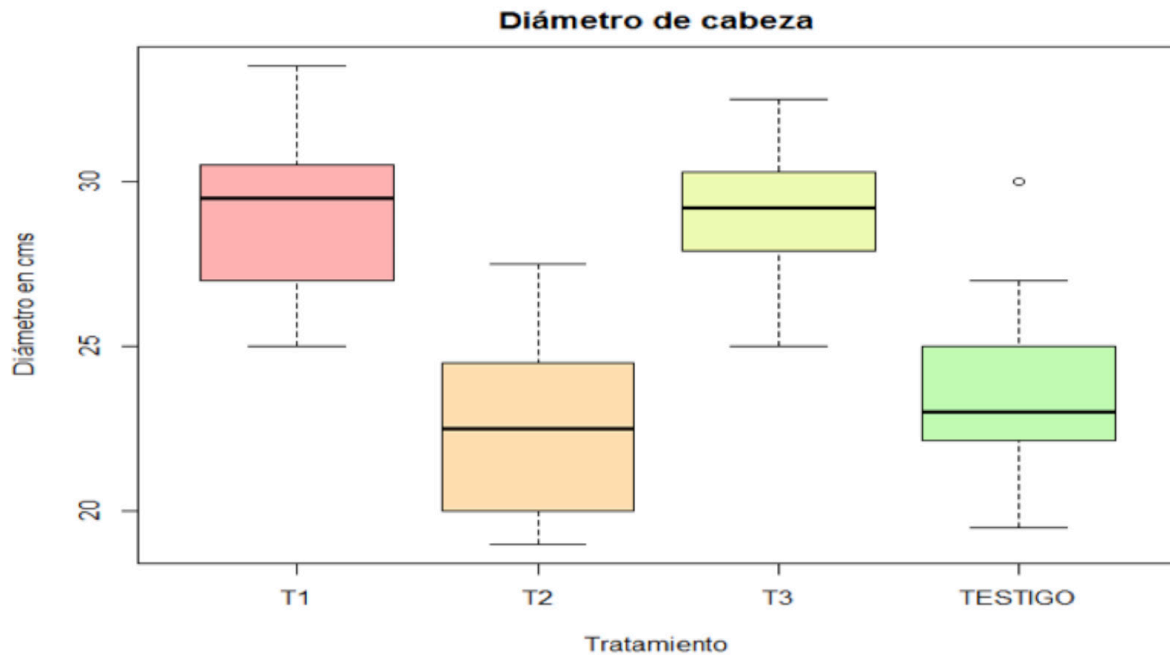


Figura 2. Comportamiento de la variable diámetro de cabeza de lechuga

Conclusiones

El análisis del comportamiento en la producción de lechuga con los tratamientos T3 y T1 muestra una diferencia significativa en el peso y el diámetro de la cabeza de lechuga, con respecto al testigo, esto se atribuye a las aplicaciones que se realizaron con el lixiviado agroecológico a una dosis similar de 5 cc/l, encontrando que el tratamiento T3 presentó valores superiores al T1, esta diferencia se atribuye a la interacción existente entre los microorganismos que se encuentran en el lixiviado y los microorganismos eficientes del producto comercial; posiblemente se potencializa la mezcla generando un mejor aprovechamiento por parte de la planta y la disponibilidad de los nutrientes tanto en suelo como en la absorción de las hojas.

Al realizar aplicaciones del lixiviado agroecológico con la dosis sugerida según lo establecido por Fundases para productos agroecológicos, se puede apreciar un incremento en el peso de la lechuga, caso contrario si se sobredosisa ya que el efecto

es negativo puesto que disminuye el peso por debajo del promedio sin aplicaciones del lixiviado, lo cual se puede explicar porque el incremento de la dosis puede afectar la asimilación de algunos nutrientes por la aplicación tanto edáfica como foliar.

Se presenta una sinergia entre el lixiviado agroecológico y la adición de EM que permite una mejor asimilación de los nutrientes, esto se evidencia en el peso y la vigorosidad que presentan las cabezas de lechuga.

Se observa que hay disminución en el ataque de plagas al cultivo con respecto a las otras camas, se podría atribuir a que hay una repelencia con el uso de los lixiviados.

La aplicación del lixiviado agroecológico permite que la tonalidad de las plantas se intensifique, lo cual es llamativo para el consumidor y podría ser una de las razones por las cuales los insectos plaga disminuyen.

Literatura Citada

- Atreya, N. (2006). Chemophobia—pesticide residues in food. *Outlooks on Pest Management* 17, 242.
- Ayuso, L.M. (1995). Utilización de residuos urbanos como enmiendas orgánicas sólidas y líquidas: Valoración agronómica y efectividad frente a enmiendas tradicionales. (Tesis Doctoral). CEBAS-CSIC. Murcia.
- Bastida, F., Moreno, J.L., Hernandez, T. & Garcia, C. (2007). Microbial activity in non-agricultural degraded soil exposed to semiarid climate. *Sci. Total Environ.* 378: 183-186
- Bernal-Vicente, A., Ros, M., Titarelli, F., Intrigliolo, F. & Pascual, J.A. (2008). Citrus compost and its water extract for cultivation of melon plants in greenhouse nurseries. evaluation of nutriactive and biocontrol effects. *Bioresource Technology* doi:10.1016/j.biortech.2008.04.019.
- Cooper, J. & Dobson, H. (2007). The benefits of pesticides to mankind and the environment. *Crop Prot.* 26, 13371348.
- Corporación Colombia Internacional CCI. (2006). Plan Hortícola Nacional. Bogotá: CCI. Recuperado de: http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_28_PHN.pdf
- Corporación Colombiana Internacional CCI. (2010). Análisis internacional del sector Hortofrutícola para Colombia. 1ª ed. Bogotá, 389 p.
- Cortés, J., Sánchez, R., Díaz-Plaza E., Villen, J. & Vázquez, A. (2006). Large volume GC Injection for the analysis of organophosphorus pesticides in vegetables using the through oven transfer adsorption desorption (TOTAD) Interface. *J. Agric. Food Chem.* 54, 1997-2002.
- Chávez, C.J. (2008). Alternativas de fertilización para el cultivo de tomate en invernadero. (Tesis Maestría). Ciencias en Suelos. Instituto Tecnológico de Torreón.
- Fundases. (2007). Manual para la producción de compost con microorganismos eficaces elaborado por el Programa de Apoyo a la Formación Profesional para la Inserción Laboral en el Perú, investigadores científicos de Fundases.
- Ingham, R. E. (2005). The Compost Tea Brewing Manual. 5th Edition. Soil Food web Inc, Corvallis, Oregon. USA. 79 p.
- Larco, E. (2004). Desarrollo y evaluación de lixiviados de compost y lombricompost para el manejo de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis Morelet*) en plátano. (Tesis de Maestría). Escuela de Posgraduados, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica.
- Lax A., S. Rubistein & Breisbart, H. (1994). Epidermal growth factor induces acrosomal exocytosis in bovine sperm. *FEBS Letters* 339: 234–238
- Moreno M. J. A. & López L. M. G. (2005). Desarrollo agrícola y uso de agroquímicos en el Valle de Mexicali. *Estudios Fronterizos* 6, 119-153.
- Moreno, J.L., F. Bastida, C. Garcia & Hernandez, T. (2008). Relationship between the agricultural management of a brócoli crop and the microbial activity of a semiarid soil. *Com Soil Plant Anal.* 39: 421-439.
- Ochoa, M. E., Figueroa, V. U., Cano, R. P., Preciado, R. P., Moreno, R. A. & Rodríguez, D. N. (2009). Té de composta como fertilizante orgánico en la producción de tomate (*lycopersicon esculentum* mill.) en invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 15(3): 245-250.
- Ros, M., Goberna, M., Pascual, J. A., Klammer, S. & Insam, H. (2008). rDNA analysis reveals low microbial diversity in community level physiological profile assays. *Journal of Microbiological Methods*, 72:221–226.
- Ruiz, F. J. (2004). Por qué los organismos Genéticamente Modificados (transgénicos) no se utilizan en Agricultura Orgánica. Universidad Autónoma de Chapingo. Consejo Nacional regulador de Agricultura Orgánica. A. C.
- Salter, C. (2004). Compost Tea – Rebuildingsoil & plant Biological health. New México Recycling Coalition conference.
- Schnitzer, M. (1978). Humic substances and reactions. En: Soil Organic matter. M. Schnitzer, S.U. Khan (Ed). New York.
- Scheurel, S. & Mahaffee, W.F. (2004). Compost tea as a container media drench for suppressing seedling damping-off caused by pythium ultimum. *Phytopathology*. 94: 1156-1163
- Stevenson, F. J. (1982). Humus chemistry: Genesis, Composition, Reactions. Wiley Interscience Publications. John Wiley and Sons, New York. Chapter 2, p. 26-54
- Willer, H. (2011). The world of organic agricultura. (2012). Summary. In: The world of organic agriculture. Statistics and emerging trends 2011. IFOAM, Bonn and FiBL, Frick. 288p.

Conflicto de Intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Recibido: 14 de junio de 2015
Aceptado: 10 de agosto de 2015