

Elaboración de composta de gallinaza y su efecto en la fertilidad del suelo y rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.)

Preparation of poultry manure compost and its effect on soil fertility and potato yield (*Solanum tuberosum* L.)

Martha Romina Valenzuela-Urbe¹, Gabriel Herrera-Rodríguez², Jesús del Rosario Ruelas-Islas¹,
Cipriano Fuentes-Verduzco¹, Fernando Alberto Valenzuela-Escoboza¹, Blanca Elvira López-Valenzuela^{1*}

¹ Universidad Autónoma de Sinaloa. Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte. Sinaloa. México. CP. 81110.

ORCID: 0009-0008-5918-0009; ORCID: 0000-0002-8833-6929; ORCID: 0000-0003-3593-7170; ORCID: 0000-0001-6203-1695;
blancolopezvzla@favf.mx, ORCID: 0000-0001-6383-6145

² Unidad Tecnológica Fitosanitaria Integral/Junta Local de Sanidad Vegetal del Valle del Fuerte. Sinaloa, México. CP. 81233.

ORCID: 0000-0001-6650-1148

*Autor de correspondencia

Resumen

Palabras clave:

Abono; agricultura
sustentable; materia
orgánica;
productividad.

Los desechos agroindustriales pueden ser contaminantes ambientales, por lo que es necesario su aprovechamiento. La composta de gallinaza podría ser una alternativa sustentable por sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Este estudio evaluó composta a partir de gallinaza y paja de maíz, en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), adoptando un diseño en bloques completamente al azar con cuatro repeticiones. Los tratamientos consistieron en 0 t ha⁻¹, 2 t ha⁻¹, 5 t ha⁻¹ y 10 t ha⁻¹ de composta en complemento a la fertilización química. A los 105 días después de la siembra se evaluó el peso seco de biomasa, la altura de planta, porcentaje de humedad gravimétrica del suelo y rendimiento de tubérculos. El tratamiento con 10 t ha⁻¹ obtuvo mayor rendimiento de tubérculos ($p = 0.0006$) y altura de planta ($p = 0.0329$) respecto al testigo; sin embargo, no mostró significancia entre el resto de las variables.

Abstract

Keywords: Fertilizer;
sustainable
agriculture; organic
matter; productivity.

Agro-industrial waste could be environmental pollutants; thus, their utilization is necessary. chicken manure compost could be an alternative sustainable due to its physical, chemical, and biological properties. This study evaluated compost made from chicken manure and field corn straw in potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivation, adopting a completely randomized block design. Treatments consisted of 0 t ha⁻¹, 2 t ha⁻¹, 5 t ha⁻¹, and 10 t ha⁻¹ of compost. 105 days after planting, biomass dry weight, plant height, gravimetric soil moisture percentage, and tuber yield were evaluated. The 10 t ha⁻¹ treatment showed the highest tuber yield ($p = 0.0006$) and plant height ($p = 0.0329$) compared to the control; however, no significant differences were found between the rest of variables.

Recibido: 27 de octubre de 2025

Aceptado: 27 de enero de 2026

Publicado: 23 de septiembre de 2026

Cómo citar: Valenzuela-Urbe, M. R.; Herrera-Rodríguez, G.; Ruelas-Islas, J. R.; Fuentes-Verduzco, C.; Valenzuela-Escoboza, F. A.; & López-Valenzuela, B. E. (2026). Elaboración de composta de gallinaza y su efecto en la fertilidad del suelo y rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Acta Universitaria*, 36(NE-1), e4906. doi: <https://doi.org/10.15174/au.2026.4906>

Introducción

La revolución verde, iniciada a mediados del siglo XX, buscó aumentar la producción agrícola mediante fertilizantes químicos, plaguicidas y la introducción de maquinaria, lo que derivó en la degradación y disminución de la fertilidad del suelo (Dixon *et al.*, 2022). Por su parte, la agricultura convencional o tradicional está enfocada en incrementar la productividad con técnicas extractivas y el monocultivo. Debido a la demanda de alimento, se ha aumentado el uso de agua e insumos químicos como fertilizantes y plaguicidas, prácticas que han provocado la contaminación de fuentes de agua y el desequilibrio en los ecosistemas cercanos a las zonas agrícolas (Rey-Romero *et al.*, 2022).

Las prácticas implementadas en la agricultura convencional pueden emitir de un 11% hasta un 33% de los gases de efecto invernadero (Giller *et al.*, 2021). En la actualidad, para mitigar estos efectos se promueven prácticas como el compostaje de estiércol, rico en nitrógeno, fósforo, calcio y elementos orgánicos, capaz de mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo (Peñaloza *et al.*, 2019). Se ha comprobado que el uso de estiércol animal, bajo el proceso de compostaje, aumenta la capacidad de retención de humedad e interviene en la disminución de la densidad aparente en los suelos (Hernández *et al.*, 2017). Entre las materias primas utilizadas para el uso de compostas en la agricultura regenerativa se encuentra la gallinaza, compuesta por excretas de gallina y ampliamente estudiada por los beneficios que aporta a la agricultura (Casas & Guerra, 2020).

Por lo anterior, el presente estudio tiene como objeto producir composta de gallinaza, así como evaluar su calidad, el efecto en la fertilidad del suelo y su rendimiento en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.).

Materiales y métodos

Elaboración de composta

La gallinaza fue obtenida de una granja avícola productora de huevo. Como fuente de nitrógeno, se colectaron 70 ton de este residuo de casetas de aves de crianza gallina ponedora lohmann White (*Gallus gallus domesticus*). Como fuente de carbono, también se utilizaron 6 ton de paja proveniente de residuos de cosecha de maíz.

Se construyó un cantero con una relación carbono-nitrógeno (C/N) de 22:4. La gallinaza se colocó en montículos de forma lineal, posteriormente, se agregaron 3 ton de paja entera y 3 ton de paja triturada. Se utilizó una volteadora de composta para homogenizar la mezcla. Después se administró riego con una pipa, donde se agregaron 20 000 L de agua proveniente de un canal con pH de 7.74, conductividad eléctrica (CE) de 244.57 μm y relación de adsorción de sodio (RAS) de 0.702, evaluada bajo las normas NOM-127-SSA1-2021 y NMX-AA-033-SCFI-2018, cumpliendo con la calidad adecuada para uso agrícola y riego. Se realizaron cinco volteos y se llevó la mezcla a 50% de humedad medida con higrómetro analítico Reotemp® (San Diego, CA, EE. UU). Las dimensiones del cantero fueron de 1 m de altura, 2 m de ancho y 55 m de largo.

Se midió la temperatura ambiental y de la composta durante 105 días. Para ello se seleccionaron cuatro puntos del cantero y con un termómetro analítico Reotemp® (San Diego, CA, EE. UU.) se tomó la temperatura a distintas profundidades (120 cm, 90 cm y 30 cm) para obtener la temperatura promedio. Los volteos realizados a partir del segundo día solo se aplicaron cuando la temperatura de la composta alcanzó los 65 °C. Cada riego fue suministrado para mantener el 50% de humedad y la temperatura de la composta a los 65 °C.

El día 105 se tomaron 30 submuestras, distribuidas en 10 puntos lineales, con una distancia de 5 m entre cada punto, se mezclaron todas las submuestras y se tomaron tres muestras de 1 kg cada una. Se analizaron en laboratorio para evaluar la calidad y descartar presencia de patógenos para la salud humana (*E. coli*, coliformes totales y fecales). Se evaluó la fitotoxicidad de la composta bajo el parámetro de la norma mexicana NMX-AA-180-SCFI-2018. Para ello, se sembró un total de 30 semillas de papa en macetas de unícel con una porción de tierra agrícola 66.66% y 33.33% de composta de gallinaza y se realizó el conteo de emergencia de las plantas.

Diseño experimental y descripción de tratamientos

El día 22 de noviembre de 2025 se desarrolló el experimento bajo un diseño en bloques completos al azar (DBCA) y cuatro repeticiones, obteniendo un total de 16 unidades experimentales (UE) con un área de 18 m² por unidad. Se evaluó en cultivo de papa variedad FL-1867 a campo abierto. Se estableció el área de estudio (AE) en una superficie de 355.3 m², en un suelo de textura arcillosa, ligeramente ácido (pH 6.5), con 1.19% de materia orgánica, de acuerdo con el análisis fisicoquímico realizado antes de establecer el ensayo.

El experimento se estableció en un predio agrícola ubicado en la sindicatura de Adolfo Ruiz Cortines, Guasave, Sinaloa, México. El diseño experimental consistió en la aplicación de cuatro tratamientos (0 t ha⁻¹, 2 t ha⁻¹, 5 t ha⁻¹ y 10 t ha⁻¹ de gallinaza), en complemento a la fertilización química base (150 kg ha⁻¹ de Urea [46%]), 260 kg ha⁻¹ de fosfato monoamónico (11-52-0 MAP), 230 kg ha⁻¹ de sulfato de potasio (K₂SO₄) y 100 kg ha⁻¹ de sulfato potásico, magnesio y azufre (K-Mag).

Para la evaluación de variables como altura de planta y peso seco de biomasa, se eligieron 10 plantas de cada UE de manera aleatoria, las cuales se etiquetaron. La altura se midió a los 105 días después de la siembra (DDS). Posteriormente, se realizó un muestreo destructivo y se cortó la biomasa de 10 plantas correspondiente a tallos y folíolos. Las plantas colectadas se cortaron en trozos de 5 cm aproximadamente, se pesaron para obtener peso fresco y se colocaron en un horno de secado a 65 °C durante ocho días, para obtener peso seco.

Para evaluar el rendimiento se cosecharon los tubérculos en un área de 0.90 m² (tres repeticiones) por UE y se pesaron. El contenido de humedad gravimétrica (CHG) del suelo se evaluó bajo el método gravimétrico, y el análisis de porosidad (P) se realizó por el método de desplazamiento de fluidos. Se tomaron cinco submuestras de suelo por UE, se mezclaron las cinco submuestras y se obtuvo una muestra compuesta. Para cada muestra compuesta se evaluaron ambos parámetros. Para el CHG se agregó una fracción de cada muestra a recipientes metálicos, se pesó y posteriormente se colocaron en un horno de secado a 105 °C durante 72 horas. Después, se pesaron para obtener su peso seco y se hicieron los cálculos correspondientes.

Para evaluar la P se agregó suelo de cada muestra a una probeta graduada a 250 cm³, posteriormente, se agregaron 250 ml de agua. Después de la saturación del suelo, se registró el desplazamiento de agua hacia el fondo de la probeta y se aplicó el cálculo para medir el porcentaje de porosidad de cada muestra.

Los datos obtenidos de CHG y P, altura de planta, peso seco de biomasa y rendimiento del cultivo de papa fueron sometidos a un análisis de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk para la normalidad de los datos y análisis de varianza (ANDEVA) por la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) con el programa estadístico SAS versión 9.4.

Resultados

El proceso de compostaje de gallinaza se realizó durante 105 días. El comportamiento térmico observado se desarrolló dentro de las fases mesófila (20 °C-35 °C), termófila (35 °C-65.9 °C), de enfriamiento y maduración (35 °C-25.9 °C) (Figura 1).

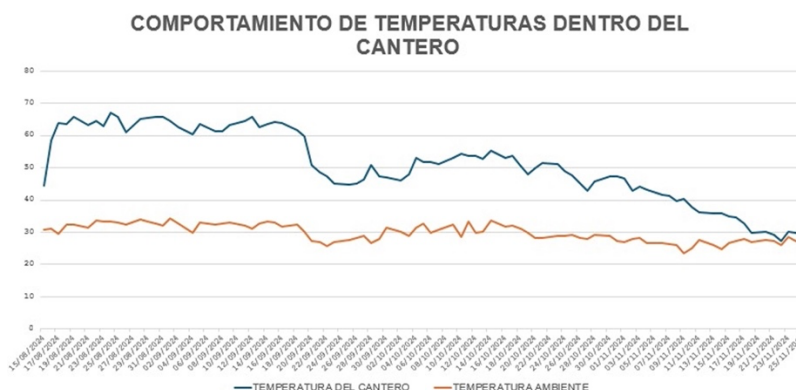


Figura 1. Comportamiento de la temperatura de la composta y ambiental.
Fuente: Elaboración propia.

El proceso de compostaje resultó en la producción total de 55.7 ton de composta. Se evaluó la clasificación del producto de acuerdo con la norma NMXAA-180-SCFI-2018, y fue clasificado como COMPOSTA/MEJORADOR DE SUELO ORGÁNICO, debido a que la suma de los macronutrientes primarios (N-P-K) fue de 5.5% (Tabla 1).

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos evaluados en la composta de gallinaza comparados con respecto a la norma NMXAA-180-SCFI-2018.

Parámetro	Valor ideal	Valor obtenido
pH	6.7 – 8.5	9.48
CE (Conductividad eléctrica)	0.5 dS/m - 12 dS/m	5.41 dS/m
Materia orgánica	≥ 20%	69.61%
Carbono orgánico	Mínimo 10%	40.38%
Nitrógeno total (N)	1% – 3% MS	1.34%
Fosforo total (P)	1% – 3% MS	1.87%
Potasio total (K)	1% – 3% MS	1.57%
Relación carbono- nitrógenonitrógeno (C/N)	15 – 25	30.13%
Temperatura	25 °C – 50 °C	28.9 °C
Fito toxicidad / índice de Germinación, IG)	G ≥ 80%	92.59%

Fuente: Elaboración propia.

Algunos parámetros como el pH (9.48), materia orgánica (69.61%) y carbono orgánico (40.38%) superaron los valores mínimos establecidos por la norma (6.7-8.5, ≥ 20% y ≥ 10%, respectivamente). El índice de germinación fue de 92.59% y cumple con lo estipulado por la norma para evitar la inhibición de la germinación de la semilla de papa FL 1867.

Los parámetros cualitativos evaluados en la composta indican que cumple con las características organolépticas indicadas por la norma, como olor, color y textura (Tabla 2).

Tabla 2. Parámetros cualitativos evaluados en la composta de gallinaza comparados con respecto a la norma NMXAA-180-SCFI-2018.

Parámetro	Valor ideal	Valor obtenido
Color	Marrón o pardo oscuro. Similar al café o chocolate oscuro	Color marrón oscuro
Olor	Agradable a tierra húmeda de bosque (monte). Quedan excluidos: amoniacal, pudrición, H ₂ S (huevo podrido), ácidos grasos volátiles (vómito) y excremento	Olor agradable a tierra húmeda, sin olores de putrefacción/sin olores amoniacales.

Fuente: Elaboración propia.

No se detectó la presencia de coliformes totales (*E. coli* y *Salmonella* sp.) dentro de la composta (Tabla 3) que fue evaluada bajo la técnica número más probable por gramo (NMP g⁻¹).

Tabla 3. Cantidad de bacterias coliformes evaluadas en la composta de gallinaza comparados con respecto a la norma NMXAA-180-SCFI-2018.

Bacterias coliformes	Valor máximo permisible	Valor obtenido
Coliformes fecales	< 1000 NMP/g (en base seca)	NO DETECTADO NMP/g (en base seca)
<i>Escherichia coli</i>	≤ 1000 NMP/g (en base seca)	NO DETECTADO NMP/g (en base seca)
<i>Salmonella</i> sp.	Ausente NMP en 25g (en base seca)	NO DETECTADO NMP/25 (en base seca)

Fuente: Elaboración propia.

La composta presentó una carga de 2.1×10^7 UFC g^{-1} de bacterias aeróbicas, 1×10^5 UFC g^{-1} bacterias anaeróbicas y 1×10^4 UFC g^{-1} (Tabla 4).

Tabla 4. Presencia de microorganismos benéficos en la composta de gallinaza.

Grupos microbianos	UFC/g o m, de muestra
Bacterias aeróbicas	21 000 000
Bacterias anaeróbicas	100 000
Bacterias nitrificantes	0
Actinomicetos	0
<i>Bacillus</i> sp	10 000

Fuente: Elaboración propia.

La composta presentó una carga nula de nematodos, hongos y bacterias fitopatógenos para el cultivo de papa (Tabla 5).

Tabla 5. Presencia de microorganismos patógenos en la composta de gallinaza.

Grupos microbianos	UFC/g o ml de muestra
Nematodos	0
Hongos: <i>Fusarium</i> sp., <i>Verticillium</i> sp., <i>Rhizoctonia</i> sp., <i>Phytophthora</i> sp y <i>Pythium</i> sp.	0
Bacterias: <i>Clavibacter</i> sp., <i>Erwinia</i> sp. y <i>Pseudomonas</i> sp.	0

Fuente: Elaboración propia.

Las variables de humedad gravimétrica y porosidad del suelo no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, según la prueba de Tukey ($p > 0.05$), como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Propiedades físicas del suelo bajo diferentes tratamientos con composta de gallinaza.

Tratamientos	Contenido de humedad gravimétrica (CHG) %	Porosidad (P) %
T1 (Testigo)	24.575 a	36.999 a
T2 (Dosis Baja)	14.320 a	37.501 a
T3 (Dosis Media)	15.830 a	37.603 a
T4 (Dosis Alta)	15.643 a	38.002 a
Tukey ($p = 0.05$)	$p = 0.4634$	$p = 0.3733$

Nota. Medias con una letra en común no son significativamente diferentes según la prueba de Tukey 5%.

Fuente: Elaboración propia.

La aplicación de la composta en complemento a la fertilización química en diferentes dosis mostró efectos positivos en los parámetros de biomasa, como la altura de planta con 78 cm del T4 (dosis alta) contra 70.9 cm del testigo y rendimiento del cultivo T4 (dosis alta) con 43.610 t ha^{-1} contra 33.708 t ha^{-1} del testigo (Tabla 7). Sin embargo, el peso seco de planta no presentó diferencias significativas ($p > 0.0861$) entre los tratamientos.

Tabla 7. Parámetros de biomasa bajo diferentes tratamientos con composta de gallinaza.

Tratamientos	Altura de planta (cm)	Peso seco de la planta (g)	Rendimiento de tuberculo (t ha ⁻¹)
T1 (Testigo)	70.90 b	19.914 a	33.708 b
T2 (Dosis Baja)	70.95 ab	19.406 a	35.792 b
T3 (Dosis Media)	71.95 ab	19.160 a	37.624 b
T4 (Dosis Alta)	78.00 a	24.068 a	43.610 a
Tukey (p = 0.05)	p = 0.0329	p = 0.0861	p = 0.0006

Nota. Medias con una letra en común no son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey 5%.

Fuente: Elaboración propia.

Discusión

El proceso de producción de composta concluyó en 105 días después de la mezcla de materias primas, con temperaturas registradas en las fases mesófila (20 °C–35 °C), termófila (35 °C–65.9 °C) y de enfriamiento y maduración (35 °C–25.9 °C) (Figura 1), lo cual indica que llegó a su etapa de madurez. *n et al.* (2018) y señala que materiales con una carga elevada de materia orgánica requieren de 90 a 120 días para llegar a la fase de madurez.

La composta producida presenta una actividad microbiana intensa de acuerdo con la carga de microorganismos benéficos (Tabla 4), lo cual permitió la degradación de la paja como fuente de carbono y la gallinaza como fuente de nitrógeno.

La temperatura máxima registrada al interior del cantero fue de 65.9 °C, ideal para la esterilización de semillas de malezas, fito-patógenos y coliformes totales y fecales, semejante a lo reportado por Tiquia & Tam (2000), quienes mencionan que temperaturas constantes mayores a 55 °C son suficientes para la destrucción de semillas, bacterias coliformes, hongos fitopatógenos y huevos de helmintos. Esto asegura que la composta cumple con los estándares de calidad señalados en la norma NMX-AA-180-SCFI-2018 (Diario Oficial de la Federación [DOF], 2018) para abonos y fertilizantes orgánicos. Por otra parte, Bernal *et al.* (2009) señalan que mantener la fase termófila activa por encima de 60 °C puede acelerar la descomposición de la materia orgánica y ayudar a la sanitización del producto, garantizando su posterior uso en la agricultura.

El pH final de la composta resultó en 9.48, ligeramente superior al rango ideal (Tabla 1). Bernal *et al.* (2009) menciona que la evaporación de CO₂ causada por la descomposición de compuestos nitrogenados y la presencia de amonio residual pueden elevar la alcalinidad de los residuos orgánicos.

La elevada materia orgánica (69.61%) superó los valores ideales que dicta la norma, esto elevó directamente la relación C/N (3013%). Un abono orgánico rico en materia orgánica da margen a continuar su proceso de humificación y de mineralización al ser aplicado en el suelo. Esto estimula el metabolismo de los microorganismos que participan en la liberación lenta del nitrógeno, fósforo y potasio, según Zhao *et al.* (2021).

El índice de germinación fue de 92.59%, lo cual indica la ausencia de fitotoxicidad. Carballo *et al.* (2017) mencionan que las compostas derivadas de estiércol de gallinaza favorecen el desarrollo foliar y radicular de las plantas.

El porcentaje de humedad gravimétrica en el suelo no se vio afectado por ninguno de los tratamientos, lo cual fue similar a lo mencionado por Leogrande *et al.* (2024), donde se concluye que la textura del suelo puede ser un factor limitante para la retención de humedad y, por lo tanto, la composta no influye a corto plazo en mejorar la estructura del suelo. La relación carbono-nitrógeno alta en la composta indica que la materia orgánica no se desintegró por completo y, por consecuencia, disminuyó la formación de coloides que retienen humedad en el suelo (Agyarko-Mintah *et al.* 2017).

Compostas inmaduras pueden retrasar el proceso de mineralización en el suelo (Bernal *et al.*, 2009). Además, pueden someter a la planta a competir contra los microorganismos por la inmovilización de nitrógeno y por no tener un impacto en el aumento de biomasa de la planta (Gannett *et al.*, 2024).

La aplicación de composta de gallinaza en complemento a la fertilización no mostró diferencias significativas entre las dosis y el testigo en el peso seco de la planta; sin embargo, el T4 (10 t ha⁻¹) incrementó la altura de las plantas (78 cm). Esto supone que, como consecuencia del aporte de nutrientes en sinergia con el fertilizante químico, aumentan los nutrientes disponibles para su desarrollo, lo que concuerda por lo reportado por Luna *et al.* (2015), donde observaron cómo la dosis de 10 t ha⁻¹ de abonos orgánicos inducen el aumento en la altura de la planta. Esto se debe a que los abonos orgánicos ayudan a la planta con la asimilación de nutrientes, lo cual favorece el desarrollo vegetativo (Moore *et al.*, 2024).

Aplicar composta de gallinaza en la dosis de 10 t ha⁻¹ aumenta el rendimiento de tubérculos de papa (Tabla 7). Según Peñaloza *et al.* (2019), esto se debe al aumento de la actividad biológica y al aporte de nutrientes que provienen de la gallinaza, específicamente el nitrógeno, que se mantiene en el suelo y tiende a asimilarse lentamente por la planta.

Conclusiones

Se elaboró composta de gallinaza con propiedades microbiológicas y fisicoquímicas que cumplen con los estándares de calidad establecidos por la NMX-AA-180-SCFI-2018. La presencia de los microorganismos benéficos, el aporte de micronutrientes y la materia orgánica de la composta favorecieron el rendimiento del cultivo de papa variedad FL1867, específicamente en la dosis de 10 t ha⁻¹. Por tanto, este subproducto de gallinaza es una alternativa para el manejo de los residuos agropecuarios, al aumentar la fertilidad del suelo y contribuir a prácticas agrícolas más sustentables.

El costo de producción de la composta de gallinaza fue de 700 pesos mexicanos (MXN) por tonelada, precio bajo y competitivo en el mercado nacional de abonos orgánicos.

Agradecimientos

Agradecimiento al Núcleo Académico de la Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte por la disponibilidad y acceso a los Laboratorios para llevar a cabo la investigación. A la Avícola Promesa Sinaloa S. A. de C. V. y su equipo de trabajo por facilitar el acceso a las instalaciones y los insumos para la elaboración y análisis de calidad de la composta. A la Agrícola Ocalte S. A. de C. V. y su equipo de trabajo por facilitar la parcela experimental para la evaluación de variables de la investigación.

Conflicto de interés

No existe conflicto de intereses en caso de que el artículo sea publicado.

Referencias

- Agyarko-Mintah, E., Cowie, A., Singh, B. P., Joseph, S., Van-Zwieten, L., Cowie, A., Harden, S., & Smillie, R. (2017). Biochar increases nitrogen retention and lowers greenhouse gas emissions when added to composting poultry litter. *Waste Management*, 61, 138-149. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.11.027>
- Bernal, M. P., Albuquerque, J. A., & Moral, R. (2009). Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. *Bioresource Technology*, 100(22), 5444–5453. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.11.027>
- Casas, S., & Guerra, L. D. (2020). La gallinaza, efecto en el medio ambiente y posibilidades de reutilización. *Revista de Producción Animal*, 32(3), 87-102. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-79202020000300087&script=sci_arttext#B28
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (2018). Norma Mexicana NMX-AA-180-SCFI-2018, Que establece los métodos y procedimientos para el tratamiento aerobio de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, así como la información comercial y de sus parámetros de calidad de los productos finales. *Secretaría de Economía*. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/PPD1/NMX-AA-180-SCFI-2018.pdf>
- Dixon, M., Rohrbach, C., Afkairin, A., & Vivanco, J. (2022). Impacts of the green revolution on Rhizosphere microbiology related to nutrient acquisition. *Applied Microbiology*, 2(4), 992–1003. <https://doi.org/10.3390/applmicrobiol2040076>
- Gannett, M., DiTommaso, A., Sparks, J. P., & Kao-Kniffin, J. (2024). Microbial nitrogen immobilization as a tool to manage weeds in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. (366): 108904. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2024.108904>
- Giller, K. E., Hijbeek, R., Andersson, J. A., & Sumberg, J. (2021). Regenerative agriculture: an agronomic perspective. *Outlook on Agriculture*, 50(1), 13-25. <https://doi.org/10.1177/0030727021998063>
- Gómez, C. A., Torres, M. J., & Hernández, D. F. (2018). Evaluación de la madurez y calidad de compostas elaboradas con estiércol de aves y residuos vegetales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(7), 1381–1393. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i7.1301>
- Hernández, O. B., Sánchez, R., Ordaz, V. M., López, U., Estrada, M. A., & Pérez, M. A. (2017). Uso de compostas para mejorar la fertilidad de un suelo Luvisol de ladera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(6), 1273-1285. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342017000601273&lng=es&tlng=es
- Leogrande, R., Vitti, C., Castellini, M., Garofalo, P., Samarelli, I., Lacolla, G., Montesano, F. F., Spagnuolo, M., Mastrangelo, M., & Stellacci, A. M. (2024). Residual effect of compost and biochar amendment on soil chemical, biological, and physical properties and durum wheat response. *Agronomy*, 14(4), 749. <https://doi.org/10.3390/agronomy14040749>
- Luna, R., Espinosa, K., Trávez, R., Ulloa, C., Espinoza, A., & Bejarano, A. (2015). Respuesta de variedades de papa (*Solanum tuberosum*, L.) a la aplicación de abonos orgánicos y fertilización química. *Ciencia y Tecnología*, 1(9), 11-16. https://www.researchgate.net/publication/321297313_Respuesta_de_variedades_de_papa_Solanum_tuberosum_L_a_la_aplicación_de_abonos_organicos_y_fertilización_química
- Moore, A., Leytem, A., Olsen, N., Price, W., & Dungan, R. (2024). Dairy manure influences soil properties, plant nutrient uptake, and tuber quality in potatoes. *Agronomy Journal*, 116(5), 2284-2303. <https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/agj2.21660>
- Peñaloza, J., Reyes, A. K., Gonzáles, A., Pérez, D. J., & Sangerman-Jarquín, D. (2019). Fertilización orgánica con tres niveles de gallinaza en cuatro cultivares de papa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(5), 1139-1149. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v10n5/2007-0934-remexca-10-05-1139.pdf>
- Rey-Romero, D. C., Domínguez, I., & Oviedo-Ocaña, E. R. (2022). Effect of agricultural activities on surface water quality from páramo ecosystems. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(55), 83169–83190. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-21709-6>
- Tiquia, S. M., & Tam, N. F. Y. (2000). Fate of nitrogen during composting of chicken litter. *Environmental Pollution*, 110(3), 535–541. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(99\)00319-X](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(99)00319-X)