



ISSN: 2230-9926

Available online at <http://www.journalijdr.com>

IJDR

International Journal of Development Research

Vol. 15, Issue, 10, pp. 69325-69329, October, 2025

<https://doi.org/10.37118/ijdr.30210.10.2025>



RESEARCH ARTICLE

OPEN ACCESS

REVISIÓN: UTILIZACIÓN DE COMPOST DE EXCRETAS BOVINAS EN LA SALUD DEL SUELO Y EL RENDIMIENTO DE LOS CULTIVOS AGRÍCOLAS

Félix-Espinoza Zabdiel¹, Portillo- Loera Jesús J.² y Romo-Rubio Javier ^{2*}

¹Estudiante de Maestría en Ciencias Agropecuarias, adscrita en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa; ²Profesor de Tiempo Completo en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Boulevard San Ángel 3080, Fraccionamiento San Benito, Culiacán Rosales, Sinaloa, México; CP 80246.

ARTICLE INFO

Article History:

Received 19th July, 2025

Received in revised form

25th August, 2025

Accepted 17th September, 2025

Published online 30th October, 2025

Key Words:

Composting, Bovine Manure, Soil Health, crop Productivity, Sustainable Agriculture.

*Corresponding author: Romo-Rubio Javier

ABSTRACT

La degradación del suelo es uno de los problemas ambientales más críticos a nivel global, especialmente en áreas agrícolas, donde afecta gravemente la producción de alimentos. En México, la intensificación de la agricultura ha acelerado este deterioro, lo que pone en riesgo la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible. Aunque el estiércol de ganado bovino es una fuente rica en nutrientes, genera grandes cantidades de residuos que, si no se gestionan adecuadamente, pueden contribuir a la contaminación del agua y la emisión de gases de efecto invernadero. Con el objetivo de conocer el impacto del compostaje de excretas bovinas en la salud del suelo y el rendimiento de los cultivos, se realizó una revisión bibliográfica. Los resultados del análisis indican que, mediante un proceso controlado, el compostaje de excretas bovinas mejora las propiedades del suelo, al aumentar su capacidad de retención de agua, y reducir la erosión y la evaporación. Además, este proceso aporta nutrientes esenciales, favorece la actividad biológica del suelo y disminuye la dependencia de fertilizantes químicos. No obstante, el éxito del compostaje depende de factores clave como la temperatura, la humedad, el oxígeno y la relación carbono: nitrógeno, que deben ser cuidadosamente controlados para evitar efectos negativos, como la emisión de gases de efecto invernadero y malos olores. En conclusión, el compostaje de excretas bovinas es una alternativa sostenible para la gestión de residuos ganaderos que puede mejorar la salud y fertilidad del suelo.

Copyright©2025, Félix-Espinoza Zabdiel et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Citation: Félix-Espinoza Zabdiel, Portillo- Loera Jesús J. y Romo-Rubio Javier. 2025. "Revisión: utilización de compost de excretas bovinas en la salud del suelo y el rendimiento de los cultivos agrícolas". *International Journal of Development Research*, Vol. 15, Issue, 10, pp. 69325-69329, October, 2025.

INTRODUCCIÓN

La agricultura en México es un sector esencial para la economía nacional y la seguridad alimentaria, ya que genera empleo rural, impulsa el desarrollo de extensas zonas agrícolas y juega un papel clave en el comercio internacional (Gobierno de México, 2023); sin embargo, las prácticas agrícolas intensivas han generado impactos negativos en el suelo y el ambiente, lo que plantea la necesidad urgente de implementar alternativas sostenibles que preserven la salud del suelo y mejoren la productividad agrícola (FAO, 2021). En este contexto, la degradación del suelo en México constituye un problema crítico que afecta su productividad. Factores como la erosión, la salinización y la pérdida de nutrientes se han intensificado debido al cambio climático y las prácticas de monocultivo (SEMARNAT, 2013). El suelo, es un recurso natural no renovable, que desempeña un papel vital en los ciclos del carbono, nitrógeno, fósforo y agua; además, es fundamental para la producción de alimentos y la estabilidad de los ecosistemas (Burbano-Orjuela, 2016). Se estima que el 45.2% del suelo en el territorio nacional presenta algún grado de degradación, lo que incluye pérdida de fertilidad, erosión y disminución del contenido de carbono (SEMARNAT, 2003). Estas problemáticas, ocasionadas por

actividades como la deforestación, el sobrepastoreo y el cambio de uso del suelo, subrayan la importancia de adoptar estrategias de conservación y recuperación. Por otro lado, el manejo inadecuado de las excretas bovinas representa un desafío ambiental significativo. Si bien el estiércol es una fuente rica en nutrientes como nitrógeno y fósforo, su acumulación excesiva puede tener efectos negativos, lo que impacta tanto la salud pública como los ecosistemas (Pinos-Rodríguez et al, 2012; Abdugheni et al., 2023). Al respecto, se ha informado que una vaca adulta genera aproximadamente 55 kg de excretas diarias, divididas en 35 kg de heces y 20 kg de orina, mientras que las vacas jóvenes producen alrededor de 13.58 kg de heces y 7.60 kg de orina (Zhu et al., 2010; Kormanovskii et al., 2017). Además, estas excretas son una fuente importante de emisiones de gases de efecto invernadero, como el metano y óxido nítrico, que contribuyen al cambio climático (Gerber et al., 2013). Sin embargo, con una gestión adecuada, las excretas bovinas pueden transformarse en recursos valiosos para la agricultura, al reducir su impacto ambiental (Pinos-Rodríguez et al., 2012). El compostaje se presenta como una alternativa eficaz para la gestión sostenible de estos residuos. Este proceso permite convertir el estiércol en un abono orgánico de alta calidad, al enriquecer la fertilidad del suelo y

disminuir la dependencia de fertilizantes químicos (Román *et al.*, 2013). La presente revisión tiene como objetivo analizar

La agricultura y el suelo: El suelo es un recurso esencial para la reproducción de la vida en el planeta, pues proporciona nutrientes, agua y minerales para el desarrollo de plantas y árboles. Es hogar de miles de animales y es almacén de carbono; más aún, es el asiento natural para la producción de alimentos y materias primas de los cuales depende la sociedad y el espacio donde se desarrollan actividades socioeconómicas. El 98% de los alimentos que se consumen provienen directamente de la tierra, lo que convierte al sector agrícola en la base del suministro alimentario en todos los países del mundo, independientemente de si son subdesarrollados, en desarrollo o desarrollados (Bula, 2020; FAO, 2021). El crecimiento demográfico ha incrementado significativamente la demanda de alimentos, lo que ha intensificado la producción agrícola, sin embargo, si esta creciente demanda no se satisface, tanto el desarrollo económico nacional como global podrían verse afectados negativamente (Bula, 2020). La intensificación de la producción agrícola ha generado serios problemas de degradación del suelo, como la erosión, el agotamiento de nutrientes y el aumento de la salinidad, que afectan al 34% de los terrenos agrícolas, equivalentes a 1,660 millones de hectáreas. Además, el uso excesivo de fertilizantes inorgánicos no sólo ha deteriorado la salud del suelo, sino que también ha contaminado fuentes de agua a nivel global (FAO, 2021). México, gracias a su biodiversidad, condiciones climáticas favorables y amplio territorio, se posiciona como un productor destacado en América Latina, lo que lo ubica como el primer productor de hortalizas y el segundo lugar en frutas; estas actividades son un pilar fundamental de la economía nacional, con una contribución del 2.2% al producto interno bruto (PIB) y una inversión extranjera directa que en 2023 superó los 109 millones de dólares (Statista, 2024); sin embargo, el 45.2% de los suelos del país presenta algún grado de degradación, que incluye pérdida de fertilidad, erosión y disminución del contenido de carbono (SEMARNAT, 2003). El suelo fértil disminuye y el cambio climático ya afecta la producción. El suelo agrícola, además de un medio de producción, constituye un factor estratégico para la seguridad alimentaria interna desde la dimensión de la disponibilidad. La suficiencia de este recurso y su capacidad en función de la fertilidad natural de la tierra o de la incorporación de tecnología determinan el volumen de alimentos. En el caso de la alimentación, la degradación del suelo es considerada el mayor problema ambiental que amenaza la producción mundial de alimentos debido a que la tierra agrícola es el medio y objeto de trabajo del sector agropecuario, además de proveedor de la riqueza material, elemento constitutivo de las fuerzas productivas y espacio estratégico que define la localización de empresas, sobre todo agroindustriales, y actividades económicas. Por ello, es fundamental adoptar prácticas agrícolas sostenibles y climáticamente inteligentes para revertir el deterioro de los recursos de tierra y agua, y fomentar un crecimiento inclusivo. Los modelos actuales de intensificación han demostrado ser insostenibles, al generar altos niveles de contaminación, emisiones de gases de efecto invernadero y una severa degradación de los servicios ecosistémicos, lo que ha propiciado llevar al límite la capacidad productiva (FAO, 2021).

Excretas bovinas como residuos orgánicos: El estiércol de ganado, compuesto principalmente de agua que se refleja en su alta humedad, es una fuente rica en carbono, así como en diversos sustratos, tanto fácilmente degradables como difíciles de hidrolizar, como celulosa, hemicelulosa y lignina (ElMekawy *et al.*, 2015). Además, las excretas generadas en los sistemas pecuarios contienen nutrientes esenciales, como fósforo, potasio y nitrógeno, indispensables para el crecimiento de las plantas (Elizondo y Espinoza, 2021). En promedio, una vaca adulta produce diariamente alrededor de 55 kg de desechos, que incluyen aproximadamente 35 kg de heces y 20 kg de orina, aunque esta cantidad puede variar según su peso, dieta y nivel de productividad (Kormanovskii *et al.*, 2017). En México, durante el año agrícola 2022, se destinaron 109 millones de hectáreas a la ganadería, con una población de 36.3 millones de bovinos (Gobierno de México, 2024). Si se toma un valor mínimo de 13.5 kg de materia seca de excreta diaria por vaca, esto equivale a una producción anual de al

menos 179 millones de toneladas de desechos. Este volumen tan significativo de residuos, si se maneja adecuadamente, puede generar emisiones de óxido nitroso, amoníaco y gases de efecto invernadero que contribuyen al cambio climático (Elizondo y Espinoza, 2021). Además, el mal manejo puede contaminar cuerpos de agua, ya sea por escorrentía o infiltración; el nitrógeno el principal responsable de la contaminación de aguas subterráneas mediante lixiviación de nitratos, mientras que el fósforo favorece la eutrofización en aguas superficiales, al reducir el oxígeno y alterar el pH (Pinos *et al.*, 2012). Por otra parte, una proporción considerable de los nutrientes presentes en las excretas no es retenida por el suelo ni aprovechada por las plantas, lo que agrava estos impactos negativos (Perazzolo *et al.*, 2017). Por ello, una gestión adecuada del estiércol es crucial para mitigar los riesgos mencionados, ya que su manejo inadecuado no sólo agrava los problemas ambientales, sino que también puede facilitar la propagación de patógenos zoonóticos y bacterias resistentes a los antibióticos, lo que pone en peligro la salud humana y el equilibrio ecológico (Abdugheni *et al.*, 2023).

Proceso de compostaje: El compostaje es un proceso controlado que utiliza microorganismos psicrófilos, mesófilos y termófilos para descomponer materia orgánica, transformándola en un producto estable con mejor calidad, bajas concentraciones de elementos nocivos y prácticamente sin olor, apto para mejorar las condiciones del suelo (Said, 2020; Amuah *et al.*, 2022). Una vez que la descomposición alcanza su máximo grado, las sustancias remanentes forman complejos de carbono altamente estables y de lenta degradación, conocidos como humus, que es un material compuesto por ácidos húmicos y fúlvicos y resulta de un proceso de mineralización y humificación llevado a cabo por microorganismos (FAO, 2013). Según el Gobierno de México (2020), el compostaje aeróbico requiere el control de parámetros como temperatura, humedad, oxigenación y la relación carbono:nitrógeno (C:N) para promover la descomposición biológica, al pasar por cuatro fases que son: 1) la fase mesófila inicial, donde a temperatura ambiente las bacterias mesófilas incrementan la temperatura hasta 45°C lo que inicia la biodegradación en un periodo de 2 a 8 días; 2) la fase termófila, en la que las altas temperaturas favorecen la descomposición de compuestos complejos como la celulosa y la lignina, y eliminan patógenos en un lapso de días a meses; 3) la fase de enfriamiento, donde la temperatura desciende nuevamente a 45°C y la actividad biológica disminuye al igual que la necesidad de aireación durante varias semanas y, 4) la fase de maduración, en la que a temperatura ambiente se forman ácidos húmicos y fúlvicos, lo que consolida un producto estable y de alta calidad, que complementan el proceso en un periodo que puede extenderse por meses. Al finalizar, el volumen inicial del material puede reducirse entre un 50 y un 85%, lo que permite obtener un compost apto para enriquecer el suelo mediante un método de bajo costo, seguro y sencillo de implementar.

El compostaje aporta múltiples beneficios al suelo como mejorar su estructura, aumentar la retención de agua, reducir la erosión y la evaporación, enriquecerlo con macro y micronutrientes, incrementar la capacidad de intercambio catiónico y degradar sustancias nocivas como metales pesados y patógenos perjudiciales, además de facilitar la germinación y acelerar el desarrollo de las plantas mediante la introducción de microorganismos beneficiosos como bacterias y hongos que transforman materiales insolubles en nutrientes asimilables, lo que reduce la dependencia de fertilizantes químicos (Gobierno de México, 2020). No obstante, el compostaje requiere un espacio adecuado para las pilas o recipientes y un control riguroso de los parámetros del proceso, ya que, si no se realiza correctamente, puede generar olores desagradables, además está asociado a la emisión de gases de efecto invernadero como metano y óxido nitroso, especialmente bajo condiciones de bajo oxígeno, y no elimina la resistencia a los antibióticos presentes en los residuos orgánicos (FAO, 2013; Velasco-Velasco *et al.*, 2016; Fernández-Luque, 2019).

Factores que influyen en el compostaje: El éxito del compostaje depende de diversos factores ambientales directamente relacionados con el metabolismo de los microorganismos que participan en las

diferentes etapas del proceso; entre los factores más relevantes se encuentran la temperatura, el oxígeno, la humedad, el pH, el tamaño de la partícula y la relación C:N, lo que determina la velocidad de las reacciones de oxidación y las características físicas y químicas de la composta obtenida (Bohórquez-Santana, 2019).

Temperatura: La temperatura es uno de los factores más importantes que afectan las reacciones bioquímicas de los microorganismos involucrados en el compostaje. A medida que aumenta la temperatura, los procesos metabólicos se aceleran, lo que incrementa la velocidad de descomposición de la materia orgánica. Sin embargo, al alcanzar un punto crítico, la temperatura elevada puede causar la desnaturalización de proteínas esenciales, lo que bloquea el metabolismo normal de los microorganismos (Sundberg, 2005; Bohórquez-Santana, 2019).

Oxígeno: La mayoría de los microorganismos involucrados en el compostaje son aerobios, lo que hace imprescindible mantener una adecuada disponibilidad de oxígeno. Este se puede incorporar mediante volteos manuales o mecánicos, o mediante sistemas de aireación forzada. La reducción del oxígeno favorece el crecimiento de microorganismos anaerobios, que producen compuestos orgánicos volátiles y amoniacales, que genera malos olores y ralentiza la transformación de los materiales (Sundberg, 2005; Bohórquez-Santana, 2019).

Humedad: La humedad desempeña un papel clave en el compostaje, ya que el agua es esencial para el protoplasma celular y las reacciones metabólicas. El contenido de humedad inicial debe rondar el 50%, para favorecer el desarrollo de poblaciones microbianas que transforman los residuos en moléculas orgánicas más estables mediante reacciones enzimáticas (Bohórquez-Santana, 2019). Diversos estudios sugieren que la actividad biológica óptima se alcanza con un contenido de humedad entre 40 y 60% del peso de la composta (Luangwilai *et al.*, 2011).

pH: El pH es otro factor crucial que influye en la actividad microbiana, ya que cada microorganismo tiene un rango de pH óptimo para su crecimiento. El pH intracelular debe mantenerse cercano a la neutralidad para prevenir la destrucción de biomoléculas esenciales (Madigan *et al.*, 2015). Durante el compostaje, el pH puede variar según la fase del proceso; por ejemplo, al incluir estiércoles, es común aplicar productos que reduzcan la acidez para favorecer la oxidación adecuada de los residuos (Bueno-Márquez *et al.*, 2008).

Tamaño de la partícula: El tamaño de las partículas de los residuos orgánicos influye en la relación superficie/volumen, lo que afecta directamente la actividad microbiana. Partículas más pequeñas incrementan la superficie disponible para la acción microbiana, lo que acelera las reacciones de oxidación. Sin embargo, una reducción excesiva del tamaño puede disminuir la porosidad del compost limita la disponibilidad de oxígeno y ralentiza el proceso (Bohórquez-Santana, 2019).

Recomendaciones sobre el compostaje: No todo material compostado cumple con los estándares de calidad necesarios. Según la FAO (2013), usar compost incompleto puede generar diversos riesgos. Uno de ellos es la fitotoxicidad, que ocurre al no transformarse el amonio en nitrato, lo que produce malos olores y contaminación por lixiviación, con efectos negativos en la calidad del agua y alteración del ecosistema. Además, una relación C:N desequilibrada puede provocar un bloqueo biológico del nitrógeno, lo que agota este elemento esencial para el desarrollo de las plantas. Otro riesgo asociado al mal manejo del compost es la reducción del oxígeno radicular, causada por la intensa actividad microbiana que disminuye su disponibilidad para las raíces y afecta su desarrollo. Para evitar estos problemas, Bohórquez-Santana (2019) recomienda monitorear la temperatura al menos dos veces por semana en los tres tercios de la pila de compost. Si la temperatura alcanza los 70°C, es necesario voltearla de inmediato para disminuir el calor e incorporar oxígeno. La aireación es crucial para garantizar un compostaje adecuado y puede realizarse manualmente (en pilas de hasta una

tonelada) o mediante maquinaria. Además de favorecer el proceso, la aireación ayuda a regular el pH, que está inversamente relacionada con el contenido de humedad. Finalmente, para equilibrar la relación C:N, se aconseja combinar un 60% de residuos animales, como estiércol, con un 40% de residuos vegetales de baja lignificación. Esta mezcla optimiza los procesos biológicos del compostaje y mejora la calidad del producto final.

Digestión anaeróbica y vermicompostaje: Otra alternativa es la digestión anaeróbica, un proceso que se lleva a cabo en ausencia de oxígeno dentro de sistemas cerrados, donde se generan compuestos intermedios como metano, ácidos orgánicos y sulfuro de hidrógeno (Misra *et al.*, 2003). Aunque este método produce olores característicos y requiere más tiempo que el compostaje aeróbico, tiene la ventaja de minimizar la pérdida de nutrientes, sin embargo, no alcanza temperaturas suficientemente altas para eliminar de forma inmediata patógenos o semillas de malezas, que mueren gradualmente debido a las condiciones adversas (Misra *et al.*, 2003). Por otro lado, el vermicompostaje, una variante del compostaje aeróbico, utiliza lombrices y microorganismos para reciclar residuos orgánicos, donde las lombrices transforman la materia orgánica en sus deyecciones, conocidas como humus de lombriz, un producto rico en nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio; además, este proceso permite obtener té de humus, un líquido que se usa en aplicaciones foliares o se incorpora al riego, lo que aporta fertilización y ayuda a controlar enfermedades en los cultivos (Intendencia de Montevideo, 2018).

Aplicación del compost bovino: El compost elaborado a partir de excretas bovinas ha mostrado importantes beneficios en la mejora de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, así como en el rendimiento de los cultivos. Según Barrios y Pérez (2018), el compostaje del estiércol bovino no sólo mejora la estructura del suelo, sino que también incrementa su fertilidad, lo que lo convierte en una herramienta clave para promover la sostenibilidad agrícola. Olivares-Campos *et al.* (2012) reportaron que la aplicación de composta beneficia tanto al suelo como a las plantas, ya que en el suelo las enmiendas orgánicas mejoran propiedades fisicoquímicas al reducir la densidad aparente, incrementar la materia orgánica y aumentar la capacidad de retención de agua, además contribuyen a corregir la alcalinidad en suelos áridos y semiáridos y enriquecen el suelo con nutrientes esenciales, como el potasio en formas fácilmente disponibles para las plantas. Estos autores, en un estudio realizado en cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.), observaron que los abonos orgánicos funcionan como fertilizantes de liberación lenta, al proporcionar un suministro gradual de nitrógeno, lo que disminuye la competencia entre plantas y microorganismos, y demuestra que pueden reemplazar parcialmente a los fertilizantes químicos sin afectar el rendimiento, lo que constituye una alternativa sostenible para la agricultura. Por su parte, De Luna-Vega (2016) evaluó el efecto de abonos orgánicos como el compostaje y el vermicompostaje en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.), y observaron mejoras significativas en variables como altura, peso, diámetro de la planta, longitud de la mazorca, tamaño del grano y rendimiento por hectárea; estos autores señalaron que los resultados fueron más pronunciados al combinar el uso de abonos orgánicos con fertilizantes inorgánicos, lo que evidenció un efecto sinérgico. De manera similar, Beltrán Santoyo *et al.* (2017) observaron beneficios en el cultivo de triticale (*X Triticum secale* Wittmack), al aumentar el rendimiento y el desarrollo de las plantas. En otro estudio, De Luna-Vega (2019) observó que el compost, obtenido de forma anaerobia, y el vermicompost de excretas bovinas también pueden ser utilizados como sustratos en semilleros de cultivos como chile y cebolla, así como otras hortalizas, ya que acelera el desarrollo de las plantas y ofrece una opción versátil para etapas tempranas del ciclo agrícola.

CONCLUSIÓN

El manejo adecuado de los recursos naturales es crucial para enfrentar los desafíos actuales de la agricultura, como la degradación del suelo y la disminución de su fertilidad. En este contexto, prácticas como el

compostaje de excretas bovinas emergen como soluciones efectivas para restaurar la salud del suelo y optimizar los recursos disponibles. Si las excretas no se gestionan correctamente, pueden generar impactos negativos en el medio ambiente, como la contaminación del agua, la emisión de gases de efecto invernadero y la degradación del suelo. Sin embargo, un manejo adecuado transforma estos residuos en recursos valiosos que mejoran la estructura del suelo, aumentan su fertilidad y favorecen la retención de agua. Promover estas prácticas no solo responde a las necesidades productivas inmediatas, sino que también garantiza la conservación del suelo a largo plazo. Al equilibrar la productividad agrícola con la protección del medio ambiente, se establece una base sólida para asegurar la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible. De este modo, el compostaje de excretas bovinas no solo contribuye a un entorno más limpio, sino que también favorece la sostenibilidad agrícola y el bienestar de las generaciones futuras.

REFERENCIAS

- ABDUGHENI R, Li L, Yang ZN, Huang Y, Fang BZ, Shurigin V, Mohamad OA, Liu YH, Li WJ. (2023). Microbial risks caused by livestock excrement: Current research status and prospects. *Microorganisms*; 11(8):1897. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11081897>
- AMUAH EEEY, Fei-Baffoe B, Sackey LNA, Douiti NB, Kezapoe WR. (2022). A review of the principles of composting: Understanding the processes, methods, merits, and demerits. *Organic Agriculture*; 12:547–562. <https://doi.org/10.1007/s13165-022-00408-z>
- BARRIOS M, Pérez D. (2018). Efecto de la aplicación continua de estiércol bovino sobre el crecimiento y producción de maíz y características químicas del suelo. *Bioagro*; 30(2):117–124. <https://revistas.uclave.org/index.php/bioagro/article/view/473/193>
- BELTRÁN-SANTOYO MÁ, Álvarez-Fuentes G, Pinos-Rodríguez JM, García-López JC, Castro-Rivera R. (2017). Abonos obtenidos del compostado de heces de ganado bovino de leche vs. fertilizante en la producción de triticale (*X Triticum secale* Wittmack). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*; 49(1):95–104. <https://www.redalyc.org/pdf/3828/382852189008.pdf>
- BOHÓRQUEZ-SANTANA W. (2019). Proceso de compostaje. Universidad de La Salle. 40 p. ISBN: 978-958-5486-67-6. <https://doi.org/10.19052/978-958-5486-67-6>
- BUENO-MÁRQUEZ P, Díaz-Blanco MJ, Cabrera F. (2008). Factores que afectan al proceso de compostaje. pp.16. ISBN 978-84-8476-346-8. <http://hdl.handle.net/10261/20837>
- Bula A. (2020). Importancia de la agricultura en el desarrollo socioeconómico. *Informes del Observatorio* 50:1-29. <https://observatorio.unr.edu.ar/wp-content/uploads/2020/08/Importancia-de-la-agricultura-en-el-desarrollo-socio-econ%C3%B3mico.pdf>
- BURBANO-ORJUELA H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Revista de Ciencias Agrícolas*; 33(2):117–124. <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.58>
- DE LUNA-VEGA A, García-Sahagún ML, Pimienta-Barrios E, Rodríguez-Guzmán E. (2019). Evaluación, física, química y biológica de compostas tipo bocashi elaboradas con estiércol de bovino, ovino, cerdo y conejo más una vermicomposta. *Revista de Energía Química y Física*; 6(20):33–40. <https://doi.org/10.35429/jcpe.2019.20.6.33.40>
- DE LUNA-VEGA A, García-Sahagún ML, Rodríguez-Guzmán E, Pimienta-Barrios E. (2016). Evaluación de composta, vermicomposta y excreta de bovino en la producción de maíz (*Zea mays* L.). *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias*; 3(8):46–52. https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Ciencias_Naturales_y_Agropecuarias/vol3num8/Revista_Ciencia_s_Naturales_V3_N8_7.pdf
- ELIZONDO J, Espinoza H. (2021). Evaluación de los purines como una alternativa de fertilización orgánica en pasto estrella africana. *Nutrición Animal Tropical*; 15(2):25-34. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/nutrianimal/article/view/48001>
- ELMEKAWY A, Srikanth S, Bajracharya S, Hegab H M, Nigam PS, Singh A, Mohan SV, Pant D. (2015). Food and agricultural wastes as substrates for bioelectrochemical system (BES): The synchronized recovery of sustainable energy and waste treatment. *Food Research International*; 73:213–225. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.11.045>
- FERNÁNDEZ-LUQUE I. (2019). Presencia y resistencia antibiótica de cepas de coliformes fecales procedentes de procesos de compostajes industriales [Tesis de grado]. Universidad de Huelva, Departamento de Biología y Geología, Área de Microbiología. <https://repositorio.ual.es/discover>
- GERBER PJ, Steinfeld H, Henderson B, Mottet A, Opio C, Dijkman J, Falcucci A, Tempio G. (2013). Tackling climate change through livestock—A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome. pp: 15-43. E-ISBN 978-92-5-107921-8 <http://www.fao.org/3/i3437e.pdf>
- GOBIERNO DE MÉXICO. (2021). Estrategia de Acompañamiento Técnico, manuales prácticos para la elaboración de bioinsumos, 9. Composta. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Producción para el bienestar. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/737324/9_Composta.pdf
- GOBIERNO DE MÉXICO. (2023). Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. El Campo No Se Detiene. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/elcamponosedetiene>
- GOBIERNO DE MÉXICO. (2024). La ganadería mexicana en cifras: 6 de marzo, Día Nacional de la Ganadería. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <https://www.gob.mx/siap/articulos/la-ganaderia-mexicana-en-cifras?idiom=es>
- https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_12/pdf/Informe_2012.pdf
- INTENDENCIA DE MONTEVIDEO. (2018). Manual de vermicompostaje: Cómo reciclar nuestros residuos orgánicos. Montevideo Ambiente. Uruguay. <https://montevideo.gub.uy/sites/default/files/biblioteca/imvermicompostajeinterior.pdf>
- KORMANOVSKII LP, Tekuchev IK, Tekucheva MS, Chernovol YN. (2017). Scientific justification for determination of the daily output of cow excrement. *Russian Agricultural Sciences*; 43(1):53–56. <https://doi.org/10.3103/S1068367417010128>
- LUANGWILAI T, Sidhu H, Nelson M, Chen X. (2011). Modelling the effects of moisture content in compost piles. Sidney, Australia: University of Wollongon. <https://ro.uow.edu.au/infopapers>
- MADIGAN MT, Martinko JM, Dunlap PV, Clark DP. (2015). Biología de los microorganismos. Pearson Educación. 1038 p. ISBN 9788490352809. https://www.academia.edu/39077515/Biolog%C3%ADa_de_los_microorganismos_BROCK
- MISRA RV, Roy RN, Hiraoka H. (2003). *Composting: Recycling of waste*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/4/y5104e/y5104e00.htm#Contents>
- OLIVARES-CAMPOS MA, Hernández-Rodríguez A, Vences-Contreras C, Jáquez-Balderrama JL, Ojeda-Barrios D. (2012). Lombricomposta y composta de estiércol de ganado vacuno lechero como fertilizantes y mejoradores de suelo. *Universidad y Ciencia*; 28(1):27–37. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=15423170003>
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). (2013). Manual de compostaje del agricultor: Experiencias en América Latina. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. <https://www.fao.org/4/i3388s/i3388s.pdf>
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). (2021). El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la

- alimentación y la agricultura - Sistemas al límite. Informe de síntesis 2021. Roma. 86p. ISBN 978-92-5-135423-0. <https://doi.org/10.4060/cb7654es>
- PERAZZOLO F, Mattachini G, Riva E, and Provolo G. (2017). Nutrient losses during winter and summer storage of separated and unseparated digested cattle slurry. *J. Environ. Qual.* 46(4):879-888. <https://doi.org/10.2134/jeq2016.07.0274>
- PINOS-RODRÍGUEZ JM, García-López JC, Peña-Avelino LY, Rendón-Huerta JA, González-González C, Tristán-Patiño F. (2012). Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América. *Agrociencia*; 46(4):359–370. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30223110004>
- ROMÁN P, Martínez MM, Pantoja A. (2013). Manual de compostaje del agricultor: Experiencias en América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. pp:23–46. E-ISBN: 978-92-5-307845-5. <https://www.fao.org/4/i3388s/i3388s.pdf>
- SAID MI. (2020). Livestock waste and its role in the composting process: A review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*; 492(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/492/1/012087>
- SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT). (2003). Evaluación de la degradación de los suelos causada por el hombre en la República Mexicana, escala 1:250 000. Memoria Nacional 2001-2002. México. pp. 26-44. <https://www.researchgate.net/publication/307967321> SEMARNAT-CP_2003_Memoria_Nacional_20012002_Evaluacion_de_la_Degradacion_del_Suelo_causada_por_el_Hombre_en_la_Republica_Mexicana_escala_1250000_Memoria_Nacional
- SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT). (2013). Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave y de Desempeño Ambiental. México. pp. 119-152. ISBN 978-607-8246-61-8.
- STATISTA. (2024). El sector agrícola en México – Datos estadísticos. Statista. Research Department. <https://es.statista.com/temas/7029/el-sector-agricola-en-mexico/#topic Overview>
- SUNDBERG C. (2005). Improving compost process efficiency by controlling aeration, temperature. (Tesis de doctorado). Swedish University of Agricultural Sciences. ISBN 91-576-6902-3 <https://pub.epsilon.slu.se/950/1/CeSu103fin0.pdf>
- VELASCO-VELASCO J, Ferrera-Cerrato R, Almaraz-Suárez JJ, Parkinson R. (2016). Emisión de amoníaco durante los procesos de compostaje y vermicompostaje: Aspectos prácticos y aplicados. *Agroproductividad*; 9(8):45–51. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/801/665>
- ZHU H, Chang Z, Ye X, Du J, Shi L. (2010). Estimate of annual excretion in a large-scale cattle farm in Taihu district. *Jiangsu Journal of Agricultural Sciences*; 26(3):517–521. https://caod.oriprobe.com/articles/24110308/Estimate_of_Annual_Excretion_in_a_Large_scale_Cattle_Farm_in_Taihu_Dis.htm
