



Abanico Boletín Técnico. Enero-diciembre, 2026. 5:1-16. Clave: e2025-55.

Artículo Original. Recibido:11/08/2025. Aceptado:24/03/2026. Publicado: 20/04/2026.

<https://doi.org/10.21929/abanicoboletin/2026.7>

Dinámica de las propiedades fisicoquímicas de lombricomposta de estiércol de ovino combinado con forrajes

Dynamics of the physical-chemical properties of vermicompost from ovine manure combined with forage

Bañuelos-Valenzuela Rómulo*¹ ID, Meza-López Carlos**¹ ID, Echavarría-Chairez Francisco² ID, Delgadillo-Ruiz Lucía³ ID



¹Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Carretera Panamericana Zacatecas-Fresnillo, Km 31.5 Calera de Víctor Rosales, Zacatecas, México. CP. 98500

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo experimental Zacatecas, México. CP. 98500 Calera de Víctor Rosales, Zacatecas, México. ³Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Ciencias Biológicas. Avenida Preparatoria s/n colonia Hidráulica, CP. 98068, Zacatecas, Zacatecas, México. *Autor responsable: Rómulo Bañuelos-Valenzuela **Autor de correspondencia Carlos Meza-López. e-mail: apozolero@hotmail.com, carmezlop@yahoo.com.mx, fechava1@yahoo.com, luciadelgadillo@uaz.edu.mx

RESUMEN

Se evaluaron propiedades fisicoquímicas de lombricompostas producidas por la lombriz "roja californiana" (*Eisenia foetida*) a partir de estiércol ovino y tres tipos de forrajes (frijol, maíz, alfalfa), para describir su dinámica. Se utilizó un kilogramo de mezcla de material por unidad experimental, densidad de siembra 150 lombrices por recipiente; el riego se realizó cada tres días, periodo de adaptación un mes, se hicieron cuatro muestreos (30, 45, 60 y 90 días), con tres repeticiones. Las propiedades determinadas fueron: interacción del pH con el tiempo, la conductividad eléctrica (CE), determinación del nitrógeno, fósforo y potasio, porcentajes de la materia orgánica y relación carbono:nitrógeno. El contenido de fósforo y potasio del producto final en las lombricompostas disminuyó, sin embargo, otras sales se incrementaron (Ca, Na, Cl, HCO₃, SO₄, Mg), se corroboró con valores del contenido de ceniza y CE, que fueron diferentes ($p < 0.05$). Con lo cual se concluye que la mejor lombricomposta fue la que integró los 3 forrajes y la mayor acumulación de sodio y carbonatos en el tratamiento con residuos de frijol y el menor aporte de materia orgánica.

Palabras clave: abonos orgánicos, *Eisenia foetida*, lombricomposta, residuos sólidos orgánicos.

ABSTRACT

The physicochemical properties of vermicompost produced by the "red Californian" (*Eisenia foetida*) worm from sheep manure and three types of forage (bean, corn, alfalfa) were evaluated to describe its dynamics. One kilogram of material mix was used per experimental unit, with a planting density of 150 worms per container. Watering was done every 3 days, with an adaptation period of one month. Four samplings were conducted (at 30, 45, 60, and 90 days), with three repetitions. The properties evaluated included the interaction of pH over time ($p < 0.05$), starting as alkaline and trending towards acidity. The opposite occurred with electrical conductivity (EC), which showed an increase in values as the study progressed. Nitrogen increased, and the percentage of organic matter decreased, leading to a reduction in the carbon ratio. The phosphorus and potassium content in the final vermicompost decreased; however, other salts (Ca, Na, Cl, HCO₃, SO₄, Mg), were corroborated with values of ash and EC, which were different ($p < 0.05$). With this, it is concluded that the best vermicompost was the one that integrated the 3 forages and the highest accumulation of sodium and carbonates in the treatment with bean residues and the lowest contribution of organic matter.



HCO₃, SO₄, Mg) increased. This was corroborated by ash content and EC values, which were different ($p < 0.05$). The best vermicompost was the one that integrated all three forages, while the highest accumulation of sodium and carbonates occurred in the treatment with bean residues, and the lowest contribution of organic matter was observed.

Keyword: organic fertilizers, *Eisenia foetida*, vermicompost, organic solid waste.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la urbanización y el aumento constante de la población humana ha dado como resultado la generación de una gran cantidad de desechos. Estas corrientes de desechos han llevado a una serie de desafíos ambientales, sociales y económicos especialmente en los países en desarrollo ([Onwosi et al., 2017](#)).

Algunos de los problemas más importantes que enfrenta la agricultura en general son la erosión y la pérdida de fertilidad de los suelos. Tradicionalmente, los residuos sólidos orgánicos (RSO) han sido incorporados a los suelos agrícolas para aumentar el contenido de materia orgánica y como fuente de nitrógeno para los cultivos. Sin embargo, frecuentemente esta aplicación no es realizada en forma adecuada, de acuerdo a las características del suelo o al estado de descomposición de los residuos orgánicos, lo que puede provocar una serie de daños en la salud del ecosistema, como la salinización de los suelos, la lixiviación de sustancias fitotóxicas y el escurrimiento de nitratos y fosfatos a mantos acuíferos y a cuerpos de agua superficiales, la degradación del suelo y la consecuente reducción en la capacidad para proveer alimento para una población creciente, es un tema crítico cuando se considera la seguridad alimentaria del país ([Hernández-Rodríguez et al., 2010](#)).

Generalmente los RSO son considerados un problema para el productor, ya que se desconocen alternativas para poderles dar un uso apropiado. En algunos casos, su manejo inadecuado y la falta de conciencia ambiental generan problemas de contaminación. El aprovechamiento de estos residuos orgánicos cobra cada día mayor interés como medio eficiente de reciclaje racional de nutrimentos, que ayuda al crecimiento de las plantas y devuelven al suelo muchos de los elementos extraídos durante el proceso productivo ([Ramos & Terry, 2014](#)).

El tratamiento de los RSO se ha convertido en una pieza clave dentro de la búsqueda de alternativas contra el severo impacto ambiental, social y económico. Una de las prácticas más utilizadas y considerada como biotecnología, es la vermicultura, ya que ayuda a disminuir los excedentes de residuos orgánicos del planeta, al combinar la acción de lombrices y microorganismos que aceleran la descomposición de la materia orgánica, lo que genera diferentes clases de usos, uno de los más conocidos es la lombricomposta, utilizada como abono orgánico, que cuenta con beneficios para el cultivo de cualquier planta ([González, 2013](#)). Desde el comienzo de la revolución verde, fertilizantes



químicos, pesticidas y herbicidas se han aplicado ampliamente para aumentar la productividad de los suelos debido a la creciente demanda de cultivos alimentarios. Los fertilizantes químicos aumentan el rendimiento del cultivo porque las plantas utilizan estos nutrientes proporcionados directa o indirectamente por estos fertilizantes inorgánicos, pero el uso continuo e integral de fertilizantes químicos imparte diversos efectos indeseables en el ecosistema agrícola, como la degradación del suelo, la pérdida de la genética de los cultivos y la diversidad microbiana, la contaminación del agua subterránea y la contaminación de la atmósfera (Maji *et al.*, 2016). En México, en sus 196 millones de hectáreas, existen amplias extensiones que presentan severos daños. Los suelos están degradados en un 64%, principalmente por erosión hídrica y eólica, pero sufren también pérdida de nutrimentos, materia orgánica y organismos microscópicos del suelo, así como compactación, acidificación y otros procesos (Hernández-Rodríguez *et al.*, 2010). La lombricultura es una tecnología agraria que consiste en transformar todo tipo de residuos orgánicos por medio de la cría intensiva de lombrices, obteniéndose un fertilizante biorgánico (lombricomposta) de alto valor agronómico, es un proceso de descomposición natural, similar al composteo termofílico, pero en éste, el material orgánico además de ser atacado por los microorganismos (hongos, bacterias, actinomicetos, levaduras, etc.) existentes en el medio natural, también lo es por el complejo sistema digestivo de la lombriz (Delgado *et al.*, 2004). La lombricomposta es un mejorador de suelos, alto en nitrógeno, potasio, fósforo y magnesio, cuyas propiedades han sido estudiadas extensamente (Ruiz *et al.*, 2013). La práctica del lombricompostaje se considera una herramienta de reciclaje importante de los RSO, ya que grandes cantidades de lombricomposta se utilizan con frecuencia en la agricultura para cumplir con los requisitos de N de los cultivos y para la adición de materia orgánica (John *et al.*, 2011). Se presenta como la mejor alternativa para reciclar RSO de diversas fuentes, lo que incluye residuos de cocina, hasta lodos residuales de grandes ciudades; transformándolos en un abono de calidad, que brinda al cultivo elementos nutritivos más solubles y disponibles que el material que le dio origen y además, se genera una biomasa animal de alto valor proteico que puede ser utilizada tanto en la alimentación animal como humana (Polo *et al.*, 2012). El presente estudio tuvo como objetivo evaluar los cambios en las características fisicoquímicas de la lombricomposta obtenida a partir de estiércol de ovinos, por medio de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*).

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en la Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Zacatecas, ubicada a 22° 58' de latitud norte y 102° 30' de longitud oeste, presenta clima seco y semiseco cuya altitud sobre el nivel medio del mar es de aproximadamente 2,150 m. La zona tiene una precipitación pluvial y temperatura promedio anual que oscila entre los 400 y 500 mm y 17°C respectivamente (INEGI, 2021).



El ensayo se realizó dentro de una construcción totalmente protegida, techada y cerrada con malla metálica.

Se utilizó estiércol de ovinos por ser ampliamente disponible en el estado y cuyo inventario ha ido en aumento con el tiempo, además de que es una fuente importante de nutrimentos para los cultivos. Como complemento y fuente de material vegetativo se utilizó alfalfa, paja de frijol y rastrojo de maíz, los cuales, al combinarse, actuaron como sustratos para la alimentación de lombrices y contribuir a generar la lombricomposta. Los ejemplares de *Eisenia foétida* se obtuvieron de una explotación de lombricultura ubicada en el municipio de Panuco, Zacatecas. El estiércol ovino y la materia orgánica seleccionada se sometieron a un proceso de pre-compostaje por el método de pila o montón, aplicándoles riegos y volteos periódicos para permitir la estabilización de temperatura y pH, además de su aireación y la disminución de humedad. Se utilizaron cuatro tratamientos cuya base común fue el estiércol ovino, el cual fue combinado con material vegetal de los cultivos de alfalfa, paja de maíz, y paja de frijol, los cuales se mezclaron en las siguientes proporciones: 60% estiércol ovino + 40% alfalfa (EOA), 60% estiércol ovino + 40% paja de frijol (EOF), 60% estiércol ovino + 40% rastrojo de maíz (EOM) y 61% estiércol ovino + 13% alfalfa + 13% paja de frijol + 13% rastrojo de maíz (61:13:13:13) (EOAFM). Se utilizaron recipientes de plástico de 55 cm de largo, 36 cm de base y 25 cm de lado en los cuales se inoculó 1kg del tratamiento correspondiente. Se usó la lombriz *Eisenia foétida* también llamada “roja californiana” la cual se colocó con una densidad de siembra de 150 lombrices por recipiente. Las lombrices utilizadas fueron individuos maduros y desarrollados, que presentaron la estructura tegumentaria glandular formada. Se realizó una aplicación de agua a la mezcla sólida o composta cada 3 días para mantener la humedad de los criaderos; el periodo de adaptación fue de un mes, se inició el 06 de junio, posteriormente se realizaron muestreos del material sólido-líquido, se colectaron muestras a los 30, 45, 60 y 90 días de iniciados el desarrollo del compostaje. De cada muestra se obtuvieron tres repeticiones (Polo *et al.*, 2012).

A las muestras líquido-sólidas obtenidas a los 30, 45, 60 y 90 días de iniciado el estudio se les realizaron mediciones de pH, conductividad eléctrica (CE), nitrógeno amoniacal, fósforo, así como de los cationes potasio, calcio, magnesio y sodio y los aniones bicarbonato, cloruro y sulfato. A la porción sólida de la lombricomposta se realizaron determinaciones de densidad aparente, cenizas y materia orgánica (MO), y estimaciones del carbono orgánico ($CO=MO/1.724$) y la relación C/N ($CO/\%N$). También se estimaron valores de porosidad mediante la fórmula:



$$P = 1 - \frac{da}{dr} \quad (100) \quad (\text{ec } 1)$$

Donde:

P= porosidad

da= densidad aparente

dr= densidad real (2.65 gr/cm³)

Los datos obtenidos de cada determinación fueron analizados mediante un análisis de medidas repetidas. Las pruebas de medias se realizaron mediante la prueba de LSD del SAS (SAS, 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se presentan los valores medios de determinaciones de pH y nutrientes mayores de cuatro variantes de lombricomposta. Los valores de pH medidos presentan diferencias entre ellos y en su comportamiento en la interacción con el tiempo (Figura 1, $p < 0.05$). Las lombricompostas con solo un sustrato adicionado al estiércol de ovino (EOA, EOF y EOM), se comportaron de manera semejante a través del tiempo (Figura 1), con valores de pH alto al inicio del proceso de lombricomposteo y con tendencia a disminuir de valor al final del estudio, con valores promedio de 8.5 a 7.5. En cambio, el tratamiento EOAFM, el cual incluyó la combinación de tres sustratos más el estiércol de ovino, mantuvo valores cercanos a la neutralidad (7.4 a 7.5), al inicio y al final del estudio. La producción de una lombricomposta que inicia en una condición cercana a la neutralidad produce un ambiente más favorable para la lombriz y la posibilidad de iniciar la mineralización desde las etapas iniciales de composteo.

Cuadro 1. Valores medios de pH, y elementos mayores de uso agrícola en la porción sólida de lombricomposta de cuatro variantes de sustratos y estiércol de ovino

Tratamiento	pH	CE (ds/m)	Nitrógeno (%)	Fósforo	Potasio (%)
EOA	6.8±0.036 ^{ab*}	9.9±0.25 ^a	6.48±0.48 ^{ab}	0.0341±0.0015 ^a	0.081±0.00567 ^a
EOF	6.72±0.43 ^b	8.8±0.34 ^b	6.01±0.36 ^b	0.0288±0.0016 ^b	0.057±0.00511 ^b
EOM	6.68±0.039 ^{bc}	8.6±0.29 ^b	6.85±0.41 ^{ab}	0.0285±0.0015 ^b	0.038±0.0053 ^{bc}
EOAFM	6.9±0.049 ^a	9.4±0.46 ^{ab}	7.44±0.33 ^a	0.0295±0.0017 ^b	0.0333±0.0048 ^{bc}

* Valores de medias con letras distintas en la misma columna son diferentes estadísticamente ($p < 0.05$). EOA: 60% estiércol ovino + 40% alfalfa; EOF: 60% estiércol ovino + 40% paja de frijol; EOM: 60% estiércol ovino + 40% rastrojo de maíz; EOAFM: 61% estiércol ovino + 13% alfalfa + 13% paja de frijol + 13% rastrojo de maíz.



El comportamiento de los valores de pH está asociado al material o mezcla de materiales que constituyen la composta, por lo que el pH es un buen indicador del proceso, ya que suele seguir una secuencia regular (Acosta-Durán *et al.*, 2013).

Los cambios observados en los valores del pH a través del tiempo y según la etapa de maduración de la materia en descomposición, mostraron una tendencia a disminuir a medida que el material maduraba y se estabiliza; los primeros tres tratamientos presentaron valores ligeramente alcalinos durante la primera fecha; posteriormente conforme paso el tiempo, se observó una tendencia hacia la neutralidad. Al finalizar el ensayo los valores oscilaron entre 6.2 a 6.6, el valor más bajo fue en el tratamiento EDM, que presentó una caída pronunciada hacia valores de pH ácidos a lo largo del periodo evaluado; el comportamiento de este tratamiento se asocia a una transformación más lenta, lo que favorece la producción de humus. En cambio, los otros 3 tratamientos registraron un pH que favorece la mineralización y, por consiguiente, la disponibilidad de nutrientes y evita la formación de complejos químicos insolubles dentro de la lombricomposta (Polo *et al.*, 2012).

La caída en los valores de pH del tratamiento EDM, puede ser explicada por la formación de dióxido de carbono y ácidos orgánicos que fueron producidos por microorganismos en el proceso de degradación, y pueden estar relacionados con los elementos que constituyen el sustrato (Malińska *et al.*, 2017).

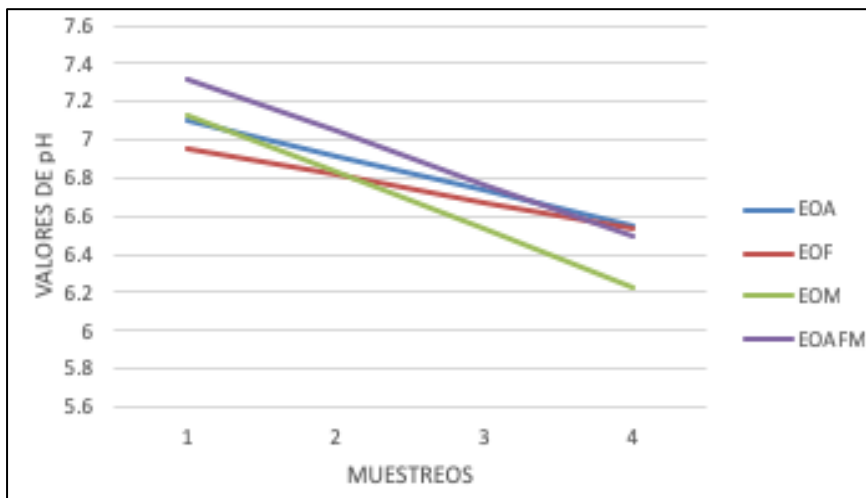


Figura 1. Valores del pH en cuatro lombricompostas a través del periodo de estudio



En lo referente al contenido de nitrógeno (Cuadro 1), éste se incrementó paulatinamente desde la fecha de inicio del estudio (Figura 2) en sus valores de nitrógeno amoniacal; en este aspecto, fue el tratamiento que incluye tres diferentes materiales vegetativos (EOAFM), el que acumuló una cantidad mayor de Nitrógeno amoniacal, lo que produjo diferencias a través del tiempo ($p < 0.05$), respecto de los demás tratamientos (Figura 2).

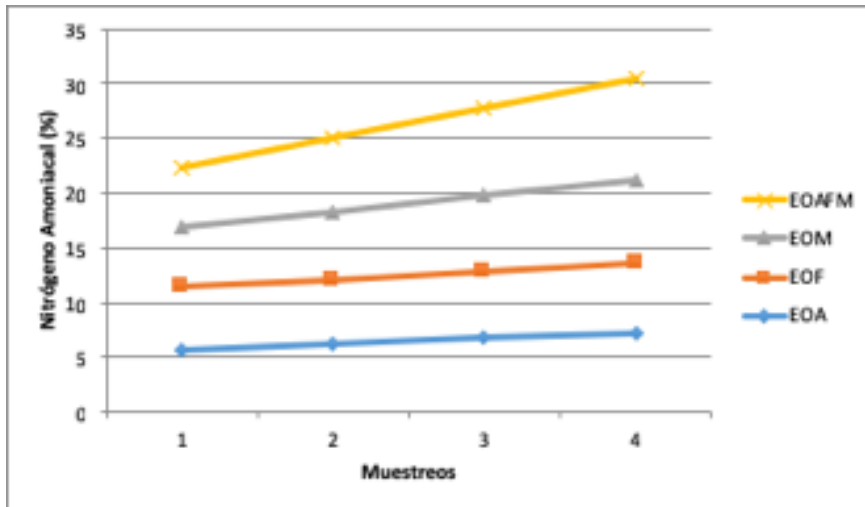


Figura 2. Valores del Nitrógeno Amoniacal de las cuatro lombricompostas durante el periodo de estudio

En particular, la composta que presentó un mayor incremento de nitrógeno amoniacal fue en donde se mantuvo el pH estable y con ligera tendencia hacia la acidez (EOAFM). En cambio, en los otros tres tratamientos, los valores de nitrógeno amoniacal aumentaron más lentamente en la medida que se incrementó la acidez, y esto reduce la velocidad de mineralización. Asociado al incremento de nitrógeno en condiciones de pH cercano a la neutralidad, se presentan los valores de los porcentajes de la materia orgánica (Cuadro 2), los que revelan un decremento continuo hasta el final del experimento como se refleja en la Figura 3 y que presentan diferencias ($p < 0.05$), aunque la tasa de disminución es la misma en los tratamientos EOA, EOM y EOAFM y la tasa menor es la del EOF.

Al estimar los valores de la relación C:N de los tratamientos, estos disminuyeron través del periodo estudiado, lo que corresponde con el incremento de nitrógeno observado y la disminución de carbono orgánico (CO). La pérdida de CO en forma gaseosa, al ser superior a la del nitrógeno, provoca una reducción en el cociente de la relación C:N a lo largo del proceso, por lo que se observaron valores bajos a medida que aumenta el grado de descomposición. Las tasas de disminución, sin embargo, son similares en los primeros tres tratamientos, no así en el EOAFM, que muestra valores aún menores, sin llegar a



ser diferentes ($p>0.05$). Sin embargo, este comportamiento indica que EOAFM alcanzó una estabilidad con mayor rapidez.

Cuadro 2. Valores medios materia orgánica, cenizas y densidad aparente en la porción sólida de lombricomposta de cuatro variantes de sustratos y estiércol de ovino

Tratamiento	Densidad Aparente (g/mL)	Cenizas (%)	Materia Orgánica (%)	Carbono Orgánico (%)	Relación C:N
EOA	0.46±0.044 ^{a*}	30.8±1.88 ^{bc}	69.1±1.88 ^a	40.1±1.09 ^a	6.5±1.74 ^a
EOF	0.47±0.055 ^a	37.3±0.89 ^a	62.6±0.89 ^{bc}	36.3±0.52 ^{bc}	6.7±2.32 ^a
EOM	0.44±0.044 ^a	30.6±1.57 ^{bc}	69.3±1.5 ^a	40.2±0.91 ^a	6.9±2.35 ^a
EOAFM	0.47±0.05 ^a	32.9±2.02 ^b	67.0±2.02 ^b	38.9±1.17 ^b	5.7±2.28 ^a

* Valores de medias con letras distintas en la misma columna son diferentes estadísticamente ($p<0.05$)
EOA: 60% estiércol ovino + 40% alfalfa; EOF: 60% estiércol ovino + 40% paja de frijol; EOM: 60% estiércol ovino + 40% rastrojo de maíz; EOAFM: 61% estiércol ovino + 13% alfalfa + 13% paja de frijol + 13% rastrojo de maíz.

Durante el proceso de lombricompostaje, una fracción de la materia orgánica contenida en los residuos se mineraliza, por lo que los valores de carbono orgánico total, y, por consiguiente, la relación C:N se reducen de forma notable ([Gómez-Brandón et al., 2010](#)). Esto mismo se observó en el ensayo, la relación C:N que inició en valores bajos y se redujo aún más, lo que indudablemente es una de las ventajas que presenta el humus de lombriz. [Durán & Henríquez \(2007\)](#) mencionan que relaciones entre 10 y 15 de C:N, indican que la composta está debidamente estabilizada. En cuanto a la determinación de N, los valores obtenidos fueron mayores al final del estudio. Este incremento está relacionado con la mineralización de la materia orgánica, la cual, al transformarse, incrementa el contenido total de N, lo que corresponde a las condiciones observadas en el sistema de lombricompostaje ([Castillo et al., 2010](#)). El aumento en los niveles de N en el producto final no solo se debe a la mineralización de los residuos por parte de las lombrices; también participan las cantidades de N excretadas por estos anélidos con sus secreciones, mucus, fluidos corporales, enzimas y por la descomposición de los tejidos de las lombrices que mueren durante el proceso de lombricompostaje ([Polo et al., 2012](#)).

En este proceso de mineralización también influye la disminución del pH, al favorecer la mineralización a amonio y después a nitratos ([David-Santoya et al., 2018](#)). Lo anterior se corrobora al observar la disminución gradual de la materia en los cuatro tratamientos. Como es de esperarse, la materia orgánica (MO) debe ir descendiendo debido a la acción de las lombrices y microorganismos que actúan sobre esta, por lo que, el porcentaje de MO muestra una disminución en los valores que oscilaron entre 62%–70% (Figura 3). Esta disminución en el contenido de MO al final del proceso está asociada a la mineralización



de los residuos orgánicos por parte de la lombriz y los microorganismos presentes en el medio (Polo *et al.*, 2012). Las diferencias ($p < 0.05$) exhiben al EOF como el de menor contenido inicial y el que, al final del estudio mantiene los valores más bajos de MO. En este caso la paja de frijol añadida resultó fácilmente degradada por ser una leguminosa y su bajo contenido de lignina. Por el contrario, EOM mantuvo una degradación menor por ser el rastrojo de maíz un material con mayor contenido de lignina, celulosa y polisacáridos. Es deseable que exista la mineralización, pero también es deseable mantener valores altos de MO para aumentar un efecto de residualidad en el suelo, lo que asegura disponer de sus cualidades físicas y químicas por mayor tiempo, como lo muestran los tratamientos EOA, EOM y EOAFM, respectivamente.

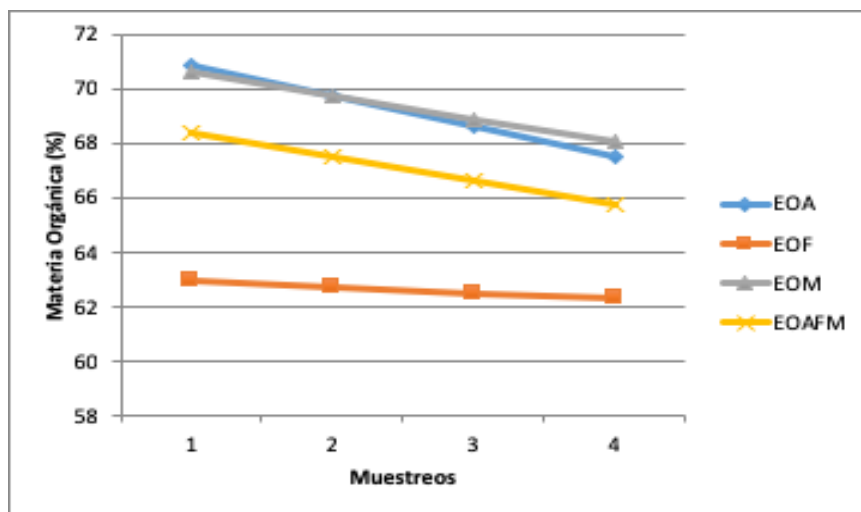


Figura 3. Variación de valores de porcentajes de materia orgánica, en cuatro lombricompostas durante 4 muestreos

Existe también una correspondencia con el contenido de Carbono orgánico, el que muestra diferencias ($p < 0.05$), y mantiene el mismo patrón de disminución que la MO, por ser parte de esta. La disminución en la concentración final de carbón orgánico total, mostró valores similares (40%) en la primera fecha; excepto el EOF que inició con valores de 36% y presentó poca variación al final del estudio. El decrecimiento sugiere la mineralización parcial de una fracción de C orgánico a medida que el proceso de compostaje avanza o la volatilización en forma de CO_2 (Castillo *et al.*, 2010). De acuerdo con John *et al.*, (2011), la respiración microbiana puede conducir a una rápida pérdida de carbono a través de la producción de CO_2 y también la digestión de carbohidratos, lignina, celulosa y otros polisacáridos de los sustratos por las lombrices inoculadas pueden causar la reducción de carbono durante la descomposición de los desechos orgánicos.

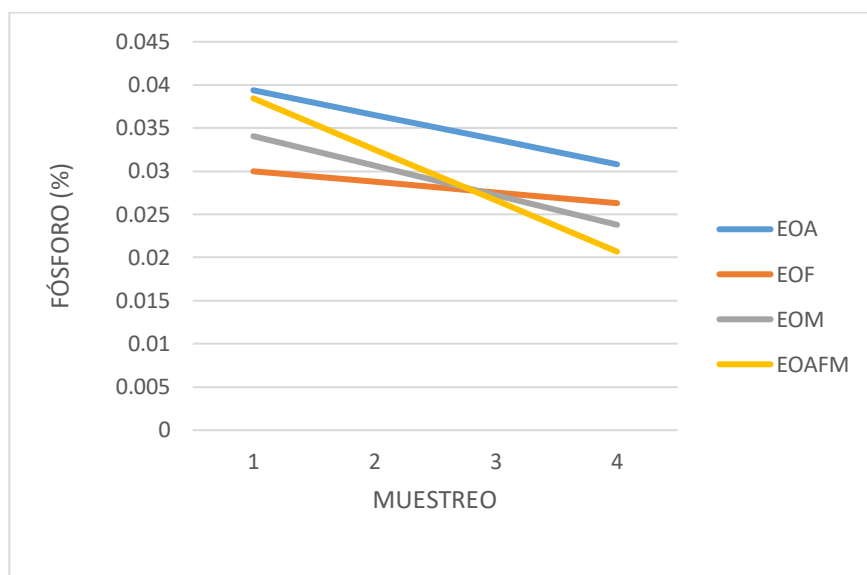


Figura 4. Valores del contenido de Fósforo en cuatro lombricompostas durante cuatro muestreos

En lo referente al Fósforo presente en las lombricompostas estudiadas, se presentó un descenso en las concentraciones de fósforo disponible (P_2O_5) en las cuatro lombricompostas (Figura 4), mantuvo valores altos el EOA ($p > 0.05$). En todos los casos, la disminución de minerales como el fósforo, se explica en la posible fijación de fósforo y una disminución del fósforo disponible. El contenido de fósforo del producto final de la lombricomposta fue más bajo que el encontrado por [Castillo et al. \(2000\)](#) los cuales encontraron valores en % que van de 0.027, 0.028, 0.029 hasta 0.032, así mismo [Castillo et al. \(2010\)](#) mencionan que el incremento del contenido de fósforo (P) se debe al hecho de que las lombrices ingieren grandes cantidades de P con materia orgánica, que es digerida por el intestino y acentuada por actividad microbiana significativa, lo que resulta en un alto contenido de P en lo que se excreta. En lo que respecta a conductividad eléctrica (CE) y Cenizas, los valores de CE en el extracto líquido de la lombricomposta se presentan en el Cuadro 1, cuyos valores tienden a incrementarse a través del estudio y cuyos tratamientos presentan diferencias en su interacción con el tiempo ($p < 0.05$), lo muestra una de las características indeseables en el uso de las lombricompostas, que es el incremento del contenido de sales. Los valores encontrados son ligeramente altos al rebasar valores de 4 ds/m, establecido como valor bajo en términos de uso agronómico ([NMX-FF-109-SCFI-2007](#)).



Figura 5. Valores de Conductividad Eléctrica en el extracto de saturación de lombricomposta a través del tiempo de estudio

Otro aspecto no deseable es la acumulación de Calcio, Sodio, Cloro y Sulfatos, así como la disminución en valores de potasio, que son de mayor importancia en el uso agrícola. La Figura 5, que presenta los valores promedio generados por el modelo de medidas repetidas, muestra que al final del estudio, todos los tratamientos producen valores muy parecidos, lo que indica que la acumulación de sales puede ser una característica común de los tratamientos estudiados. La determinación del porcentaje de Cenizas genera valores crecientes y diferentes entre los tratamientos (Cuadro 2, $p < 0.05$). Sin embargo, de acuerdo a el impacto que las sales presentan en el uso agrícola, se usa aquí como criterio de selección del o los tratamientos que favorezcan el desarrollo de cultivos a partir del sustrato agregado al estiércol de ovino. En lo referente al contenido de potasio, se presentó un decremento gradual en todos los tratamientos ($p < 0.05$, Cuadro 1). A diferencia de lo que mencionan otros (Lalander *et al.*, 2015) quienes indican que las concentraciones de potasio se incrementan durante el proceso de lombricompostaje, en este caso se observa que el continuo lavado generó una disminución, y fueron el EOM y EOAFM los que disminuyeron más rápidamente.

Se presentó una acumulación de Calcio en los cuatro tratamientos ($p < 0.05$). El incremento del contenido de calcio presente en EOAFM se asocia a la disminución de fósforo disponible, lo que favorece la fijación de este (Sanguino, 1961) el cual no pudo



ser detectado por la prueba realizada, la cual mide Fósforo disponible (P_2O_5). Asimismo, el calcio también se asocia con bicarbonatos que tienden a incrementarse en este estudio. También se presentó una acumulación diferente de cloro en los tratamientos ($p < 0.05$). En este caso la acumulación de cloro puede considerarse adversa para el posible uso de los tratamientos de lombricomposta aquí evaluados y su uso en suelos agrícolas. En cuanto al contenido de sulfatos, se observó un incremento en el EOA, EOF y EOM ($p < 0.05$), a diferencia del EOAFM, que disminuyó. Otra disminución importante observada es en el contenido de sodio en el EOA y EOF ($p < 0.05$); en cambio el EOM y EOAFM mantuvieron sus valores a través del tiempo estudiado ($p < 0.05$), aunque sin incrementarse. El contenido de sodio es de importancia dada su tendencia a adherirse firmemente a la arcilla del suelo, por lo que, la mejor opción de producción de lombricompostas, es aquella que contiene los menores valores de sodio. En este caso, el EOA es la opción que aportó los valores más bajos de sodio, seguido de EOF. Los otros dos tratamientos (EOM y EOAFM) no disminuyeron en sus valores, aunque solo se mantuvieron casi constantes.

Los contenidos de elementos mayores y sales en lombricompostas aquí estudiados muestran que el mayor aporte de Nitrógeno se presenta en el EOAFM posiblemente asociado a una mineralización más rápida que los demás tratamientos, y relacionada con cambios en el pH. Sin embargo, por aporte de Fósforo y Potasio sobresale el EOA, aunque todos los tratamientos tendieron a perder ambos elementos. En cuanto a sales con efectos adversos al suelo donde se aplicaron las lombricompostas estudiadas, el EOF mantuvo los valores más altos de sodio, seguido del EOA. También se distingue EOF por su contenido de bicarbonatos, que pudieran asociarse al sodio. El tratamiento EOAFM se distingue por su acumulación de calcio y cloro. Este último considerado de efectos adversos para las plantas. En el caso de EOM tiende a mantener un mayor contenido de MO la cual no se mineralizó rápidamente, lo que representa un efecto residual que proporciona una mejoría en características físicas del suelo. Este tratamiento (EOM) presentó los valores menores de densidad aparente (DA), sin ser diferentes ($p > 0.05$), lo que se asocia al mayor contenido de MO y características físicas que favorecen al suelo. Los valores de la DA mostró diferencias ($p < 0.05$) en su interacción con el tiempo, lo que indica que el peso del material disminuye conforme avanza el tiempo y la producción de lombricomposta, lo que indica un decremento de peso por unidad de volumen y se asocia al cambio que sufre el sustrato vegetativo al convertirse en lombricomposta, que genera un material poroso, lo que aumenta volumen y disminuye el peso del material que la originó. Al estimarse la porosidad, el EOM generó los valores más altos, cercanos al 83.1%, seguido de EOA con 82.4%.

Los valores encontrados en el experimento con respecto a la DA se mantienen dentro de los mencionados en la norma oficial mexicana ([NMX-FF-109-SCFI-2007](#)), que sugiere



que cuanto mayor sea la densidad aparente menor será el espacio poroso para el movimiento del agua y el aire, crecimiento y penetración de las raíces y por lo tanto el desarrollo de las plantas. La lombricomposta posee una gran cantidad de microporos que permiten la retención de agua y conserva mejor la humedad y al tener mayor superficie de exposición las raíces de los vegetales se adhieren al medio edáfico de una manera eficiente, lo que favorece la formación de agregados y una absorción de nutrientes más efectiva (Polo *et al.*, 2012).

De acuerdo a la producción de nitrógeno, el EOAFM logró una mineralización más rápida y cambios favorables de pH, así como valores bajos de relación C/N. Sobresale en sus valores altos de calcio y cloro. El EOA mantiene valores altos de Fósforo y Potasio, aunque la magnitud de estos elementos es reducida en los cuatro tratamientos. El EOF es el que acumula los mayores valores de sodio y bicarbonatos, lo que pudiera ser adverso para el suelo. El EOM presentó los valores más altos de MO, lo que representa una mineralización más lenta y permanencia en el suelo al generar valores bajos de DA lo que es deseable para las características físicas del suelo.

CONCLUSIONES

EL EOAFM presenta una mayor estabilidad y rapidez en su mineralización. Esto proporciona un aporte nutrimental para el suelo con fines agrícolas. El EOA mantiene los valores mayores de Fósforo y Potasio, aunque de baja magnitud para su uso en el suelo. El tratamiento EOF presenta la mayor acumulación de sodio y bicarbonatos, así como los menores valores de materia orgánica, aunque el aporte de nitrógeno no fue mayor. EOM mantiene sus valores de MO por mayor tiempo, por lo que su residualidad es de mayor efectividad para mejorar las propiedades físicas del suelo.

REFERENCIAS

ACOSTA-DURÁN CM, Solís-Pérez O, Villegas-Torres OG, Cardoso-Vigueros L. 2013. Precomposteo de residuos orgánicos y su efecto en la dinámica poblacional de *Eisenia foetida*. *Agronomía Costarricense*. 37(1):127-139.

<https://www.scielo.sa.cr/pdf/ac/v37n1/a10v37n1.pdf>

CASTILLO-ALICIA E, Quarín Silvio H, Iglesias María C. 2000. Caracterización química y física de compost de lombrices elaborados a partir de residuos orgánicos puros y combinados. *Agricultura Técnica*. 60(1):74-79. <https://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072000000100008>

CASTILLO H, Hernández A, Domínguez D, Ojeda D. 2010. Effect of Californian red worm (*Eisenia foetida*) on the nutrient dynamics of a mixture of semicomposted materials. *Chil. J. Agr. Res.* 70(3): 465-473. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-58392010000300014&script=sci_abstract&tlng=en



DAVID-SANTOYA JJE, Gomez-Alvarez R, Jarquin-Sanchez A, Villanueva-Lopez G. 2018. Characterization of vermicomposts and their effect on the germination and growth of *Capsicum chinense* Jacquin. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 5(14):181-190. <https://doi.org/10.19136/era.a5n14.1465>

DELGADO AMM, Parcel CMA, Imperial-Hornedo RM, Beltran REM, Beringola BL, Martín SJV. 2004. Efecto de la vermicultura en la descomposición de residuos orgánicos. *Revista internacional de contaminación ambiental*. 20(2):83-86. <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/23123>

DURAN L, Henríquez C. 2007. Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense*. 31(1): 41-51. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43631105>

GÓMEZ-BRANDÓN M, Lazcano C, Lores M, Domínguez J. 2010. Papel de las lombrices de tierra en la degradación del bagazo de uva: efectos sobre las características químicas y la microflora en las primeras etapas del proceso. *Acta zoológica mexicana*. 26 (SPE2): 397-408. <https://www.scielo.org.mx/pdf/azm/v26nspe2/v26nspe2a30.pdf>

GONZÁLEZ IAG. 2013. Incremento en la eficiencia de la cosecha de lombriz *Eisenia foetida* en lombricompostaje de RSO en esquema productivo. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*. 10(1):19. <http://www.1-11.ride.org.mx/index.php/RIDSESECUNDARIO/article/view/424/0>

HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ OA, Ojeda-Barrios D L, López-Díaz J C, Arras-Vota A M. 2010. Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. *Tecnociencia Chihuahua*. 4:1-6. <https://revistascientificas.uach.mx/index.php/tecnociencia/article/view/719/822>

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2021. Anuario Estadístico y geográfico por entidad federativa. 2021. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463904847>

JOHN PAUI JA, Karmegam N, Daniel T. 2011. Municipal solid waste (MSW) vermicomposting with an epigeic earthworm, *Perionyx ceylanensis* Mich. *Bioresour. Technol*. 102: 6769-6773. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.03.089>

LALANDER CH, Komakech AJ, Vinnerås B. 2015. Vermicomposting as manure management strategy for urban small-holder animal farms - Kampala case study. *Waste Management*. 39:96–103. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.02.009>



MAJI D, Misra P, Singh S, Kalra A. 2017. Humic acid rich vermicompost promotes plant growth by improving microbial community structure of soil as well as root nodulation and mycorrhizal colonization in the roots of *Pisum sativum*. *Applied soil ecology*. 110: 97-108. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2016.10.008>

MALIŃSKA K, Golańska M, Caceres R, Rorat A, Weisser P, Ślęzak E. 2017. Biochar amendment for integrated composting and vermicomposting of sewage sludge—the effect of biochar on the activity of *Eisenia fetida* and the obtained vermicompost. *Bioresource technology*. 225: 206-214. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.11.049>

NMX-FF-109-SCFI-2007. Humus de lombriz (lombricomposta) especificaciones y métodos de prueba. 2008. <http://www.economia-nmx.gob.mx/normas/nmx/2007/nmx-ff-109-scfi-2008.pdf>

ONWOSI CO, Igbokwe VC, Odimba JN, Eke IE, Nwankwoala MO, Iroh IN, Ezeogu LI. 2017. Composting technology in waste stabilization: on the methods, challenges and future prospects. *Journal of Environmental Management*. 190:140-157. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.12.051>

POLO A, Marcano L, Martínez R. 2012. Evaluación de la calidad del humus producido por *Eisenia andrei* a partir de tres sustratos orgánicos. *Boletín Centro Investigaciones Biológicas*. 46(3):263-282. <http://produccioncientificaluz.org/index.php/boletin/article/viewFile/3923/3922>

RAMOS AD, Terry AE. 2014. Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales*. 35(4): 52-59. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v35n4/ctr07414.pdf>

RUIZ M, Pastor K, Acevedo A. 2013. Biodegradabilidad de artículos desechables en un sistema de composta con lombriz. *Información tecnológica*. 24(2): 47-56. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642013000200007>

SANGUINO SLE. 1961. Influencia del pH sobre la fijación de fosforo y su relación con la respuesta del maíz a la fertilización fosfatada. *Acta Agronómica*. 11(3-4):187-209. https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/48957

SAS. Institute Statistical Analysis System. 2012. SAS System for windows version 9.3. North Carolina, USA. SAS Institute Inc. Cary. [https://books.google.es/books?id=0Si2BQAAQBAJ&lpg=PP3&ots=rKqmZI3Cxb&dq=SA S.%20Institute%20Statistical%20Analysis%20System.%20The%20\(2012\)%20SAS%20System%20for%20windows%20version%209.3.%20North%20Carolina%2C%20USA.%20SAS%20Institute%20Inc.%20Cary%3B&lr&hl=es&pg=PP1#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?id=0Si2BQAAQBAJ&lpg=PP3&ots=rKqmZI3Cxb&dq=SA%20Institute%20Statistical%20Analysis%20System.%20The%20(2012)%20SAS%20System%20for%20windows%20version%209.3.%20North%20Carolina%2C%20USA.%20SAS%20Institute%20Inc.%20Cary%3B&lr&hl=es&pg=PP1#v=onepage&q&f=false)



VILLEGAS V, Laines J. 2017. Lombricompostaje: I avance y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 8(2):393-406
<https://doi.org/10.29312/remexca.v8i2.59>