



Ingeniera en gestión ambiental graduada de la Escuela de Ciencias Ambientales, Universidad Nacional (melissa.solorzano.araya@una.cr)

Análisis del ciclo de vida ambiental de la producción de leche de cabra en una pequeña empresa láctea en Costa Rica

..... | **Melissa Xemena Solórzano Araya** |



La elaboración de productos lácteos caprinos representa una actividad destacada a nivel mundial, con un auge en la fabricación de diferentes productos alimenticios (Barłowska *et al.*, 2019, Salum *et al.*, 2019, Santos *et al.*, 2017). Las cabras producen leche de alta calidad, la cual, se adapta fácilmente a la manipulación y a las condiciones ambientales (Catunda *et al.*, 2016). Además, esta posee distintos minerales que le otorgan una variedad de cualidades nutricionales (Lima *et al.*, 2013). Por su parte, la crianza de estos animales generalmente no requiere de altos insumos en términos tanto de alimento como de alojamiento y sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) son de menor importancia si se compara con los sectores de ganado lechero, vacuno, ovino y venado, debido al bajo número de fincas y animales criados que se requiere (Pulina *et al.*, 2018; Zucali *et al.*, 2020).

No obstante, tal como sucede con cualquier otro tipo de actividad, el procesamiento de la leche y la producción láctea son responsables de la generación de impactos ambientales significativos que pueden afectar al ambiente y a la sociedad

en general (Santos *et al.*, 2017). Por tanto, es fundamental que estos sistemas de producción reduzcan sus impactos.

A nivel internacional existe una necesidad de que los países avancen hacia una agenda integral que contempla 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS); dentro de estos, los ODS 2, 12 y 13 establecen metas que incluyen aplicar prácticas agrícolas resilientes, que aumenten la producción al mismo tiempo en el que contribuyan al mantenimiento de los ecosistemas, promuevan un uso eficiente de los recursos, fomenten la sensibilización y educación a los consumidores y propongan adoptar medidas urgentes ante la crisis climática y sus efectos (Acuña, 2017; Naciones Unidas, 2016). Análogamente, impulsar la sostenibilidad en la cadena de suministro de productos lácteos ha llamado también la atención de los gobiernos, productores, consumidores e inversores alrededor del mundo (Dalla *et al.*, 2017). Esto ha propiciado el surgimiento de diferentes alternativas, con la visión de minimizar los efectos y repercusiones ambientales asociadas a la producción de este tipo de alimentos.

Una alternativa eficaz para reducir los impactos ambientales asociados a la producción de alimentos es cuantificar la sostenibilidad ambiental de procesos, bienes y servicios por medio del Análisis del Ciclo de Vida o ACV (Winter *et al.*, 2017). Este se refiere a una herramienta de gestión ambiental, reconocida mundialmente, que considera la vida de un

bien, servicio o proceso a partir de las materias primas utilizadas, continuando con el sistema de producción, transporte, distribución, uso o consumo, reutilización y su disposición final (Marino *et al.*, 2016).

El ACV puede brindar oportunidades de mejora no solo para la reducción de los impactos ambientales, sino también en aspectos relacionados con la eficiencia y rentabilidad de la producción de una determinada empresa u organización (Santos *et al.*, 2017). Es decir, comprende un instrumento que proporciona datos e información que pueden ser utilizados por diferentes sectores para la toma de decisiones estratégicas, ampliando de esta manera sus aplicaciones más allá del terreno ambiental.

En Costa Rica, las pequeñas y medianas empresas (PYMES) constituyen una unidad productiva fundamental a nivel nacional, ya que gran cantidad de estas se encuentran asociadas al sector agroalimentario. González *et al.* (2016), señalan que, por ejemplo, la producción de leche de especies caprinas representa actualmente un segmento de un mercado muy atractivo para diferentes productores. Bajo esa perspectiva, es acuciante que este tipo de empresas establezcan una adecuada y estratégica responsabilidad social empresarial, ya que, según lo explican Campos y Bermúdez (2020), estos aspectos le permiten a la organización y al recurso humano ser más competitivos y sostenibles, así como posicionarse en el camino de la excelencia y de la calidad empresarial. Por tanto, es



Producción caprina. Fotografía: Facebook de Capra del Rodeo. <https://www.facebook.com/capradelrodeo/>

necesario concretar acciones que impulsen el crecimiento y la competitividad de las PYMES en el país.

Desde el año 2016, el Programa de Estudios en Calidad, Ambiente y Metrología (PROCAME) de la Escuela de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional (UNA), ha propiciado el fortalecimiento de las pequeñas y medianas empresas mediante el desarrollo de actividades de investigación y extensión universitaria. Del mismo modo, con el propósito de alcanzar la meta país de carbono neutralidad, PROCAME también se ha dado la tarea de promover la gestión ambiental en este tipo de empresas por medio de una visión de sustentabilidad, llevada a cabo a través del intercambio de conocimientos entre la academia y el sector privado, brindando así valor agregado y acompañamientos a estas organizaciones.

Entre algunas de las principales PYMES que han participado en dichas iniciativas destaca Ganadería Capra El Rodeo, la cual, corresponde a una finca dedicada a la producción de productos lácteos, especialmente de origen caprino; en la que recientemente se efectuó una evaluación basada en un enfoque de ACV para la evaluación ambiental del proceso productivo de la leche de cabra, con el propósito de identificar puntos críticos

en su cadena de producción y la recomendación de oportunidades de mejora para la reducción de sus impactos ambientales.

El desarrollo de este estudio se basó en normas aceptadas internacionalmente tales como la ISO 14040:2006 Gestión Medioambiental/Análisis de ciclo de vida/Principios y marco de referencia y la ISO 14044: 2006. Gestión Medioambiental/Análisis de ciclo de vida/Requisitos y directrices. En su estructura establecen que para los estudios de ACV se deben seguir cuatro pasos: (1) definición de objetivo y alcance, (2) análisis de inventario, (3) evaluación de impacto e (4) interpretación de los resultados.

Para el análisis de los datos se optó por utilizar el software *SimaPro Analyst*, versión 9.0.0.49 y en la fase de evaluación de impacto del ciclo de vida se utilizó el método *ReCiPe Endpoint (H)*, en donde se analizaron las categorías de daño a la salud

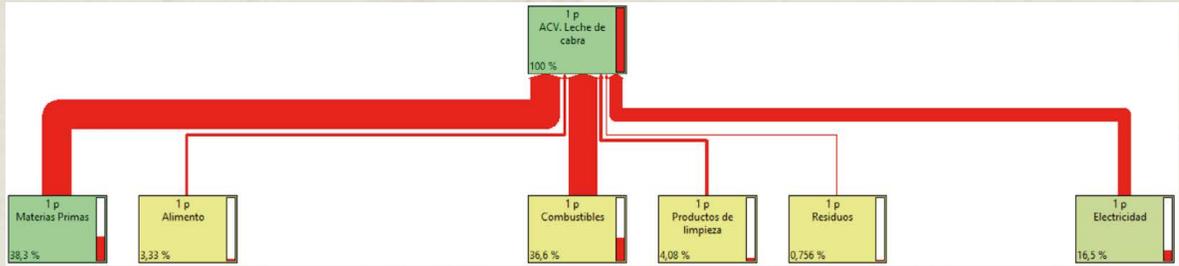


Figura 1. Diagrama del análisis del ciclo de vida ambiental para la producción de leche de cabra, en la Ganadería Capra El Rodeo, según el método IPCC 2012. Valor de corte 2.9 %.

humana, daño a los ecosistemas y daño a la disponibilidad de recursos. Simultáneamente, esta evaluación también consideró el análisis de la huella de carbono del producto, empleando para ello el método IPCC 2013, disponible también en el software.

Para la elaboración de un ACV, primeramente, se estableció como unidad funcional, es decir, como la base de referencia de los cálculos, a 25 cabras. Su alcance se establece desde el punto en el que una cabra nace hasta el momento en el que la leche es vendida en la finca, lo que significa que sigue el enfoque de la “cuna a la puerta”. Además, esta evaluación no consideró la administración de medicamentos y antibióticos. No obstante, se recomienda para futuros estudios contemplarlos. Similarmente, las fases de envasado y distribución no se incluyeron en el sistema de producción de la leche de cabra, dado que estos procesos no son realizados en la finca.

En cuanto a la etapa de análisis de inventario, el ACV requiere para su desarrollo la identificación de las entradas y salidas asociadas a cada una de

las fases del sistema productivo. En este caso en particular, se tomaron en cuenta los subsistemas: materias primas, agua, electricidad, combustibles, alimentos, productos de limpieza y residuos. Cabe destacar que todos los datos de consumo fueron obtenidos a partir de los registros e información brindada por los dueños de la finca. Los resultados obtenidos se presentan en la **Figura 1**.

Se puede determinar que los subsistemas de materias primas (38.3 %), combustibles (36.6 %) y electricidad (16.5 %) fueron los sobresalientes en todo el ciclo en términos de $\text{kg CO}_{2\text{eq}}$, los cuales son relevantes en la huella de carbono (**Figura 2**).

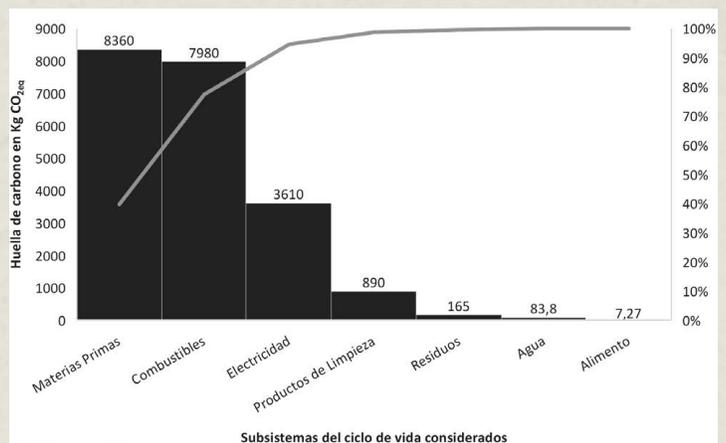


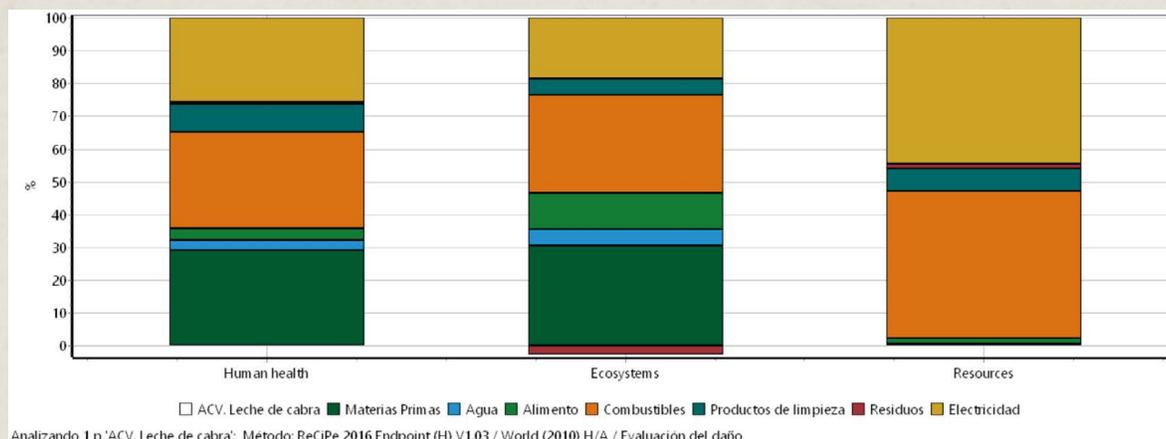
Figura 2. Representación gráfica de la huella de carbono de la producción de leche de cabra, en la Ganadería Capra El Rodeo.

Cabe mencionar que el subsistema de las materias primas considera las emisiones producidas como subproducto de la fermentación entérica por las cabras. Distintos autores señalan que los pequeños rumiantes tienen un potencial de emisión de metano (CH_4) más bajo por fermentación entérica en comparación con otros tipos de ganado (Kim *et al.*, 2013; Lima, 2013). Sin embargo, los resultados obtenidos indican la necesidad de establecer oportunidades de mejora en este aspecto. Si bien es cierto, las emisiones que tienen lugar en el aparato digestivo de los animales no se pueden eliminar completamente, estudios científicos han determinado que cambios en las dietas son opciones de mitigación valiosas, ya que incluyen estrategias que afectan directa o indirectamente el metabolismo en rumiantes y por tanto, pueden disminuir dichos efectos (Marino, 2016).

Por medio del método ReCiPe 2016 Endpoint (H) se identificó que los

subsistemas mencionados anteriormente también ocasionan una contribución importante en las categorías de impacto seleccionadas para el estudio. Especialmente, se observa que el consumo tanto de combustibles como de electricidad afecta mayoritariamente a la disponibilidad de recursos (Figura 3), lo que infiere que se debe priorizar la implementación de medidas en estas áreas.

Una vez identificados los puntos críticos del proceso productivo de la leche de cabra, se establecen las medidas y acciones en las que se deben orientar los esfuerzos para avanzar hacia la sostenibilidad. En este sentido, en cuanto a las materias primas, distintas investigaciones sugieren la sustitución de la soja o concentrados, alimentos que son brindados a las cabras de la finca de este estudio, por otros que generen menos impactos ambientales, al tiempo que no comprometan los requisitos nutricionales



Analizando 1 p 'ACV. Leche de cabra': Metodo: ReCiPe 2016 Endpoint (H) V1.03 / World (2010) H/A / Evaluación del daño

Figura 3. Evaluación del daño de impactos ambientales asociados a la producción de leche de cabra, en la Ganadería Capra El Rodeo, según el método ReCiPe 2016 Endpoint (H).

de las cabras y que no representen dificultades económicas para la finca.

Los aceites de girasol, almendra, semilla de algodón, coco y linaza son ingredientes alimenticios que, en las dietas altas en forrajes, pueden disminuir la emisión de metano hasta en un 50 %, ya que estos aceites tienen efectos sobre los parámetros de fermentación a nivel del rumen (Casasola y Villanueva, 2015). Asimismo, Soares *et al.* (2019), evaluaron el efecto del manejo ambiental y las estrategias de alimentación en la producción de leche en otro tipo de animales rumiantes y obtuvieron que la capacidad de producción aumentó al mejorar la calidad de los alimentos y el manejo de las prácticas agrícolas. Por tanto, incorporar estas acciones pueden ayudar a la PYME a disminuir sus efectos.

En cuanto al uso de los combustibles, el consumo está asociado a maquinaria como tractores, máquinas para cortar césped, cuadracillos y otros usados específicamente para operaciones de mantenimiento dentro de la finca. Se recomienda la verificación y registro constante de las condiciones y funcionamiento de estos, de manera que se controle su eficiencia periódicamente. En referencia al consumo eléctrico, actualmente la finca se encuentra valorando un estudio de factibilidad para la implementación de un sistema solar fotovoltaico en sus instalaciones, con miras en mejorar la eficiencia de producción y reducir los impactos asociados.

En este estudio se demuestra el valor de la aplicación de la gestión ambiental en actividades como la producción de leche caprina. Se teoriza que la disminución de los efectos ambientales sin comprometer la competitividad y el rendimiento productivo puede promover mejoras a nivel social y económico, pero es necesario trabajar en estrategias y acciones concretas. De igual forma, se determinó que optar por herramientas como el *análisis de ciclo de vida* (ACV), es crucial para planificar estrategias de mitigación efectivas dentro de diferentes áreas y procesos de un sistema productivo, por lo que su medición en actividades comerciales como la evaluada en este artículo, es fundamental si lo que se desea es avanzar por el camino de sostenibilidad.

Referencias

- Acuña, D. (2017). *Estrategia de sustentabilidad para el sector lechero*. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias -ODEPA. <https://odepa.gob.cl/bitstream/handle/20.500.12650/2539/LecheSustentable.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Barłowska, J., Pastuszka, R., Rysiak, A., Król, J., Brodziak, A., & Kędzierska-Matysek, M. (2019). Physicochemical and sensory properties of goat cheeses and their fatty acid profile in relation to the geographic region of production. *International Journal of Dairy Technology*, 71, 699-708
- Campos, D., & Bermúdez, L. (2020). PYMES, responsabilidad social y desarrollo sostenible. *InterSedes*, 21(43), 131-151. <https://doi.org/10.15517/isucr.v21i43.41989>
- Casasola F., Villanueva C. (2015). Buenas prácticas para la mitigación al cambio climático de los sistemas de producción de leche en Costa Rica. CATIE.

- http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8331/Buenas_practicas_para_la_mitigacion_al_cambio_climatico.pdf
- Catunda, K., Aguiar, E., Silva, J., & Rangel, A. (2016). Leite caprino: Características nutricionais, organolépticas e importância do consumo. *Revista Centauro*, 7, 34-55
- Dalla, A., Burek, J., Kim, D., Thoma, G., Cassandro, M., & de Marchi, M. (2017). Environmental life cycle assessment of Italian mozzarella cheese: Hotspots and improvement opportunities. *Journal of Dairy Science*, 100(10), 7933–7952. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12396>
- González, G., Jara, V., Garro, J., y Quesada, R. (2016). Producción y demanda caprina en Costa Rica. El caso de la Zona Norte. ResearchGate, 1-14. https://www.researchgate.net/publication/299107659_Produccion_y_demanda_caprina_en_Costa_Rica_El_caso_de_la_Zona_Norte
- Kim, D., Thoma, G., Nutter, D., Milani, F., Ulrich, R., & Norris, G. (2013). Life cycle assessment of cheese and whey production in the US. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 18, 1019-1035
- Lima, A. (2013). *Metabolismo Energético e Produção de Metano em Cabras da Raça Anglonubiano* Master Dissertation Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, São Paulo, Brazil.
- Marino, R., Atzori, A., D'Andrea, M., Iovane, G., Trabalza, M., & Rinaldi, L. (2016). Climate change: Production performance, health issues, greenhouse gas emissions and mitigation strategies in sheep and goat farming. *Small Ruminant Research*, 135, 50-59. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2015.12.012>
- Naciones Unidas. (2016). *Objetivos y metas de desarrollo sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Pulina, G., Milán, M., Lavín, M., Theodoridis, A., Morin, E., Capote, J., Thomas, D., Francesconi, A., & Caja, G. (2018). Invited review: Current production trends, farm structures, and economics of the dairy sheep and goat sectors. *Journal of Dairy Science*, 101(8), 6715-6729. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14015>
- Salum, P., Erbay, Z., & Selli, S. (2019). The compositional properties, proteolytic–lipolytic maturation parameters and volatile compositions of commercial enzyme-modified cheeses with different cheese flavours. *International Journal of Dairy Technology*, 72, 416-426
- Santos, H., Maranduba, H., de Almeida, J., & Rodrigues, L. (2017). Life cycle assessment of cheese production process in a small-sized dairy industry in Brazil. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(4), 3470-3482. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-8084-0>
- Soares, B., Alves, E., Maranduba, H., Silva, F., de Albuquerque S., & de Almeida Neto, J. (2019). Effect of handling and feeding strategies in the environmental performance of buffalo milk in Northeastern Brazil. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 24, 1129-1138
- Winter, L., Lehmann, A., Finogenova, N., & Finkbeiner, M. (2017). Including biodiversity in life cycle assessment – State of the art, gaps and research needs. *Environmental Impact Assessment Review*, 67, 88-100. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2017.08.006>
- Zucali, M., Lovarelli, D., Celozzi, S., Bacenetti, J., Sandrucci, A., & Bava, L. (2020). Management options to reduce the environmental impact of dairy goat milk production. *Livestock Science*, 231, 103888. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.103888>