

Implicancias del tipo de estiércol en la calidad microbiológica del biol

Artículo largo



José Alfredo Daniel López-Coronado^{1*}; Gladys-Juana Carrión-Carrera²

¹Universidad Científica del Sur, Perú

²Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú

*jlopezco@cientifica.edu.pe

Resumen

El objetivo del presente estudio es determinar si el número de coliformes y salmonellas difiere entre bioles producidos con estiércol vacuno, de conejo o de gallina. Tres biodigestores tubulares fueron alimentados, cada uno con estiércol distinto, y operados bajo las mismas condiciones. Se contabilizaron los coliformes totales, fecales, *Salmonella sp.* y *Escherichia coli*, la menor contaminación por coliformes en el biol se encontró en el estiércol de conejo (<3 NMP/mL), seguido de las excretas de gallina (<90 NMP/mL) y estiércol vacuno (<11x10² NMP/mL). En todos los casos hubo ausencia de salmonella. Solo el biol de estiércol de conejo cumple con los estándares de calidad para la normativa peruana y extranjera. Estos resultados implican que el biol de estiércol de conejo no requiere de altos tiempos de retención para lograr una sanitización, lo que le convierte en una opción adicional de ingresos para criadores, y un potencial fertilizante de cultivos de consumo humano directo.

Palabras clave:

Biol; Estiércol;
Coliformes;
Salmonella; Patógenos;
Digestión anaerobia.

Implications of animal manure type on biogas slurry microbiological quality

Abstract

This study aimed to determine whether the number of coliforms and salmonellas vary between biogas slurries produced using chicken, cow and rabbit manure. Three tubular digesters were fed using different manure types and operated under the same conditions. The number of coliforms, faecal coliforms, *Salmonella sp.* and *Escherichia coli* were quantified in laboratory. The slurry produced with rabbit manure had the lowest coliform levels (<3 NMP/mL), followed by chicken manure (<90 NMP/mL) and cow manure (<11x10² NMP/mL). *Salmonella* was absent in all slurries. Biogas slurry from rabbit manure is the only one whose coliform quantities are below permissible levels according to Peruvian and foreign norms. The results imply that rabbit slurry have potential to be used in crops of direct human consumption, and hydraulic retention times do not have to be high to sanitize the slurry. Therefore, biogas slurry is an opportunity to generate additional income for rabbit breeders.

Keywords:

Slurry; Digestate;
Manure; Coliforms;
Salmonella; Pathogens;
Anaerobic digestion.

Forma de citar: López Coronado, J. A. D., y Carrión-Carrera, G. J. (2021). Implicancias del tipo de estiércol en la calidad microbiológica del biol. RedBioLAC, 5, 66-70.

Introducción

El biol producto de la digestión anaerobia de la materia orgánica es un abono foliar rico en micronutrientes como calcio, magnesio, hierro, manganeso, y zinc, al igual que macronutrientes como fósforo, potasio y nitrógeno (de Groot & Bogdanski, 2013). Además, contiene microorganismos benéficos para: el suelo, las plantas como hongos del género *Acaulospora* y bacterias metanogénicas (Coelho *et al.*, 2020), y fitohormonas como ácido giberélico, ácido indolacético y ácido abscísico (Li *et al.*, 2016). De hecho, sus beneficios se han observado en la mayor productividad de pastos como *Lolium perenne* y *Trifolium repens* (Coelho *et al.*, 2019), o en cultivos para el consumo humano como el trigo donde se observó una mayor productividad, enraizamiento, peso fresco y seco en comparación con la urea (Pampillón-González *et al.*, 2017). Sin embargo, la literatura de biodigestores de pequeña escala refiere poco respecto a la sanitización del biol. Obtener un biol libre de patógenos es importante en el contexto actual, en el que 60 % de enfermedades emergentes son zoonóticas (Jones *et al.*, 2008) y donde los estiércoles juegan un rol importante. Si bien los biodigestores familiares reducen la carga microbiana de los estiércoles, no logran remover todos los patógenos, por lo que al manipular los estiércoles y los bioles, las personas se exponen a enfermedades (Huong *et al.*, 2014; Nakamya *et al.*, 2020) como las producidas por coliformes enteropatógenos y *Salmonellas* (Nag *et al.*, 2020). En la Unión Europea, por ejemplo, donde hay reglamentos para el uso de biodigestores y la seguridad de

sus productos, la sanitización del biol se asegura con la pasteurización de los sustratos a 70 °C por una hora (Nag *et al.*, 2020). Sin embargo, en países donde son populares los biodigestores de pequeña escala y no hay reglamentación, los bioles pueden representar un riesgo a la salud al entrar en contacto con fuentes de agua o alimentos. En este estudio, el objetivo es cuantificar el número de coliformes totales, coliformes fecales, *Escherichia coli* y *Salmonella sp.* en el biol producido con estiércoles de vacuno, gallina y conejo.

Metodología

El experimento se llevó a cabo en la Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú. Se utilizaron tres biodigestores tubulares de 0,9 m³ de volumen total, todos fabricados con geomembrana de PVC de 0,5 mm., Estos se alojaron en trincheras trapezoidales de 0,63 m³ de volumen sin aislamiento, y estuvieron expuestos al sol. Cada biodigestor fue alimentado con estiércol de especies diferentes: conejo, gallina y vacuno. Los tres estiércoles se recolectaron frescos, se mantuvieron libres de contaminación alguna con material de cama y sin orina para el caso de conejo y vacuno. Los biodigestores operaron con temperatura variable entre 18,3 y 26,6 °C dentro de su fase líquida. La alimentación de los biodigestores y recolección de biol inició cuando el biogás era combustible, es decir, a los 28 días de haber realizado la primera carga del biodigestor con 200 kg de estiércol vacuno y 600 litros de agua. La composición de los sustratos y los parámetros bajo los cuales se operaron los tres biodigestores se detallan en la **Tabla 1**.

Tabla 1 | Contenido de sólidos de los sustratos y parámetros de operación de los biodigestores.

Parámetro	Estiércol conejo	Excreta gallina	Estiércol vacuno
Estiércol - Sólidos totales (% fresco)	37,23	25,09	26,71
Estiércol - Sólidos volátiles (% fresco)	30,56	17,53	21,05
Volumen útil de biodigestor (m ³)	0,63	0,63	0,63
Estiércol (kg/día)	3,00	3,00	3,00
Agua (kg/día)	9,00	900	9,00
Estiércol + Agua – Sólidos volátiles (%)	7,64	4,38	5,26
Tiempo de retención hidráulica (días)	52,50	52,50	52,50
Velocidad de carga orgánica máxima (kg sv/m ³ /d)	1,04	0,60	0,72

Después de la carga inicial, se realizó un monitoreo diario de pH y temperatura de la fase líquida del biodigestor desde el momento en que se empezó a alimentar. Se monitorearon los sólidos volátiles semanalmente durante los tres primeros meses de operación, tiempo en el que el contenido de sólidos alcanzó su nivel más bajo. A los siete meses de operación continua, se tomó una muestra del biol del tubo de salida de efluentes. Se siguió la metodología de la International Commission on Microbiological Specifications for Food (ICMSF, 1983) y se cuantificaron las cantidades de coliformes totales, coliformes fecales, *Salmonella sp.* y *Escherichia coli* en muestras que incluían la fase sólida y líquida del biol. Los resultados se contrastaron con los límites máximos permisibles para el agua de riego en

cultivos de consumo directo Decreto Supremo 015-2015 de 2015 y fertilizantes elaborados con residuos y otros componentes orgánicos según la normativa española (Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, Sobre Productos Fertilizantes., 2013).

Resultados y discusión

La evolución de los sólidos volátiles y pH se observan en las **Figuras 1 y 2**, respectivamente. Se observa que para el biodigestor alimentado con estiércol de conejo, tomó 21 días, desde su alimentación, estabilizar su pH con un nivel superior a 6,8 y 28 días para estabilizar los sólidos volátiles con un nivel menor a 2 %. Para el biodigestor

alimentado con excretas de gallina tomó 29 días lograr un pH neutro por encima de 6,8 y 42 días para estabilizar su nivel de sólidos volátiles con menos de 4 %. Al día 116, el pH se elevó por encima de 7,5, y llegó a niveles alcalinos influenciado probablemente por los altos niveles de amoníaco. El biodigestor alimentado con estiércol vacuno reportó un mínimo de 5,52 % de sólidos volátiles a los 42 días y un pH superior a 6,8 a los 48 días. La reducción en el nivel de sólidos volátiles en los biodigestores alimentados con estiércol de conejo, gallina y vacuno fue de 85,07 %, 63,01 % y 21,2 %, respectivamente. Los dos primeros resultados son superiores a lo reportado en una revisión de varios estudios de biodigestores alimentados con estiércol, donde la remoción de sólidos volátiles variaba entre 31 y 56 % (Kinyua *et al.*, 2016). Estos resultados demuestran la

alta capacidad que tienen los biodigestores tubulares para degradar la materia orgánica. Para el biodigestor alimentado con estiércol vacuno, la remoción de los sólidos volátiles fue considerablemente menor al 76 % reportado por Castro *et al.* (2017). El mayor nivel de sólidos volátiles estuvo influenciado por la fibra presente en la fase líquida del biodigestor. Así mismo, en el primer mes se observó un pH ácido y los sólidos volátiles elevados, tras lo cual se inoculó biol de los otros biodigestores y se reinició la alimentación. Este procedimiento permitió iniciar la degradación de los sólidos volátiles. En todos los casos, el pH obtenido a los siete meses de operación fue similar a lo reportado por Kinyua *et al.*, (2016), quienes señalan que biodigestores de pequeña escala cuando operan a temperaturas inferiores a 30 °C trabajan con pH comprendido entre 6,5 y 8,8.

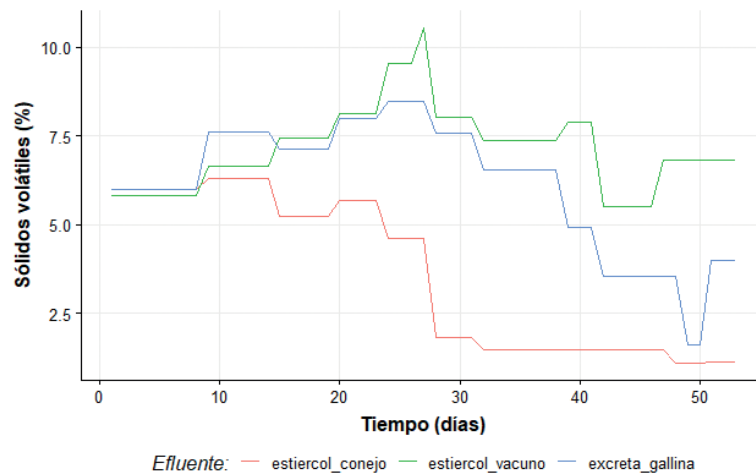


Figura 1 | Variación temporal del porcentaje de sólidos volátiles en la fase líquida del biodigestor según tipo de estiércol.

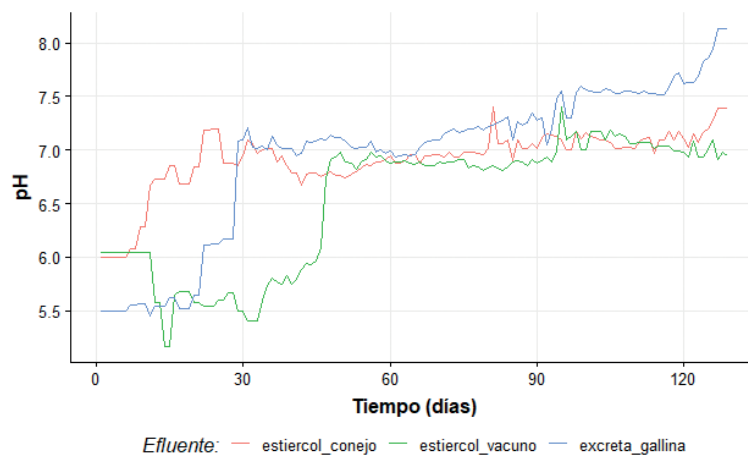


Figura 2 | Variación temporal del pH en la fase líquida del biodigestor según tipo de estiércol.

De acuerdo con la normativa nacional, solo el biol producido con estiércol de conejo cumple con los límites máximos permisibles. Pero según la normativa española, los bioles

producidos con estiércoles de conejo y gallina cumplen con los límites de coliformes fecales y *Salmonella* (Tabla 2).

Tabla 2 | Parámetros y valores microbiológicos del biol según tipo de estiércol en referencia a normativa nacional y extranjera.

Parámetro	Biol de estiércol de conejo	Biol de excretas de gallina	Biol de estiércol de vacuno	Normativa Perú ¹	Normativa España ²
Coliformes fecales (NMP/mL)	< 3	< 90	< 11x10 ²	< 10	< 1000
Coliformes totales (NMP/mL)	< 3	< 90	< 11x10 ²	< 10	
<i>Escherichia coli</i> (NMP/mL)	< 3	< 90	< 11x10 ²	< 1	
<i>Salmonella</i>	Ausencia	Ausencia	Ausencia		Ausencia

¹ Modifican Los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental Para Agua y Establecen Disposiciones Complementarias Para Su Aplicación DS N° 015-2015-MINAM

² Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, Sobre Productos Fertilizantes

Los resultados sugieren que existen diferencias en la calidad microbiológica del biol según el tipo de estiércol utilizado en la digestión anaerobia. El resultado para el biol producido con estiércol de conejo se explica por la escasa presencia de coliformes en la microbiota digestiva y en sus heces duras (Crowley *et al.*, 2017), así como por el manejo del estiércol que se recolectó puro, con escasa humedad y con pocos días de almacenamiento. En cambio, en los bioles producidos con estiércoles de ave y vacuno, la mayor presencia de coliformes se explicaría por una cantidad superior de proteobacterias en sus estiércoles (Awasthi *et al.*, 2018; Sun *et al.*, 2020). Así mismo, la mayor carga microbiana se relaciona con el aumento en el nivel de sólidos volátiles en el biol. Según Smith *et al.* (2005), la destrucción de patógenos se da cuando hay bajos niveles de sólidos volátiles pues evidencia una alta competencia microbiana. El biol producido con estiércol de conejo cuenta con una baja carga patógena y con potencial para utilizarse en la fertilización de cultivos de consumo humano directo, sin requerir de postratamiento. Aún así, se recomienda realizar estudios complementarios de fitotoxicidad. Los bioles preparados con estiércoles de otras especies sí necesitan de un postratamiento como la fermentación homoláctica. La remoción de patógenos también se logra con mayor temperatura en la fase líquida de los biodigestores como ocurre en biodigestores termófilos (50-55 °C) (Huong *et al.*, 2014). Sin embargo, esto no se puede lograr sin sistemas de calefacción. En biodigestores de pequeña escala se ha propuesto el uso de paneles solares en biodigestores de tipo chino (Chen & Qin, 2014), no obstante, su viabilidad económica y técnica en otros tipos de biodigestores requiere más investigación.

Una revisión de literatura de Kinyua *et al.* (2016), muestra que el tiempo de retención hidráulica en biodigestores tubulares de pequeña escala varía entre 10 y 90 días. Así mismo, es sabido que conforme aumenta el tiempo de retención hidráulica se reducen los patógenos (Smith *et al.*, 2005), aunque pasados los 60 días, no se ha observado mayor remoción (Nakamya *et al.*, 2020). La ventaja de

la digestión anaerobia del estiércol de conejo es que no necesita de tiempos de retención elevados para tener un biol libre de patógenos.

Los resultados de este estudio son beneficiosos para los criadores de conejos no solo de mediana o gran escala, sino también de traspatio ubicados en zonas urbanas quienes pueden elaborar y comercializar un biol libre de patógenos dentro de su zona geográfica, para ser utilizado en jardines y biohuertos. Debido a que el bio es un bioabono requerido en cultivos destinados al autoconsumo, se convierte en un producto importante dentro de la seguridad alimentaria. Si bien no es frecuente observar biodigestores semicontinuos en zonas urbanas, los resultados de este estudio podrían replicarse en sistemas sencillos y de pequeña escala como los batch.

Conclusiones

El presente estudio buscó determinar si el número de microorganismos patógenos en el biol producido por la digestión anaerobia de los estiércoles difiere entre especies animales. Los resultados indican diferencias entre especies, la mejor calidad microbiológica se obtiene con el estiércol de conejo, seguido de las excretas de gallinas y finalmente, estiércol vacuno. Esto implica que el biol producido con estiércol de conejo no necesita de altos tiempos de retención hidráulica para lograr su sanitización. Así mismo, se presenta como una nueva fuente de ingresos para criadores ya que tendría potencial de uso en cultivos de consumo humano directo sin requerir postratamiento.

Referencias

Awasthi, M. K., Chen, H., Wang, Q., Liu, T., Duan, Y., Awasthi, S. K., Ren, X., Tu, Z., Lo, J., Zhao, J., & Zhang, Z. (2018). Succession of bacteria diversity in the poultry manure composted mixed with clay: Studies upon its dynamics and associations with physicochemical and gaseous parameters. Bioresource

- Technology, 267, 618-625. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.07.094>
- Castro, L., Escalante, H., Jaimes-Estévez, J., Díaz, L. J., Vecino, K., Rojas, G., & Mantilla, L. (2017). Low cost digester monitoring under realistic conditions: Rural use of biogas and digestate quality. *Bioresource Technology*, 239, 311-317. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.05.035>
- Chen, Z., & Qin, C. (2014). Experiments and simulation of a solar-assisted household biogas system. *Energy Procedia*, 61, 1760-1763. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.12.206>
- Coelho, J. J., Hennessy, A., Casey, I., Bragança, C. R. S., Woodcock, T., & Kennedy, N. (2020). Biofertilisation with anaerobic digestates: A field study of effects on soil microbial abundance and diversity. *Applied Soil Ecology*, 147, 103403. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.103403>
- Coelho, J. J., Hennessy, A., Casey, I., Woodcock, T., & Kennedy, N. (2019). Responses of ryegrass, white clover, soil plant primary macronutrients and microbial abundance to application of anaerobic digestates, cattle slurry and inorganic N-fertiliser. *Applied Soil Ecology*, 144, 112-122. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.07.011>
- Crowley, E. J., King, J. M., Wilkinson, T., Worgan, H. J., Huson, K. M., Rose, M. T., & McEwan, N. (2017). Comparison of the microbial population in rabbits and guinea pigs by next generation sequencing. *PLOS ONE*, 12(2), e0165779. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165779>
- de Groot, L., y Bogdanski, A. (2013). Bioslurry = Brown gold? FAO.
- Huong, L. Q., Forslund, A., Madsen, H., & Dalsgaard, A. (2014). Survival of *Salmonella* spp. and fecal indicator bacteria in Vietnamese biogas digesters receiving pig slurry. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 217(7), 785-795. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2014.04.004>
- ICMSF. (1983). *Microorganismos de los alimentos: técnicas de análisis microbiológico* (2nd ed.). Acirbia.
- Jones, K. E., Patel, N. G., Levy, M. A., Storeygard, A., Balk, D., Gittleman, J. L., & Daszak, P. (2008). Global trends in emerging infectious diseases. *Nature*, 451(7181), 990-993. <https://doi.org/10.1038/nature06536>
- Kinyua, M. N., Rowse, L. E., & Ergas, S. J. (2016). Review of small-scale tubular anaerobic digesters treating livestock waste in the developing world. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 58, 896-910. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.324>
- Li, X., Guo, J., Pang, C., & Dong, R. (2016). Anaerobic Digestion and Storage Influence Availability of Plant Hormones in Livestock Slurry. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 4(3), 719-727. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.5b00586>
- Decreto supremo 015-2015 de 2015. [Ministerio del Ambiente]. Modifican los estándares nacionales de calidad ambiental para agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación DS No 015-2015-MINAM, 7. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2015/12/Decreto-Supremo-Nº-015-2015-MINAM.pdf>
- Nag, R., Whyte, P., Markey, B. K., O'Flaherty, V., Bolton, D., Fenton, O., Richards, K., & Cummins, E. (2020). Ranking hazards pertaining to human health concerns from land application of anaerobic digestate. *Science of the Total Environment*, 710, 136297. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136297>
- Nakamya, J., Tumuhairwe, J. B., Sabiiti, E. N., Strachan, N. J. C., Avery, L. M., y Smith, J. (2020). Influence of biogas digesters on faecal indicator organisms in digestate and around homesteads in Ethiopia. *Biomass and Bioenergy*, 142, 105746. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2020.105746>
- Pampillón-González, L., Luna-Guido, M., Ruíz-Valdiviezo, V. M., Franco-Hernández, O., Fernández-Luqueño, F., Paredes-López, O., Hernández, G., & Dendooven, L. (2017). Greenhouse Gas Emissions and Growth of Wheat Cultivated in Soil Amended with Digestate from Biogas Production. *Pedosphere*, 27(2), 318-327. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(17\)60319-9](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(17)60319-9)
- Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes., Pub. L. No. BOE-A-2013-7540, 65 (2013). <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2013-7540>
- Smith, S. R., Lang, N. L., Cheung, K. H. M., & Spanoudaki, K. (2005). Factors controlling pathogen destruction during anaerobic digestion of biowastes. *Waste Management*, 25(4), 417-425. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2005.02.010>
- Sun, L., Han, X., Li, J., Zhao, Z., Liu, Y., Xi, Q., Guo, X., & Gun, S. (2020). Microbial community and its association with physicochemical factors during compost bedding for dairy cows. *Frontiers in Microbiology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.00254>