

El concepto de eco-innovación en el sector pecuario y su aplicación en sistemas de producción en pequeña escala

Fecha de Recepción: 17/12/2020
Fecha de Aceptación: 23/02/2021

Eco-innovation concept in the livestock sector and its application in small-scale production systems

ITZEL CORTÉS FERNÁNDEZ¹
CARLOS GALDINO MARTÍNEZ-GARCÍA²

RESUMEN

Una eco-innovación es considerada toda innovación relacionada con el medioambiente que implique un beneficio para este. El presente trabajo comienza dando un marco teórico para analizar el concepto de eco-innovación y cómo es posible aplicar este término en el sector pecuario, teniendo como base los aspectos de sustentabilidad que corresponden a la ganadería. Posteriormente se hace una revisión de manejos propuestos para los sistemas pecuarios, aplicables en pequeña escala, que tengan como finalidad una mejora en el desempeño ambiental, y por ende pueden ser considerados eco-innovaciones.

ABSTRACT

An eco-innovation is considered any innovation related to the environment that implies a benefit for it. This work begins by giving a theoretical framework to analyze the concept of eco-innovation and how it is possible to apply this term in the livestock sector, based on the sustainability aspects that correspond to livestock. Subsequently, a review is made of managements proposed for livestock systems, applicable on a small scale, whose purpose is to improve environmental performance, and therefore can be considered eco-innovations.

INTRODUCCIÓN

La literatura no ofrece todavía una definición única y acabada de eco-innovación. Las definiciones de eco-innovación se centran los beneficios para al medio ambiente siendo este su principal objetivo, pero dada su contribución al desarrollo sustentable, se consideran también aspectos económicos y sociales que juegan un papel crucial en el desarrollo y aplicación de eco-innovaciones, determinando así su difusión y contribución a la competitividad y sustentabilidad (Carrillo-Hermosillo *et al.*, 2009).

Al entender la sustentabilidad como el desarrollo de una relación entre la economía, el ambiente y la sociedad que permita mantener un sistema sin degradarse en el largo plazo (Ciegis *et al.*, 2009), el sector pecuario y los sistemas en pequeña escala tienen una contribución preponderante por sus impactos socioeconómicos, siendo que el 34% del suministro mundial de proteínas alimentarias procede del ganado; no obstante, los impactos ambientales de la ganadería han sido tema de importantes revisiones de la sustentabilidad (FAO, 2009), siendo por ello las eco-innovaciones una opción para estos sistemas. Este trabajo tiene como objetivo identificar e introducir en el concepto de eco-innovación aquellos manejos propuestos para los sistemas pecuarios en pequeña escala que tengan como finalidad una mejora en el desempeño ambiental, o bien, la eliminación y reducción de impactos negativos al medioambiente.

Definiendo eco-innovación

El término *eco-innovación* hace sus primeras apariciones en la literatura a mediados de la década de los 90, cuando el cuidado de los recursos naturales y el medio ambiente comenzó a ser un tema preponderante a nivel mundial, luego de reconocer su relación directa con el desarrollo económico (Vicente *et al.*, 2012). En ese momento la eco-innovación fue definida como el desarrollo de nuevos productos, procesos o servicios que proveen valor comercial y reducen significativamente el impacto ambiental (Fusler y James, 1996). A partir de entonces, el término eco-innovación tuvo mayor difusión y fue empleado en el ámbito académico y político, derivando en diversas

definiciones (Tabla 1); sin embargo, Andersen (2008) sostiene que hacen falta definiciones claras, consolidadas y operativas. Mientras que algunos autores consideran sólo el aspecto ambiental en el concepto de eco-innovación, otros amplían su perspectiva en torno a este término y lo vinculan con las otras dimensiones del desarrollo sustentable (Carrillo-Hermosilla, *et al.*, 2009; Rennings, 2000), abriendo así la posibilidad de abarcar los tres pilares interrelacionadas de la sustentabilidad: ambiental, social y económica (Van Passel *et al.*, 2007).

La innovación ha asumido una importancia fundamental en el debate en torno a la sustentabilidad y a menudo se invoca como una herramienta para orientar la transición hacia una sociedad sustentable (Gavito *et al.*, 2017). Rogers (2003) define la innovación como toda idea, práctica, u objeto que es percibido como nuevo por un individuo u otra unidad adoptante. La innovación es resultado de un proceso que implica la combinación de varios tipos de conocimientos, capacidades, habilidades y recursos; esto resulta en cambios de ideas, productos, procesos u organizaciones, que involucran una combinación de arreglos técnicos y relaciones sociales (Fagerberg, 2004). Considerando que una innovación puede ser percibida como tal en un determinado contexto y no tratarse de algo novedoso en otro, también se hace referencia a que las innovaciones son actividades introducidas, por primera vez, en un determinado período de tiempo y lugar, en forma de nuevos o mejores productos, servicios o técnicas de gestión y organización (Pavón y Goodman 1981). En toda innovación tecnológica, es necesario considerar los procesos de generación, comunicación, difusión, adopción, implementación, monitoreo y evaluación de las tecnologías para que estas se apliquen con éxito; de igual manera se requiere el trabajo participativo de productores, profesionistas, instituciones y cualquier actor o sector que intervenga en su aplicación, para lograr los beneficios esperados en favor de la sustentabilidad (Gavito *et al.*, 2017).

Tabla 1. Definiciones de eco-innovación

Las eco-innovaciones son todas las medidas de actores relevantes (empresas, políticos, sindicatos, asociaciones, iglesias, hogares privados) que desarrollan nuevas ideas, comportamientos, productos y procesos, los aplican o introducen y estos contribuyen a la reducción de cargas ambientales o metas de sostenibilidad específicamente ecológicas (Klemmer <i>et al.</i> , 1999)
Las eco-innovaciones son procesos de innovación hacia el desarrollo sustentable. (Rennings, 2000)
Eco-innovación es cualquier forma de innovación que tenga como objetivo un progreso significativo y demostrable hacia el desarrollo sustentable, mediante la reducción de impactos en el medio ambiente o logrando un uso más eficiente y responsable de los recursos, incluida la energía. (Comisión Europea, 2007)

Eco-innovación es la producción, asimilación o explotación de un producto, proceso productivo, servicio, manejo o método de negocio novedoso para la organización (que lo desarrolla o lo adopta) y que, a lo largo de su ciclo de vida, resulta en una reducción del riesgo ambiental, la contaminación y otros impactos negativos del uso de recursos (incluido el uso de energía) en comparación con alternativas relevantes. (Kemp y Pearson, 2008)

Eco-innovación es toda innovación que mejora el desempeño ambiental. (Carrillo-Hermosilla *et al.*, 2009)

Eco-innovación es aquella innovación que consiste en procesos, prácticas, sistemas y productos modificados que benefician al medioambiente, contribuyendo así a la sostenibilidad medioambiental. (Oltra y Saint Jean, 2009)

Eco-innovación es la introducción de cualquier nuevo producto o significativamente mejorado (bien o servicio), proceso, cambio organizativo o solución de marketing, que reduce el uso de recursos naturales (incluidos los materiales, energía, agua y tierra) y disminuye la liberación de sustancias nocivas a lo largo de su ciclo de vida (EIO, 2010).

Las definiciones de eco-innovación dan margen para que muchos tipos de innovación pueden definirse como eco-innovaciones, por lo que se han considerado necesario su clasificación (Andersen, 2008). Las clasificaciones propuestas (Tabla 2) han sido principalmente diseñadas en función del objetivo de las diferentes eco-innovaciones (Vicente y Tamayo, 2014).

Tabla 2. Clasificación de eco-innovaciones.

Clasificación de Rennings (2000):
• Tecnológica: Innovaciones de productos y procesos preventivos o curativos. • Organizacional: Sistemas de gestión, conceptos e instrumentos a nivel de empresa. • Social: Cambio de estilos de vida, comportamiento del consumidor y patrones de consumo. • Institucional: Arreglos de redes, regímenes de gobernanza global; también incluye nuevos métodos de evaluación y participación pública.
Clasificación de Andersen (2008):
• Complementaria: Productos o servicios que mejoran el desempeño ambiental del cliente. • Integrada: Proceso de producción o producto más ecoeficiente que otros similares. • De productos alternativos: Representa una tecnología disruptiva o radical. • Macro-organizacional: Nuevas estructuras organizativas. • De propósito general: Tecnologías que afectan profundamente la economía y el proceso de innovación, retroalimentando otras innovaciones.

Clasificación de EIO (2013):

- De procesos: Orientadas a la reducción del uso de recursos (energía, materias primas, etc.).
- De productos: Tanto bienes físicos como servicios que son producidos y/o utilizados o consumidos de manera que se minimiza su impacto sobre el medioambiente.
- Organizativa: Métodos organizativos y sistemas de gestión para abordar las cuestiones medioambientales en la producción y los productos.
- De marketing: Implica cambios en el diseño del producto o del envase, en la distribución, en la promoción o en el precio del producto.
- Social: Incluye las dimensiones basadas en el mercado, concernientes a cambios en el comportamiento y en los estilos de vida de los consumidores.

De acuerdo con Dube *et al.* (2020), existen innovaciones que se conectan con cuestiones fundamentales de producción y gestión dentro de una gama de tecnologías de reducción de emisiones de carbono, gestión de la tierra y estrategias de producción, gestión de datos e información, flujos de materiales y logística. Para estos autores, el desarrollo, la implementación y el uso extendido de estas nuevas tecnologías y sistemas innovadores, es una faceta de transición a la sustentabilidad.

Sustentabilidad en el sector pecuario y sistemas en pequeña escala

De acuerdo con Maass (2007) los sistemas productivos bajo un esquema de desarrollo sustentable, deben ser económicamente rentables, socialmente aceptables y ecológicamente viables. En este sentido, la ganadería es considerada clave para el desarrollo sostenible, por su contribución a la seguridad alimentaria, la nutrición, el alivio de la pobreza y el crecimiento económico; no obstante, como todo sector productivo es posible encontrar puntos de mejora, entre los cuales mucho se apunta a cuestiones ambientales (FAO, 2009). Para Gerber *et al.* (2013), la ganadería inclusive puede desempeñar un papel clave en la mitigación del cambio climático mediante la adopción de tecnologías mejoradas. La importancia de la agricultura y ganadería en pequeña escala radica tanto en su contribución presente como en sus perspectivas a futuro para la producción de alimentos y disminución de la pobreza (FAO, 2014); se considera que la mayor parte del incremento en la producción provendrá de sistemas de producción en pequeña escala, que representan el medio de vida de hasta un 70% de la población rural del mundo (Arriaga-Jordán y Anaya-Ortega, 2014).

Las eco-innovaciones se muestran como opción para contribuir al desarrollo sustentable de los sistemas pecuarios, lo cuales tienen grandes retos, pero también vastas oportunidades en lo que a mejoras de productividad se refiere mediante estrategias de adaptación

y resiliencia (FAO, 2009). Es necesario un enfoque integrado del desarrollo pecuario sustentable que aborde de manera simultánea los desafíos sociales, ambientales y económicos (Tabla 3); destacando como uno de los principales retos la traducción efectiva de objetivos de desarrollo sostenible en acciones específicas y focalizadas (2019).

Tabla 3. Desafíos sociales, ambientales y económicos del sector pecuario relacionados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

1.	Impulsar el crecimiento económico mediante los efectos multiplicadores del sector pecuario
2.	Lograr que el rápido crecimiento del sector pecuario se traduzca en una reducción acelerada de la pobreza
3.	Aprovechar el potencial del sector pecuario para poner fin al hambre y la malnutrición
4.	Prevenir las enfermedades animales para garantizar la salud pública
5.	Balancear la ingesta de alimentos de origen animal para el desarrollo cognitivo de los niños
6.	Fomentar la participación y toma de decisiones de las mujeres en el sector pecuario
7.	Incrementar el uso eficiente del agua en la producción pecuaria para hacer frente a la escasez
8.	Convertir el estiércol en energía limpia y renovable
9.	Añadir valor y complejidad a los productos pecuarios a través de la industrialización
10.	Acompañar la apertura al comercio con desarrollo financiero, institucional y de infraestructura para reducir las desigualdades entre las naciones
11.	Maximizar los beneficios y gestionar los riesgos de la producción pecuaria urbana
12.	Producir más con menos, balancear el consumo y reducir las pérdidas
13.	Combatir el cambio climático y sus efectos mejorando la eficiencia en el uso de los recursos
14.	Reducir el impacto del sector pecuario en los ecosistemas marinos evitando la contaminación y limitando el uso de productos pesqueros en los piensos
15.	Mejorar la prestación de servicios ecosistémicos mediante la gestión sostenible de los forrajes y la mejora de la eficiencia en el uso de piensos
16.	Fomentar la paz y la estabilidad social a través del sector pecuario
17.	Establecer alianzas inclusivas y eficaces para contribuir al logro de la agenda 2030
18.	Convertir la contribución del sector pecuario a los ODS en políticas y estrategias nacionales
19.	Avanzar hacia un enfoque integrado del desarrollo pecuario sostenible
20.	Desplazar el foco del debate de la promoción de un incremento sostenible de la producción a la mejora de la contribución del sector al logro de los ODS

Eco-innovaciones en el sector pecuario y su aplicación en sistemas de producción en pequeña escala

Las eco-innovaciones en el sector pecuario se enfocan en tecnologías que disminuyen el impacto ambiental de la ganadería, siendo las principales problemáticas asociadas la degradación y el cambio de uso del suelo, pérdida de biodiversidad, considerables requerimientos de agua, emisión de gases de efecto invernadero, y contaminación (por excretas, fermentación entérica, manejos agrícolas inadecuados); todo lo mencionado se traduce en una pérdida de servicios ambientales (FAO, 2009).

Entre las diversas propuestas para el ámbito ganadero, existen manejos que pueden aplicarse en pequeña escala y están encaminados a reducir impactos ambientales y mejorar el desempeño ambiental de la producción, dando paso a la mitigación y adaptación al cambio climático, el secuestro de carbono, e integración a una economía circular (FAO, 2019).

5.1 Uso de energías renovables

Las energías renovables provienen de fuentes naturales consideradas inagotables, debido a que son capaces de regenerarse. También reciben el nombre de energías alternativas, puesto que son consideradas opciones para sustituir a las principales fuentes energéticas actuales, entre las que predominan aquellas provenientes de combustibles fósiles, asociándose estas últimas a dos problemas: provienen de recursos finitos y generan contaminación (Mohtasham, 2015).

En el sector pecuario las energías renovables con mayor difusión han sido la energía solar y la energía proveniente de biomasa. La energía solar térmica se ha aprovechado mediante deshidratadores solares para el secado de forrajes logrando entre el 30% y 45% de ahorro en tiempo y energía, además de una mayor calidad del heno producido en cuanto a nutrientes y rendimiento (Arinze *et al.*, 1993).

Los calentadores para agua son una de las aplicaciones más conocidas de la energía solar térmica por su facilidad de operación y simple mantenimiento, con eficiencias cercanas al 70% en la transformación a energía térmica (Jaisankar *et al.*, 2011); en los procesos productivos del sector agropecuario donde se requieren agua caliente en distintos volúmenes y temperaturas, el uso de calentadores solares puede sustituir otras fuentes energéticas usadas para este fin como se muestra en el trabajo de Guzmán-Hernández *et al.* (2017), donde aproximadamente 70% de la energía necesaria para alcanzar la temperatura del agua requerida para operaciones de limpieza fue producida mediante sistemas termosifónicos.

Por su parte, la energía solar fotovoltaica y su obtención mediante paneles solares ha logrado producir alrededor del 30% de la energía eléctrica necesaria para las actividades dentro de unidades de producción pecuarias (Gúzman-Hernández *et al.*, 2016). Esta energía puede emplearse con fines como iluminación, refrigeración, en sistemas de bombeo y transporte de agua, motores para diferentes aplicaciones, así como en la implementación de cercos eléctricos para el ganado (Antúnez *et al.*, 2016).

En lo relacionado a la energía proveniente de biomasa —teniendo como definición de biomasa a la fracción biodegradable de productos, desechos y residuos de la agricultura (incluyendo sustancias vegetales y animales), silvicultura e industrias relacionadas (Cerdá, 2012)— en el sector pecuario mucho se ha difundido el uso de biogás para generación de energía térmica, mecánica e incluso eléctrica, aunque esta última precisa sistemas más elaborados en el aprovechamiento de biomasa (Quintero y Quintero, 2015).

Si bien se ha mencionado la oportunidad que tienen otras energías renovables a nivel de granja, como la energía eólica e hidráulica, son necesarios estudios más profundos sobre su factibilidad en el sector pecuario y a una pequeña escala (Rota 2012; Schallenberg-Rodríguez, 2008).

5.2 Manejo de desechos

Entre los desechos pecuarios son de especial interés los residuos orgánicos (ej. excretas, alimento desperdiciado, materiales usados como ‘cama’, cadáveres), esto debido a su potencial de contaminación, pero también por su oportunidad de tratamiento para aprovecharse en el mismo sistema de producción. La presencia de nutrientes en este tipo de desechos y su transformación a compuestos como amoníaco, metano y óxido nitroso, además de la posible presencia de metales pesados, fitotoxinas, así como patógenos vegetales y animales, hace necesario considerar opciones que eliminen o reduzcan los posibles impactos ambientales derivados de estos compuestos (Galindo-Barboza *et al.*, 2020). En este sentido, tanto la digestión aerobia como anaerobia, se han presentado como opciones de tratamiento de tipo biológico en el ámbito pecuario (Campos-Pozuelo *et al.*, 2005).

El tratamiento aerobio más estudiado es el compostaje, el cual permite la biodegradación de la materia orgánica previa a su integración al suelo y consiste en la transformación progresiva de un recurso hasta la mineralización total de los materiales. En este proceso pueden participar lombrices, insectos, y diversos microorganismos, que permiten la descomposición de diferentes tipos de materia orgánica, ya que el tratamiento de algunos desechos resulta complicado mediante otros métodos (Uicab-Brito y Sandoval-Castro, 2003).

La digestión anaerobia, realizada por microorganismos tolerantes a la ausencia de oxígeno, permite no sólo el tratamiento de residuos sólidos sino también de aguas residuales

con alta carga orgánica; los biodigestores son ejemplos de sistemas que llevan a cabo este tratamiento. Esta opción para la degradación de materia orgánica resulta en un biofertilizante además de biogás, este último mediante su transformación a otros tipos de energía, permite desplazar el uso de otros combustibles como gas licuado y leña para calefacción, e incluso su uso en motores y la producción de electricidad a una mayor escala. El proceso controlado de digestión anaerobia es uno de los más idóneos para la reducción de emisiones de efecto invernadero, el aprovechamiento energético de los residuos orgánicos, el mantenimiento y mejora del valor fertilizante de los productos tratados (Reyes-Aguilera, 2017; Van *et al.*, 2019).

5.3 Gestión del agua

En la actualidad, la producción ganadera demanda alrededor del 30% del agua utilizada a nivel mundial para el sector agrícola y pecuario, incluida el agua de lluvia y su irrigación para la producción de forraje y mantenimiento del ganado (Mekonnen y Hoekstra, 2012). Por esta razón, el uso racional, optimizado y responsable del agua debe ser una premisa en las actividades ganaderas. La captación y el aprovechamiento de la lluvia representan una de las estrategias para la gestión del agua, existiendo diversas técnicas centradas en esto como son: microcaptación, macrocaptación, derivación de cursos de agua mediante bocatomas, cosecha de agua en techos y otras estructuras impermeables, captación de agua atmosférica, captación de aguas subterráneas y freáticas (FAO, 2013). La implementación de sistemas para la captación de agua requiere manejos asociados y consideraciones, que tienen relación con el ganado y la vegetación dentro de la finca de manera que se favorezca la retención de agua; debe aunarse a prácticas de racionalización y ahorro, así como a posibles tratamientos del agua previo a su uso y una vez utilizada, en caso de ser necesario. La aplicación de lo ya mencionado, debe considerar las condiciones y posibilidades de la región, así como de la unidad de producción y los productores de forma que se adopten las estrategias más convenientes (FAO, 2013; Ran *et al.*, 2016).

5.4 Uso del suelo y conservación de la biodiversidad

El suelo es un recurso que presta diversos servicios ecosistémicos o ambientales, entre ellos su participación en los ciclos biogeoquímicos (carbono, nitrógeno, fósforo, etc.) fundamentales para la vida. El suelo es una de las reservas más importantes de biodiversidad, por el enorme número de organismos que viven en su superficie y al interior de este mismo. Los servicios ecosistémicos dependen de la presencia de estas comunidades de organismos y de sus complejas interacciones (Burbano-Orjuela, 2016); por esta razón las prácticas de conservación del suelo tendrán un impacto en la biodiversidad, y viceversa. Con estos objetivos se ha diseñado sistemas de pastoreo —entre los que destacan los rotacionales— y sistemas que combinan de forma simultánea árboles o arbustos con plantas herbáceas y animales domésticos (Montagnini, 2015). Por consiguiente, recuperar o conservar la diversidad biológica, entre los que son de gran importancia los recursos genéticos locales, permite mantener la integridad de varios procesos ecológicos que son

esenciales para el funcionamiento de las áreas que se usan para la ganadería (López-Vigoa *et al.*, 2017).

5.5 Manejos para mejorar la eficiencia en la producción

Manejos encaminados a la disminución de insumos externos, la reducción de la contaminación ambiental y el manejo integrado de la salud animal se muestran como formas en que la producción pecuaria puede ser más eficiente (Dumont *et al.*, 2013).

Moretti *et al.* (2016) afirma que el uso adecuado de los recursos locales permite incrementar la sustentabilidad de las unidades de producción. Estrategias de alimentación que aprovechen los recursos presentes en las unidades de producción han resultado en impactos positivos para la sustentabilidad de estas (Próspero-Bernal *et al.*, 2017); asimismo, la producción de energía mediante el uso de recursos naturales y locales representa una oportunidad para minimizar la dependencia de insumos externos (Barragán-Escandón *et al.*, 2019).

En el tema de la contaminación ambiental los esfuerzos se han centrado en acciones relacionadas un menor impacto derivado de la generación de residuos y la disminución de gases de efecto invernadero; lo anterior mediante un adecuado manejo de los desechos, uso responsable de productos veterinarios y agrícolas (fertilizantes, plaguicidas), así como la disminución en la producción de metano entérico mediante cambios en la dieta, uso de aditivos en la alimentación (aminoácidos, enzimas y productos moduladores) y selección genética (Gerber *et al.*, 2013).

La salud y bienestar animal son también aspectos que influyen en la eficiencia de la producción, observándose que problemas de bienestar animal se relacionan con una alta incidencia de enfermedades infecciosas y con una producción ineficiente debido a las pérdidas económicas incurridas y a la deficiente calidad de los productos (Galindo *et al.*, 2016). En respuesta a ello, las buenas prácticas se muestran como procesos primarios productivos de manejo orientados a lograr condiciones que aseguren el bienestar y salud animal, la inocuidad, protección al ambiente y al personal. (Miranda-de la Lama, 2008). Estas prácticas se enfocan en cuestiones de sanidad y bienestar animal (incluye manejos nutricionales, reproductivos, de crianza), instalaciones, medio ambiente, transporte de ganado, control de plagas, registros e identificación del animal, condiciones de los trabajadores (Benavides-Benavides y Rosenfeld-Miranda, 2009); de manera que innovaciones que involucren estos aspectos pueden contribuir de manera directa o indirecta a la eficiencia de los sistemas de producción.

El proceso de implementación de cualquiera de las innovaciones mencionadas, requiere asegurar que los impactos que se esperan se materialicen. Los beneficios esperados ocurren si las ecotecnologías funcionan y mantienen su desempeño técnico para resolver

el problema deseado. La forma en que ocurren estos procesos determina de manera crítica la funcionalidad que, en el largo plazo, tendrán estas tecnologías para cualquier beneficio al medioambiente y contribución a la sustentabilidad de los sistemas de producción (Ruiz-Mercado y Masera, 2015).

Conclusiones

Dada su complejidad y lo reciente de la temática, el conocimiento básico sobre las eco-innovaciones necesita enriquecerse, siendo su definición aún motivo de análisis y debate. El concepto de eco-innovación va más allá de una definición que sólo considere el asunto ambiental o incluya más aspectos del desarrollo sustentable; las definiciones y clasificaciones planteadas para las eco-innovaciones abarcan un sinnúmero de posibilidades que van desde bienes o productos, procesos, servicios y sistemas que pretenden cambios, con el objetivo de que haya un beneficio para el medio ambiente. Sin embargo, dependiendo del contexto en las posibles unidades adoptantes, una innovación puede ser percibida como tal o no.

La estrecha relación entre el desarrollo sustentable y las actividades pecuarias, donde los sistemas en pequeña escala tienen un papel relevante, obliga a considerar eco-innovaciones que mejoren el desempeño de los sistemas de producción. Analizando sólo el sentido ambiental, existe una gran diversidad de innovaciones que se han enfocado en eliminar o reducir los principales impactos al medio ambiente asociados a la ganadería. De manera que las nuevas propuestas han centrado la atención en el uso de energías renovables, manejo de desechos, gestión de agua, conservación del suelo y la biodiversidad, así como en una producción más eficiente; resultado de esto, en el sector pecuario se han difundido eco-innovaciones como son los deshidratadores y calentadores solares, paneles fotovoltaicos, técnicas compostaje, biodigestores, sistemas de captación de agua, estrategias de alimentación, nuevos esquemas de producción integral. Ante la amplia gama de innovaciones que pueden impactar directa e indirectamente el desempeño ambiental de un sistema pecuario, queda la reflexión de hasta dónde abarca el concepto de eco-innovación en este sector, dejando ver que una mayor delimitación de este posiblemente sea necesaria para futuros trabajos.

Si bien existen diversas propuestas como eco-innovaciones en el ámbito pecuario, aún es necesario trabajar en lo relacionado a su comunicación, difusión y adopción de manera que se conozca la viabilidad de estas opciones en diferentes contextos y su aplicación realmente pueda responder a los objetivos ambientales y de sustentabilidad que se pretendan. La situación actual mundial hace apremiante la búsqueda de alternativas y mejoras en los sistemas productivos, de manera que las eco-innovaciones surgen como opciones que pueden brindar un beneficio ambiental y, por lo tanto, la posibilidad seguir cubriendo las necesidades de una población en continuo crecimiento. Esto orilla a un replanteamiento de la importancia y las responsabilidades que el sector ganadero y los sistemas en pequeña escala tienen en el desarrollo sustentable, así como sus posibles

contribuciones a este, entre las cuales el uso y desarrollo de eco-innovaciones representa una fundamental.

Referencias

- Andersen M.M. (2008) Ecoinnovación: Hacia una taxonomía y una teoría, artículo para la Conferencia DRUID, Copenhague.
- Antúñez A., Martínez M., Schmidt R. (Eds.) (2016) Aplicaciones de energía solar fotovoltaica en la agricultura de zona áridas" Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 332, 114 p.
- Arinze E.A., Sokhansanj S., Schoenau G.J. (1993) Simulation of natural and solar-heated air hay drying systems. *Computers and Electronics in Agriculture*, 8 (4), pp. 325–345. doi: 10.1016 / 0168-1699 (93) 90019-w
- Arriaga-Jordán C.M. y Anaya-Ortega J.P. (2014). Contribución de la producción animal en pequeña escala al desarrollo rural. UAEMEX / Reverté. México y España.
- Barragán-Escandón E.A., Zalamea-León E.F., Terrados-Cepeda J., Parra-González A. (2019) Las energías renovables a escala urbana. Aspectos determinantes y selección tecnológica. *Revista Bitácora Urbano Territorial*, 29 (2), Universidad Nacional de Colombia, Colombia Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=74859406004> DOI: <https://doi.org/10.15446/bitacora.v29n2.65720>
- Benavides-Benavides B., Rosenfeld-Miranda C. (2009) Análisis de las buenas prácticas ganaderas y su aplicación epidemiológica. *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz.*, 28 (3), pp. 909-916.
- Boons F., Montalvo C., Quist J., Wagner M. (2013) Innovación sostenible, modelos de negocio y desempeño económico: una visión general. *Journal of Cleaner Production*, 45, pp. 1-8.
- Burbano-Orjuela, H. (2016) El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Revista Ciencias Agropecuarias* 33 (2), pp. 117-124. doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.58>.
- Carrillo-Hermosilla J., González PR, Könnölä T. (2009) ¿Qué es la ecoinnovación? En: *Eco-innovation. When Sustainability and Competitiveness Shake Hands*. Palgrave Macmillan, Londres.
- Carrillo-Hermosilla J., Del Río P., Könnölä T. (2010) Diversity of eco-innovations: Reflections from selected case studies. *Journal of Cleaner Production*, 18, pp. 1073-1083.
- Campos-Pozuelo E.; Elías-Castells X.; Flotats-Ripoll X. (2005) Procesos biológicos: digestión anaerobia y compostaje. En: *Tratamiento y valorización energética de residuos*. Díaz de Santos y FUNIBER, pp. 618-1206.
- Cerdá E. (2012). Energía obtenida a partir de biomasa. *Cuadernos económicos de ICE*. Núm. 83, Madrid, España., pp. 117-140, 24

- Ciegis,R., Ramanauskiene J., Martinkus B. (2009) El concepto de desarrollo sostenible y su uso para escenarios de sostenibilidad. *Economía de la ingeniería*, 62 (2).
- Comisión Europea (2007.) Competitiveness and Innovation Framework Pro-gramme (2007 to 2013) Brussels.
- Dube O.P, Brondizio E.S., Solecki W. (2020) Introductory article: technology, innovations, and environmental sustainability in the Anthropocene, *Current Opinion in Environmental Sustainability*, <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2020.12.001>.
- EIO (Eco-Innovation Observatory) (2010). Methodological report. Eco-Innovation Observatory. Funded by the European Commission, DG Environment, Brussels.
- EIO (Eco-Innovation Observatory) (2013). Europe in transition: Paving the way to a green economy through eco-innovation. Annual Report 2012. Funded by the European Commission, DG Environment, Brussels
- Fagerberg J., Mowery D.C., Nelson R.R. (eds) (2004). *Oxford Handbook of Innovation*, Oxford: Oxford University Press
- FAO, Food and Agriculture Organizations of the United Nations (2009). La ganadería a examen. En: *El estado mundial de la agricultura y la alimentación*. FAO, Roma. Página web: [www.fao.org/publications/ sofa/2009/es/](http://www.fao.org/publications/sofa/2009/es/)
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations (2014). The International year of Family Farming. Disponible en: <http://www.fao.org/family-farming-2014/en/> (Consultado en abril de 2020).
- FAO, Food and Agriculture Organizations of the United Nations (2019). El sector pecuario en el mundo: Transformando el sector pecuario a través de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Resumen. Roma. 12 p.
- Fussler C. y James P. (1996) *Eco-innovation: A Breakthrough Discipline for Innovation and Sustainability*. Londres: Pitman Publishing.
- Galindo F., Williams D., Zarza H., Avila R. & Suzán G. (2016). Sustainable livestock production as a tool for conservation in the Neotropics: a case study in Yucatán, México. En: *Tropical Conservation. Perspectives on Local and Global Priorities*. Oxford University Press.
- Galindo-Barboza A.J., Domínguez-Araujo G., Arteaga-Garibay R.I., Salazar-Gutiérrez G. (2020). Mitigación y adaptación al cambio climático mediante la implementación de modelos integrados para el manejo y aprovechamiento de los residuos pecuarios. Revisión. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 11 (2), pp. 107-125. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11s2.4697>
- Gavito M.E., Wal, Hans van, Aldasoro E.M., Ayala-Orozco B., Bullén A.A., Cach-Pérez M, et al. (2017). Ecología, tecnología e innovación para la sustentabilidad: retos y perspectivas en México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 88, pp. 150-160. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.09.001>
- Gerber H., Steinfeld B., Henderson A., Mottet C. Opio J., Dijkman, et al. (2013) Abordar el cambio climático a través de la ganadería: una evaluación global de las emisiones y las oportunidades de mitigación Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Roma.

- Guzmán-Hernández T; Araya-Rodríguez F; Castro-Badilla G; Obando-Ulloa J. (2016) Uso de la energía solar en sistemas de producción agropecuaria: producción más limpia y eficiencia energética. Tecnología en Marcha. Encuentro de Investigación y Extensión, pp. 46-56. DOI: 10.18845/tm.v29i8.2984
- Guzmán-Hernández T.J, Araya-Rodríguez F., Obando-Ulloa J.M., Rivero-Marcos M., Castro-Badilla G. (2017) Evaluación de sistemas térmicos y fotovoltaicos solares en unidades de producción agropecuaria, Región Huetar Norte, Costa Rica. Agronomía Mesoamericana, 28 (3).
- Jaisankar S., Ananth J., Thulasi S., Jayasuthakar S.T., Sheeba K.N. (2011) A comprehensive review on solar water heaters. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 15 (6) pp. 3045–3050. doi: 10.1016 / j.rser.2011.03.009
- Kemp, R., Pearson, P. (eds.) 2008. Final report of the project Measuring Eco-Innovation; Maastricht. <http://www.merit.unu.edu/MEI/index.php>.
- Klemmer, P., Lehr, U., et al., 1999. Environmental Innovation. Incentives and Barriers. German Ministry of Research and Technology (BMBF). Analytica-Verlag, Berlin.
- López-Vigoa O, Sánchez-Santana T., Iglesias-Gómez J.M., Lamela-López L., Soca-Pérez M., Arece-García J., Milera-Rodríguez M. (2017) Los sistemas silvopastoriles como alternativa para la producción animal sostenible en el contexto actual de la ganadería tropical. Pastos y Forrajes, 40 (2), pp. 83-95.
- Maass M. (2007) Principios Generales sobre Manejo de Ecosistemas, Centro de Investigaciones en Ecosistemas, UNAM, Morelia.
- Mekonnen M.M., Hoekstra A.Y. (2012) A Global Assessment of the Water Footprint of Farm Animal Products. Ecosystems, 15 (3), pp. 401–415. doi: 10.1007 / s10021-011-9517-8
- Miranda-de la Lama G. (2008) Comportamiento y bienestar en la producción animal: Hacia una interpretación integral. Revista Electrónica de Veterinaria, 9 (10), pp. 1-8.
- Miret-Pastor L., Segarra-Oña M., Peiró-Signes A. (2011). ¿Cómo medimos la Ecoinnovación? Análisis de indicadores en el Sector Turístico. TEC empresarial, 5 (2), pp. 15-25
- Mohtasham, J. (2015) Review Article-Renewable Energies. Energy Procedia, 74, pp. 1289–1297. doi: 10.1016 / j.egypro.2015.07.774
- Montagnini F., Somarriba E., Murgueitio E.; Fassola H., Eibl B. (2015) Sistemas agroforestales. Funciones productivas, socioeconómicas y ambientales. Serie técnica. Informe técnico No. 402. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Editorial CIPAV, Cali, Colombia. 454 p.
- OCDE, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (2009). Sustainable manufacturing and eco-innovation. Framework, practices and measurement. Synthesis report. Paris. Available at: www.oecd.org/sti/innovation/sustainablemanufacturing.
- Oltra V., Saint Jean M., 2009. Sectoral systems of environmental innovation: an application to the French automotive industry. Technological Forecasting & Social Change 76, pp. 567-583.
- Pavon, J., Goodman R. (1981). Proyecto MODELTEC. La planificación del desarrollo tecnológico. CDTI, CSIC, Madrid.

- Quintero J., Quintero L. (2015) Biomasa: Métodos de producción, potencial energético y medio ambiente. *Revista I3+*, 2 (2), pp. 28-44.
- Ran Y., Lannerstad M., Herrero M., Van Middelaar C.E., De Boer I.J. (2016) Assessing water resource use in livestock production: A review of methods. *Livestock Science*, 187, pp. 68-79. doi: 10.1016 / j.livsci.2016.02.012
- Rennings, K., 2000. Redefining innovation e eco-innovation research and the contribution from ecological economics. *Ecological Economics* 32, pp. 319-332.
- Rennings K., Zwick T (eds). (2003) The German survey. En: *Employment Impacts of Cleaner Production*. ZEW Economic Studies (Publication Series of the Centre for European Economic Research (ZEW), Mannheim, Germany), 21. Physica, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-57418-4_8
- Reyes-Aguilera EA. (2017) Generación de biogás mediante el proceso de digestión anaerobia, a partir del aprovechamiento de sustratos orgánicos. *Revista Científica de FAREM-Estelí. Medio ambiente, tecnología y desarrollo humano*. 6 (24), pp. 60-81.
- Rogers E.M. (2003) *Difussion of innovations*, 5th, Nueva York: The Free Press .
- Rota A. (2012) *Livestock and renewable energy*. De: *Livestock Thematic Papers Tools for project design*. International Fund for Agricultural Development (IFAD).
- Ruiz-Mercado I., Masera O. (2015) Patterns of stove use in the context of fuel-device stacking: rationale and implications. *EcoHealth*, 12, pp. 42-56 <http://dx.doi.org/10.1007/s10393-015-1009-4>
- Schallenberg-Rodríguez J.C., Piernavieja-Izquierdo G., Hernández-Rodríguez C., Unamunzaga-Falcón P., García-Déniz R. Díaz-Torres M., et al. (2008) *Energías renovables y eficiencia energética*. ITC, Instituto Tecnológico de Canarias.
- Schiederig, T., Tietzer, F., & Herstatt, C. (2012), Green innovation in technology and innovation management – an exploratory literature review, *R&D Management*, 42, 180-192.
- Uicab-Brito L.A., Sandoval-Castro C.A. (2003) Uso del contenido ruminal y algunos residuos de la industria cárnica en la elaboración de composta. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 2 (2), pp. 45-63.
- Van D.P., Fujiwara T., Tho B.L., Toan P.P., Minh G.H. (2019) A review of anaerobic digestion systems for biodegradable waste: Configurations, operating parameters, and current trends. *Environmental Engineering Research*, 25, pp. 1-17.
- Van Passel S., Nevens F., Mathijb E. and Van Huylenbroeck G. (2007) Measuring farm sustainability and explaining differences in sustainable efficiency. *Ecological Economic*, 62, pp. 149-161.
- Vicente M.A., Tamayo U., Izaguirre J. (2012) Revisión de la metodología empleada y resultados alcanzados en la investigación sobre actuación medioambiental de la empresa y rendimiento económico: (1972-2009). *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 14, pp. 5-35.