

Digestión anaerobia de descarte ovino encalado: hallazgos de la codigestión semi-continua con melaza, barreras inhibitorias y valorización dual (biogás + digestato)	
Silvia BARRENECHEA-RAMIREZ ^a , Julio Manuel REYES-CHAVEZ ^a , Liliana del Rosario MARRUFO ^b -SALDAÑA ^a , Julio Alexis BARRA-HINOJOSA ^b	
FILIACIONES ^a Centro de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica pesquero, acuícola y agroindustrial Callao (CITEpesquero, acuícola y agroindustrial Callao). Instituto Tecnológico de la Producción (ITP), Carretera a Ventanilla Km. 5.2, Callao 07046, Perú. ^b Centro de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica del Cuero, Calzado, Textil y Confecciones e Industrias Conexas (CITEccal Lima). Instituto Tecnológico de la Producción (ITP), Caquetá Ave. 1300, Rimac, 15094, Lima, Peru.	CORREOS DE AUTORES sbarrenechea@itp.gob.pe jreyes@itp.gob.pe lmarrufo@itp.gob.pe jbarra@itp.gob.pe

Introducción La industria de curtiembre genera residuos sólidos con alta carga orgánica, entre ellos el descarte, producido durante la remoción del tejido adherido a la piel. Este residuo representa un desafío ambiental debido a su elevada humedad, contenido proteico, grasa, alcalinidad y salinidad. No obstante, también posee potencial para ser valorizado energéticamente mediante digestión anaerobia. En este contexto, el descarte ovino encalado puede constituir una fuente alternativa para la producción de biogás y digestato con potencial uso agrícola, contribuyendo a una gestión más circular y sostenible de los residuos de curtiembre.
Materiales y métodos Se evaluó la codigestión anaerobia de descarte ovino encalado utilizando melaza como cosustrato. Inicialmente, se realizó la caracterización fisicoquímica del residuo y ensayos batch de potencial bioquímico de metano bajo condiciones VDI 4630. Posteriormente, se evaluaron dos mezclas en un reactor semi-continuo de 30 L: M1 (25 % descarte, 25 % melaza y 50 % agua) y M2 (20 % descarte, 30 % melaza y 50 % agua). Asimismo, se monitorearon variables críticas del proceso relacionadas con alcalinidad, salinidad, generación de sulfuro de hidrógeno y liberación de amoníaco. Finalmente, el digestato obtenido fue analizado para evaluar su potencial valorización agrícola.
Resultados El descarte ovino encalado presentó un alto potencial bioenergético, alcanzando en los ensayos batch valores de $571 \pm 46 \text{ NL CH}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ SV}$ y $989,2 \text{ NL biogás kg}^{-1} \text{ SV}$. El modelo de Gompertz modificado describió adecuadamente la producción acumulada de biogás, evidenciando una rápida biodisponibilidad de las fracciones orgánicas del sustrato. En operación semi-continua, ambas mezclas alcanzaron condiciones cuasi-estables, demostrando que la codigestión con melaza puede amortiguar parcialmente las restricciones del residuo. La mezcla M2 produjo un biogás con mayor contenido de metano ($51,85 \pm 3,89 \%$) respecto a M1 ($46,15 \pm 3,07 \%$), aunque también generó concentraciones más elevadas de sulfuro de hidrógeno. El digestato presentó contenido relevante de macronutrientes y ausencia de patógenos detectables, mostrando potencial para su aprovechamiento agrícola.
Conclusiones El estudio demuestra que el descarte ovino encalado puede valorizarse mediante digestión anaerobia para la producción de biogás y digestato. La codigestión con melaza permitió estabilizar parcialmente el proceso; sin embargo, el incremento en la generación de sulfuro de hidrógeno representa una limitación importante para el escalamiento tecnológico, requiriendo estrategias específicas de control de H_2S . Asimismo, aunque el digestato mostró potencial como enmienda agrícola, su aplicación requiere un manejo adecuado de la salinidad, sodio y presión amoniacal, además de validación regulatoria.



Silvia Barrenechea Ramírez is an Agroindustrial Engineer with a Master's degree in Food Technology. She works as an Agroindustrial Specialist at ITP, where she coordinates R&D&I and technology transfer projects focused on bioenergy and waste valorization. Her solid background in innovation management includes international certifications from Oxentia, University of Oxford, and competency as an Internal Auditor under the UNE 166002 R&D&I management standard.

Specialized in circular economy and sustainability, she has led anaerobic digestion projects for the production of biogas, biofertilizers, and leather from hydrobiological waste and residual agroindustrial biomass. She also has specialized training in bioeconomy, biorefineries, and clean technologies, aimed at strengthening technological offerings and environmental sustainability in Peru's productive sector. She has knowledge of ISO 22000 food safety management systems, eco-efficiency, and sanitary supervision.

REFERENCIAS

- [1]Amdouni, S., Ben Hassen Trabelsi, A., Mabrouk Elasmí, A., Chaghtmi, R., Haddad, K., Jamaoui, F., Khedhira, H., & Chérif, C. (2021). *Tannery fleshing wastes conversion into high value-added biofuels and biochars using pyrolysis process*. *Fuel*, 294, 120423. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.120423>
- [2]Andriamanohiarisoamanana, F. J., et al. (2024). *Impact of tannery wastes on anaerobic co-digestion: Enhancing biogas production and process efficiency*. *Collagen and Leather*, 6, Article 00162. <https://doi.org/10.1186/s42825-024-00162-w>
- [3]Bayrakdar, A. (2020). *Anaerobic co-digestion of tannery solid wastes: A comparison of single and two-phase anaerobic digestion*. *Waste and Biomass Valorization*, 11, 1727–1735. <https://doi.org/10.1007/s12649-019-00902-8>
- [4]Basak, S., R., Rouf, M. A., Hossain, M. D., Islam, M. S., & Rabeya, T. (2014). *Anaerobic digestion of tannery solid waste by mixing with different substrates*. *Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research*, 49(2), 119–124. <https://doi.org/10.3329/bjsir.v49i2.22006>
- [5]Berhe, S., & Leta, S. (2018). *Anaerobic co-digestion of tannery waste water and tannery solid waste using two-stage anaerobic sequencing batch reactor: Focus on performances of methanogenic step*. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 20(3), 1468–1482. <https://doi.org/10.1007/s10163-018-0706-9>
- [6]Chaher, N. E. H., Engler, N., Nassour, A., & Nelles, M. (2023). *Effects of co-substrates' mixing ratios and loading rate variations on food and agricultural wastes' anaerobic co-digestion performance*. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 13, 7051–7066. <https://doi.org/10.1007/s13399-021-01655-y>

- [7]Chen, Y., Cheng, J. J., & Creamer, K. S. (2008). Inhibition of anaerobic digestion process: A review. *Bioresource Technology*, 99(10), 4044–4064. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.01.057>
- [8]Chojnacka, K., & Moustakas, K. (2024). *Anaerobic digestate management for carbon neutrality and fertilizer use: A review of current practices and future opportunities*. **Biomass and Bioenergy**, 180, 106991. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2023.106991>
- [9]De Vrieze, J., Christiaens, M. E. R., Walraedt, D., Devooght, A., Ijaz, U. Z., & Boon, N. (2017). *Microbial community redundancy in anaerobic digestion drives process recovery after salinity exposure*. *Water Research*, 111, 109–117. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.12.042>
- [10]Falcão, L., & Araújo, M. E. M. (2018). *Vegetable tannins used in the manufacture of historic leathers*. *Molecules*, 23(5), 1081. <https://doi.org/10.3390/molecules23051081>
- [11]Famielec, S. (2020). *Chromium concentrate recovery from solid tannery waste in a thermal process*. *Materials*, 13(7), 1533. <https://doi.org/10.3390/ma13071533>
- [12]Farghali, M., Andriamanohiarisoamanana, F. J., Yoshida, G., Shiota, K., & Ihara, I. (2024). *Unleashing the potential of leather waste: Biogas generation and cost savings through semi-continuous anaerobic co-digestion*. *Journal of Cleaner Production*, 448, 141481. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141481>

PALABRAS CLAVES	leather	biogas	inhibition	hydrogen sulfide
-----------------	---------	--------	------------	------------------