

ESTIMACIÓN DEL APROVECHAMIENTO POTENCIAL DE LOS RESIDUOS PECUARIOS MEDIANTE DIGESTIÓN ANAERÓBICA EN UN VALLE NORPATAGÓNICO

Sandra Lorena Bartucci^{1,2}, Myrian Barrionuevo¹, Mercedes Ejarque¹, Lucas Zanovello¹

¹Área de investigación y desarrollo tecnológico para la agricultura familiar región Patagonia, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

Av. Autovía Circunvalación s/n. Bo. Colonia San Francisco. Lote F5A, Plottier, CP. 8316, Neuquén.

Email: bartucci.sandra@inta.gob.ar

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

RESUMEN

La gestión de residuos pecuarios disminuye la contaminación y permite producciones más sustentables. La digestión anaeróbica es una tecnología adecuada para tal fin, generando, además, biogás y biofertilizantes.

En los valles patagónicos, como el área estudiada de Senillosa y Plottier, son inciertas las barreras y el potencial para implementar digestión anaeróbica. Mediante encuestas, se relevaron los residuos pecuarios potenciales y disponibles para esa tecnología y las características de las explotaciones.

Según los resultados, la mayoría de los productores podrían cubrir con los residuos sus necesidades de energía térmica para cocción y agua caliente sanitaria y la demanda de nutrientes del suelo. Sin embargo, la disponibilidad real se reduce por déficits de infraestructura, materiales y conocimiento.

Este trabajo identificó condicionantes para la implementación de la digestión anaeróbica y puede contribuir a elaborar políticas públicas adecuadas para zonas donde predomine la producción familiar y la necesidad de cubrir autónomamente las demandas energéticas.

Palabras clave: Biogás. Valorización. Gestión de residuos pecuarios. Reciclaje de nutrientes.

INTRODUCCIÓN

Los residuos pueden generar la contaminación del suelo, agua, aire y paisaje; producir el aumento exponencial de poblaciones de aves, roedores e insectos; favorecer la proliferación de enfermedades zoonóticas, como la hidatidosis y triquinosis; y generar malos olores, especialmente cuando se generan en espacios concentrados.

En la Patagonia, la problemática de los residuos no ha sido debidamente documentada. Una de las áreas de mayor crecimiento poblacional y económico se encuentra en el Alto Valle, donde la zona de Plottier- Senillosa ha sido destino de cambios en las actividades agrícolas a partir de la crisis de la fruticultura y el crecimiento de la horticultura y la ganadería para el abastecimiento local - regional. Si bien existen legislaciones que regulan los residuos pecuarios y sus tratamientos (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria –SENASA-, 1997, 2006, 2009, 2003, 2010), indicios de campo mostraron que las prácticas en torno a estos residuos podrían no estar siendo realizadas conforme a estos lineamientos.

En este marco, esta investigación buscó conocer los modos de gestión y las posibilidades de valorización de los residuos pecuarios en el área Plottier- Senillosa. Para ello, se caracterizó a los productores ganaderos de la zona, se analizaron los tipos y la disponibilidad de residuos, se

describieron los modos en que se gestionan y se identificaron las posibles alternativas para el tratamiento y las condiciones que tendrían que darse para que puedan implementarse. Se definieron dos posibles tratamientos a desarrollar y se hicieron estimaciones de valorizaciones que se podrían dar en el área.

EL CASO DE ESTUDIO

En Argentina, la información sobre la producción ganadera de la zona se encuentra desactualizada (data del Censo Nacional Agropecuario 2002). Por ello, se llevó adelante un estudio de caso en un área que denominamos “corredor productivo” Plottier-Senillosa, ubicada en la provincia de Neuquén. Abarca 200 km² del valle del Río Limay, con suelos con escaso contenido de materia orgánica (cerca al 1%) producto del déficit hídrico (Ferrer et al., 2006).

En el área de estudio coexisten actividades agropecuarias y otros usos del suelo. Actualmente, según el Registro Nacional Sanitario de Productores agropecuarios (RENSPA), se encuentran 152 productores agrícolas y 257 ganaderos.

METODOLOGÍA

Se realizaron 50 encuestas a productores ganaderos en el área correspondiente a los ejidos de los municipios de Plottier y Senillosa (Figura 1). La muestra fue no probabilística, partiendo de los datos del Registro Nacional Sanitario de Productores Agropecuarios (RENSPA) de SENASA del 2016, registros municipales y de organizaciones civiles. El cuestionario incluyó preguntas sobre el establecimiento, el productor y su grupo familiar, producciones agrícolas y ganaderas realizadas, cantidad, tipos, tratamientos y usos de los residuos sólidos y líquidos ganaderos sólidos y líquidos (estiércoles, guanos, orina y purines), los restos de faena y las mortandades; y las posibilidades de incorporar nuevas formas de tratamiento. Durante las visitas a los predios también se registraron en cuadernos de campo datos adicionales, a partir de observaciones y conversaciones informales, que fueron trabajados de forma cualitativa para complementar el análisis. A los fines de la caracterización de los productores, se distinguió entre la producción familiar y no familiar según Obschatko et al. (2007).



Figura 1: Recorte geográfico para el estudio y distribución de los establecimientos encuestados. Fuente elaboración propia.

La información sobre tipo y cantidad de animales permitió calcular la cantidad de estiércoles frescos (sin aguas de lavados) en cada establecimiento. Se realizó una búsqueda bibliográfica de la producción de estiércoles de cada tipo de animal (Hilbert, 1993; PROBIOMASA, n.d.; Scarlet et al.,

2018; SAGARPA, 2013; Varnero et al., 1990; Li et al., 2015; Tabatabaei et al. 2018; Kaffle et al., 2013 y 2016), promediando los valores más conservadores dentro de los rangos encontrados para cada especie (tabla 1).

Ganado	Animal	Estiércol por cabeza (kg/animal/día)	Producción de biogás (l biogás/kg estiércol)	Sólidos totales (g ST/100 g estiércol)
Aviar	Ponedora	0,2	80 ¹	50
	Parrilleros	0,1		
	Otras aves	0,3		
Porcino	Lechón	1,1	55	31
	Capón/hembra	4,0		
	Cerda/madre	5,0		
	Padrillo	5,0		
Bovino	Ternero	8	30	25
	Vaquillona/novillito	25		
	Vaca	35		
	Toro	40		
Ovino	Oveja	2	50	32
	Cordero	1		
Caprino	Adulto	1,5	60	82
	Cabrito	1		
Equino	Equino	13	40	25
Cunícola	Conejos	0,11	45	28

Tabla 1: Estiércoles y producción de biogás estimada por tipo de animal Fuente: elaboración propia.

Respecto a la disponibilidad de los residuos, se consideró tanto la potencial como la real. La potencial es la teórica, calculada en función de cuánto defeca cada animal, y la real es aquella que efectivamente sería posible de ser recolectada. Para calcular la disponibilidad real, se aplicaron factores de corrección a la disponibilidad potencial en función del tiempo de estabulado (encierre) y del tipo de material del piso (Tabla 2). Se considera que un sistema completamente estabulado con instalaciones de cemento permite recolectar la totalidad de las deyecciones, mientras que en un sistema de corrales de tierra y sin techo la eficiencia de la recolección manual (remoción mecánica), ronda el 65% con pérdidas por infiltración (Pordomingo, 2003).

¹ Sólo se consideraron las fuentes de guano, y no las que indicaban el valor para cama de pollo, dado que esta práctica no se encontró presente en el caso de estudio

Criterio	Categorías	Factor de corrección
Tiempo de estabulado	Alimentación a corral	1
	Alimentación a corral estacional	0,25 para 3 meses/año estabulado; 0,3 para 4 meses/año estabulado
	Alimentación a corral (nocturno- 8 h) y pastoreo	0,33
	Pastoreo	0
Piso del corral	Cemento	1
	Tierra	0,65

*Tabla 2: Criterios y factores de corrección para cálculo de disponibilidad real de residuos.
Fuente: Elaboración propia*

Existe en la bibliografía del campo, numerosas determinaciones del potencial de producción de biogás para cada tipo de residuo (tabla 1). Una vez obtenido el dato de la cantidad de estiércoles por cada tipo de ganado, se calculó el potencial de producción de biogás del residuo total, y del residuo disponible para cada productor.

Según FAO (2019) el 90-95 % del volumen de residuo ingresado en los digestores, se transforma en digerido. Para calcular el volumen de digerido a obtener, se partió de la premisa de que el residuo deberá diluirse (con agua de lavado, por ejemplo) hasta una concentración de sólidos totales de un 10%. Basado en el contenido promedio de sólidos para cada tipo de residuo pecuario, obtenido de bibliografía (tabla 1), se calculó el volumen de digerido que se podría obtener con el residuo total, y el residuo disponible. Podría darse una mayor dilución con usos desmedidos de agua de lavado, pero para los fines del presente trabajo, no se considera este factor, ya que lo que se plantea es la situación ideal en el caso de que se instalara un biodigestor, y se adecuara las prácticas ganaderas y las instalaciones (es un volumen potencial teórico).

RESULTADOS

Estimación de los residuos pecuarios: En este valle predominan los productores familiares (70%), con baja cantidad de animales, 66 unidades ganaderas² promedio y diversificación de especies (entre 2 y 4). Especialmente entre los productores familiares, se sostiene el pastoreo natural. Apenas más de la mitad realizan tratamientos a los residuos ganaderos.

² Una unidad ganadera equivale a 1 bovino; 5 ovinos; 5 caprinos; 3 porcinos; 71 ponedoras; 143 pollos; 1,25 equinos; 50 conejos y 33 otras aves (Instituto Vasco de Estadística, 2017)

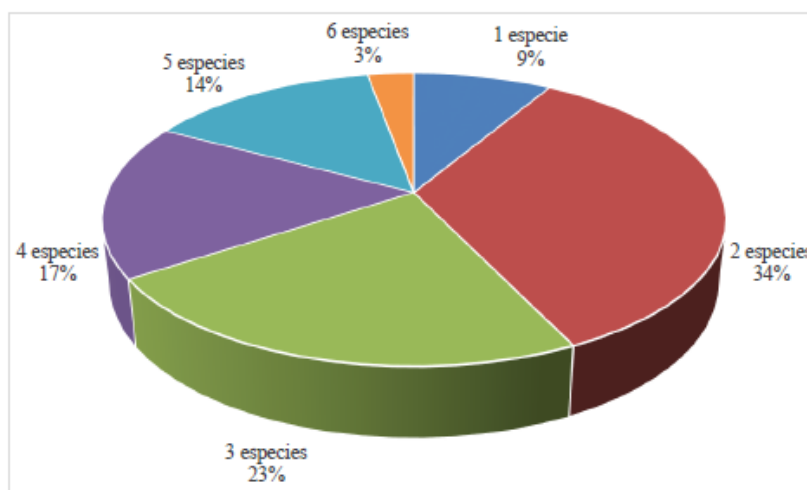


Figura. 2: Diversidad de especies por productor. Fuente elaboración propia

La cantidad de residuos sólidos pecuarios producidos en el área de estudio totales es de 40 t/día y el promedio de 800 kg/día de estiércoles por productor. De esta manera, se observa un importante volumen de residuos pecuarios generados en el área que, aunque su distribución sea heterogénea en la superficie y por tipo de productor, amerita una gestión adecuada para evitar procesos de contaminación de suelo, cursos de agua y supone una oportunidad de aprovechamiento no despreciable.

Valorización de los residuos pecuarios: La digestión anaeróbica como técnica para la valorización energética podría ser sumamente relevante en esta zona, dado que solo el 4% de los productores encuestados tiene acceso a la red de gas natural, y el 62% a la red de energía eléctrica.

Los cálculos indican que, asumiendo un consumo familiar de 3 m³ de biogás diarios para cocción de alimentos y agua caliente sanitaria (Tao et al., 2016), el 82% de los productores podría satisfacer esta demanda mediante la DA de sus residuos pecuarios. Este criterio se utiliza debido a que el 70% de la muestra son productores familiares y viven en el establecimiento productivo. Sin embargo, como fue mencionada, la disponibilidad se reduce en función de dos variables: por un lado, considerando el tiempo de estabulación, la cantidad de productores que podrían cubrir sus necesidades energéticas se reduce al 60 %; por otro, si se toma en cuenta además la infraestructura de corrales de tierra, finalmente el 38 % podrían producir la energía suficiente.

El 82% de los productores también tiene cultivos (en promedio 2 ha). Según Al Seadi et al. (2013) el digerido es una enmienda orgánica con alto valor como biofertilizantes. Considerando una dosis de aplicación de 60.000 l/hm² (Bernal Calderón et al., 2011) como peor escenario y conociendo la superficie cultivada de cada productor, se obtuvo que el 54% podría cubrir sus demandas de biofertilizante a través de los digeridos. Esta dosis puede variar considerablemente (principalmente disminuir) en base al contenido de macronutrientes del suelo y del digerido, de la época y del mecanismo de aplicación y de los requerimientos del cultivo. Para los casos en los que se exceda el volumen de digerido que pueda utilizarse, desde enero de 2019 en Argentina, el digerido puede ser comercializado cumpliendo ciertos parámetros de calidad (Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2019).

Motivaciones y limitaciones para tratar y valorizar los residuos pecuarios: Especialmente en los productores familiares se registró desconocimiento sobre las alternativas de tratamientos de residuos, los modos de implementarlos y los requerimientos de los mismos. Inclusive gran parte de los encuestados que respondieron que no estarían interesados en hacer tratamientos lo fundamentaron en que no sabrían qué hacer o se basaban en la idea que la cantidad de animales que poseen es reducida. Con mayor información, muchos cambiaron de parecer o, por lo menos, no

manifestaron resistencias a su implementación y un 40% manifestaron estar interesados en desarrollar la DA, porcentaje que aumenta cuando se explicó a quienes no conocían, esta estrategia.

Si bien los productores están interesados en desarrollar formas de tratamientos con valor agregado, en función a los comentarios de los productores, se encontraron algunas dificultades que tendrían que resolverse para su implementación. Principalmente, se destaca la ausencia de materiales o mano de obra para llevarlos a cabo, ligado al perfil de productores predominante (de edad avanzada, con escasa mano de obra familiar y bajos niveles de capitalización e ingresos). También entre los agricultores familiares se realiza el pastoreo natural, inclusive en los animales de granja, que reduce la disponibilidad real de residuos que pueden ser objeto de tratamiento. Por último, la falta de espacio en los propios predios para los tratamientos, el marco legal actual que no permite transportar residuos sin tratar a otros predios para su reciclaje o tratamiento, los escasos recursos financieros del sector de la agricultura familiar y la falta de acceso al crédito para este tipo de emprendimientos o la incorporación de este punto como requisito en los proyectos de granja a pequeña escala fomentadas por entes locales son algunos puntos que condicionan las posibilidades de implementar esta tecnología en la zona. Para abordar esta problemática deberán proponerse mejoras en la infraestructura productiva junto a la tecnología de tratamiento.

CONCLUSIONES

La gestión de residuos en el caso de estudio analizado, es un proceso complejo, con modos diversos, que distan de cumplir necesariamente con las normativas y los lineamientos técnicos. Surgen de las interpretaciones y de las prácticas de los actores sociales involucrados y dependen de varias condiciones: cantidad de residuos generados, infraestructura para la recolección, el acopio y el tratamiento, posibilidad de utilización en sus propios predios, mano de obra disponible para la gestión. También resulta significativo el conocimiento que tengan los productores respecto a las alternativas de tratamiento, que en la zona de Plottier y Senillosa todavía es necesario seguir trabajando en la difusión de estas formas de valorización de los residuos. Por ello, en el área se observa un gran desaprovechamiento de los residuos (en parte por la infraestructura inadecuada) y la realización de tratamientos “parciales” (por desconocimiento, infraestructura y/o mano de obra), que pueden impulsar procesos de contaminación y otros conflictos ambientales, considerando las características del territorio de estudio además de perder la oportunidad del aprovechamiento energético.

Los resultados indican que la mayoría de los productores tienen suficientes residuos pecuarios como para desarrollar la estrategia de valorización propuesta y autoabastecerse de biofertilizantes o bioenergía. Aunque estos valores son mayores en la producción no familiar, en línea con la mayor cantidad de animales, en la producción familiar cubriría demandas que, por restricciones de servicios o económicas, difícilmente se puedan resolver mediante otros métodos. En líneas generales, las prácticas de alimentación y la infraestructura de los establecimientos hacen que los residuos se encuentren parcialmente disponibles, y, por ende, no pueda aprovecharse todo su potencial.

Se deben continuar los esfuerzos dirigidos a difundir estas alternativas de tratamiento de los residuos pecuarios y a capacitar a los productores sobre la importancia de su gestión. Esto permitiría que puedan verse los beneficios económicos por la valorización de los mismos, y además, aumentarían las condiciones de seguridad ambiental de los predios agropecuarios. Es clave que la capacitación técnica se adecúe a las particularidades de la producción local y de los actores que la desarrollan. Asimismo, es necesario continuar líneas complementarias de investigación a las trabajadas en este estudio, como el análisis de costos de las estrategias y el desarrollo de tecnologías adaptadas a los distintos tipos de productores.

REFERENCIAS

- Al Seadi T., Drosch, B., Fuchs, W., Rutz, D., Janssen R. (2013). Biogas digestate quality and utilization. En Wellinger, A., Murphy, J., Baxter, D. (eds.) *The biogas handbook-science, production and applications* (pp. 267-301). Elsevier.
- Bernal Calderón M. P., Albuquerque Méndez J. A., Bustamante Muñoz M.Á., Carrillo R.C. (2011). Guía de utilización agrícola de los materiales digeridos por biometanización. Centro de edafología y biología aplicada del Segura, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Murcia (España).
- Ejarque M., Barrionuevo M., Zanovello L., Bartucci S. (2019). Prácticas y usos de los residuos pecuarios de productores familiares en un valle de la Patagonia argentina. *Ambiente y Desarrollo*. Vol. 23. N° 44. pp. 1-15. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.ayd23-44.purp>.
- FAO (2019) Guía teórico-práctica sobre el biogás y los biodigestores. Colección Documentos Técnicos N° 12. Buenos Aires. ISBN 978-92-5-131559-0
- Ferrer J. A., Irisarri J. A., Mencia J. (2006). *Suelos de la Provincia del Neuquén*. Ed. INTA, Buenos Aires.
- Hilbert, J. (1993). Manual para la producción de biogás. Instituto de Ingeniería Rural, INTA, Castelar. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-anual_para_la_produccion_de_biogs_del_iir.pdf
- Instituto Vasco de Estadística (2017). Unidades de medida. http://www.eustat.eus/documentos/opt0/tema_501/elem_6339/definicion.html
- Kafle G. K., Chen L. (2016). Comparison on batch anaerobic digestion of five different livestock manures and prediction of biochemical methane potential (BMP) using different statistical models. *Waste Management*. N° 48. pp. 492–502.
- Kafle G. K., Kim S. H. (2013). Anaerobic treatment of apple waste with swine manure for biogas production: Batch and continuous operation. *Applied Energy*. N° 103. pp. 61–72.
- Li K., Liu R., Sun C. (2015). Comparison of anaerobic digestion characteristics and kinetics of four livestock manures with different substrate concentrations. *Bioresource Technology*. N° 198. pp. 133–140.
- Obschatko E., Foti M, Román M. (2007). Los pequeños productores en la República Argentina: importancia en la producción agropecuaria y en el empleo en base al censo nacional agropecuario 2002. Secretaría Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Buenos Aires.
- Pordomingo, A. (2003). *Gestión Ambiental en Feedlot. Guía de Buenas Prácticas*. Ed. INTA, Argentina. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-gestin_ambiental_en_el_feedlot_guia_de_buenas_prctic.pdf.
- PROBIOMASA (n.d.). Calculador. <http://www.probiomasa.gob.ar/sitio/es/estadisticas.php>
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, pesca y alimentación de México) (2013) Especificaciones técnicas para biodigestores pequeños tipo laguna, p 57.
- Scarlat N., Fahl F., Dallemand J. F., Monforti F., Motola V. (2018). A spatial analysis of biogas potential from manure in Europe. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, n. 94, p. 915–930. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.06.035>
- Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable (2019). Resolución n° 19. Argentina
- Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (1997). Resolución n° 614. Argentina.
- Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (2003). Resolución n° 2. Argentina.
- Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (2006). Resolución n° 555. Argentina.
- Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (2009). Resolución n° 474. Argentina.
- Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (2010). Resolución n° 542. Argentina.
- Tabatabaei M., Ghanavati H. (2018). *Biogas. Fundamentals, Process and Operation*. Biofuel and Biorefinery Technologies. Springer, Suiza.
- Tao L, Nengmin Z., Fei S., Long E., Long Y., Chen X., Zili M. (2016). Case Study Assessment of the Suitability of Small-Scale Biogas Plants to the Dispersed Agricultural Structure of China. *Waste and Biomass Valorization Journal*. N°7. pp. 1131–1139. <https://doi.org/10.1007/s12649-016-9487-3>

Varnero M. T., Arellano J., Benavides C., Santibañez F., Vanegas N., Carrasco A., Sepulveda N. (1990). Aprovechamiento racional de desechos orgánicos. Informe Técnico. Ministerio de Agricultura. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile. Santiago, Chile.

ABSTRACT

Livestock waste management reduces contamination and allows to develop more sustainable productions. Anaerobic digestion is an appropriate technology to contribute to this end, also generating biogas and biofertilizers.

In the Patagonian valleys, such as the studied area of Senillosa and Plottier, barriers and potential to implement anaerobic digestion are uncertain. Through survey, information about potential and available livestock waste to be used in AD and the establishments characteristics were gathered.

According to the results, most of the producers could cover their cooking and water heating needs through AD technology and their demands of fertilizers. However, real availability is reduced by infrastructure, material and knowledge deficits.

This work identifies conditionings to the implementation of anaerobic digestion and could contribute to develop public policies appropriate for areas where family farming predominates and where there is need to cover the energy demands independently.

Key words: Biogas. Valorization. Livestock waste management. Nutrient recycling