

Estudios sociales y económicos de la producción pecuaria

Coordinadores
Beatriz Aurelia Cavallotti Vázquez
José Alfredo Cesín Vargas
Benito Ramírez Valverde



ISBN: 978-607-12-0477-6



9 786071 204776



Estudios sociales
y económicos
de la producción pecuaria

Beatriz Aurelia Cavallotti Vázquez
José Alfredo Cesín Vargas
Benito Ramírez Valverde

Coordinadores

Estudios sociales
y económicos
de la producción pecuaria

Estudios económicos y sociales de la producción pecuaria

© Universidad Autónoma Chapingo
Carretera México-Texcoco, km 38.5,
Chapingo, Estado de México.

Primera edición, junio de 2017

ISBN: 978-607-12-0477-6
Departamento de Zootecnia
Tel: 01 (595)952-1532
Fax: 01 (595) 952-1607

Se autoriza el uso de la información contenida en este libro para fines de enseñanza, investigación y difusión del conocimiento, siempre y cuando se haga referencia a la publicación y se den los créditos correspondientes a cada autor consultado.

El contenido de cada capítulo es responsabilidad exclusiva de su(s) autor(es).

Para mayor información con respecto a esta publicación comunicarse al e-mail
cisocpec@yahoo.com.mx

Impreso en México

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

Dr. José Sergio Barrales Domínguez

Rector

Ing. Edgar López Herrera

Director General Académico

Dr. José Luis Romo Lozano

Director General de Investigación y Posgrado

Lic. Silvia Castillejos Peral

Directora General de Difusión Cultural y Servicio

Dr. Vinicio Horacio Santoyo Cortés

Director del CIESTAAM

Dr. Sergio Ibán Mendoza Pedroza

Director del Departamento de Zootecnia

COLEGIO DE POSTGRADUADOS

Dr. Jesús Ma. Moncada de la Fuente

Director General

Juan Alberto Paredes Sánchez

Director del Campus Puebla

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Dr. Enrique Graue Wiechers

Rector

Dr. Domingo Alberto Vital Díaz

Coordinador de Humanidades

Dr. Guillermo Estrada Adán

Secretario Académico

Dr. Eduardo Alejandro López Sánchez

Coordinador de la Unidad Académica de Estudios Regionales

Agradecimientos

Agradecemos a todos los que hicieron posible la publicación de este libro: al Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial, a la Dirección General de Difusión, Cultural y Servicio, al personal académico y administrativo del DEIS en Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, al Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, a la Universidad Nacional Autónoma de México a través de la Unidad Académica de Estudios Regionales de la Coordinación de Humanidades y a la Lic. Beatriz Nava Moreno por su trabajo comprometido y desinteresado.

Cuidado de la edición: Gloria Villa Hernández

Captura y diseño de portada: Beatriz Nava Moreno

Comité Editorial

Mónica A. Agudelo López, Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial, Universidad Autónoma Chapingo (CIESTAAM-UACH); Adolfo Álvarez Macías, Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco (UAM-X); Adrián Argumedo Macías, Colegio de Postgraduados (CP) Campus Puebla; Carlos Manuel Arriaga Jordán, Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales, Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM); Belem D. Avendaño Ruiz, Facultad de Economía y Relaciones Internacionales, Universidad Autónoma de Baja California; Adriana Bastidas Correa, Universidad de La Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo; Henrique de Barros, Universidad Federal Rural De Pernambuco, Brasil; Luis Brunett Pérez, Centro Universitario de Amecameca, UAEM; Ángel Bustamante González, CP-Campus Puebla; Rosario Campos Hernández, Departamento de Educación, Investigación y Servicio en Zootecnia, UACH; Beatriz A. Cavallotti Vásquez, Departamento de Educación, Investigación y Servicio en Zootecnia, UACH; Martha Chiappe Hernández, Facultad de Agronomía, Universidad de la República Oriental del Uruguay (UdeLAR); Fernando Cervantes Escoto, CIESTAAM-UACH; Alfredo Cesín Vargas, Unidad Académica de Estudios Regionales, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); Rubén Esquivel Velásquez, Departamento de Educación, Investigación y Servicio en Zootecnia, UACH; Hilda Flores Brito, Departamento de Educación, Investigación y Servicio en Zootecnia, UACH; Gustavo García Uriza, Departamento de Educación, Investigación y Servicio en Zootecnia, UACH; Juan de Dios Guerrero Rodríguez, CP- Campus Puebla; María del Carmen Hernández Moreno, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD-estado de Sonora); José Pedro Juárez Sánchez, CP- Campus Puebla; Thierry Linck, Ciencias para la acción y el desarrollo, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas de Francia (INRA-SAD); Carlos Antonio López Díaz, Facultad de Veterinaria, UNAM; Zenón Gerardo

Tabla de contenido

Agradecimientos	5
Comité Editorial	7
Prólogo	9
GANADERÍA FAMILIAR Y EN PEQUEÑA ESCALA	15
La adopción de prácticas pecuarias durante el ordeño en el sistema lechero familiar	16
Berenice Adriana Sixtos Pérez, Valentín Espinosa Ortiz, Randy Alexis Jiménez Jiménez, María Pilar Velázquez Pacheco, Arturo Alonso Pesado, Luis Arturo Hernández García	
Cadena productiva tradicional como estrategia de subsistencia comunitaria en Tarímbaro, Michoacán, México	25
Arturo Franco-Gaona, Benito Ramírez-Valverde, Artemio Cruz-León, José Pedro Juárez-Sánchez, Dora María Sangermán-Jarquín, Gustavo Ramírez-Valverde	
Impacto en los costos de alimentación por la implementación del pastoreo intensivo en sistemas de producción de leche en pequeña escala del Altiplano Central de México	40
Fernando Próspero Bernal, Rafael Olea-Pérez, Carlos Galdino Martínez García, Felipe López González, Carlos Manuel Arriaga Jorán	
Percepciones de bienestar social relacionadas con la producción de cerdo de traspatio en zonas peri-urbanas	52
Leonel Santos-Barrios, Francisco E. Martínez-Castañeda, William Gómez-Demetrio, Ernesto Sánchez-Vera, Mónica E. Ruiz-Torres	
Balance de nitrógeno en sistemas de producción de leche en pequeña escala en el Altiplano Central mexicano	65
Dixan Pozo-Leyva, Rafael Olea-Pérez, Patricia Balderas-Hernández, Carlos Manuel Arriaga-Jordán	
Diagnóstico de la calidad de los ensilados de maíz en los Altos de Jalisco	79
Víctor Manuel Gómez-Rodríguez, Darwin Heredia-Nava, Humberto Ramírez-Vega, Anastacio García-Martínez, José de Jesús Olmos-Colmenero	
Compostaje y vermicompostaje: estrategias de manejo del estiércol equino y bovino en una zona rural del sur del Estado de México	89
Vianey Colín Navarro, Francisca Avilés Nova, Ignacio Arturo Domínguez Vara, Jaime Olivares Pérez, Sonia López Fernández, Benito Albarrán Portillo	
GANADERÍA DE DOBLE PROPÓSITO	105

Los sistemas ganaderos de bovinos doble propósito en el subtrópico de Michoacán, México	107
Luis Alejandro Rojas Sandoval, Ernestina Gutiérrez Vázquez, Jaime Mondragón Anselmo, Anastacio García Martínez	
Tendencias y perspectivas de la ganadería doble propósito en el Altiplano Central de México. Un enfoque sostenible de producción	119
Isael Estrada López, Jovel Vences Pérez, Isela Guadalupe Salas Reyes, Carlos Manuel Arriaga Jordán, Benito Albarrán-Portillo, Gilberto Yong Ángel, Anastacio García Martínez*	
Importancia del cultivo de maíz en ganadería doble propósito en Tlatlaya, Estado de México. Eficiencia energética y sustentabilidad	134
Jovel Vences Pérez, Ernesto Morales Almaraz, Carlos Galdino Martínez García, Benito Albarrán-Portillo, Anastacio García Martínez	
Evaluación económica de la utilización de suplementos en la alimentación de vacas de doble propósito en el suroeste del Estado de México	149
Isela Guadalupe Salas Reyes, Carlos Manuel Arriaga Jordán, Julieta Gertrudis Estrada Flores, Anastacio García Martínez, Benito Albarrán-Portillo	
Función de Producción de leche en la ganadería de doble propósito del estado de Sinaloa, México	161
Venancio Cuevas Reyes, Valeria López Díaz, Alfredo Loaiza Meza, Tomas Moreno Gallegos, Juan Esteban Reyes Jiménez, Enrique Astengo López, Herlyn Astengo Cazares, Daniel González González, Gustavo A. Cuevas Reyes	
DIVERSIFICACIÓN DE INGRESOS Y PRODUCTOS GANADEROS ARTESANALES	173
Identificación de nichos de mercado para productos artesanales como motor de desarrollo agroindustrial y pecuario: caso queso poro de Tabasco	174
Celia Peralta Aparicio, Anastacio Espejel García, Ma. Carmen Ybarra Moncada, Arturo Hernández Montes, Ariadna Barrera Rodríguez, Mateo Ortiz Hernández	
Impacto del SIAL productor de lácteos de Poxtla, Estado de México en el desarrollo local, analizando al primer eslabón de la cadena productiva	185
Osvaldo Andrés Pacheco González, Enrique Espinosa Ayala, Alfredo Cesín Vargas, Tirzo Castañeda Martínez	
Factores estratégicos en la conformación del Sistema de innovación del queso añejo de Zacazonapan	196
Anastacio Espejel García, Edith Mora Rivera, Ma. Carmen Ybarra Moncada, Ariadna Barrera Rodríguez	

Empleo de estómagos de conejo para la elaboración de cuajo artesanal	212
Ofelia Márquez Molina, José Dobler López, Enrique Espinosa Ayala, Pedro Abel Hernández García, Zamira Tapia Rodríguez	
PRODUCCIÓN DE PEQUEÑAS ESPECIES GANADERAS	225
Evaluación de costos de producción, rentabilidad y competitividad de unidades de producción ovina en cuatro estados del centro de México	226
Alejandra Vélez Izquierdo, José Antonio Espinosa García	
El desarrollo de las zonas ovinocultoras de Michoacán, México	242
María Guadalupe Josefina Nuncio Ochoa, José Nahed Toral, Encarnación Ernesto Bobadilla Soto, Vicente Salinas Melgoza, Carlos Manuel Arriaga Jordán, Ernesto Sánchez Vera	
El selenio en sistemas extensivos de producción ovina	260
Roberto Ramírez Martínez, Guillermo Salas Razo, Juan Pablo Flores Padilla, Nayda Luz Bravo Hernández, Fernando Ochoa Ambriz, Mauricio Perea Peña	
Costos de producción en cabras lecheras bajo condiciones semiintensivas en el municipio de Juventino Rosas, Guanajuato	267
Rodolfo Santos Lavallo, Leticia Myriam Sagarnaga Villegas, José María Salas González	
Determinación de la fertilidad e incubabilidad del huevo de gallina criolla mediante incubación artificial	277
Fernando Ochoa Ambriz, Eva María Chávez Loeza, Juan Pablo Flores Padilla, Mauricio Perea Peña	

Compostaje y vermicompostaje: estrategias de manejo del estiércol equino y bovino en una zona rural del sur del Estado de México

Vianey Colín Navarro¹, Francisca Avilés Nova^{1,2}, Ignacio Arturo Domínguez Vara¹, Jaime Olivares Pérez¹, Sonia López Fernández¹, Benito Albarrán Portillo¹

Introducción

En México se generan alrededor de 312,609 t/año de estiércoles pecuarios que ocasionan un impacto ambiental negativo y aún no han sido considerados como subproductos susceptibles de aprovechamiento (Olivares *et al.*, 2012: 27, Sztern, Pravia, 2001: 13). El estiércol animal contiene valiosos nutrientes para las plantas y compuestos orgánicos que pueden restaurar suelos degradados y asegurar una actividad agrícola sostenible a largo plazo (Diacono, Montemurro, 2010: 402), por lo que el tratamiento adecuado de estos residuos reduce el impacto ambiental evitando las emisiones de gases de efecto invernadero de los vertederos y disminuye la necesidad de utilizar fertilizantes químicos (Pimentel *et al.*, 2005: 573). El compostaje y el vermicompostaje son tecnologías que se utilizan para el tratamiento de los estiércoles pecuarios, las cuales permiten perfeccionar los sistemas de producción agropecuaria obteniendo un impacto positivo ambiental, social y económico, ya que éstas se aplican para transformar y reducir el volumen de estiércol que produce el sector agropecuario (Lazcano, Gómez, Domínguez, 2008: 1013). Durante el proceso de vermicompostaje, los residuos orgánicos se convierten en dos valiosos productos: abono orgánico y biomasa de lombrices (Garg, Gupta, 2006: 391). El abono orgánico de buena calidad es demandado por la agricultura orgánica para mantener el suelo sano y los productos cosechados libres de sustancias tóxicas, por lo que el uso de este tipo de abonos es atractivo por su menor costo en producción y aplicación, por lo que resulta más asequible

¹ Centro Universitario UAEM-Temascaltepec, Universidad Autónoma del Estado de México.

² Autor de correspondencia franavilesnova@yahoo.com.mx

a los productores (García *et al.*, 2010: 108). Además, el uso de los residuos orgánicos ha cobrado importancia porque disminuye la utilización de fertilizantes y agroquímicos, contribuyendo al ahorro en la economía del sector agropecuario (Gayosso *et al.*, 2016: 628). La biomasa de lombrices es otro producto con valor monetario en forma de proteína para la alimentación humana y animal (Lalander, Komakech, Vinneras, 2015: 96). El objetivo del estudio fue evaluar el potencial del compostaje y vermicompostaje como estrategia de manejo de estiércol equino y bovino para la producción de abonos orgánicos en una zona rural del sur del Estado de México.

Materiales y método

ORIGEN DEL MATERIAL

Los estiércoles se colectaron en los corrales del rancho del Centro Universitario UAEM-Temascaltepec, localizado en el municipio de San Simón de Guerrero ($100^{\circ}6'27''\text{O}$ y $19^{\circ}2'8''\text{N}$), en el sur del Estado de México. El estiércol equino (Ee) contenía paja de avena (20 %) y el estiércol de bovino (Eb) rastrojo de maíz (10 %). De cada tipo de estiércol se tomó al azar una muestra de 1 kg, la cual fue identificada y colocada en una bolsa de plástico de cierre hermético (Ziplock®, 27 x 28cm), se depositó en una hielera y se trasladó al laboratorio para su análisis. Las características físicas y químicas que presentaron los estiércoles son: Ee pH, 7.6; conductividad eléctrica, 1.1 dS m^{-1} ; densidad aparente, 0.3 gr cm^{-3} ; materia orgánica, 84.1 %; carbono orgánico, 38.9 %; C:N, 40.6; nitrógeno total, 1.8; P 1680 partes por millón (ppm); K 5,800 ppm y para Eb pH 8.8; conductividad eléctrica 6.5 dS m^{-1} ; densidad aparente, 0.2 gr cm^{-3} ; materia orgánica 76.4 %; carbono orgánico 44.3 %; C:N 36.9; nitrógeno total, 1.2; P 3,600 ppm y K 16,200 ppm. El proceso de compostaje y vermicompostaje se realizó durante los meses de noviembre 2014 a enero 2015.

PROCESO DE COMPOSTAJE

De cada tipo de estiércol se pesaron 1,200 kg en una báscula línea industrial (marca: Nuevo León® S.A. de C.V) y se formaron 6 pilas cónicas de 100 kg; en Eb

fue de 0.8 m de alto y 1.0 m de diámetro en la base, y en Ee 1.0 m x 1.0 m. Las pilas se humedecieron al 80 % con agua potable y se mantuvo durante todo el proceso; se acomodaron sobre una película plástica de polietileno bajo la sombra de árboles de *pinus*. Se utilizó un medidor de humedad (Kelway®). Las pilas fueron volteadas los días 15 y 30 después de iniciado el compostaje; se utilizó una pala Trupper® redonda (20 3/8" x 11 1/2"). De cada pila se tomaron al azar dos muestras de 1 kg de composta a diferentes profundidades, las cuales se identificaron y colocaron en bolsas de plástico de cierre hermético (Ziplock®, 27 x 28cm), se depositaron en una hielera y se trasladaron al laboratorio para su análisis.

PROCESO DE VERMICOMPOSTAJE

De cada compost se pesaron 240 kg en una báscula industrial; todo el compost se dividió en cuatro partes de 60 kg, cada una se colocó por separado en un vermirreactor (2.5 m x 1.0m x 0.90m) construidos con bloques de cemento. Cada uno se inoculó con 80 lombrices cliteladas de *Eisenia fetida* (Leduc, Whaen, Sunahara, 2008: 221) y se cubrió con una película plástica negra (polietileno).

Cuando las lombrices consumieron totalmente las compostas (Ce y Cb), 60 días después de la inoculación, el vermicompost de cada vermirreactor se homogeneizó utilizando una pala Trupper® (20 3/8"x 11 1/2") y se tomó al azar una muestra de 1 kg en cada vermirreactor. La identificación y traslado de las muestras fue similar al de las compostas.

DINÁMICA DE REPRODUCCIÓN

En cada vermirreactor se separaron manualmente del vermicompost y se contaron todos los individuos clitelados, preclitelados, juveniles, recién eclosionados y cocones. Se tomó una muestra la cual fue pesada en una balanza electrónica de precisión (OHAUS SP 202®). La biomasa total de lombrices (WBM) que se generó durante el proceso fue calculada mediante la fórmula $WBM = N_i (\mu_A + \mu_j)$ (Lalander, Komakech, Vinneras, 2015: 98),

donde:

N_i = número inicial de lombrices

μ_A = media de individuos adultos

μ_j = media de individuos juveniles

El porcentaje de aprovechamiento del estiércol transformado en vermicompost es aproximadamente del 50 % (Lalander, Komakech, Vinneras, 2015: 102). El valor económico a granel fue considerado de \$2.00 por kilo. El precio de los núcleos de lombrices fue de \$500.00; en este estudio se consideró que un núcleo lo conforma un total de 5000 individuos.

ANÁLISIS QUÍMICOS

Los análisis químicos del estiércol y la composta se realizaron en el laboratorio Phytomonitor S.A. Los análisis de las vermicompostas se realizaron en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México de acuerdo con la NMX-FF-109-SCFI-2008. Cada muestra se analizó por duplicado. El pH se midió con un potenciómetro (HANNA® Instruments 8521), la conductividad eléctrica (CE) mediante uso de conductivímetro marca DR-3900 Perkin Elmer; la densidad aparente (D_a) se estimó con la fórmula $D_a = p/v$, donde p = peso de la muestra seca v = volumen ocupado por la muestra en mL; la materia orgánica (%Mo) se calculó ($Mo = 100 - \% \text{ cenizas}$) por diferencia de peso con el % de cenizas, capacidad de intercambio catiónico (CIC) mediante el método de Acetato de amonio (por titulación) Carbono orgánico (%Co) % de Mo entre factor Van Benmelen ($Co = \%Mo / 1.724$), nitrógeno total (%Nt) por método microKjeldahl, relación C/N % de Co entre Nt ($C:N = \%Co/Nt$), fosfatos (PO_4) (mg/kg) método Morgan y boro (B) (mg/kg) por método Azomethine-H (Espectrómetro Ultravioleta/visible Cary 50). Sulfatos (SO_4) (mg/kg) por método turbidimétrico, potasio (K), magnesio (Mg), sodio (Na), calcio (Ca), hierro (Fe), zinc (Zn), cobre (Cu), manganeso (Mn) (mg/kg) por absorción atómica L.C.H. (digestión) (Analyst 400 Spectrometer PerkinElmer®).

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Para el conteo de bacterias (aeróbicas, anaeróbicas y nitrificantes) y hongos (*Trichoderma* sp. y *Aspergillus* sp.), cada muestra se suspendió en agua destilada estéril y se centrifugó para ser sometida a dilución seriada (10^{-5}). Alícuotas de 100 μ l fueron diluidas en placas de medio BK (bacilos de Koch) para identificar la

presencia de mycobacterias y en medio ELMAR; PDA (agar papa dextrosa) y PDA-AL, respectivamente, para la obtención de colonias de hongos y bacterias. Las cajas petri fueron incubadas a 28 °C. Para la cuantificación de actinomicetos la muestra se homogeneizó y se añadió una solución tamponada, después se hicieron diluciones en serie y se incubaron a temperatura ambiente por 2 horas. Las diluciones se sembraron en agar nutritivo y se incubaron a 30 °C (Knoop, Figueiredo, Lopes, Shiedeck, 2015: 59). La identificación de especies se realizó mediante observación morfológica, tinciones y exposición a la luz UV.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos de las variables físicas, químicas y microbiológicas se reportan en promedios. Para analizar las variables de dinámica se utilizó un diseño completamente al azar a través de un ANOVA, donde los tratamientos fueron los tipos de vermicompost. Se empleó el comando del modelo general lineal (GLM) del programa MINITAB reléase 12.21, y para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey ($P < 0.05$).

Resultados y discusión

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS COMPOST Y VERMICOMPOST

Las características físicas y químicas de los compost y vermicompost se presentan en el cuadro 2. El pH entre las compostas presentó variación, el Ce presentó menor pH (7.7) respecto al Cb que presentó mayor pH alcalino (9.2). La alcalinización en el compost es resultado de la producción amoniacal y la liberación de bases (Ruíz 2012: 20). Valores alcalinos en el pH (7.5 a 8.5) del compost de la fracción sólida de bovinos fueron reportados por Brito, Mourao, Coutinho, Smith, 2008: 1335 atribuidas al efecto de amortiguamiento de los bicarbonatos. Roca, Martínez, Mancilla, Boluda (2009: 785) indican que el aumento de pH de un sustrato orgánico se debe a la actividad de los microorganismos que descomponen la materia orgánica y por la liberación de iones hidroxilo en el medio. La actividad de las lombrices modifica el pH de los sustratos haciéndolos ligeramente alcalinos, lo cual quizá se deba a la excreción de amonio en el interior del intestino o a la acción

de las glándulas calcíferas que liberan Ca para equilibrar su pH (Ferrera, Alarcón, 2014: 321). En este trabajo el valor de pH fue alcalino en ambos vermicompost (Ve 8.4 y Vb 8.7). Durán, Henríquez (2006: 25) reportaron similares valores de pH de 7.8 en vermicompost de estiércol bovino, relacionado con la función de las glándulas calcíferas localizadas alrededor del esófago de la lombriz, las cuales secretan carbonato cálcico y producen una digestión alcalina, obteniéndose valores de pH alcalinos. Los resultados de CE de la Ve se encuentra dentro de los valores reportados por la norma NMX-FF-109-SCFI-2008 para CE ($\leq 4 \text{ dS m}^{-1}$), sin embargo, en el Vb, la CE rebasa los valores (6.1 dS m^{-1}) lo cual se relaciona con la suplementación con sales minerales que recibieron los bovinos. La CE del compost disminuyó con el efecto del vermicompostaje; la CE del Ce fue mayor (2.5 dS m^{-1}) respecto al valor del Ve (1.9 dS m^{-1}). En el Cb la CE fue de 12.2 presentando la misma tendencia de disminución en el Vb (6.1). Cáceres, Flotats, Marfà (2006: 1087) reportaron valores altos (4.7 dS m^{-1}) en CE al final del proceso de compostaje de la fracción sólida de estiércol bovino, atribuyéndolo a la suplementación que recibieron los animales, la cual contenía sales minerales. Hernández *et al.* (2006: 25) reportan valores de CE inferiores a los presentados en este trabajo (3.13 dS m^{-1}) en el estiércol de bovino composteado a diferentes niveles de humedad. Galindo *et al.* (2014: 1229) mencionan que un descenso en la CE se debe al lavado de nutrientes (lixiviado) por un exceso de humedad. Resultados similares de CE en la Ve (1.9 dS m^{-1}) reportaron Rotondo *et al.* (2009) en un estudio realizado en vermicomposta elaborada con una mezcla residuos de casa y composta de equino, registrando valores de CE de 0.42 dS m^{-1} .

La Da en el Ce fue de 0.3 g.cm^{-1} y en Ve de 0.4 g.cm^{-1} ; resultados similares de Da en Ve reportaron Rotondo *et al.* (2009: 19) para vermicompost de equino (0.42 g.cm^{-1}), este valor es atribuido a la porosidad del material inicial (estiércol). La Da del Cb (0.4 g/cm^{-1}) y Vb (0.6 g.cm^{-1}). La Da del vermicompost de bovino (Vb) presentó menor densidad aparente a la reportada por Domínguez (2013: 23) (0.95 g/cm^{-1}) en la composta de una mezcla de estiércol de bovino al 50 % más cachaza de caña de azúcar, debido a un mayor tamaño de partícula, lo que hace más tardado el proceso de fragmentación que realiza la lombriz.

Cuadro 2. Características físicas y químicas de composts de estiércol equino y bovinos y vermicomposts de *Eisenia fetida*

Sustrato orgánico	Compost		Vermicompost	
	Ce	Cb	Ve	Vb
Parámetro				
pH	7.7	9.2	8.4	8.7
CE dS m ⁻¹	2.5	12.2	1.9	6.1
Da (g/cm ³)	0.3	0.4	0.4	0.6
MO (%)	71.2	66.4	73.7	67.1
Co (%)	24.9	38.5	21.3	38.9
C/N	27.6	21.4	16.3	12.5
Nt	0.9	1.8	1.3	3.2
P (ppm)	2,480	6,560	1,920	7,440
Cl (ppm)	2,836	19,852	2,836	6,381
Na (ppm)	1,460	9,700	1,070	4,000
Ca (ppm)	9,800	27,200	3,500	42,200
Mg (ppm)	2,600	10,200	1,800	10,800
Fe (ppm)	3,000	3,050	2,360	3,260
Zn (ppm)	51	340	47	460
Cu (ppm)	10	51	3	46
Mn (ppm)	245	480	148	680
B (ppm)	1,020	1,320	180	207.5
K (ppm)	12,000	35,000	8,000	17,200

CE: conductividad eléctrica, Da: densidad aparente, MO: materia orgánica, Co: carbono orgánico, Nt: nitrógeno total, C/N: relación carbono nitrógeno, P: fósforo, Cl: cloro, Na: sodio, Ca: calcio, Mg: magnesio, Fe: hierro, Zn, zinc, Cu: cobre, Mn: manganeso, B: boro, K: potasio, ppm: partes por millón. Ce: compost equino, Cb: compost bovino, Ve: vermicompost equino, Vb: vermicompost bovino.

La relación C/N de los compost (Ce y Cb) presentó disminución con respecto al vermicompost. La relación de C/N del compost equino (Ce) fue de 27.6 y del Ve fue de 16.3. El Cb presentó una C/N 21.4 y el Vb de 12.5. Costa *et al.* (2014: 12), reportaron mayores relaciones C/N (34 y 28) a lo encontrado en los dos compost evaluados en este trabajo, en compostas de estiércol ovino que contenía paja como cama y estaba mezclado con estiércol bovino en proporción 0:100 y 25:75., Gupta, Garg (2009: 434) reportan relación C/N de 11.3 en el vermicomposteo de estiércol de vaca, relacionándolo a la microbiota que

aportan las lombrices que, entre mayor sea el consumo de nitrógeno y carbono, aumentará este valor. El Vb, presentó mayor cantidad de macronutrientes y micronutrientes respecto al compost. El Ve presentó menor contenido de macro (P, K) y micronutrientes (Na, Ca, Mg, Fe), lo cual indica que con el proceso de vermicompostaje los nutrientes disminuyeron. Garg, Chand, Chillar, Yadav (2005: 53), reportaron menor valor de P al reportado en este trabajo (0.70 ppm) en la vermicomposta de estiércol de equino, y lo atribuyen al material o sustrato del que se elabora la vermicomposta. Cook *et al.* (2015: 90) reportaron un incremento en Al, Ca, Fe, K y S, así como una disminución en la concentración de N, P, Mg y Zn en algunos de sus tratamientos en el compostaje de una mezcla de purines de cerdo con aserrín, durante dos estaciones del año (otoño y verano). Hernández *et al.* (2006: 24), mencionan el contenido de P, K y Ca en la vermicomposta, dependen del sustrato orgánico con el cual es alimentada la lombriz reportando en vermicompost de estiércol de bovino valores en ppm de Ca (3380), Mg (5120), Zn (1.7), Fe (0.80), Mn (6.5), Cu (1.02), siendo valores menores a los obtenidos en este trabajo. Eulloque (2013: 30) menciona que los iones metálicos, principalmente Zn, Fe, Mn y Cu en el vermicomposteo tienden a generar reacciones con otros compuestos tales como metales pesados o compuestos tóxicos, participando en su inmovilización y degradación o persistencia al ser aplicados en el suelo. El contenido de Cl se encuentra relacionado directamente con la CE, ya que nos habla del contenido (tóxico o benéfico) de sales que están presentes en el vermicompost. La norma mexicana para humus de lombriz (NMX-109-SCFI-2008) especifica que éste debe estar libre de cualquier metal o ion metálico que pudiera representar cierto nivel de toxicidad al ser aplicado al suelo, ya que podría repercutir en la fertilidad y recuperación de este. En este trabajo el valor de Cu en el vermicompost de bovinos, rebasó los valores permitidos.

DINÁMICA DE REPRODUCCIÓN DE *Eisenia fetida*

El cuadro 3 presenta los resultados de la dinámica de reproducción de *E. fetida* obtenidos al final de proceso de vermicompostaje en cada tipo de sustrato o compost. El Ce presentó mayor número de lombrices adultas o cliteladas ($P=0.051$), precliteladas ($P=0.001$), juveniles ($P=0.009$), recién eclosionados ($P=0.069$) y cocones ($P=0.017$). Acosta, Solís, Villegas, Cardoso (2012: 134)

evaluaron la dinámica poblacional de *E. fetida* utilizando cuatro tipos de alimentación (estiércol de borrego y residuos organodomésticos) reportando que el mayor número de individuos se encontró en la composta elaborada en estiércol maduro y lo atribuyen al contenido de materia orgánica disponible para la lombriz. Garg, Gupta (2011: 22) evalúan el crecimiento de *E. fetida* en estiércol solo y estiércol mezclado con residuos vegetales en distintas proporciones (100 % estiércol, 90-10 % de residuos, 80-20 %, 70- 30 %, 60-40 %, 50-50 % y 40-60 %) encontrando que el crecimiento poblacional fue mayor en mezclas de 90-10 % y 80-20 %, y afirman que el medio de crecimiento (tipo de alimento) que se proporcione a la lombriz tiene un efecto importante en la reproducción.

Cuadro 3. Dinámica de reproducción de *Eisenia fetida* alimentadas con compost de estiércol equino (Ce) y de estiércol bovinos (Cb)

Compost	Etapa fenológica				
	Clitelados	Preclitelados	Juveniles	Recién eclosionados	Cocones
Ce	3976 ^a	4248 ^a	158888 ^a	6124 ^a	4880 ^a
Cb	1149 ^b	1228 ^b	2740 ^b	1946 ^b	1740 ^b
<i>P</i>	0.051	0.001	0.009	0.069	0.017

Literales diferentes entre renglones presentan diferencias significativas entre compostas.

El Ve presentó mayor número de individuos total, pudiéndose atribuir a la mayor C/N derivada del material inicial (estiércol), además presentó mayor cantidad de microorganismos, teniendo en cuenta que éstos son fuente de alimentación de la lombriz, principalmente hongos y protozoarios.

CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DEL VERMICOMPOST

Las características microbiológicas de las vermicompost de *E. fetida* alimentada con composta de estiércol equino (Ve) y con composta de estiércol bovino (Vb) se presentan en el cuadro 4. En este trabajo el Ve presentó mayor cantidad de bacterias, hongos y actinomicetos. Los hongos se encuentran en mayor cantidad cuando los componentes de la celulosa, hemicelulosa y lignina son degradados más lentamente (De Boer, Folman Summerbell Boddy, 2005: 802). En este trabajo

el Ve presentó mayor relación C/N lo que se relaciona con el mayor contenido de actinomicetos.

Cuadro 4. Características microbiológicas de vermicompost de *Eisenia fetida* elaborados a partir de estiércol equino (Ve) y estiércol bovino (Vb)

	Ve	Vb
Bacterias UFC/g o mL de muestra		
Aeróbicas	26,266,667	19,600,000
Anaeróbicas	260,000	73,333
Nitrificantes	4,000,000	1,366,667
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	333,333	266,667
<i>Bacillus</i> spp.	1,170,000	1,426,667
Hongos propágulos/g o mL de muestra		
<i>Aspergillus</i> sp.	14,333	4,667
Actinomicetes propágulos/g o mL de muestra		
<i>Actinomicetes</i>	6,066,667	1,200,000

UFC: unidades formadoras de colonias, g: gramos, mL: mililitros.

Bollo (2001: 25) menciona que la abundancia microbial de las vermicompostas está dada principalmente por el mismo proceso de elaboración, en donde los sustratos pasan a través del tracto digestivo de la lombriz, la cual posee una flora microbial de bacterias y hongos que alcanza unos 500,000 millones de microorganismos, enriqueciéndose de éstos, pero adicional a este paso el proceso de vermicompostaje, a diferencia del compostaje, no alcanza la etapa termófila donde hay muerte de una gran población de microorganismos y ocurre una selección. Durán, Henríquez (2006: 49) realizaron un estudio de caracterización de vermicompost (con lombriz *Eisenia fetida*) de cinco sustratos: desechos domésticos, estiércol de vacuno, residuo de banano, follaje de ornamentales y broza de café; reportaron contenidos de bacterias, hongos y actinomicetos de 1,800,000, 5,100 y 2,200,000 (UFC), respectivamente, y hacen mención de la riqueza microbial del vermicompost sobre otros sustratos en lo que respecta a su actividad supresora de enfermedades en el suelo y las ventajas que están relacionadas directamente con una mayor población de microorganismos benéficos. Pérez, Céspedes, Núñez (2008:

25) caracterizaron fisicoquímicamente y biológicamente a diversas enmiendas orgánicas (vermicompost, bocashi) y encuentra un mayor número de hongos, levaduras y actinomicetes benéficos en el vermicompost y lo asocian a las temperaturas bajas en los vermifreactores al ser cubiertos en la superficie, al tamaño de la partícula del sustrato y al contenido de azúcares que excreta la lombriz y que favorecen el incremento de la población microbiana. Aira, Monroy, Domínguez (2009: 1406) evalúan la actividad microbiana del estiércol de cerdo vermicompostado por distintas especies de lombrices y muestran a *E. fetida* como una de las especies que poseen mayor número de microorganismos en el intestino, los cuales formarán parte de sus deyecciones, lo que al final del proceso se verá reflejado en una enmienda de mayor valor agronómico.

POTENCIAL ECONÓMICO DEL VERMICOMPOST EQUINO Y BOVINO

Con el fin de evaluar el beneficio de la tecnología del vermicompostaje, y con base en las variables de producción y reproducción de *E. foetida*, se estimó el potencial económico que se podría generar del estiércol de un equino y un bovino, manejado con dicho procesos durante un año. El cuadro 5 presenta el potencial económico de los vermicompost.

Cuadro 5. Potencial económico del vermicompost de dos estiércoles pecuarios

	Equino	Bovino
Peso vivo promedio de un animal (kg)	350	400
Estiércol generado por día (kg ST)	5	3
Estiércol generado por año (kg ST)	1,825	1,095
Vermicomposta generada por año (kg)	912.5	547.5
Valor total de la vermicomposta por año (\$)	4, 562.5	2,737.5
Biomasa de lombriz (individuos)	13,029,120	311,120
Total de proteína producida/año (kg)	3.8	.100
Valor de núcleos lombriz (\$500/núcleo)	5, 000	5, 000

ST= sólidos totales

El beneficio económico anual obtenido de la generación de estiércol de un ejemplar equino de 350 kg y un bovino de 400 kg, a través de la producción de

vermicompost, aporta recursos económicos por \$17,300.00; de igual forma la biomasa de lombriz que se obtiene anualmente puede ser considerada como una fuente de proteína (60 %) de fácil acceso para la alimentación humana y animal (Vielma, Durán, León, Medina, 2003: 44) por lo que se considera como otro ingreso económico la venta de núcleos (\$5,000 por núcleo) como pie de cría, estos recursos pueden servir de apoyo a la economía de las familias de las zonas rurales del sur del Estado de México.

Conclusiones

Los estiércoles de equino y bovino presentaron cambios en sus parámetros físicos, químicos y microbiológicos después del manejo que se les dio a través de compostaje y vermicompostaje, siendo como tal, residuos orgánicos más estables. El Ve presentó mayor dinámica de reproducción de *Eisenia fetida* pudiéndose atribuir una mayor biomasa de microorganismos relacionados con mayor relación C/N del material inicial.

El potencial económico derivado del vermicompostaje del estiércol pecuario permitirá a los productores de las zonas rurales, que se ubican en el sur del Estado de México, obtener abonos orgánicos para su uso en la agricultura, disminuyendo con ello el uso de insumos externos o, bien, generar recursos económicos que pueden ser utilizados mejorar las condiciones de vida de sus familias.

Literatura citada

- Acosta D. C., Solís P. O., Villegas T. O., Cardoso V. L. 2013. Precomposteo de residuos orgánicos y su efecto en la dinámica poblacional de *Eisenia foetida*. *Agromía Costarricense* 37(1): 127-139.
- Aira M., Monroy F., Domínguez J. 2009. Changes in bacterial numbers and microbial activity of pig slurry during gut transit of epigeic and anecic earthworms. *J. of Hazardous Materials* 162, 1404-1407.
- Bollo, E. 2001. *Lombricultura: una alternativa de reciclaje*. Quito. Soboc Grafic. 149 p.

- Brito L.M., Mourão I., Coutinho J., Smith S.R. 2012. Simple technologies for on-farm composting of cattle slurry solid fraction. *Waste Manage.* 32, 1332-1340.
- Cáceres R., Flotats X. y Marfá O. 2006. Changes in the chemical and physicochemical properties of the solid fraction of cattle slurry during composting using different aeration strategies. *Waste Manage.* 26, 1081-1091.
- Cook K.L, Ritchey E.L., Loughrin J.H., Haley M., Sistani K.R., Bolster C.H. 2015. Effect of turning frequency and season on composting materials from swine high-rise facilities. *Waste Manage.* 39, 86-95.
- Costa M.S.S., Cestonaro T., Costa L.A.M., Rozatti M.A.T., Carneiro L.J., Pereira D.C. y Lorin H.E.F. 2014. Improving the nutrient content of sheep bedding compost by adding cattle manure. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 86, 9-14.
- De Boer W., Folman L., Summerbell R., Boddy L. 2005. Living in a fungal world: impact of fungi on soil bacterial niche development. *FEMS Microbiol. Rev.* 29, 795-811.
- Diacono M., Montemurro F. 2010. Long-term effects of organic amendments on soil fertility. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 30 (2) 401-422.
- Domínguez, G. I. 2013. Evaluación de sustratos orgánicos para el crecimiento de plántulas de caña de azúcar en el Trópico Húmedo. Tesis de maestría. Colegio de posgraduados. Campus Tabasco.
- Durán, L.; Henríquez, C. 2006. Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. *Agro-nomía Costarricense* 31(1): 41-51.
- Eulloque G. J. 2013. Caracterización física, química, biológica y valoración agronómica del vermicompost de *Eisenia foetida* obtenido del contenido ruminal de bovino. Tesis de maestría. I. P. N. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral-Regional de Michoacán.
- Ferrera C. R., Alarcón A. 2014. Microbiología agrícola: hongos, bacterias, micro y macro fauna, control biológico y planta-microorganismo. México: Trillas. 568 p.
- Galindo, P. F.; Fortis H. M.; Preciado R. P.; Trejo, V. R.; Segura, C. M. A.; Orozco, V. J. A. 2014. Caracterización físico-química de sustratos orgánicos para

- producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo sistema protegido. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, vol. 5, núm. 7: 1219-1232.
- Garg V. K., Chand S., Chhillar A., Yadav, A. 2005. Growth and reproduction of *Eisenia foetida* in various animal wastes during vermicomposting. Applied Ecology and Environmental Research 3(2): 51-59.
- García J., Trejo L., Velásquez M., Ruíz A., Gómez F. 2010. Crecimiento de petunia en respuesta a diferentes proporciones de composta en sustrato. Rev. Chapingo Ser. Hort. 16: 107-113.
- Garg P., Gupta A., Satya S. 2006. Vermicomposting of different types of waste using *Eisenia foetida*: a comparative study. Bioresour. Technol. 97 (3)391-395.
- Garg V. K., Gupta R. 2011. Optimization of cow dung spiked pre-consumer processing vegetable waste for vermicomposting using *Eisenia fetida*. Ecotoxicology and Environmental Safety Vol. 74: 19-24.
- Gayosso S., Borges L., Villanueva E., Estrada M., Garruña R. 2016. Sustratos para producción de flores. Agrociencia 50: 617-631.
- Gupta R., Garg V. K. 2009. Vermiremediation and nutrient recovery of non-recyclable paper waste employing *Eisenia fetida*. Journal of Hazardous Materials 162, 430-439.
- Hernández, A. J.; Pietrosevoli, S.; Faría, A.; Canelón, R.; Palma, R.; Martínez, J. 2006. Frecuencia de riego en el crecimiento de la lombriz (*Eisenia* spp) y caracterización química del vermicompost. Revista 20 UDO Agrícola 6 (1): 20-26.
- Knopp, Z. V., Figueiredo, N. G., Lopes, L. D., Shiedeck, G. 2015. Crescimento e reproducao de minhocas em misturas de resíduos organicos e efeitos nas propiedades químicas e microbiológicas do húmus. Interciencia, vol. 40, núm. 1: 57-62.
- Lalander C., Komakech A., Vinneras B. 2015. Vermicomposting as manure management strategy for urban small-holder animal farms – Kampala case study. Waste management 39: 96-103.
- Lazcano C., Gómez B. M., Domínguez J. 2008. Comparison of the effectiveness of composting and vermicomposting for the biological stabilization of cattle manure. Chemosphere 72: 1013-1019.

- Leduc F., Whaen J., Sunahara G. 2008. Growth and reproduction of the earthworm *Eisenia fetida* after exposure to leachate from wood preservatives. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 69: 219-226.
- NMX-FF-109-SCFI-2008: Humus de lombriz (lombricomposta) – Especificaciones y métodos de prueba.
- Olivares C. M. A., Hernández R. A., Vences C. C., Jaquéz B. J., Ojeda B. D. 2012. Lombricomposta y composta de estiércol de ganado vacuno lechero como fertilizantes y mejoradores de suelo. *Universidad y Ciencia, UJAT*, 28 (1): 27-37.
- Pérez A., Céspedes C., Nuñez P., 2008. Caracterización física-química y biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos en República Dominicana. *J. Soil SC. Plant Nutr.* 8(4), 10-29.
- Pimentel D., Hepperly P., Hanson J., Doubs D., Seidel R. 2005. Environmental energetic, and economic comparisons of organic and conventional farming systems. *Bioscience* 55 (7) 573-582.
- Roca P. C., Martínez C. P., Mancilla P., Boluda R. 2009. Composting rice straw with sewage sludge and compost effects on the soil-plant system. *Chemosphere* 75:781-787.
- Rotondo, R.; Firpo, I. T.; Ferreras, L.; Toresani, S.; Fernández S.; Gómez, E. 2009. Efecto de la aplicación de enmiendas orgánicas y fertilizante nitrogenado sobre propiedades edáficas y productividad en cultivos hortícolas. *Horticultura Argentina* 28 (66)18-25.
- Ruíz F.J.F. 2012. Ingeniería del compostaje. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México. 237 pp.
- Sztern D., Pravia M. A. 2001. Manual para la elaboración de compost, bases conceptuales y procedimientos. Organización Panamericana de la salud. Organización mundial de la salud. 56 p.
- Vielma R. R., Ovalles D. J., León L. A., Medina A. 2003. Valor nutritivo de la harina de lombriz (*Eisenia foetida*) como fuente de aminoácidos y su estimación cuantitativa mediante cromatografía en fase reversas (HPLC) y derivatización precolumna con o-ftalaldehído (OPA). *Ars Pharmaceutica* 44:1; 43-58.

"Estudios sociales y económicos de la producción pecuaria"

La edición y reproducción se realizó en la Universidad
Autónoma Chapingo, Km. 38.5 carretera México-Texcoco,
Chapingo, Estado de México. CP 56230

Se reprodujeron 300 ejemplares en noviembre de 2017.

