

**Evaluación de abonos orgánicos a base de
pulpa de café, en el cultivo de lechuga
cv. Kristine y Versai**

**Ramón Andrés Mencía Guevara
David Ricardo Reyes Medina**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2018

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**Evaluación de abonos orgánicos a base de
pulpa de café, en el cultivo de lechuga
cv. Kristine y Versai**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingenieros Agrónomos en el
Grado académico de licenciatura

Presentado por

**Ramón Andrés Mencía Guevara
David Ricardo Reyes Medina**

ZAMORANO, HONDURAS
Noviembre, 2018

Evaluación de abonos orgánicos a base de pulpa de café, en el cultivo de lechuga cv. Kristine y Versai

**Ramón Andrés Mencia Guevara
David Ricardo Reyes Medina**

Resumen. La pulpa de café obtenida del proceso del beneficiado húmedo, es fuente de contaminación a cuerpos de agua cercanos a las explotaciones cafetaleras. El objetivo principal de este estudio fue evaluar el efecto de la aplicación de abonos orgánicos elaborados a base de pulpa de café sobre el cultivo de lechuga cv.- Kristine y Versai-. Se compararon cuatro tratamientos, compost y bocashi elaborados a base de pulpa de café, ante compost y bocashi elaborados en la Unidad de Agricultura Orgánica, Zamorano. Evaluando las variables mortalidad, peso fresco foliar-radicular y rendimiento. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Las unidades experimentales contaron con un área de 2.5 m², con 30 plántulas de lechuga distanciadas a 25 cm × 25 cm en tres hileras a tresbolillo. Los tratamientos fueron aplicados, a razón de 1.3 kg/m² previo al trasplante y 0.4 kg/m² a los 14 días después de trasplante (DDT). Se realizó tomas de datos a los 14, 21, 28 y 35 DDT. Los tratamientos no tuvieron efecto sobre la mortalidad en ambos cultivares. En el cultivar Kristine, los abonos con pulpa obtuvieron un mayor crecimiento foliar-radicular y rendimiento. Para el cultivar Versai se observó mayor crecimiento foliar-radicular y rendimiento para los abonos tipo bocashi.

Palabras clave: Aguas mieles, bocashi, compost.

Abstract. The coffee pulp obtained from the wet process is a source of contamination to bodies of water close to coffee plantations. The main objective of this study was to evaluate the effect of the application of organic fertilizers made from coffee pulp on lettuce cv. - Kristine and Versai-. Four treatments, compost and bocashi made from coffee pulp, compost and bocashi prepared in the Organic Agriculture Unit, Zamorano, were compared. The variables evaluated were mortality, fresh foliar-root weight and yield. A randomized complete block design with four treatments and four repetitions was used. The experimental units had an area of 2.5 m², with 30 lettuce seedlings spaced 25 cm × 25 cm in triangular pattern. The treatments were applied, at a rate of 1.3 kg/m² prior to transplanting and 0.4 kg/m² at 14 days after transplant (DAT). Data was taken at 14, 21, 28 and 35 DAT. The treatments had no effect on mortality in both cultivars. In the Kristine cultivar, pulp fertilizers obtained higher foliar-root growth and yield. For the cultivar Versai, higher foliar-root growth and yield were observed for bocashi-type fertilizers.

Keywords: Bocashi, coffee waste water, compost.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de Cuadros y Figuras	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. METODOLOGÍA	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	8
4. CONCLUSIONES.....	14
5. RECOMENDACIONES	15
6. LITERATURA CITADA	16

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadros	Página
1. Porcentaje de carbono y nitrógeno y cantidad de materiales utilizados para la elaboración de 127 kg de compost	4
2. Porcentaje de carbono y nitrógeno y cantidad de materiales utilizados para la elaboración de 142 kg de bocashi.....	5
3. Resultado del análisis químico de compost y bocashi elaborados a base de pulpa de café y aguas mieles; y compost y bocashi normal	6
4. Mortalidad acumulada de lechuga –cv. Kristine y Versai- al día 35 después de trasplante (DDT) fertilizadas con compost y bocashi de pulpa y compost y bocashi normal	8
5. Peso fresco foliar (g) de lechuga –cv. Kristine- a los 14, 21, 28, 35 días después de trasplante (DDT) fertilizadas con compost y bocashi de pulpa y compost y bocashi normal	9
6. Peso fresco foliar (g) de lechuga –cv. Versai- a los 14, 21, 28, 35 días después de trasplante (DDT) fertilizadas con compost y bocashi de pulpa y compost y bocashi normal	10
7. Peso fresco radicular (g) de lechuga –cv. Kristine- a los 14, 21, 28, 35 días después de trasplante (DDT) fertilizadas con compost y bocashi de pulpa y compost y bocashi normal	11
8. Peso fresco radicular (g) de lechuga –cv. Versai- a los 14, 21, 28, 35 días después de trasplante (DDT) fertilizadas con compost y bocashi de pulpa y compost y bocashi normal	11
9. Rendimiento en (kg/ha) de lechuga –cv. Kristine y Versai- fertilizadas con compost y bocashi de pulpa y compost y bocashi normal.....	13
Figuras	Página
1. Niveles de temperatura alcanzados durante el ciclo de producción de compost a base de pulpa de café	4
2. Niveles de temperatura alcanzados durante el ciclo de producción de bocashi a base de pulpa.....	5

1. INTRODUCCIÓN

El café es un cultivo de gran importancia a nivel mundial al ser un gran generador de empleos en los países productores, de igual manera, forma parte de la vida cotidiana de millones de personas alrededor del mundo al ser considerada la segunda bebida más ingerida después del agua (Rolz 2014). En Honduras representa el 38% del producto interno bruto (PIB), al ser el principal producto de origen agrícola destinado a la exportación. Este cultivo está presente en las regiones montañosas de 15 de los 18 departamentos que conforman Honduras, generando más de un millón de empleos para las familias hondureñas (Pineda 2006).

Las explotaciones cafetaleras como toda actividad agrícola, es generadora de desechos que causan un impacto ambiental. Estos desechos provienen de las actividades de post cosecha del grano, principalmente de la actividad denominada como beneficiado húmedo realizada mayormente en las fincas productoras. De esta actividad tienen origen principalmente los subproductos como la pulpa de café y las aguas mieles, los cuales sin un manejo adecuado terminan contaminando los cuerpos de agua cercanos a las explotaciones. Considerando que un 87.13% de los productores nacionales realizan este proceso en sus propias fincas con poco o ningún control sobre el manejo de los desechos gran parte de los mismos terminan siendo una fuente considerable de contaminación al medio ambiente (Pineda 2006).

En la actualidad existen alternativas para la mitigación o reducción del impacto ambiental de estos desechos. La utilización de lagunas de oxidación para las aguas mieles y el almacenamiento de la pulpa lejos de cuerpos de agua ayudan a evitar la contaminación generada por los mismos. Adicionalmente, se han tratado de buscar otros usos prácticos para la pulpa de café como la elaboración de ensilaje en la alimentación de ganado y la elaboración de abonos orgánicos. A pesar del gran potencial de estos sub productos actualmente no se cuentan con muchos estudios prácticos que promuevan el manejo responsable y utilización de los desechos producidos por las explotaciones cafetaleras.

Los abonos orgánicos son fertilizantes de origen natural que provienen de la acción de hongos y bacterias sobre materiales de origen animal o vegetal (Flórez 2009). La composición química de los abonos orgánicos proviene de los subproductos originados de los procesos metabólicos de dichos organismos, a estos consumir la materia orgánica para la obtención de energía dejan como residuo las moléculas inorgánicas como carbono, nitrógeno, potasio y fósforo que pueden ser reutilizadas nuevamente por las plantas (Morcillo y Portela 2010). Los abonos orgánicos son importantes ya que representan una fuente natural de nutrientes a un bajo costo para nuestros cultivos. Los abonos orgánicos comparten el mismo fin con los fertilizantes sintéticos, proveer nutrientes a las plantas; sin embargo, los abonos orgánicos presentan ciertas características muy prácticas como ser

incorporación de materia orgánica y microorganismos benéficos al suelo, mejorando sus características físicas, químicas y biológicas. De igual forma los abonos orgánicos mejoran las condiciones de suelos que han sido deteriorados por el uso excesivo de agroquímicos y sobre-explotación (Hernández *et al.* 2010).

Existe una amplia gama de abonos orgánicos, el compost consiste en la descomposición de la materia orgánica por parte de los microorganismos naturalmente presentes en los materiales utilizados, a través de un proceso aeróbico (Estrada Martinez y Encalada Pardo 2017). El bocashi consiste en la descomposición mediante un proceso semi fermentativo de la materia orgánica con la ayuda de microorganismos agregados a la mezcla (Cabrera 2011). La producción de los abonos se puede ver afectada por factores como la relación carbono:nitrógeno (C:N), humedad, temperatura y calidad de los materiales utilizados en su preparación ya que estos afectan de manera directa la actividad biológica y viabilidad de los microorganismos descomponedores, reduciendo la calidad del abono.

De la misma forma, se han realizado experimentos para determinar los efectos de abonos orgánicos elaborados a base de pulpa de café. Diaz *et al.* (2015) realizaron un estudio evaluando los efectos de abonos orgánicos a base de pulpa de café, compost convencional y gallinaza, sobre la germinación y desarrollo de plántulas de café. Concluyeron que el abono a base de pulpa de café mostró mejores resultados para ambas etapas seguido del compost convencional y la gallinaza. La evaluación de abonos orgánicos tipo compost elaborados a base de estiércol de ganado y pulpa de café con combinaciones entre ambos sobre la productividad de una plantación de café fue llevada a cabo por Torres (2012). Quien determinó que los tratamientos que incluían pulpa de café presentaban mejores resultados que aquellos tratamientos que carecían de ella.

Si se lograran desarrollar alternativas prácticas para el manejo de los subproductos del café, las explotaciones cafetaleras en Honduras serían menos contaminantes para el medio ambiente y de igual formas más rentables ya que contaríamos con una serie de productos de cierta utilidad para el caficultor. Adicionalmente, se espera que este estudio deje las puertas abiertas para investigaciones futuras ya que, la abundancia de estos subproductos y sus distintos niveles de descomposición crean nuevas variables que pueden ser estudiadas para la elaboración de abonos orgánicos. Se espera entonces, beneficiar al sector cafetalero hondureño con nuevas alternativas para el manejo y utilización de sus subproductos fomentando la explotación sostenible del grano.

- El objetivo de este estudio fue la evaluación del efecto de la aplicación de abonos orgánicos elaborados a base de pulpa de café sobre el cultivo de lechuga cv.-Kristine y Versai-.

2. METODOLOGÍA

Ubicación.

El estudio se dividió en dos etapas, elaboración de los abonos orgánicos y evaluación de los abonos en el cultivo de lechuga. Los abonos orgánicos se elaboraron entre los meses de febrero a abril en el área de la compostera de la Unidad de Agricultura Orgánica de Zamorano. La evaluación de los abonos orgánicos se llevó a cabo entre los meses de julio a agosto del año 2018, en el lote M de la Unidad de Agricultura Orgánica de Zamorano, Honduras; 30 km de la ciudad capital Tegucigalpa a una altura de 800 msnm. Durante los meses del estudio se tuvo una temperatura mínima de 14 °C y máxima de 31 °C y una precipitación de 51.0 mm (datos obtenidos de la estación meteorológica ubicada en Zorrales 2018).

Elaboración de abonos.

Se elaboraron dos tipos de abonos orgánicos, compost y bocashi. El proceso de elaboración de cada abono orgánico se realizó bajo techo, evitando la incidencia de los factores climáticos durante este periodo. La preparación de cada abono se llevó a cabo tomando y en cuenta las recetas y siguiendo lineamientos que usualmente se utilizan en la Unidad de Agricultura Orgánica para la producción de abonos de este tipo, con la consideración de está vez incluir materiales como pulpa de café y aguas mieles provenientes del departamento de Santa Bárbara ubicado en el Occidente de Honduras. Para ambos abonos se buscó alcanzar una C: N de 25-35:1.

Compost. Para la elaboración de este abono se utilizó pulpa de café, aguas mieles y materiales disponibles en la zona. La cantidad utilizada de cada uno de los materiales se calculó con base la información presentada por Restrepo Rivera (2007) hasta alcanzar una C: N de 25:1 (Cuadro 1). Una vez seleccionados los materiales, estos fueron mezclados hasta alcanzar una mezcla homogénea. Durante el proceso de mezclado se agregó agua hasta alcanzar una humedad entre 50-60% utilizando la prueba de puño como método de estimación. Finalmente se apiló la mezcla en surco. Los volteos iniciaron al alcanzar temperaturas superiores a los 40 °C, con un promedio de tres volteos durante la primera semana y un volteo semanal posteriormente. Se aplicó agua periódicamente para mantener un 50-60% de humedad en la mezcla. Los volteos y el riego se realizaron con el objetivo de mantener un nivel de oxígeno y humedad adecuado en la mezcla para el correcto desarrollo de los microorganismos descomponedores presentes en ella. Como método de monitoreo se realizaron controles diarios de temperatura (Figura 1). La cosecha del compost se realizó después de la etapa de maduración. Es decir, 15 días después de la etapa de maduración.

Cuadro 1. Porcentaje de carbono y nitrógeno y cantidad de materiales utilizados para la elaboración de 127 kg de compost.

Material	%C	%N	Cantidad
Estiércol de vaca	29.5	1.6	22.7 kg
Pulpa de café	49.6	3.1	59.0 kg
Aserrín	51.9	0.06	31.8 kg
Estiércol de cerdo	29.5	1.8	13.6 kg
Agua	-	-	60.0 L
Aguas mieles	-	-	25.0 L
Total			127 kg

Fuente: Restrepo Rivera 2007.

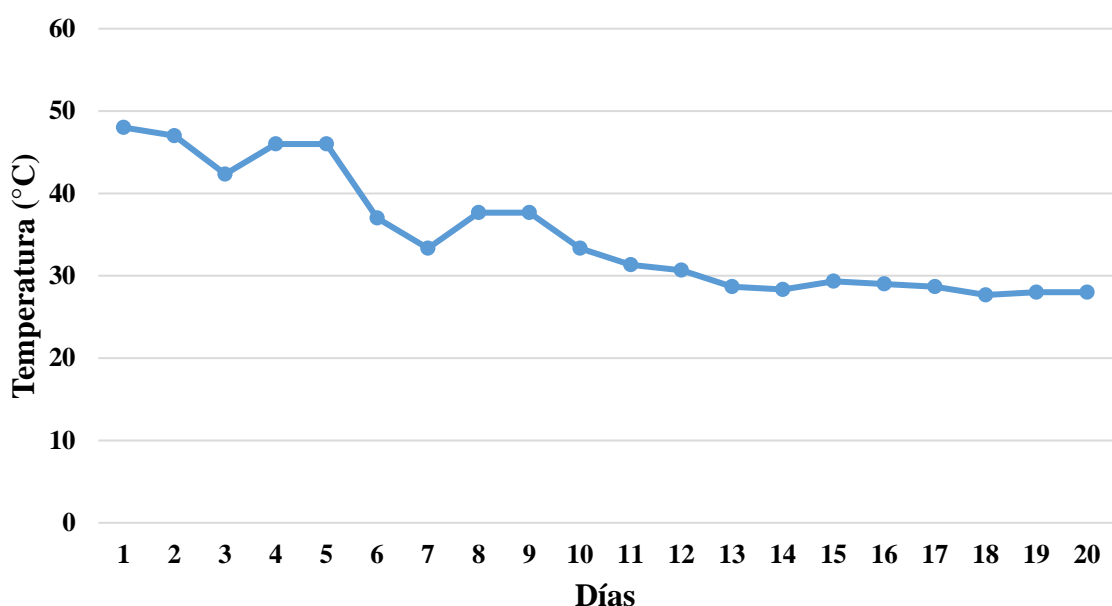


Figura 1. Niveles de temperatura alcanzados durante el ciclo de producción de compost a base de pulpa de café.

Bocashi. Para la elaboración de este abono se utilizó pulpa de café, aguas mieles y materiales disponibles en la zona. La cantidad utilizada de cada uno de los materiales se calculó con base la información presentada por Restrepo Rivera (2007) hasta alcanzar una C:N de 25:1 (Cuadro 2). Una vez seleccionados los materiales, estos fueron distribuidos en capas y mezclados hasta llegar a una mezcla homogénea. Durante este proceso se agregó agua hasta alcanzar una humedad entre 50-60% estimado a través de la prueba de puño. Finalmente se apiló la mezcla en forma de surco que posteriormente se volteó dos veces diarias durante la primera semana y una vez por día en las siguientes semanas; esto con el propósito de mantener un nivel de oxígeno adecuado. Como método de monitoreo se realizaron controles de temperatura diarios (Figura 2). Se determinó el punto de cosecha del bocashi cuando este alcanzó la temperatura ambiente.

Cuadro 2. Porcentaje de carbono y nitrógeno y cantidad de materiales utilizados para la elaboración de 142 kg de bocashi.

Material	%C	%N	Cantidad
Estiércol de cerdo	29.5	1.8	20.4 kg
Estiércol de vaca	25.5	1.6	13.6 kg
Pulpa de café	49.6	3.1	59.0 kg
Aserrín	51.9	0.06	50.0 kg
Levadura	-	-	0.2 kg
Melaza	-	-	5.0 L
Agua	-	-	75.0 L
Aguas mieles	-	-	25.0 L
Total			142 kg

Fuente: Restrepo Rivera 2007.

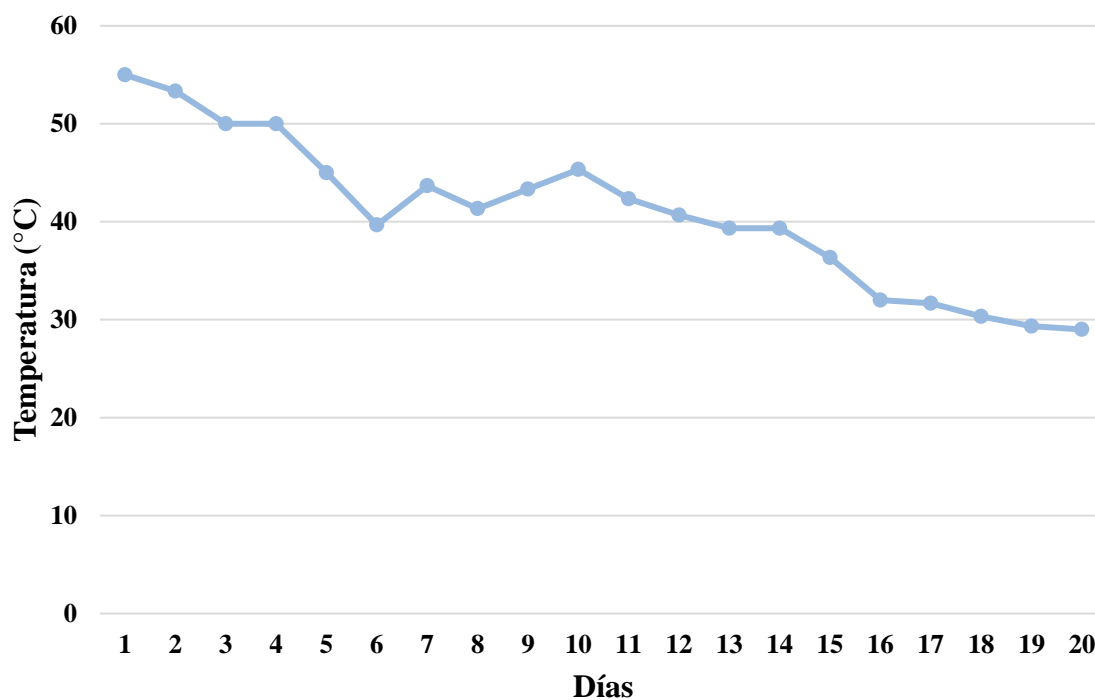


Figura 2. Niveles de temperatura alcanzados durante el ciclo de producción de bocashi a base de pulpa.

Evaluación de abonos en el cultivo de lechuga.

Tratamientos. El ensayo constó de cuatro tratamientos, compost y bocashi elaborados a base de pulpa de café y aguas mieles comparados con compost y bocashi normal. Estos fueron evaluados sobre dos cultivares de lechuga tipo hoja de roble, cv. Kristine y cv. Versai.

Muestras de cada tratamiento fueron enviadas al Laboratorio de Suelos de Zamorano para su análisis químico. Según los análisis el tratamiento compost pulpa obtuvo el mayor contenido de nitrógeno y el tratamiento bocashi normal presentó el mayor contenido en fósforo, potasio, calcio y magnesio. Los tratamientos compost normal y bocashi normal presentaron una menor C:N. En cuanto a pH, ambos tratamientos de compost obtuvieron resultados neutros, mientras que los tratamientos de bocashi obtuvieron resultados ligeramente alcalinos (Cuadro 3).

La aplicación de los abonos fue fraccionada en dos partes, previo al trasplante y 14 días después del trasplante. La primera aplicación se hizo mediante incorporación a razón de 1.3 kg/m² y la segunda aplicación fue hecha en bandas a razón de 0.4 kg/m² para luego ser incorporada cuidadosamente al suelo.

Cuadro 3. Resultado del análisis químico de compost y bocashi elaborados a base de pulpa de café y aguas mieles; y compost y bocashi normal.

Tratamiento	pH	g/100 g (%)						Relación
		MO	N	P	K	Ca	Mg	C:N
Bocashi normal	8.39	43.2	1.54	1.23	2.51	4.23	0.27	16.3
Compost normal	7.24	28.8	1.10	0.35	0.72	1.19	0.20	15.1
Bocashi pulpa	8.04	70.1	1.72	0.35	1.97	1.61	0.25	23.6
Compost pulpa	7.11	71.7	2.01	0.34	2.10	2.72	0.25	20.7

Fuente: Laboratorio de Suelos, Zamorano (2018).

Producción de plántulas. La producción de plántulas se llevó a cabo en la sección de plántulas de la Unidad de Ornamentales y Propagación de Zamorano. Las semillas se sembraron en bandejas de 162 celdas y se colocaron en una cámara de germinación a una temperatura de ambiente durante dos días. Posteriormente, se trasladaron a un invernadero donde permanecieron durante 24 días. Durante este tiempo fueron regadas y fertilizadas según los lineamientos establecidos por la unidad.

Establecimiento. Cinco días previos al trasplante se realizó la preparación de las camas, la división espacial de las unidades experimentales y la incorporación de los tratamientos asignados a cada unidad experimental. Previo al trasplante se regó el lote para mejorar las condiciones de humedad en el suelo. Al momento del trasplante se sembraron 30 plántulas por unidad experimental, con un distanciamiento de 25 cm entre plantas y 25 cm entre tres hileras con un arreglo a tresbolillo. Cada tratamiento constó con un área total de 80 m²,

distribuidos en cuatro bloques a lo largo del lote en 32 unidades de experimentales de 2.5 m² cada una.

Manejo. El control de malezas fue la principal actividad cultural, esta fue realizada a mano una vez por semana. El riego se limitó a los días sin precipitación o cuando el nivel de humedad en el suelo estaba por debajo de la capacidad de campo.

Variables medidas.

Mortalidad. Posterior al trasplante se realizaron conteos de individuos (plantas) por unidad experimental hasta el día de cosecha. Llevando un registro de las plantas faltantes bajo el criterio no considerar aquellas ausentes por haber sido utilizadas en toma de datos.

Peso fresco foliar y peso fresco radicular. Para evaluar este parámetro se comenzó a medir a partir del día 14 con un intervalo de siete días hasta llegar al día 35. Se tomó el peso foliar individual de cinco plantas seleccionadas al azar en cada unidad experimental. El peso fresco radicular fue tomado como el promedio de los sistemas radiculares de las plantas previamente seleccionadas.

Rendimiento. Para la evaluación final de los abonos sobre el cultivo de lechuga; se cosechó 35 días después de trasplante, cosechando cinco plantas por unidad experimental, posteriormente se pesó de manera individual cada lechuga correspondiente a cada tratamiento. El rendimiento se calculó utilizando una densidad de 80,000 plantas/ha.

Diseño experimental y Análisis estadístico.

Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) donde se evaluaron cuatro tratamientos con cuatro repeticiones sobre dos cultivares de lechuga, para un total de 16 unidades experimentales por cultivar. Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza (ANDEVA) y una separación de medias de Duncan con una probabilidad $P \leq 0.05$ usando el programa “Statistical Analysis System” (SAS versión 9.4[®]).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mortalidad. Los tratamientos evaluados no mostraron efecto sobre la mortalidad ($P>0.05$) (Cuadro 4). Las causas de mortalidad se podrían atribuir a factores externos como ser condiciones ambientales, problemas al trasplante o riego. Sumado a esto, las condiciones climáticas durante el experimento fueron favorables al contar con temperaturas dentro del rango (20-24 °C) recomendado para un correcto desarrollo de la lechuga durante su fase de crecimiento (Theodoracopoulos *et al.* 2008). Así mismo, las condiciones del lote donde fue establecido el experimento fueron favorables al contar con camas altas, sobre suelos bien drenados evitando condiciones de anegamiento. Esto es importante ya que el sistema radicular de la lechuga es sensible al exceso de humedad en el suelo.

No se observó diferencia entre los tratamientos en ambas variedades. Los porcentajes de mortalidad obtenidos fueron bajos, en promedio 1.2% para cv. Kristine y 1.8% para cv. Versai (Cuadro 4). Los resultados de baja mortalidad coinciden con los resultados obtenidos por Méndez Pineda y Chacón Tábora (2009) que no encontraron diferencias en mortalidad al aplicar diferentes dosis de compost en zapallo. De igual forma, Sevilla (2011) no encontró diferencias en mortalidad al evaluar bocashi y lombrihumus provenientes de distintas fuentes animales.

Cuadro 4. Mortalidad acumulada de lechuga –cv. Kristine y Versai- al día 35 después de trasplante (DDT) fertilizadas con compost y bocashi de pulpa y compost y bocashi normal.

Tratamiento	Cultivar	
	Kristine	Versai
Bocashi normal	1.3 ns	1.5 ns
Compost normal	1.3	1.5
Bocashi pulpa	1.6	1.8
Compost pulpa	0.5	2.3
Probabilidad	0.4	0.5
CV	78	52
R ²	0.343	0.591

ns: No hay diferencias ($P>0.05$)

Peso fresco foliar. Para el cultivar Kristine, no se observó efecto de los tratamientos sobre el peso foliar a los 14, 21 y 28 DDT; sin embargo, para el día 35 si hubo efecto de los tratamientos sobre la variable medida ($P\leq 0.05$) (Cuadro 5).

Cuadro 5. Peso fresco foliar (g) de lechuga –cv. Kristine- a los 14, 21, 28, 35 días después de trasplante (DDT) fertilizadas con compost y bocashi de pulpa y compost y bocashi normal.

Tratamiento	14 DDT	21 DDT	28 DDT	35 DDT
Bocashi normal	7.7 ns	61.8 ns	127.5 ns	246.7 ab
Compost normal	9.9	46.0	116.7	223.2 b
Bocashi pulpa	10.6	52.0	131.5	273.5 a
Compost pulpa	11.4	51.5	115.0	255.3 a
Probabilidad	0.180	0.162	0.754	0.003
CV	52	37	39	24
R ²	0.114	0.243	0.220	0.231

ns: No hay diferencias ($P > 0.05$)

§Medias con letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$)

A los 35 DDT los tratamientos con pulpa obtuvieron los mayores valores de peso fresco foliar (273.5g y 255.3g), el cual solo fue diferente al tratamiento compost normal (223.3g). Este fenómeno se puede atribuir a que los tratamientos con pulpa cuentan con niveles superiores de nitrógeno y de potasio (Cuadro 3). Por el contrario, el tratamiento compost normal cuenta con los valores inferiores de estos nutrientes (1.10% de N y 0.72% de K).

Rodríguez (1997), concluyó que el contenido de nitrógeno disponible aumenta en consecuencia de disminución de carbono oxidado a nitrato por las reacciones metabólicas de los microorganismos aeróbicos. Este comportamiento se pudo observar ya que los tratamientos con altos rango de relación carbono nitrógeno, aumentan su disponibilidad de nutrientes a medida el carbono está siendo consumido.

Los resultados obtenidos concuerdan con el estudio de Martínez y Garces (2010), en el cual se evaluaron diferentes aplicaciones de potasio sobre lechuga. El estudio evaluó parámetros de crecimiento como ser área foliar, en el cual obtuvo mayores valores al incrementar las dosis de potasio aplicadas.

La tasa de crecimiento de las hojas depende de la expansión de células jóvenes, que son producidas por la división celular en los tejidos meristemáticos. De este modo, el bajo suministro de nutrientes podría afectar la tasa de crecimiento foliar por la inhibición de la tasa de producción y expansión de nuevas hojas (Neumann 1997).

Para el cultivar Versai, no se mostró efectos de los tratamientos a los 14 y 21 DDT ($P > 0.05$) (Cuadro 6). Para el día 28, el tratamiento bocashi pulpa muestra mayor peso que el resto de los tratamientos (103.7 g), seguido por el tratamiento bocashi normal (82.8 g). Para el día 35 se encontró que ambos tratamientos con bocashi muestran mayor peso foliar que el tratamiento compost normal.

Cuadro 6. Peso fresco foliar (g) de lechuga –cv. Versai- a los 14, 21, 28, 35 días después de trasplante (DDT) fertilizadas con compost y bocashi de pulpa y compost y bocashi normal.

Tratamiento	14 DDT	21 DDT	28 DDT	35 DDT
Bocashi normal	10.7 ns	35.9 ns	82.8 b§	195.7 a
Compost normal	8.6	30.0	40.3 c	169.2 c
Bocashi pulpa	10.3	34.0	103.7 a	190.3 ab
Compost pulpa	10.4	35.4	52.5 c	173.0 bc
Probabilidad	0.15	0.29	0.0001	0.02
CV	32	27	25	25
R ²	0.166	0.248	0.721	0.143

ns: no hay diferencias ($P>0.05$)

§Medias con letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ($P\leq 0.05$)

El efecto de los tratamientos de bocashi sobre la variable se puede atribuir a las ventajas planteadas por Restrepo Rivera (2007) sobre la asimilación de los nutrientes al usar abonos fermentados como el bocashi. Por medio de la inoculación y reproducción de microorganismos nativos presentes en los suelos locales y levaduras, los materiales se transforman gradualmente en nutrientes de excelente calidad disponibles para las plantas y la propia retroalimentación de la actividad biológica. El crecimiento de las plantas es estimulado por una serie de fito/hormonas y fitoreguladores naturales que se activan a través de los abonos fermentados (Restrepo Rivera 2007).

El registro sobre peso foliar, para la misma semana, en la unidad de Olericultura Extensiva en Zamorano, mostro cifras para cultivar Kristine, de 227 g; y Versai, de 186 g. Realizando manejo orgánico, se obtuvieron cifras de peso foliar entre 223-273 g para cultivar Kristine y 195-169 g para Versai. Esto muestra la capacidad del cultivo con manejo orgánico, en lograr peso foliar similar a un cultivo con manejo convencional aplicado en Olericultura Extensiva.

En el cultivo orgánico se moviliza gran cantidad de compuestos mineralizados que se requieren para el crecimiento y fructificación de las plantas (Azofeifa y Moreira 2008). Mientras que, con el uso de fertilizantes sintéticos, al encontrarse en forma mineral, puede ocurrir una mayor pérdida de compuestos nitrogenados a través de su volatilización y lixiviación (Morón y Alayón 2014).

En la agricultura orgánica se observa durante la transición una reducción de la producción (desde 26 a 43%) comparada con la producción convencional, pero destaca en el tiempo una producción estable, debido a mejoras graduales en la fertilidad del suelo, como el aumento en la cantidad de materia orgánica, actividad microbiana y la disponibilidad de nutrientes.

Peso fresco radicular. Para el cultivar Kristine, los tratamientos tienen efecto sobre el peso fresco radicular durante los 35 días del experimento ($P \leq 0.05$). A partir del día 21 después del trasplante, se observa un patrón sobre el tratamiento bocashi pulpa, mostrando valores superiores que el resto de los tratamientos (Cuadro 7).

Cuadro 7. Peso fresco radicular (g) de lechuga –cv. Kristine- a los 14, 21, 28, 35 días después de trasplante (DDT) fertilizadas con compost y bocashi de pulpa y compost y bocashi normal.

Tratamiento	14 DDT	21 DDT	28 DDT	35 DDT
Bocashi normal	9.2 a§	16.2 b	27.0 b	36.2 c
Compost normal	5.5 b	17.0 b	23.7 c	36.4 c
Bocashi pulpa	9.0 a	20.0 a	30.0 a	43.9 a
Compost pulpa	8.7 a	16.5 b	23.0 c	39.5 b
Probabilidad	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
CV	33	10	12	10
R ²	0.474	0.477	0.577	0.630

ns: no hay diferencias ($P > 0.05$)

§Medias con letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$)

Para el cultivar Versai los tratamientos evaluados tuvieron efecto sobre el peso radicular durante los días 21, 28 y 35 ($P \leq 0.05$). El tratamiento bocashi pulpa muestra el mayor peso radicular, sobre el resto de tratamientos, a partir del día 21 (Cuadro 8).

Cuadro 8. Peso fresco radicular (g) de lechuga –cv. Versai- a los 14, 21, 28, 35 días después de trasplante (DDT) fertilizadas con compost y bocashi de pulpa y compost y bocashi normal.

Tratamiento	14 DDT	21 DDT	28 DDT	35 DDT
Bocashi normal	8.7 ns	16.0 b§	23.7 b	34.2 b
Compost normal	7.5	16.2 b	21.7 c	34.2 b
Bocashi pulpa	7.2	18.7 a	26.5 a	36.2 a
Compost pulpa	9.2	16.7 b	23.5 b	33.4 b
Probabilidad	0.15	0.0001	0.0001	0.0001
CV	39	12	10	10
R ²	0.171	0.386	0.424	0.350

ns: no hay diferencias ($P > 0.05$)

§Medias con letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$)

Esto concuerda con un estudio realizado en lechuga donde se determinó un mayor peso fresco radicular en tratamientos orgánicos y un menor peso radicular en tratamientos inorgánicos. Los autores atribuyen esta diferencia en los resultados al contenido de nutrientes de cada abono, donde los tratamientos con mayor contenido de nutrientes disponibles a lo largo del ciclo presentaban un menor peso fresco radicular (Tarigo *et al.* 2004).

Según el estudio por Aruani *et al.* (2008) en cultivo de lechuga, un compuesto orgánico con relación de C/N intermedia conduce a la inmovilización del N, en especial aquellos compuestos carbonados con una elevada proporción de lignina y celulosa, y muestra un aumento en rendimiento; como ser el caso de los tratamientos con pulpa de café (C/N= 23.6 y 20.7).

La relación C/N refleja el equilibrio dinámico de la actividad microbiana, los valores obtenidos para los tratamientos sin pulpa fueron de 16:1 y 15:1. Dichas relaciones son consideradas bajas (Foth 1985), produciéndose en consecuencia, una mineralización neta del nitrógeno.

El mayor peso fresco radicular de ambos cultivares fue obtenido por el bocashi pulpa. Este resultado puede ser atribuido a su alto contenido de materia orgánica (Cuadro 3), la cual pudo haber sido fuente de un mayor número y diversidad de microorganismos, siendo esta una característica notable en los abonos fermentados los cuales poseen un mayor contenido de microorganismos en comparación con abonos descompuestos como el compost. Esta característica del bocashi pulpa posiblemente mejoró las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo al aportar materia orgánica que favoreció el desarrollo radicular en las plantas de lechuga.

Rendimiento. Los tratamientos evaluados tuvieron efecto sobre el rendimiento para el cultivar Kristine ($P \leq 0.05$). Los mayores valores de rendimiento fueron obtenidos por los tratamientos bocashi y compost elaborados con pulpa de café (21,508 y 20,335 kg/ha). El tratamiento compost pulpa mostró el menor rendimiento (17,611 kg/ha) (Cuadro 9).

Para el cultivar Versai, se mostró un efecto de los tratamientos sobre el rendimiento ($P \leq 0.05$). En este caso, el tratamiento bocashi normal mostró el mayor rendimiento (15,437 kg/ha) en comparación con los tratamientos que se les aplicó compost (Cuadro 9).

Cuadro 9. Rendimiento (kg/ha) de lechuga –cv. Kristine y Versai- fertilizadas con compost y bocashi de pulpa y compost y bocashi normal.

Tratamiento	Cultivar	
	Kristine	Versai
Bocashi normal	19468 ab§	15437 a
Compost normal	17611 b	13395 b
Bocashi pulpa	21508 a	14952 ab
Compost pulpa	20335 a	13548 b
Probabilidad	0.0031	0.0193
CV	24	25
R ²	0.229	0.147

§Medias con letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas (P≤0.05)

Para el cultivar Kristine, se observaron los mayores valores de rendimiento para los tratamientos con pulpa de café. Según el análisis de los abonos se puede observar diferencia en cuanto al porcentaje de nitrógeno, obteniendo mayores valores para ambos tratamientos elaborados con pulpa de café (2.01% compost y 1.72% bocashi), sobre los tratamientos normales (1.10% compost y 1.54% bocashi).

En base al registro de peso foliar para la misma semana, en la unidad de Olericultura Extensiva en Zamorano, mostro cifras para cultivar Kristine, de 18160 kg/ha; y Versai, de 14880 kg/ha. Nuevamente se muestra la capacidad del cultivo con manejo orgánico, en lograr rendimientos similares a un cultivo con manejo convencional aplicado en Olericultura Extensiva.

4. CONCLUSIONES

- La aplicación de los abonos orgánicos no afectó la mortalidad de cv. Kristine y Versai.
- Los abonos orgánicos, elaborados a base de pulpa de café obtuvieron mayor peso fresco foliar y rendimiento para el cv. Kristine.
- Los tratamientos tipo bocashi obtuvieron mayores resultados en peso fresco foliar y rendimiento para el cv. Versai.
- El abono orgánico bocashi pulpa obtuvo mayor peso fresco radicular para ambos cv. Kristine y Versai.

5. RECOMENDACIONES

- Evaluar el efecto de dosis elevadas de abonos orgánicos en la mortalidad de lechuga.
- Efectuar un estudio probando diferentes cantidades de pulpa de café para mejorar el contenido de nutrientes.
- Realizar un estudio aplicando abonos orgánicos en cultivos de ciclo largo para determinar su efecto a largo plazo.
- Evaluar mezclas entre abonos orgánicos para ver si esto mejora la eficiencia de los mismos.
- Elaborar manuales de campo que faciliten la elaboración de estos abonos orgánicos por los pequeños productores del sector cafetalero.

6. LITERATURA CITADA

- Aruani MC, Gili P, Fernández L, González R, Reeb P, Sanchez E. 2008. Utilización del nitrógeno en diferentes manejos de fertilización en lechuga (*Lactuca sativa* L.) y su efecto sobre algunas variables biológicas del suelo, Neuquen - Argentina.
- Azofeifa A, Moreira M. 2008. Absorción y distribución de nutrimentos en plantas de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L. Cv. hot) en Alajuela, Costa Rica: Agronomía Costarricense.
- Cabrera P. 2011. Colección buenas prácticas: Aboneras tipo bocashi. Vol 1. FAO. Programa Extraordinario de Apoyo a la Seguridad Alimentaria y Nutricional. Serviprensa. 13 p.
- Diaz MG, Flores EJ, Montalbán ZR. 2015. Efecto de los abonos orgánicos a base de pulpa de café, compost, gallinaza en plántulas de café (*Coffea arabica*) en la finca "El bosque" Comunidad Buena Vista, Municipio de San Juan del Rio Coco, departamento de Madriz, octubre 2012-julio 2013: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN-León.
- Estrada Martínez ME, Encalada Pardo NL. 2017. Producción de banano orgánico, una experiencia exitosa en La sabana del Cantón Pasaje, Provincia El Oro, Ecuador. Revista Científica Agro ecosistemas.
- Flórez J. 2009. Agricultura ecológica. Manual y guía didáctica. [Madrid, España]: Mundi-Prensa Libros S.A. ISBN: 9788484763147.
- Foth H. 1985. Fundamentos de la Ciencia del Suelo. 3ª ed. México: Compañía Editorial Continental.
- Hernández OA, Ojeda DL, López JC, Arras AM. 2010. Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Tecnociencia Chihuahua. Vol 3. 1-6 p.
- Martínez FE, Garces GA. 2010. Crecimiento y producción de lechuga (*Lactuca sativa* L. var. romana) bajo diferentes niveles de potasio. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. Vol 4. 185-198 p.

- Méndez Pineda JC, Chacón Tábora CA. 2009. Evaluación de tres dosis de fertilización con abono orgánico y sintético en la producción de zapallo (*Cucurbita pepo*), Zamorano, Honduras [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras. 24 p.
- Morcillo G, Portela I. 2010. Biología básica. Madrid: Sanz y Torres. XIII, 277. ISBN: 978-84-92948-31-4.
- Morón A, Alayón JA. 2014. Productividad del cultivo de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) con manejo orgánico o convencional en Calakmul, Campeche, México. Avances en Investigación Agropecuaria. 18(3): 35-40.
- Neumann P. 1997. Salinity resistance and plant growth revisited. Plant, Cell & Environment. 20(9): 1193-1198.
- Pineda JA. 2006. Lombricultura. Tegucigalpa: Instituto Hondureño del Café. 38 p.
- Restrepo Rivera J. 2007. El ABC de la agricultura orgánica y harina de rocas. 1ª ed. Managua: SIMAS. 262 p.
- Rodriguez JC. 1997. Balance de la relación carbono-nitrógeno para una óptima descomposición aeróbica de la bora (*Eichhomia crassipes* (Mart.) Solms) en abono orgánico. Saber. 9(1).
- Rolz C. 2014. Café: beneficios y riesgos en su consumo. Revista de la Unidad del Valle de Guatemala. 29: 9–13.
- Sevilla Mendoza MV. 2011. Rendimiento de lechuga utilizando lombrihumus de estiércol de vaca, cabra y cerdo. Zamorano, Honduras [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras. 19 p.
- Tarigo A, Repetto C, Acosta D. 2004. Evaluación agronómica de biofertilizantes en la producción de lechuga (*Lactuca sativa*) a campo. Montevideo, Uruguay. Universidad De La Republica.
- Theodoracopoulos M, Lardizabal R, Arias S. 2008. Producción de lechuga: Manual de producción. SERBIULA (Sistema Librum 2.0). 35 p.
- Torres C. 2012. Uso de pulpa de café en la elaboración de abonos para incrementar la productividad de café. Peru: Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana.