



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**

**MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
RECURSOS NATURALES**

**IMPLEMENTACIÓN DE ECO-INNOVACIONES Y SU  
CONTRIBUCIÓN A LA SOSTENIBILIDAD EN SISTEMAS DE  
PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA DEL  
NOROESTE DEL ESTADO DE MÉXICO**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**PRESENTA:**

**ITZEL CORTÉS FERNÁNDEZ**

**COMITÉ DE TUTORES**

**Dr. Carlos Galdino Martínez García. Tutor Académico**

**Dr. Carlos Manuel Arriaga Jordán. Tutor Adjunto**

**Dr. Humberto Thomé Ortiz. Tutor Adjunto**

**El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. Julio 2023.**



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**

**MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**IMPLEMENTACIÓN DE ECO-INNOVACIONES Y SU  
CONTRIBUCIÓN A LA SOSTENIBILIDAD EN SISTEMAS DE  
PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA DEL  
NOROESTE DEL ESTADO DE MÉXICO**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**PRESENTA:**

**ITZEL CORTÉS FERNÁNDEZ**

**COMITÉ DE TUTORES**

**Dr. Carlos Galdino Martínez García. Tutor Académico**

**Dr. Carlos Manuel Arriaga Jordán. Tutor Adjunto**

**Dr. Humberto Thomé Ortiz. Tutor Adjunto**

**El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. Julio 2023.**

## RESUMEN

La eco-innovación (EI) involucra bienes y servicios novedosos y que reducen daños ambientales. En los sistemas de producción de leche en pequeña escala (SPLPE) se han difundido innovaciones enfocadas en el aprovechamiento de recursos locales y la generación de energías renovables, sin embargo, su adopción es baja y su contribución a la sostenibilidad es cuestionable. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la implementación de EI y la sostenibilidad en SPLPE que usan diferente número de innovaciones. El trabajo se realizó en Aculco, Estado de México donde se seleccionaron 28 productores que tuvieran entre 3 y 35 vacas. Se aplicó un cuestionario a 21 productores que usan EI para conocer el tiempo de uso, difusión y adquisición, cambios para implementación, limitantes y motivaciones, desuso y sugerencias, además de los impactos percibidos. A todos los productores (n=28) se les aplicó otro cuestionario para evaluar sostenibilidad mediante el método IDEA (Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles). Para evaluar la implementación de EI se formaron grupos según el tipo de EI (biodigestor, calentador solar, captación de agua y celdas solares) y se usó una escala de Likert de cinco puntos considerando tres fases (comunicación, transferencia y adopción) y doce etapas. A través de frecuencias porcentuales se analizaron las generalidades y los impactos de las EI, estos se clasificaron en ambientales, económicos y sociales. Para evaluar la sostenibilidad se formaron grupos según el número de EI (sin EI, una EI, dos EI, varias EI), se consideraron los 10 componentes, 42 indicadores y ponderaciones propuestos por el método IDEA. Las diferencias entre grupos se analizaron mediante pruebas de Kruskal-Wallis ( $p < 0.05$ ). Los resultados muestran que 67% de los productores se enteró de las EI implementadas por conocidos, 76% requirieron apoyo económico, 86% lo motivó el ahorro económico y 62% mencionaron el desconocimiento la principal limitante. El proceso de implementación presentó diferencias significativas en su difusión ( $p < 0.000$ ), información ( $p < 0.000$ ), accesibilidad ( $p < 0.000$ ), capacitación ( $p < 0.000$ ), apropiación ( $p < 0.028$ ) y recomendación ( $p < 0.035$ ). El uso de EI mejoró valores en la escala agroecológica, económica y socio-territorial de la sostenibilidad, con diferencias significativas en los componentes relacionados con prácticas agrícolas ( $p < 0.005$ ) y organización del espacio ( $p < 0.014$ ). Entre los impactos percibidos destaca un menor uso de combustibles fósiles como es el gas licuado de petróleo (gas LP) y un ahorro económico de hasta 60% en este insumo. Se concluye que conocer el proceso de implementación y la contribución de las EI a los SPLPE permite identificar, desarrollar e introducir innovaciones acordes a los requerimientos de estos sistemas para la mejora

de cuestiones agroecológicas, económicas y socio-territoriales que además faciliten su adaptación a los constantes desafíos del sector lechero.

**Palabras clave:** *Eco-innovación, sostenibilidad, producción de leche, sistemas en pequeña escala.*

## SUMMARY

Eco-innovation (EI) involves innovative goods and services that reduce environmental damage. Innovations focused on the use of local resources and the generation of renewable energy have spread in small-scale milk production systems (SPLPE), however, their adoption is low and their contribution to sustainability is questionable. The objective of the present work was to evaluate the implementation of IE and the sustainability in SPLPE that use different number of innovations. The work was carried out in Aculco, State of Mexico, where 28 producers with between 3 and 35 cows were selected. A questionnaire was applied to 21 producers who use EI to find out the time of use, diffusion and acquisition, changes for implementation, limitations and motivations, disuse and suggestions, in addition to the perceived impacts. Another questionnaire was applied to all the producers (n=28) to assess sustainability using the IDEA method (Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles). To evaluate the implementation of EI, groups were formed according to the type of EI (biodigester, solar heater, water collection and solar cells) and a five-point Likert scale was used considering three phases (communication, transfer and adoption) and twelve stages. Through percentage frequencies, the generalities and impacts of IE were analyzed, these were classified as environmental, economic and social. To assess sustainability, groups were formed according to the number of IE (without IE, one IE, two IE, several IE), 10 components, 42 indicators and weightings proposed by the IDEA method were considered. Differences between groups were analyzed using Kruskal-Wallis tests ( $p < 0.05$ ). The results show that 67% of the producers found out about the EI implemented by acquaintances, 76% required economic support, 86% were motivated by economic savings and 62% mentioned ignorance as the main limitation. The implementation process presented significant differences in its dissemination ( $p < 0.000$ ), information ( $p < 0.000$ ), accessibility ( $p < 0.000$ ), training ( $p < 0.000$ ), appropriation ( $p < 0.028$ ) and recommendation ( $p < 0.035$ ). The use of EI improved values in the agroecological, economic and socio-territorial scale of sustainability, with significant differences in the components related to agricultural practices ( $p < 0.005$ ) and space organization ( $p < 0.014$ ). Among the perceived impacts, a lower use of fossil fuels such as liquefied petroleum gas (LP gas) and economic savings of up to 60% in this input stand out. It is concluded that knowing the implementation process and the contribution of the EI to the SPLPE allows to identify, develop, and introduce innovations

according to the requirements of these systems for the improvement of agroecological, economic and socio-territorial issues that also facilitate their adaptation to the constant challenges of the dairy sector.

**Keywords:** *Eco-innovation, sustainability, milk production, small-scale systems.*



## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	2
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	6
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	9
<b>1. INTRODUCCIÓN GENERAL</b> .....	10
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	13
<b>2.1 Sistemas de producción de leche en pequeña escala</b> .....	13
<b>2.1.1 Producción de leche y sistemas en pequeña escala en México</b> .....	14
<b>2.1.2 Producción de leche en el Noroeste del Estado de México</b> .....	15
<b>2.2 Sostenibilidad en sistemas de producción de leche en pequeña escala</b> .....	16
<b>2.2.1 Dimensión ambiental</b> .....	17
<b>2.2.2 Dimensión económica</b> .....	18
<b>2.2.3 Dimensión social</b> .....	19
<b>2.2.4 Evaluación de sostenibilidad</b> .....	20
<b>2.3 Eco-innovaciones</b> .....	21
<b>2.3.1 Eco-innovaciones en sistemas de producción de leche</b> .....	23
<b>2.3.2 Biodigestores</b> .....	25
<b>2.3.3 Calentadores solares</b> .....	26
<b>2.3.4 Captación de agua</b> .....	27
<b>2.3.5 Celdas solares</b> .....	29
<b>2.3.6 Evaluación de eco-innovaciones</b> .....	30
<b>3. JUSTIFICACIÓN</b> .....	32
<b>4. HIPÓTESIS</b> .....	33
<b>5.1 Objetivo general</b> .....	34
<b>5.2 Objetivos específicos</b> .....	34
<b>6. MATERIAL Y MÉTODO</b> .....	35
<b>6.1 Área de estudio</b> .....	35
<b>6.2 Selección de productores</b> .....	35
<b>6.3 Colecta de datos</b> .....	36
<b>6.4 Análisis de datos</b> .....	37
<b>7. RESULTADOS</b> .....	39



<b>7.1 Artículo ‘Implementación de eco-innovaciones en sistemas de producción de leche en pequeña escala’ enviado a la Revista Tropical and Subtropical Agroecosystems.....</b>	<b>39</b>
<b>7.2 Artículo ‘Eco-innovaciones y su contribución a la sostenibilidad en sistemas de producción de leche en pequeña escala’ .....</b>	<b>39</b>
<b>7.3 Capítulo ‘Eco-innovaciones como alternativas tecnológicas en sistemas agropecuarios’ presente en el libro ‘Miradas críticas a las problemáticas en las áreas rurales’ .....</b>	<b>40</b>
<b>8. DISCUSIÓN GENERAL.....</b>	<b>42</b>
<b>9. CONCLUSIÓN GENERAL.....</b>	<b>45</b>
<b>10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>47</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1. Principales características de los sistemas de producción de leche en pequeña escala. ....</b>	<b>13</b>
<b>Cuadro 2. Principales entidades productoras de leche de bovino en México.....</b>	<b>14</b>
<b>Cuadro 3. Principales fortalezas y debilidades de los sistemas de producción de leche en pequeña escala dentro de las dimensiones de la sostenibilidad.....</b>	<b>17</b>
<b>Cuadro 4. Metodologías para evaluar sostenibilidad que emplean indicadores.....</b>	<b>20</b>
<b>Cuadro 5. Definiciones de eco-innovación. ....</b>	<b>22</b>
<b>Cuadro 6. Eco-innovaciones en sistemas de producción de leche.....</b>	<b>24</b>
<b>Cuadro 7. Criterios que considerar en la evaluación de eco-innovaciones.....</b>	<b>31</b>
<b>Cuadro 8. Fases y etapas del proceso de implementación de eco-innovaciones.....</b>	<b>36</b>
<b>Cuadro 9. Escalas y componentes del método IDEA.....</b>	<b>37</b>

## 1. INTRODUCCIÓN GENERAL

La producción y el consumo de leche y lácteos se estima se verá duplicado para el año 2050 en comparación con el 2000, debido a los cambios en los hábitos alimentarios, el incremento de la población mundial y el crecimiento de los ingresos de países en desarrollo (Alexandratos & Bruinsma, 2012). En los últimos años, el sector lácteo se ha involucrado en temas de sostenibilidad pues depende de grandes cantidades de recursos e insumos lo que resulta en impactos ambientales relacionados con el uso de suelo y agua, eutrofización y calentamiento global por la emisión de gases de efecto invernadero directos e indirectos (Guzmán-Luna et al., 2021). En 2015, este sector emitió 1.7 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>eq, lo que representa alrededor del 3.4% del total de las emisiones antropogénicas de CO<sub>2</sub>eq, valor que mejoró en los últimos años junto con los rendimientos logrados en diferentes sistemas de producción (Olivier et al., 2016).

Los sistemas de producción de leche tienen características acordes a su situación geográfica que se relacionan con el tamaño y tipo de hato, producción y rendimientos lácteos, mano de obra, infraestructura, estrategias de alimentación y reproducción, uso de la tierra, nivel tecnológico, entre otras particularidades que generan gran diversidad de sistemas (Ruiz et al., 2019). En el sector agropecuario, los sistemas familiares o en pequeña escala están presentes en todo el mundo y representan el 84% de todas las granjas, operando sólo el 12% de todas las tierras agrícolas, y son responsables de aproximadamente el 80% de la producción de alimentos (Lowder et al., 2021). Los Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala (SPLPE) representan más del 90% de unidades de producción a nivel mundial (IFCN, 2015) y en México representan el 79% de las unidades dedicadas a la producción de leche, aportando un 37% de la producción láctea nacional (Arriaga-Jordán y Anaya-Ortega, 2014). Estos sistemas se caracterizan por un tamaño de hato menor a 35 animales y una fuerza de trabajo primordialmente familiar (Espinoza-Ortega et al., 2007). Debido a sus oportunidades y fortalezas en lo relacionado al cuidado del ambiente y la gestión de recursos naturales, por ser el modo de vida y sustento para millones de personas, su contribución a la seguridad alimentaria y la generación de empleos, los SPLPE son considerados una opción para el desarrollo sostenible (FAO, 2010).

La sostenibilidad y permanencia de los SPLPE depende de la integración de cuestiones ambientales, económicas, sociales y culturales que permitan su adaptación, resiliencia y reorganización ante cambios inevitables (O Arias et al., 2021), y en ello contribuyen las

evaluaciones que consideran estas escalas para conocer oportunidades de mejora y orientar la toma de decisiones (Binder, 2010). La sostenibilidad de SPLPE se ha evaluado con diferentes métodos entre los cuales destaca IDEA (Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles) por considerarse adaptable a la situación de estos sistemas en México, además de su facilidad para obtener y medir los indicadores a nivel de granja y permitir la comparación entre unidades de producción de la misma zona (Fadul-Pacheco et al., 2013). Las evaluaciones de sostenibilidad han demostrado que la dimensión económica es la que limita la sostenibilidad, al ser la escala con valores más bajos en el puntaje propuesto por el método IDEA (Vences-Pérez et al., 2015; Fadul-Pacheco et al., 2013). La evaluación realizada por Prospero-Bernal (2020) compara la sostenibilidad de SPLPE durante un periodo de cinco años, siendo la escala económica la única que presentó una disminución, principalmente debido a la baja eficiencia de los procesos productivos, una baja tasa de especialización económica y alta dependencia de insumos externos; este mismo autor señala que se requiere innovación en los procesos y mejorar la gestión de las unidades de producción para incrementar la eficiencia económica. Sin embargo, en ese periodo de cinco años existió falta de interés por parte de los productores para cambiar e innovar.

La innovación y la adopción de tecnología ha sido identificada como un impulsor de la sostenibilidad (Urquiola et al., 2017). El uso de tecnologías que se perciben novedosas en determinados contextos y tienen el objetivo de mejorar el desempeño ambiental de un proceso, se consideran eco-innovaciones, que además implican la evaluación de impactos en el ciclo de producción con mira a cumplir objetivos de desarrollo sostenible (Rovira et al., 2017). A diferencia de las tecnologías ambientales, las eco-innovaciones tecnológicas pretenden ser más eficientes y lograr un efecto menos dañino sobre el medio ambiente que las alternativas existentes (Ilic et al., 2022). Existen varios tipos de EI, tales como: 1) producción de productos o materiales innovadores; 2) Procesos y métodos de producción innovadores; 3) desarrollo de nuevos recursos en la cadena de suministro; 4) reciclaje colaborativo, etc. (Rovira et al., 2017).

Hay diversas tecnologías que se han difundido en el sector agropecuario y se han adaptado a sistemas familiares con la finalidad de que haya beneficios económicos y ambientales, principalmente, resultando en innovaciones enfocadas en la generación de energía, abastecimiento y purificación de agua, aprovechamiento de residuos, estrategias de alimentación y manejo eficiente de recursos con la finalidad de reducir el impacto ambiental de los procesos productivos

(Sala et al., 2017). Ejemplo de estas innovaciones es la generación de energía mediante sistemas fotovoltaicos, eólicos y de biodigestión para sustituir hasta 82% del requerimiento eléctrico de granjas lecheras y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero hasta en 80 millones de toneladas (Houston et al., 2014; Nacer et al., 2016). En la mayoría de las unidades de producción y transformación de la leche, la generación de energía eléctrica y térmica aún se basa en combustibles fósiles, siendo esta última hasta el 53% del total de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y la que representa mayores costos energéticos, pero existen alternativas menos contaminantes que sustituyen estos combustibles (Egas et al., 2021). Algunas eco-innovaciones se usan en determinados países o regiones desde hace años, mientras que en otros lugares se desconocen o son de uso reciente, y por lo tanto se consideran nuevas (Rovira et al., 2017). Ejemplo de eco-innovaciones que en los últimos años se han difundido en el noroeste de México, tienen relación con la gestión y aprovechamiento del estiércol del ganado, así como con un uso más eficiente del agua y el aprovechamiento de la energía solar, con la finalidad de reducir la dependencia de insumos externos y aprovechar recursos disponibles en el mismo sistema, para reducir costos (Houston et al. 2014). No obstante, la adopción de innovaciones en SPLPE del Noroeste de México se ha descrito como limitada y se asocia con un bajo nivel tecnológico en las unidades de producción, lo cual restringe la evaluación integral de estas tecnologías para conocer la forma en que se introdujeron en las unidades de producción, los efectos que han tenido y cambios para su mejora (Rathod et al., 2016). Prospero-Bernal et al. (2017) realizó una evaluación de sostenibilidad en SPLPE y halló que la dimensión económica de los sistemas que implementaron dos estrategias nuevas de alimentación, (pastoreo intensivo y ensilado de maíz) es más alta, comparados con aquellos que sólo emplearon una de las innovaciones.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la implementación de EI y la sostenibilidad en SPLPE que no han implementado EI y que usan diferente número de innovaciones, para conocer su forma de llegada, el uso y la contribución de diferentes tecnologías en aspectos ambientales, económicos y sociales de los SPLPE del noroeste del Estado de México.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Sistemas de producción de leche en pequeña escala

Existen 121 millones de unidades de producción de leche y poco más del 95% de estas corresponden a granjas con menos de 30 cabezas de ganado que son consideradas sistemas en pequeña escala. Estas unidades resguardan aproximadamente el 68% de la población bovina y producen 46% del total de leche a nivel mundial, destacando su presencia en los países en desarrollo donde llegan a producir entre el 80 y 90% de leche (IFCN, 2015).

Los SPLPE han sido caracterizados en diversos contextos, destacando algunos puntos que se muestran en el Cuadro 1.

#### **Cuadro 1. Principales características de los sistemas de producción de leche en pequeña escala.**

---

Características generales de los sistemas de producción de leche en pequeña escala.

---

- Sistemas mixtos de producción agrícola y pecuaria.
- Tamaño de hato menor a 50 animales.
- Alimentación del ganado basada en pastoreo, forrajes de corte y esquilmos provenientes de los cultivos producidos.
- La producción de leche generalmente no excede los 12 litros por animal y existen fluctuaciones estacionales, relacionadas con la disponibilidad de alimento para el ganado.
- Genética bovina basada en razas autóctona, razas introducidas y difundidas en la región, así como cruza de estas.
- Dependen en gran medida de la mano de obra familiar.
- Cuentan con infraestructura básica.

---

Fuente: Adaptado de González-Mejía et al., (2017); Martínez-González et al. (2017).

---

Los sistemas familiares dedicados a la producción de leche tienen diversos retos relacionados con la adquisición de nuevo conocimiento y tecnología, la accesibilidad a servicios y esquemas de financiamiento para mejorar su productividad, lograr competitividad ante los sistemas intensificados, además de asegurar la calidad de la leche y su integración a diversos mercados. Por otro lado, sus fortalezas tienen que ver con la posibilidad de lograr bajos costos de producción al no depender completamente de insumos externos, su funcionamiento basado más en activos que en pasivos, la adaptabilidad y resiliencia de estos sistemas por tratarse de una actividad familiar y de sustento, así como la posibilidad de generar empleos locales, incrementar rendimientos y por lo

tanto sus ingresos, razones por las que estos sistemas en pequeña escala continuarán siendo esenciales para la seguridad alimentaria y la economía de muchos países donde predominan estas unidades productivas (FAO, 2010).

### **2.1.1 Producción de leche y sistemas en pequeña escala en México**

México ocupa la posición 13 a nivel mundial en la producción de leche de bovino, con un volumen total de 12.8 millones de litros lo que representa una participación del 2% a nivel global, es decir, dos de cada cien toneladas de leche en el mundo se producen en el país (SIAP, 2019; SADER, 2021). Los sistemas de producción de leche en México presentan características propias de cada región acorde a las condiciones climatológicas, agroecológicas, tecnológicas, así como a características socioeconómicas de los productores, destacando tres sistemas productivos: especializado, pequeña escala y de doble propósito (Martínez-González et al., 2017). Estos sistemas de producción se encuentran presentes en todo el territorio nacional, aunque hay regiones o entidades donde destacan la presencia de determinados sistemas, entendidos como el conjunto dinámico de elementos y procesos interconectados que de forma colectiva llevan a cabo una función (Castaño-Martínez, 2013). Los estados que concentran la mayor parte de la producción nacional en México se muestran en el Cuadro 2, y en estos se encuentran altos rendimientos lecheros del ganado, hatos de mayor tamaño, instalaciones y tecnologías específicas para la producción de leche (Núñez et al., 2009). No, obstante en muchos otros estados la lechería en pequeña escala o familiar tiene una mayor presencia y a ello se debe su relevancia social y económica, como ocurre en muchas entidades del centro del país (Carrasco et al., 2020).

**Cuadro 2. Principales entidades productoras de leche de bovino en México.**

Entidades	Producción (ton de leche)
Jalisco	2,780,000
Coahuila	1,514,000
Durango	1,463,000
Chihuahua	1,249,000

Fuente: elaborado con datos de SADER, 2021.

En México los sistemas familiares tienen un papel importante en el sector lácteo nacional, pues representan cerca del 80% de las unidades dedicadas a la producción de leche y según diversas fuentes aportan desde un 20% hasta un 37% de la producción lechera del país (Robledo-Padilla, 2020; Arriaga-Jordán et al, 2014). Estos sistemas, conformados por la unidad familiar y la unidad productiva, se desempeñan en pequeñas superficies de terreno (menores a 5 hectáreas) e incluso en traspatio; los animales pueden estar estabulados o semiestabulados; se combinan recursos de superficie de riego y de temporal, aprovechando el pastoreo además del alimento producido en el mismo sistema. En las granjas familiares, la producción de leche es una actividad que por lo general se lleva a cabo mediante manejos transmitidos de generación en generación, y es una actividad primaria o secundaria para los productores (Keilbach, 2002).

### **2.1.2 Producción de leche en el Noroeste del Estado de México**

En el noroeste del Estado de México los sistemas de producción de leche característicos son de tipo familiar; con pequeña o en ocasiones nula superficie de tierra; la principal forma de tenencia de la tierra es el ejido aunque también existe la propiedad privada; la principal actividad agrícola es la siembra de maíz y esta se integra con la crianza de animales; el tamaño del hato es de máximo de treinta vacas y un mínimo de tres con sus reemplazos; la alimentación del ganado se complementa con el uso de subproductos agropecuarios como el rastrojo de maíz además del pastoreo, corte y acarreo de forraje (Hernández-Morales et al., 2013). La venta de leche proporciona ingresos fundamentales para la familia que pueden o no complementarse con ingresos generados por otras actividades dentro de la unidad de producción o fuera de ésta, utilizan primordialmente mano de obra familiar y están integrados al mercado como proveedores ya que la leche cruda se vende a compradores locales quienes la comercializan en zonas urbanas cercanas o la venden a fabricantes de queso y empresas pasteurizadoras en las mismas regiones productoras (Martínez-Borrego, 2009; Hernández-Morales et al., 2013).

La producción lechera es una actividad tradicional; en la mayoría de los sistemas de producción la ordeña aún se realiza de forma manual; el ganado es cruza de Holstein, suizo y criollo; y aunque comienza a realizarse el mejoramiento genético de animales a través de la inseminación artificial, la monta directa continúa siendo muy usada (Martínez-Borrego, 2009). Muchos productores



desarrollan a sus becerros sin dejar la lechería, que representa un ingreso constante y fluido, mientras que la engorda es una forma de ahorro (Martínez-Borrego, 2009). Si bien ha ocurrido un proceso de modernización en estos SPLPE, su nivel de tecnificación generalmente es bajo y pese a ello han sobrevivido a diversas crisis gracias a su flexibilidad y capacidad de ajustarse a los cambiantes escenarios en precios, costos y demanda (Arriaga et al., 2000).

Los sistemas en pequeña escala ocupan recursos humanos, naturales y materiales, en una dinámica dirigida a aprovechar los recursos familiares rurales (Sánchez-Vera & Marínez-Castañeda, 2014), lo que los torna interesante desde las tres dimensiones que conforman la sostenibilidad.

## **2.2 Sostenibilidad en sistemas de producción de leche en pequeña escala**

El concepto de sostenibilidad surge con la preocupación de mantener un desarrollo económico sin agotar los recursos naturales para el futuro y por esta razón puede considerarse un proceso dinámico que prioriza la conservación de los recursos naturales, mediante su uso racional y controlado para garantizar su disponibilidad futura (Rivera-Hernández et al., 2017). Esta visión está encaminada a cambiar nuestros modos de producción, consumo y distribución de los recursos naturales, además conlleva a replantear las formas en las que comúnmente producimos y que causan afectaciones al ambiente (Rivera-Hernández et al., 2017). Generalmente los conceptos de sostenibilidad y desarrollo sostenible son usados de manera indistinta, y lo esencial es que involucran tres componentes o dimensiones que a pesar de que actúan con dinámica propia, no pueden ser explicados separados uno del otro ya que cada componente interactúa con los demás a lo largo del tiempo, estos son el ambiente, la economía y la sociedad; asimismo se han añadido cuestiones culturales e institucionales en el proceso que involucra la sostenibilidad (Castaño-Martínez, 2013).

Los SPLPE son considerados una opción para el desarrollo sostenible debido a oportunidades en lo relacionado al cuidado y gestión del ambiente, la producción de bienes y servicios, además de su papel en el medio social de los productores (FAO, 2010). Algunas de las principales fortalezas y debilidades en cuanto a la sostenibilidad de estos sistemas se muestran en el Cuadro 3, posteriormente se describen los principales hallazgos para cada dimensión de la sostenibilidad según los resultados de evaluaciones realizadas en SPLPE.

**Cuadro 3. Principales fortalezas y debilidades de los sistemas de producción de leche en pequeña escala dentro de las dimensiones de la sostenibilidad.**

Fortalezas	Debilidades
-Diversidad biológica	-Dependencia de insumos externos
-Seguridad alimentaria	-Bajos rendimientos y productividad
-Vinculación comunitaria	-Falta de asesoría y capacitación técnica
-Ingreso económico regular	-Baja viabilidad económica
-Generación de empleos	-Acceso limitado a ciertos servicios e innovaciones
-Adaptabilidad a diversos escenarios	-Integración informal a mercados

Fuente: Elaborado con datos de FAO (2010), Fadul-Pacheco et al. (2013); Próspero-Bernal et al. (2020).

### **2.2.1 Dimensión ambiental**

La interacción entre animales y cultivos es considerada como indicador de sostenibilidad (Vilain et al., 2008). Los SPLPE son considerados complejos por las interacciones que se presentan entre los cultivos, los animales y la familia (Brunett, 2002). Las interacciones que mueven el sistema son aquellas en que ciertos productos o resultados se usan en la producción de otros (Gutiérrez-Cedillo et al., 2008), lo cual ocurre en los SPLPE (Fadul-Pacheco et al., 2013). La intensidad de los beneficios derivados de estas interacciones depende de lo bien organizados e integrados que estén los diversos componentes, y de un manejo que permita la recirculación de recursos a nivel del predio, con el fin de reducir el uso de insumos externos al sitio y de optimizar la eficiencia de los sistemas (Gutiérrez-Cedillo et al., 2008).

En evaluaciones de sostenibilidad a SPLPE, esta escala denominada también agroecológica, es la que ha presentado mejores resultados (Fadul-Pacheco et al., 2013; Próspero-Bernal et al., 2020). Las razones que aportan un elevado puntaje a esta escala son: a) diversidad, ya que además de la variedad de cultivos (milpas, praderas, huertos, etc.) que puede haber en el sistema y de la presencia del ganado lechero, generalmente existen otras especies animales como aves, borregos, cerdos, equinos; b) empleo del estiércol directamente en los cultivos para su fertilización; c) una baja dependencia energética debido al transporte manual del forraje de corte y el uso de animales de tiro para las labores de cultivo; d) no depender de sistemas de riego (Fadul-Pacheco et al., 2013; Vences-Pérez et al., 2015).

Prospero-Bernal et al. (2020) menciona que prácticas implementadas que mejoran la dimensión agroecológica de los SPLPE son la rotación de cultivos y adecuados procesos de compostaje; mientras que un aumento en el uso de pesticidas y un bajo nivel de especialización en prácticas de manejo y diversificación de cultivos afectan a esta escala. Por su parte, Vences-Pérez et al. (2015) menciona como debilidad de esta dimensión, la dependencia de fertilizantes, aunado a que no se elaboran fórmulas de fertilización.

### **2.2.2 Dimensión económica**

La producción y venta de leche representa una fuente de ingresos diaria para millones de familias; en muchos países en desarrollo esta ocupación ofrece a los pequeños agricultores mayores utilidades que las de cultivos (FAO, 2010); el estudio realizado por Espinoza et al. (2007) encontró que los ingresos para SPLPE del centro de México fueron superiores al salario mínimo establecido en la región. La lechería además de ser una opción para diversificar e incrementar los ingresos agrícolas, puede ser una fuente de empleos dentro y fuera de la unidad productiva. La creación de cadenas de valor es también una posibilidad en este sector, en las que la recolección, comercialización y procesamiento de la leche abra nuevas posibilidades de desarrollo; se estima que por cada cien litros de leche se pueden crear y sostener de 4 a 17 empleos (FAO, 2010).

En evaluaciones de sostenibilidad, esta dimensión resulta la más débil asociado a: a) poca diversificación de productos y de mercado; b) una reducida eficiencia económica por la alta dependencia de insumos externos (alimento para el ganado, fertilizantes, pesticidas, productos veterinarios, combustibles fósiles), lo cual también afecta la eficiencia de los procesos productivos; y c) una baja viabilidad económica (Fadul-Pacheco et al., 2013; Vences et al., 2015; Próspero-Bernal et al., 2015), sin la cual no existe sostenibilidad. En este sentido, Moretti et al. (2016) concluye que el papel de las actividades ganaderas en zonas rurales son una herramienta de desarrollo local, mientras se realice un uso adecuado de los recursos locales que les permiten incrementar su rentabilidad y sostenibilidad. Prospero-Bernal et al. (2020) menciona que se requiere innovación en los procesos de producción, y dotar de herramientas técnicas que permitan mejorar la gestión de las unidades de producción, para incrementar la eficiencia económica. Se destaca la necesidad de innovar para mantenerse competitivo en el mercado y generar resiliencia

en las unidades de producción ante cambios económicos (Jongennel y Slange, 2013; Petraeus, 2013). El trabajo de Próspero-Bernal et al. (2017) demuestra que SPLPE con innovaciones en las estrategias de alimentación presentan una mayor eficiencia económica por la disminución en la dependencia de insumos externos.

### **2.2.3 Dimensión social**

Se estima que entre 750 y 900 millones de personas vive en unidades de producción de leche, siendo la seguridad alimentaria uno de los beneficios directos más importantes de los SPLPE (FAO, 2010); si bien se considera que la calidad de los productos de estos sistemas debe mejorarse, análisis realizados a leche procedente de estos sistemas han resultado en un buen contenido de grasa (41 g) y proteína (32.3 g/L), mostrando un adecuado aporte nutricional (Fadul-Pacheco et al., 2013; Vences-Pérez et al., 2015).

De acuerdo con Arriaga-Jordán y Anaya-Ortega (2014), la producción animal en pequeña escala ha contribuido a mejorar la calidad de vida y a disminuir la vulnerabilidad de las familias productoras. Para Espinoza et al. (2007), los SPLP permiten promover el desarrollo local, conservar una identidad rural y reducir la emigración.

Los sistemas de producción familiar han demostrado poseer una gran capacidad de adaptación a diferentes entornos, explicada por una serie de elementos acordes al tipo de relaciones sociales que establecen con los diferentes agentes requeridos para el desarrollo de su actividad productiva (Rendón-Vélez, 2012). Las formas de producción en sistemas familiares son generalmente transmitidas entre generaciones, y es una actividad de relevancia económica para los productores (Espinoza et al., 2007).

Evaluaciones de sostenibilidad para la escala social reafirman la alta participación de la mano de obra familiar, la oportunidad de generar empleos y una buena vinculación comunitaria. Por otro lado, muestran incertidumbre respecto a la continuidad de esta actividad, un bajo nivel escolar de los productores y la necesidad de tener otras actividades e ingresos fuera de la unidad de producción (Fadul-Pacheco et al., 2013; Próspero-Bernal et al., 2015), considerados estos últimos factores que limitan la implementación de innovaciones en los SPLPE (Juárez-Morales et al., 2017).

## 2.2.4 Evaluación de sostenibilidad

Los métodos o herramientas para evaluación de la sostenibilidad en el sector agropecuario permiten encontrar puntos críticos donde es posible aplicar mejoras; esto es muy útil para la toma de decisiones y para implementar acciones encaminadas hacia la sostenibilidad de los sistemas de producción, lo cual implica posibles cambios que deben ser analizados (Masera et al., 2000). Los métodos desarrollados para evaluar la sostenibilidad usualmente se basan en indicadores, los cuales deben ser: objetivos y científicamente válidos, relacionados al tema de estudio, sensibles, fácilmente accesibles y comprensibles (Girardin, 1999). Estos indicadores dan paso a índices y marcos de evaluación más complejos que ofrecen un sustento teórico para analizar los resultados (Masera et al., 2000).

Un análisis realizado por Olde et al. (2016) de 48 métodos analizados identificó aquellas capaces de evaluar las tres dimensiones de la sostenibilidad a nivel de granja mediante indicadores; otras consideraciones para estas herramientas fueron su rigor científico y publicación en revistas científicas, su aplicación en más de un país, así como su adaptación a diferentes entornos y sistemas de producción. El Cuadro 4 muestra cuatro metodologías empleadas en México y que cumplen con los criterios establecidos por Olde et al. (2016).

**Cuadro 4. Metodologías para evaluar sostenibilidad que emplean indicadores.**

Metodología (siglas)	Metodología (nombre completo)	Origen	Cantidad de indicadores
MESMIS	Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Incorporando Indicadores de Sustentabilidad	México 1995	Variable
IDEA	Indicadores de Sustentabilidad de Explotaciones Agropecuarias	Francia 1996	42
SAFA	Evaluación de la Sustentabilidad de Sistemas Agropecuarios y de Alimentos	FAO 2009	116
RISE	Marco de Respuesta a la Inducción y Evaluación de la Sustentabilidad	Suiza 1999	46

Adaptado de: Olde et al., (2016).

La sostenibilidad de unidades de producción familiar ha sido evaluada empleando estos cuatro métodos (Torres-Lemus et al., 2021). En el caso de MESMIS, comenzó siendo un método para sistemas agrícolas que posteriormente se adaptó al uso pecuario; esta herramienta realiza una comparación entre sistemas, con uno alternativo o el mismo sistema a lo largo del tiempo (López–Ridaura et al., 2002). SAFA requiere un trabajo especializado en la colección de información y está dirigido a evaluaciones regionales, siendo menos sensible a nivel de granja, además de requerir información de años previos (Soldi et al., 2019). RISE, al igual que SAFA, cuenta con indicadores especializados para cuya obtención puede requerirse una considerable disponibilidad de recursos y tiempo. IDEA permite comparar sistemas con condiciones similares e incluso presentes en la misma zona, además de contar con indicadores bien definidos que se determinan fácilmente en campo (Zahm et al., 2019), razones por las cuales se considera a IDEA como el método que mejor se ha adaptado a las condiciones de SPLPE en México para evaluar sostenibilidad. Aunque la innovación se ha ligado con la sostenibilidad, estas metodologías no evalúan precisamente los efectos de introducir algún implemento, práctica o sistema novedoso, haciendo necesarias otras evaluaciones que permitan conocer el impacto de una o varias innovaciones en las escalas de la sostenibilidad.

### **2.3 Eco-innovaciones**

La innovación es una idea, práctica u objeto que se percibe como nuevo por un individuo u otra unidad de adopción (Rogers, 2003). La eco-innovación (EI) hace referencia a procesos, prácticas, sistemas y productos nuevos o modificados, destinados a prevenir o reducir el daño ambiental (Díaz-García et al., 2015). El concepto de eco-innovación aparece a mediados de la década de los 90 y a partir de entonces se ha difundido en diversos ámbitos, derivando en definiciones que ligan la eco-innovación con la sostenibilidad y su dimensión ambiental, económica y social o alguna de estas, tal como se muestra en el Cuadro 5. Existen conceptos relacionados con la EI como son “innovación verde”, “innovación ambiental”, “innovación sostenible” y aunque todos comparten características, para Schiedering et al. (2012), la eco-innovación debe considerar el enfoque de ciclo de vida en un análisis de impacto ambiental.

De acuerdo con Urquiola et al., 2017, la innovación se considera un medio para la sostenibilidad ya que incentiva la mejora de productos y procesos. La EI puede ser ambientalmente motivada, pero también puede ocurrir como un efecto secundario de otros objetivos, tales como el cumplimiento de las regulaciones y normas, la necesidad de aumentar la productividad, asimismo la reducción de los costos de los insumos y de producción (Rovira et al., 2017).

Existen diversos tipos de innovación que pueden entrar en el concepto de eco-innovación por lo que se han realizado clasificaciones en función de su objetivo, así existen las eco-innovaciones de productos, de procesos, en la organización, de comercialización, social, en el flujo de materiales, disruptiva, incremental, radical (Andersen, 2008).

#### **Cuadro 5. Definiciones de eco-innovación.**

---

##### Definiciones de eco-innovación.

---

- Nuevos productos y procesos que proporcionan valor al consumidor y a la empresa y que reducen significativamente los impactos ambientales (Fussler y James, 1996).
- Aquel tipo de innovación destinada a medir, evitar, limitar, minimizar o corregir daños medioambientales en los recursos naturales, así como en asuntos relacionados con residuos, ruidos e impactos sobre ecosistemas (Kuehne, 2007).
- Cualquier forma de innovación dirigida hacia un progreso significativo y demostrable en el objetivo de desarrollo sostenible, a través de la reducción de los impactos en el medio ambiente y de un uso más eficiente y responsable de los recursos, incluida la energía (CIP, 2007)
- Procesos de innovación hacia el desarrollo sostenible (Rennings, 2010).
- Innovaciones que consisten en procesos, prácticas, sistemas y productos modificados que benefician al medioambiente y contribuyendo así a la sostenibilidad medioambiental (Oltra y Saint Jean, 2009).
- La introducción de cualquier producto nuevo 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 (OECD, 2010).

---

Fuente: Adaptado de: Rovira et al., (2017).

### 2.3.1 Eco-innovaciones en sistemas de producción de leche

La ganadería contribuye con el 14.5% de las emisiones globales de origen antropogénico, siendo la fermentación entérica la mayor contribuyente en este sector (39.1%), seguida del manejo del estiércol, su aplicación y depósito directo (25.9%), la producción de alimento (21.1%), el cambio de uso de suelo (9.2%), la postproducción (2.9%) y el uso de energía directa e indirecta para los procesos. Específicamente, la producción de leche tiene impactos ambientales relacionados con el calentamiento global, uso del agua y eutrofización del agua. En 2015, este sector emitió 1.7 millones de toneladas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), emisiones que en los últimos diez años se redujeron en un 11% gracias a las mejoras en la eficiencia productiva, pese al aumento en la producción y consumo de lácteos (Olivier et al., 2016).

La ganadería también puede desempeñar un papel clave en la mitigación del cambio climático mediante la adopción de tecnologías mejoradas y estrategias de lo que se ha nombrado una ganadería sostenible (Gerber et al., 2013). 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 (Dube et al., 2020). Ejemplo de ello es el uso de tecnologías y cambios en los procesos productivos que desplazan el uso de combustibles fósiles por energías renovables, o incrementan la eficiencia en el uso de los recursos naturales (Bravo-Pérez et al., 2017).

Existen sistemas de producción de leche generando energía mediante sistemas fotovoltaicos, eólicos y de biodigestión para sustituir hasta 82% del requerimiento eléctrico y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero hasta en 80 millones de toneladas (Houston et al., 2014; Nacer et al., 2016), ya que la generación de energía eléctrica y térmica aún se basa en combustibles fósiles, siendo esta última hasta el 53% del total de emisiones de CO<sub>2</sub> y costes energéticos (Egas et al., 2021) en granjas lecheras. De acuerdo con Vida et al., (2017) integrar la producción de leche con otros coproductos, provenientes de un manejo más eficiente del estiércol, permitió reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en 0.26 kg CO<sub>2</sub>eq/kg de leche. Considerando que existen diferentes tipos de EI, el Cuadro 6 presenta otras innovaciones que se han implementado en sistemas de producción de leche de acuerdo con la clasificación de Arundal & Kemp (2009).



## Cuadro 6. Eco-innovaciones en sistemas de producción de leche.

---

Diferentes tipos de eco-innovación en sistemas de producción de leche.

---

### Tecnologías ambientales

Suministro y tratamiento de agua. Ej. captadores de agua, sistemas de purificación.

Energías renovables. Ej. sistemas fotovoltaicos y eólicos.

Equipos o estrategias de gestión de residuos. Ej. biodigestores, compostaje.

Tecnología de monitoreo y control. Ej. ganadería de precisión.

Tecnología de proceso más limpias. Ej. equipos adaptados a energía solar y biogás.

### Innovación organizacional

Esquemas para prevenir contaminación. Ej. control de residuos peligrosos.

Sistemas de gestión y auditoría ambiental: Ej. normas ISO, sellos y certificaciones.

Gestión de la cadena: Ej. mercados ecológicos.

### Innovación de productos y servicios que ofrecen beneficios ambientales

Bienes nuevos o mejorados ambientalmente. Ej. granjas ecológicas.

Productos financieros. Ej. bonos de carbono.

Servicios ambientales. Ej. consultoría ambiental, pruebas y análisis ambientales.

Servicios menos contaminantes e intensivos. Ej. agricultura de conservación.

### Innovaciones del sistema

Sistemas alternativos de producción. Ej. sistemas agroecológicos y agrosilvopastoriles.

---

Fuente: Adaptado de Arundal & Kemp (2009); Álvarez et al. (2022).

La implementación de EI se ha realizado en el ámbito pecuario y concretamente en SPLPE mediante diferentes esquemas con los que se espera una adopción exitosa, proceso que es variable y acorde a los contextos heterogéneos donde se desarrollan las actividades ganaderas y los factores que intervienen en la difusión innovaciones (Rogers, 2003). Los esquemas de adopción involucran la difusión, comunicación, transferencia, aplicación y evaluación, que son etapas comunes en varios procesos de innovación, aunque puede diferir el modelo y su adaptación dependiendo quien realice la difusión, las condiciones del lugar y la población a la que se dirige, así como la tecnología en cuestión, impulsores y barreras para su implementación.

Las EI consideradas para el presente trabajo fueron biodigestores, calentadores solares, captación de agua y celdas solares.

### **2.3.2 Biodigestores**

Los sistemas de biodigestión permiten el tratamiento y la degradación de materia orgánica, como lo es el estiércol del ganado, mediante un proceso de fermentación anaeróbica que resulta en la producción de biogás y fertilizante natural (Rivas-Solano, 2009). Un biodigestor puede generar energía térmica, mecánica y eléctrica a partir del estiércol, además los remanentes de la biodigestión en forma de efluentes pueden ser usados como abono (Balsam, 2006). De acuerdo con Rivas-Lucero et al. (2012), es posible la obtención de 73 m<sup>3</sup> de biogás/vaca/día, cantidad con la cual se estima la producción de 3.41 kw-h/vaca/día y reducciones de hasta 361,843 toneladas de CO<sub>2</sub>eq. El trabajo realizado por Purdy et al. (2108) en una granja lechera con 105 animales, demostró que se puede recuperar suficiente energía de la cantidad de estiércol de vaca disponible en la granja para satisfacer las demandas de energía eléctrica y calefacción tanto de los corrales como de la vivienda, creando así un sistema agrícola sostenible. Para este caso, con una tonelada de estiércol fresco se lograron producir 58.6 m<sup>3</sup> de biogás, sugiriendo su entrada lo más fresco posible para una mayor producción de biogás y evitar la pérdida en forma de metano.

En sistemas de producción familiares se considera suficiente el estiércol diario de dos vacas para un adecuado funcionamiento de biodigestores en pequeña escala (Mwakaje, 2008). Los biodigestores impulsados en México a nivel familiar, por lo general son sistemas modulares diseñados específicamente para granjas pequeñas, generalmente prefabricados (Ortiz-Moreno et al., 2014). Un biodigestor de menos de 16 m<sup>3</sup> de capacidad es suficiente para abastecer las necesidades diarias de una familia rural (Rosas, 2007).

Los resultados mostrados por Esquivel et al. (2002), enfocados en SPLPE, consideran suficientes 48 litros diarios de estiércol para una producción diaria entre 1.3 y 1.6 m<sup>3</sup> de biogás, el cual fue empleado principalmente para la preparación de alimentos, empleado en estufas especiales para biogás, en sustitución de gas LP. Ponce (2016) reporta que el valor energético de 1 m<sup>3</sup> de biogás con un 60% de metano equivale a 0.7 litros de gasolina, 2.4 kW-hora de electricidad, 0.6 m<sup>3</sup> de gas natural o 1.3 kg de madera. Según Varnero (2012), a partir del estiércol de 10 bovinos, se genera

el biogás equivalente a 60 kilos de gas LP al mes, y un efluente suficiente para fertilizar 300 m<sup>2</sup> a razón de 160 unidades de nitrógeno por hectárea. Los productores valoran económicamente el biol, al generar ahorros importantes por el reemplazo de fertilizantes como la urea, reduciendo por un lado los costos de producción y por el otro generar incremento en sus ingresos por mejora en los rendimientos de sus cultivos, entre un 4% y 15% (SNV, 2013).

Un estudio del Instituto de Evaluación de Recursos en Tanzania muestra una reducción del consumo de leña de 700 a 145 m<sup>3</sup> tras la adopción de la tecnología de biogás que significó una reducción de 253.9 a 53.8 toneladas (un 78.9%) de CO<sub>2</sub> al año (IRA, 2015). Las estufas de biogás han reducido el consumo de leña y carbón a niveles entre el 66 y el 80 % en el ámbito mundial; estudios estiman que el uso de biogás produce un ahorro de leña de 1.88 ton/año por familia y hasta 3 ton/año. Las estufas de biogás también han reducido enfermedades respiratorias causadas por la inhalación de humo dentro de las cocinas; las reducciones de humo reportadas están entre el 25 y el 60.5 % (Katuwal y Bohara 2009). El biodigestor incluso permite el tratamiento de otros desechos como el suero de leche, mostrándose como opción para pequeñas industrias lácteas que no tienen la capacidad de tratamiento o reutilización de este elemento (Magaña-Ramírez et al., 2011).

### **2.3.3 Calentadores solares**

La energía solar es una de las fuentes de energía alternativa con mayor potencial y disponibilidad en el mundo, su crecimiento ha sido considerable en los últimos años, debido principalmente a la reducción de los costos en su producción (Jamar et al., 2016). Los calentadores para agua son una de las aplicaciones más conocidas tanto en el sector doméstico como en el industrial por su facilidad de operación y simple mantenimiento, con eficiencias cercanas al 70% en la transformación a energía térmica (Jaisankar et al., 2011). El sistema de calentamiento de agua concentra la radiación y la convierte en calor para ser transmitido a un medio de transferencia como el agua (Yan et al., 2015; Raisul et al, 2013).

Los calentadores solares son una de las tecnologías más simples, probadas y con mayor potencial de aplicación en México debido a la alta incidencia de radiación solar en la mayor parte del territorio nacional (Ortiz-Moreno et al., 2014). En el sector rural la mayor demanda energética en los hogares está relacionada con el uso de gas LP (47%), mismo que satisface las necesidades de

calentamiento de agua, calefacción y cocción de alimentos; además el agua caliente puede ser empleada en procesos productivos realizados por la familia (Franco y Velázquez, 2016; Esteves et al., 2006). El empleo de otros combustibles, como leña y carbón, para este mismo fin es también importante en el contexto rural, aunque su impacto ambiental es innegable (Salgado-Terrones et al., 2017).

Muchos de los procesos productivos en el sector agropecuario requieren de agua caliente en distintos volúmenes y temperaturas (FIRCO, 2007). En el sector lácteo el calentamiento de agua es requerido para procedimientos de limpieza tanto del equipo, los materiales utilizados y el área de trabajo, además de ser requerida en procesos como pasteurización y transformación a derivados lácteos (Robinson et al., 2016); calentar esta agua contribuye de forma importante a los costos totales de energía térmica y eléctrica en unidades de producción lecheras. Lo reportado por Irimia-Fernández et al. (2012) indica que estos costos energéticos pueden distribuirse de la siguiente manera: 32% a la refrigeración de la leche, un 27% al calentamiento del agua, 19% a las bombas de vacío, 18% a la iluminación y el resto a otros usos. En el trabajo de Guzmán-Hernández et al. (2017), el 70% de la energía necesaria para alcanzar la temperatura (24.72 °C hasta 59.46 °C) del agua para operaciones de limpieza fue producida mediante sistemas termosifónicos.

#### **2.3.4 Captación de agua**

El sector pecuario es responsable del 8 % del consumo mundial de agua, se calcula que para producir un litro de leche son necesarios entre 850 y 1000 litros de agua (Deutsch et al., 2010), algunas estimaciones de la cantidad de agua necesaria para el procesamiento de la leche y su transformación en productos lácteos va desde los 0.5 hasta los 10.3 litros por cada litro de leche, según la implementación de estrategias para reducir el consumo de agua y reutilizarla (Rad and Lewis, 2014). En lo que respecta al consumo de agua por parte de vacas lecheras, este depende factores como consumo de materia seca y minerales en la dieta, temperatura ambiente, peso, y etapa fisiológica; se estima que una vaca en condiciones termoneutrales puede consumir entre 4 y 4.5 litros de agua por cada kilo de leche producido (Meyer et al., 2004). Considerando los requerimientos de agua para todo el proceso de producción de leche se han propuesto estrategias a

nivel de granja que permiten ahorrar en el consumo de agua y mejorar la accesibilidad a este recurso esencial, ejemplo de ello es la captación de agua (Rad and Lewis, 2014).

La técnica de captación y aprovechamiento de agua se entiende como la obra o procedimiento técnico capaz de aumentar la disponibilidad de agua en un sitio, usualmente para uso doméstico, animales o cultivos (FAO, 2013). Por lo general, involucran técnicas de manejo de suelos y agua, manejo de cultivos y animales, así como la construcción de obras que permiten captar, derivar, conducir, almacenar y/o distribuir el agua de lluvia (FAO, 2013). Algunas de estas técnicas son la microcaptación, macrocaptación, cosecha de agua de techos de vivienda y otras estructuras impermeables, derivación de manantiales y cursos de agua mediante bocatomas, captación de aguas subterráneas y freáticas, captación de agua atmosférica (FAO, 2013).

En Aculco, así como en otras localidades del noroeste del Estado de México, el agua de riego tiene su origen en presas que se desprenden en canales de distribución denominados principales y laterales, esta agua es empleada principalmente para cultivos básicos, aunque 92.4% de los productores integran la producción agrícola con la pecuaria al ser el maíz la principal fuente de alimento para las vacas lecheras (Castañeda-Martínez et al., 2008). El 47% de las unidades de producción destinaron su agua de riego al cultivo de maíz con uno o dos riegos, el 19.8% lo dedicó a praderas con un promedio de cinco riegos por año, 7.2% a la avena con dos riegos en promedio por año, 2.7% se distribuyó entre el cultivo del frijol, haba, trigo, cebada o frutales, y 23.4% de los productores manifestó que lo utilizó para abrevadero, aunque este último no lo usan todos los productores ya que cuentan con agua potable en sus domicilios, tienen a sus animales estabulados y además cuentan con bordos para la captación del agua (Castañeda-Martínez et al., 2008).

Los bordos son considerados una forma de captación de agua externa al terreno de cultivo, se trata de un área delimitada para que sea receptora de aguas de lluvia, escurrimientos y caudales de ríos que se encuentran en partes más altas (Escamilla et al., 2008). Los bordos conforman una depresión sobre el terreno, mientras que su forma y tamaño, además de los materiales y técnica de construcción puede variar acorde a las posibilidades del lugar y los productores. El requerimiento de agua y la capacidad del bordo puede determinarse de acuerdo con datos como la precipitación pluvial de la zona y demanda mensual de agua resultando en captaciones que pueden ir desde miles hasta millones de litros de agua (FAO, 2013).

Los trabajos enfocados en unidades de producción de leche revelan que se requieren áreas de recolección de agua de lluvia mayores a 500 m<sup>2</sup> para demandas de 750 L/día, así como áreas de captación de al menos 250 m<sup>2</sup> con tanques de mínimo 120 m<sup>3</sup> para satisfacer la demanda usual de agua (Muhirirwe et al., 2022). El caso de una granja que ha implementado estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático muestra que con 70,000 litros de agua de lluvia captada en los tanques de almacenamiento se puede lavar la infraestructura y los equipos durante una semana, utilizar el agua para el consumo animal y reducir el consumo de energía eléctrica en 60% al sustituir el uso de una bomba que enviaba agua de un pozo a un tanque de almacenamiento (Moreira et al., 2016).

### **2.3.5 Celdas solares**

El análisis realizado por Moerkerken et al. (2020) sobre el desempeño energético de productores lecheros revela que el uso de paneles solares en las granjas es determinante para reducir el uso de energía no renovable. Un sistema fotovoltaico entendido como el conjunto de equipos que permiten que la energía solar se convierta en energía eléctrica, se ha implementado en sistemas lecheros para compensar la demanda de electricidad que llega a ser elevada considerando equipos de refrigeración, iluminación, ordeña, lavado y desinfección, para lo cual el uso de sistemas fotovoltaicos ha logrado ahorros energéticos de 0.254 kW y la reducción de 1.4 kg de emisiones de CO<sub>2</sub> por cada kilo de leche (Zhang et al., 2017). El aprovechamiento de la energía solar también se ha buscado con el objetivo de disminuir la emisión de gases de efecto invernadero, Wallerand et al. (2018) realizaron una optimización de un sistema de suministro de energía asistido por energía solar para una granja lechera, que integró colectores de placa plana, módulos fotovoltaicos, colectores térmicos de alta concentración y sistemas de bombeo, demostrando que la integración de tecnologías solares puede reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente entre un 65 y 75 %.

La combinación de equipos que aprovechen la energía solar junto con otro tipo de energía renovable como puede ser la generada a partir de biomasa, va cobrando fuerza en ciertas regiones y ejemplo de ello es el uso de sistemas solares termosifónicos e híbridos en lecherías que han generado hasta 74 kWh/día, logrando satisfacer desde el 39% hasta el 100% de la demanda de energía necesaria para las diferentes operaciones según la época del año (Guzmán-Hernández et

al., 2016). La generación de electricidad en áreas rurales mediante el uso de sistemas híbridos de energía renovable ha mostrado buena eficiencia combinando un generador de biogás (150 kW), paneles fotovoltaicos (80,7 kW), baterías y convertidor (Mohammad & Ramin, 2020), mismos sistemas que se han aplicado en granjas con más de 50 cabezas de ganado (Yavuz et al., 2022). Los sistemas agrovoltaicos incorporados en los sistemas lecheros de pastoreo, también pueden reducir la intensidad del estrés por calor en las vacas lecheras y aumentar su bienestar además de la eficiencia en el uso de la tierra, factores que también son evaluados en la sostenibilidad de los sistemas de producción (Sharpe et al., 2021).

### **2.3.6 Evaluación de eco-innovaciones**

Para Kemp y Pearson (2007), el proceso de innovación ocurre dentro de un contexto amplio que abarca los valores, creencias, conocimientos, redes de actores, tecnologías existentes, crecimiento económico, las condiciones del mercado de productos, sistema de educación y formación, la infraestructura física y el sistema macroeconómico y contexto regulatorio que resultan en la implementación y puesta en marcha de algún producto o proceso que se percibe novedoso. Por lo tanto, los procesos de innovación involucran búsqueda, desarrollo y aprendizaje, razón por la cual durante la difusión de las innovaciones las características de estas y la forma en que se utilizan puede cambiar, lo que requiere la medición y evaluación de EI a través de métodos como encuestas, análisis de patentes y documental que consideren el consumo de materiales, las emisiones y los residuos.

La naturaleza de la EI y su escala de uso, impulsores y barreras, así como los efectos de la innovación también deben ser evaluados para concientizar y apoyar las decisiones de formuladores de políticas, empresas, consumidores y sociedad en general con el fin de desvincular el crecimiento económico o las actividades productivas de la degradación ambiental (Arundel & Kemp, 2019).

Existen propuestas para evaluar innovaciones y el uso de energías renovables en SPLPE como es el uso de biogás (Imeni et al., 2020), sistemas fotovoltaicos (Breen et al., 2020), y factores que influyen en la aplicación de varias innovaciones (Kebebe et al., 2015; Houston et al., 2014). Sin embargo, muchos trabajos se enfocan en aspectos técnicos o económicos principalmente, y son previos al uso de la EI, por lo que se sugieren evaluaciones más amplias, integrales y aplicables

una vez implementadas las innovaciones, lo que ha dado paso a indicadores e índices que contemplan: a) impactos ambientales: emisión de GEI, acidificación del suelo y agua, eutrofización, efectos eco-toxicológicos, biodiversidad, radiación, ruido, foto-oxidación, uso eficiente de los recursos naturales, reciclaje, costos energéticos, etc.; b) impactos económicos: costos de diseño y producción, mercados, cuotas en el mercado, consumo de materiales y energía, tasa de rechazo, tiempos de producción, calidad, flexibilidad en la producción, etc.; c) impactos sociales: respuesta del usuario, participación, aprendizaje, capital humano, cooperación, confianza, corrupción, iniciativa, empoderamiento, relaciones sociales, aversión al riesgo/emprendimiento, actitud hacia la ciencia y la tecnología, rigidez organizacional (Kemp & Pearson, 2007). Existen muchos otros indicadores que pueden desarrollarse acorde a la innovación que se pretende evaluar e incluso proponer modelos de evaluación que, en general, deben considerar criterios comunes de la EI como los que se muestran en el Cuadro 7 (Stosic et al., 2016).

**Cuadro 7. Criterios que considerar en la evaluación de eco-innovaciones.**

---

Factores para la evaluación de la eco-innovación.
<hr/>
Factores del proyecto
Enfoque
Elementos de gestión del proyecto
Riesgo
Factores económicos
Costo, gastos y retorno de la inversión
Cuota de mercado y nuevo potencial de mercado
Factores ambientales y tecnológicos
Avance técnico de la propuesta
Beneficios ambientales de la propuesta
Factores sociales
Aceptabilidad social
Bienestar social

---

Fuente: Tomado de Stosic et al., (2016).



### **3. JUSTIFICACIÓN**

En la última década, los Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala (SPLPE) del Noroeste del Estado de México han incorporado diferentes tipos de eco-innovaciones (EI) para uso en su unidad familiar y su unidad de producción. El uso de EI se ha relacionado con la sostenibilidad de sistemas que generan bienes y servicios. Sin embargo, pocos trabajos analizan la llegada y el uso de estas innovaciones en el sector lácteo a nivel familiar mediante la integración de aspectos ambientales, económicos y sociales como pilares de la sostenibilidad. Estudios anteriores en la región han determinado que la adopción de innovaciones es baja y evaluaciones previas muestran a la dimensión económica como aquella que limita la sostenibilidad de los SPLPE.

La difusión de EI promovidas por instituciones públicas y privadas se ha realizado en la zona. No obstante, se desconoce el proceso de implementación y la situación actual de muchas EI en SPLPE, así como sus efectos e impactos en cuestiones ambientales, económicas y sociales. Es necesario aportar información en lo relacionado a la comunicación, transferencia y adopción de estas innovaciones, además de conocer su contribución a las tres dimensiones o escalas de la sostenibilidad y si existen diferencias entre adoptar sólo una EI o varias innovaciones. Este trabajo es de utilidad para productores, prestadores de servicios profesionales, investigadores e instituciones que pretendan mejorar el proceso de implementación de EI, así como en el desarrollo y mejora de tecnologías novedosas con el propósito de que beneficien a los sistemas de producción y contribuyan a su sostenibilidad.

#### **4. HIPÓTESIS**

La implementación de eco-innovaciones favorece la sostenibilidad de sistemas de producción de leche en pequeña escala del Noroeste del Estado de México.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1 Objetivo general**

Evaluar la implementación de eco-innovaciones y la contribución a la sostenibilidad en sistemas de producción de leche en pequeña escala del Noroeste del Estado de México.

### **5.2 Objetivos específicos**

- Evaluar el proceso de implementación de eco-innovaciones e identificar sus impactos en sistemas de producción de leche en pequeña escala.
- Evaluar la sostenibilidad de sistemas de producción de leche en pequeña escala que utilizan y no utilizan eco-innovaciones.
- Determinar si hay diferencias entre los sistemas de producción de leche en pequeña escala respecto a su sostenibilidad y la implementación de eco-innovaciones.

## **6. MATERIAL Y MÉTODO**

### **6.1 Área de estudio**

Municipio de Aculco, Estado de México ubicado en una zona lechera del altiplano central de México. Aproximadamente 21% de la superficie de Aculco se destinan al uso pecuario y destaca la crianza de ganado bovino productor de leche por su importancia económica y social (Martínez-Borrego, 2009). Aculco es reconocido por la elaboración artesanal de quesos, siendo la producción y procesamiento de leche una actividad tradicional realizada por generaciones y cuya fuerza de trabajo es principalmente familiar, en sistemas agrícolas y pecuarios con menos de 35 vacas, extensiones menores a 5 hectáreas donde el principal cultivo es el maíz, cuentan con infraestructura básica y uso limitado de tecnologías (Castañeda et al. 2009). Durante la última década la producción láctea se duplicó y actualmente se producen poco más de 85,000 litros diarios (SIAP, 2019), situación que se ha acompañado con la adaptación e innovación en estos sistemas de producción, al mismo tiempo que se ha incrementado la migración y el abandono de actividades pecuarias, los costos de producción y los efectos del cambio climático.

### **6.2 Selección de productores**

Los productores se seleccionaron a través de un muestreo no probabilístico por intención (Vogt y Burke, 2016), considerando que su tamaño de hato fuera entre 3 y 35 vacas para producción de leche. La evaluación del proceso de implementación de EI requirió veintiún productores que utilizan una o varias EI en su unidad de producción los cuales fueron elegidos mediante un primer muestreo por intención seguido por un muestreo de bola de nieve (Vogt y Burke, 2016), debido a que algunos productores decidieron no participar en el estudio o no tenían en uso sus EI. Las tecnologías consideradas para este trabajo fueron biodigestor, calentador solar, captación de agua, y celdas solares, debido a que se identificaron en varios SPLPE de la región, tienen relación con la producción de leche y con objetivos ambientales. Además de los veintiún productores ya seleccionados, otros siete productores sin EI fueron elegidos mediante un muestreo al azar para evaluar la sostenibilidad de un total de 28 sistemas de producción.

### 6.3 Colecta de datos

La visita a SPLPE para coleccionar datos se realizó entre mayo y agosto del 2021 para identificar EI en uso y aplicar dos cuestionarios en diferentes sesiones acordes a la disponibilidad de los participantes. Se aplicó un primer cuestionario a los veintiún usuarios de EI con preguntas enfocadas al concepto de EI, tiempo de uso, forma de difusión y adquisición, cambios para su implementación, principal limitante, principal motivación, desuso, sugerencias e impactos percibidos de las EI, características de la EI, inversión promedio, vida útil, recursos desplazados y ahorro anual promedio. Asimismo, se profundizó en el proceso de implementación de cada EI, para lo cual se integraron conceptos de Oldenburg y Glanz (2008) y se propuso un proceso de implementación que considera las fases planteadas por Cadena-Iñiguez et al. (2018); y Zhai et al. (2017), definiendo así tres fases del proceso: comunicación, transferencia y adopción, cada una con cuatro etapas como se muestra en el Cuadro 8.

**Cuadro 8. Fases y etapas del proceso de implementación de eco-innovaciones.**

Fases y etapas	Descripción
Comunicación	
Difusión	Uso de medios para dar a conocer y promover.
Información	Calidad de la información recibida.
Participación	Interés por recibir más información.
Aceptación	Respuesta ante la información recibida.
Transferencia	
Accesibilidad	Facilidad de acceso.
Introducción	Manera en la que se introdujo o instaló.
Capacitación	Preparación recibida al inicio.
Seguimiento	Acompañamiento periódico en el funcionamiento.
Adopción	
Utilidad	Uso cotidiano en el sistema de producción.
Facilidad	Sencillez en su uso.
Apropiación	Adaptación al sistema de producción.
Recomendación	Opinión y sugerencia a otras personas.

Fuente: Cadena *et al.*, 2018; Oldenburg & Glanz, 2008; Zhai *et al.* 2017.

Entre agosto y diciembre del 2021 se continuaron las visitas a las 21 unidades de producción participantes en la primera fase para aplicar un segundo cuestionario, correspondiente a la evaluación de sostenibilidad. Asimismo, se aplicó el segundo cuestionario a los 7 productores

restantes que no tenían EI alguna. Las preguntas se formularon de acuerdo con lo requerido por el método IDEA (Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricole) (Vilain et al., 2008). El cuestionario se diseñó y aplicó en tres secciones correspondientes con las escalas de la sostenibilidad propuestas por el método IDEA. El Cuadro 9 muestra las tres escalas con sus respectivos componentes y la cantidad de indicadores para cada uno, algunos indicadores se adaptaron al contexto de Aculco, estos fueron: contribución a las apuestas ambientales del territorio, procesos de calidad, y participación social.

**Cuadro 9. Escalas y componentes del método IDEA.**

Escala	Componentes	Cantidad de indicadores	Valor máximo
Agroecológica	Diversidad doméstica	4	33
	Organización del espacio	6	33
	Prácticas agrícolas	7	34
Socio-territorial	Calidad de productos y territorio	6	33
	Empleo y servicios	6	33
	Ética y desarrollo humano	7	34
Económica	Viabilidad económica	2	30
	Independencia	2	25
	Transmisibilidad	1	20
	Eficiencia	1	25

Fuente: Vilain et al. (2008).

#### 6.4 Análisis de datos

Se empleó un análisis de frecuencias para determinar el porcentaje (Mendenhall et al., 2010) de productores que contaban con conocimiento sobre el concepto de EI, tiempo de uso de las EI, forma de difusión y adquisición, cambios para su implementación, principal limitante, principal motivación, desuso y sugerencias. El proceso de implementación de cada innovación fue descrito aplicando el método de síntesis-análisis y se consideraron las tres fases como las partes de este proceso (difusión, transferencia y adopción) con sus respectivas etapas (Sánchez-Toledano et al., 2013). Se formaron cuatro grupos de acuerdo con la EI implementada: 1) biodigestor (BIO), 2) calentador solar (CAL), 3) captación de agua (CAP) y 4) celdas solares (CEL) y se evaluaron las doce etapas del proceso de implementación mediante una Escala de Likert de cinco puntos (1: muy mala, 2: mala, 3: regular, 4: buena, 5: muy buena) para conocer la apreciación de los productores

sobre cada etapa. Los impactos percibidos de las EI se clasificaron en ambientales, económicos y sociales, se determinaron sus frecuencias porcentuales y se calculó el ahorro promedio anual (en porcentaje) según los recursos desplazados por el uso de estas EI.

La sostenibilidad de los 28 SPLPE se evaluó tomando en cuenta los 10 componentes y 42 indicadores del método IDEA los cuales tienen valores máximos que al ser ponderados permiten a cada escala alcanzar un puntaje máximo de 100, el valor final de la sostenibilidad corresponde con el valor de la escala más baja, por ser esta la que limita la sostenibilidad (Vilain et al., 2008). Se formaron cuatro grupos con siete productores cada uno, considerando la cantidad de EI utilizadas: 1) sin eco-innovaciones (SEI), 2) una eco-innovación (UEI), 3) dos eco-innovaciones (DEI) y 4) varias (tres o cuatro) eco-innovaciones (VEI), de acuerdo con lo propuesto por Prospero-Bernal et al. (2020). Se realizaron pruebas normalidad de Shapiro-Wilk para conocer la distribución de los datos (Field, 2013). Las diferencias entre grupos, tanto para la implementación de EI como para la sostenibilidad de los SPLPE, se analizaron mediante pruebas de Kruskal Wallis (Field, 2013), considerando diferencias significativas si  $P < 0.05$ . Los datos se analizaron con el programa estadístico MINITAB 19.

## 7. RESULTADOS

### 7.1 Artículo ‘Implementación de eco-innovaciones en sistemas de producción de leche en pequeña escala’ enviado a la Revista Tropical and Subtropical Agroecosystems

De: Carlos A. SANDOVAL-CASTRO <revistaccba\_boletines@correo.uady.mx>

Enviado: miércoles, 29 de marzo de 2023 07:40 p. m.

Para: Carlos Galdino Martínez García <cgmartinezg@uaemex.mx>

Asunto: [TSAES] Submission Acknowledgement

Tropical and Subtropical Agroecosystems  
Hi Carlos Galdino Martínez García:

Thank you for submitting the manuscript, "IMPLEMENTACIÓN DE ECO-INNOVACIONES EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA" to Tropical and Subtropical Agroecosystems. With the online journal management system that we are using, you will be able to track its progress through the editorial process by logging in to the journal web site:

Manuscript URL:

<https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/author/submission/4869>

Username: cgmartinezg20

If you have any questions, please contact me. Thank you for considering this journal as a venue for your work.

Carlos A. SANDOVAL-CASTRO  
Tropical and Subtropical Agroecosystems

---

Tropical and Subtropical Agroecosystems  
<http://www.veterinaria.uady.mx/ojs/index.php/TSA>

---

2 adjuntos — [Descargar todos los archivos adjuntos](#)



Artículo ECO ICF final 290323.docx  
73K [Visualizar como HTML](#) [Descargar](#)



Artículo ECO ICF final 290323.pdf  
169K [Visualizar como HTML](#) [Descargar](#)

### 7.2 Artículo ‘Eco-innovaciones y su contribución a la sostenibilidad en sistemas de producción de leche en pequeña escala’



**7.3 Capítulo ‘Eco-innovaciones como alternativas tecnológicas en sistemas agropecuarios’ presente en el libro ‘Miradas críticas a las problemáticas en las áreas rurales’**



<b>6. Actores clave en redes de comunicación de productores de leche en pequeña escala .....</b>	<b>119</b>
Carlos Galdino Martínez García	
Julieta Gertrudis Estrada Flores	
Adolfo Armando Rayas Amor	
<b>7. Eco-innovaciones como alternativas tecnológicas en sistemas agropecuarios .....</b>	<b>149</b>
Itzel Cortés-Fernández	
Humberto Thomé-Ortiz	
Carlos Galdino Martínez-García	

## 7. Eco-innovaciones como alternativas tecnológicas en sistemas agropecuarios

Itzel Cortés-Fernández<sup>1</sup>  
Humberto Thomé-Ortiz<sup>1</sup>  
Carlos Galdino Martínez-García\*

### Resumen

**Antecedentes.** Las eco-innovaciones surgen como respuesta al cambio climático y como forma de contribuir a la conservación del medio ambiente.

**Metodología.** Se realizó una revisión de información relacionada con el uso de eco-innovaciones en el sector agropecuario.

**Hallazgos principales.** El marco teórico analizó el concepto de eco-innovación y su aplicación en el sector agropecuario, teniendo como base los aspectos de sostenibilidad. Asimismo, identificó manejos propuestos para los sistemas agropecuarios que tengan como finalidad una mejora en el desempeño ambiental, económico y social y, por ende, puedan ser considerados como eco-innovaciones.

**Implicaciones.** El artículo proporciona información que ayuda al entendimiento de la definición de eco-innovación, así como su relación entre el desarrollo sostenible y la actividad agropecuaria.

**Conclusiones.** Existen varias posibilidades tecnológicas en el sector agropecuario que se dirigen a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) con la posibilidad de entrar en el concepto de eco-innovación. La necesidad de mejorar la eficiencia y desempeño de los sistemas agropecuarios obliga a conocer los resultados de la implementación de nuevas tecnologías y hace apremiante el desarrollo de innovaciones que integren aspectos ambientales, económicos y sociales.

**Palabras clave:** Eco-innovación; Sistemas agropecuarios; Desarrollo Sostenible

<sup>1</sup>Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), Campus el Cerrillo, El Cerrillo Piedras Blancas, C.P. 50295, Toluca, Estado de México, México. \*cgmartinez@uaemex.mx

## 8. DISCUSIÓN GENERAL

El concepto de eco-innovación ha sido poco difundido en el ámbito agropecuario, aun cuando existe una gran oportunidad para mitigar impactos ambientales a través de nuevos implementos y prácticas en las unidades pecuarias (Guzmán-Luna et al., 2022). En Aculco existen tecnologías que resultaron poco o nada conocidas en ciertas comunidades mientras que en otras se implementaron hace algunos años, aunque en general ninguna rebasa los 8 años y en su aplicación influyeron tanto las creencias respecto a la tecnología como la presión social de referentes destacados (Martínez-García et al., 2016), situación que además suele estar aunada a las necesidades de los productores y sus estructuras económicas (Maulu et al., 2021). La participación de instituciones públicas y privadas en la difusión EI también destacó, así como la posibilidad de apoyos económicos para su compra o implementación lo que concuerda con el trabajo de Meriggi et al. (2021) donde subsidios de hasta 45% incentivaron con éxito las etapas iniciales de adopción de sistemas de biogás, complementándose con la selección de adoptantes que otorgan valor a la tecnología y tienen condiciones apropiadas para su implementación. Sin embargo, el desconocimiento, altos costos de tecnología, falta de proveedores y baja eficiencia continúan limitando la llegada y el uso de nuevas tecnologías en SPLPE (Panahzadeh et al., 2015).

Evaluar la implementación de EI va desde su difusión y transferencia, hasta su aplicación y seguimiento, ya que suelen abandonarse con el tiempo debido a fallas técnicas o falta de mantenimiento mientras que restricciones crediticias, falta de información o mala calidad de esta limitan su implementación desde un inicio (Dsouza, y Mishra, 2016). Durante el muestreo de esta investigación se observó que las comunidades donde los usuarios de EI solucionan por sí mismos complicaciones técnicas y realizan adaptaciones para su uso, es donde existen casos exitosos de adopción posiblemente relacionado con los vínculos e interacciones sociales que se dan en los sistemas de producción familiares (Chavas & Nauges, 2020).

Conocer y evaluar el proceso completo de una innovación permite enriquecer el marco teórico sobre las diversas teorías y aplicar los conceptos que se han desarrollado en torno a la adopción de innovaciones (Taherdoost, 2018), con la posibilidad de considerar fases y etapas diferentes a las propuestas en este trabajo. También se sugiere complementar las evaluaciones con datos técnicos sobre el funcionamiento y la eficiencia de las tecnologías, al ser puntos de interés para los

productores y una manera de lograr su adaptación, uso continuo y aprovechamiento óptimo en SPLPE (Hao et al., 2021).

Los efectos e impactos que se perciben por el uso de EI están relacionados principalmente con cuestiones ambientales y económicas, que resultan las más evaluadas (Hao et al., 2021). No obstante, los impactos sociales también están presentes pues hay efectos como menor contaminación, desuso de leña y la oportunidad de hacer otras inversiones que se interpretan como un beneficio para el ambiente y para la comunidad, aunque su análisis no se ha explorado tanto como las evaluaciones económicas en torno a nuevas tecnologías (Tricarico et al., 2020). Estudios que simulan la implementación de una o más tecnologías, analizan sus costos y el ahorro que pueden generar, han abierto debate sobre el retorno de inversión, las ventajas y desventajas comparadas con los implementos o prácticas que sustituyen (Rouhollah et al., 2021). Si bien existe un ahorro, aún existen oportunidades de mejora en el funcionamiento técnico, en las motivaciones y barreras de adopción, así como en la inversión requerida y la accesibilidad de ciertas innovaciones (Kemp et al., 2019). Pese a ello, los productores reconocen la responsabilidad ambiental y social que tiene el sector agropecuario y la contribución que pretenden las EI, aunado a los riesgos cada vez más presentes en zonas productivas de todo el mundo como son la falta de agua, cambio climático y afectación a cultivos, impacto de los agroquímicos, y costos de producción en aumento, lo que se relaciona con el abandono de actividades agrícolas y pecuarias (Knox et al., 2010). Esto último ha ocasionado que algunos productores busquen alternativas para continuar, y se ha visto que las unidades de producción diversificadas, con una alta demanda local de energía o condiciones adecuadas para la producción de energía renovable tienen más probabilidades de adoptar EI como son la energía eólica, solar y de biomasa, entre otras, cuyo objetivo es contribuir a la sostenibilidad de los sistemas de producción (Ge et al., 2017).

Las evaluaciones de sostenibilidad en SPLPE de Aculco han mostrado una escala agroecológica con valores altos mientras que la dimensión económica limita la sostenibilidad (Fadul-Pacheco et al. 2013, Prospero-Bernal et al. 2017), por lo que es esta última sobre la que se pueden trabajar propuestas relacionadas con el uso responsable de recursos locales para disminuir la dependencia de insumos externos y mejorar la eficiencia del sistema (Silvestri et al., 2022). Los componentes del método IDEA que mostraron diferencias significativas por la implementación de EI, coinciden en que pertenecen a la escala agroecológica, retomando la idea de que el objetivo principal de una

EI es el beneficio ambiental, aunque en este caso no se obtuvieron datos más precisos como la reducción de gases de efecto invernadero (Díaz-García et al., 2015). Más allá de la cuestión ecológica, los altos valores para componentes como Eficiencia económica, Autonomía y aprovechamiento de los recursos locales, demuestran la interrelación entre los impactos que puede tener el uso de EI, lo que exige el desarrollo de métodos e indicadores para evaluaciones más profundas que además consideren la introducción de innovaciones y sus efectos en conjunto (Zira et al., 2023). De esta manera se podría analizar si el uso de una o varias EI tiene relación directa con mejoras en la sostenibilidad de los sistemas de producción por su aplicación y efectos, o tiene que ver con la tendencia y el interés de algunos productores en conocer e implementar nuevos elementos o prácticas que contribuyan a su actividad (Arvidsson et al., 2020), pues se ha visto que productores que adoptan una tecnología en particular también adoptan otras innovaciones con la finalidad de hacer cambios en su sistema de producción y generar un beneficio económico, pero hay factores que intervienen en esta decisión como son edad, escolaridad, experiencia, recursos disponibles, actualización constante, y dedicación de lleno a la actividad pecuaria (Khanal et al., 2010).

Los sistemas de producción de leche, así como todo sistema agrícola y pecuario, involucran múltiples elementos ambientales, económicos y sociales que pueden ser analizados y evaluados mediante diversos métodos, pero las situaciones que deben abordarse incluyen la integración de capitales, el rendimiento del sistema, la inclusión de partes interesadas, los puntos de vista interdisciplinarios, la integración de escalas, prácticas institucionales, y por último, resiliencia, adaptación y transformación, que guardan una estrecha relación con la implementación de innovaciones para asegurar la permanencia de estos sistemas de producción donde se generan alimentos, asegurando nuestra supervivencia y bienestar (Talukder et al., 2020).

## 9. CONCLUSIÓN GENERAL

La implementación de EI involucra su comunicación, transmisión y adopción, además de factores que facilitan su aplicación entre los que se encuentran la sugerencia de conocidos y el apoyo económico o, por el contrario, dificultan su introducción en las unidades de producción como es el desconocimiento y los costos de implementación. Las tecnologías de la presente investigación presentaron diferencias en su difusión, información, accesibilidad, capacitación, apropiación y recomendación, etapas que resulta importante conocer junto con la percepción de los productores, para identificar mejoras en el proceso de conocimiento, transferencia y aplicación de innovaciones que se adapten a los SPLPE para beneficio de estos, lo cual no necesariamente implica herramientas, prácticas o sistemas complejos sino que resultan nuevos en una determinada zona o unidad de producción y además existe la posibilidad de modificarlos para su apropiación en determinadas condiciones, de manera que contribuyan a enfrentar los retos locales y mundiales del sector lechero.

El uso de EI permite desplazar u obtener mediante nuevos procesos, insumos que son necesarios para el funcionamiento de los sistemas productivos, ejemplo de ello es el aprovechamiento y optimización de recursos disponibles en la unidad de producción como lo es el estiércol y el agua de lluvia, así como el desarrollo de energías renovables mediante el uso de biomasa y radiación solar. Los biodigestores, calentadores solares, captación de agua y celdas solares tienen impacto en los sistemas de producción, entre los que sobresale un menor uso de gas LP, leña, fertilizante y energía eléctrica lo que implica ahorros económicos, aunque se sugiere su seguimiento y evaluación una vez implementadas las innovaciones para hallar adaptaciones que eviten su desuso y abandono, además de mejorar su eficiencia.

El uso de varias EI mejora la dimensión agroecológica, económica y socio-territorial en SPLPE, su contribución destaca en cuestiones de dependencia energética, autonomía y aprovechamiento de los recursos locales. Los componentes del Método IDEA favorecidos por el uso de EI tienen relación con prácticas agrícolas y organización del espacio, principalmente, y en menor manera con la eficiencia económica, calidad de producto y territorio. Se sugiere desarrollar marcos de evaluación con indicadores más específicos sobre el impacto ambiental de las EI y que tomen en cuenta la interrelación de varias tecnologías. La identificación y evaluación del proceso de implementación de innovaciones junto con la evaluación de sostenibilidad en SPLPE, permite

reconocer y replantear la forma de llegada de nuevas tecnologías además de sus efectos e impactos en sistemas familiares, que son el modo de vida de millones de personas y una oportunidad para cubrir la demanda de alimentos a través de estos sistemas presentes en todo el mundo y cuya importancia ambiental, económica y social es innegable, además de sus vastas oportunidades para la innovación, la mitigación de daños ambientales y el impulso de la sostenibilidad en el sector agropecuario.

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alexandratos, N. & Bruinsma., J. (2012). World Agriculture Towards 2030/2050. The 2012 Revision. In ESA Working paper No. 12-03, 12, (12).

Alvarez, V., Eastridge, M., Lee, C., Sarantis, S. (2022). Sustainable Processing: Minimizing the Impact of the Dairy Industry on the Environment – Toward Zero Carbon Footprint. Editor(s): Paul L.H. McSweeney, John P. McNamara, Encyclopedia of Dairy Sciences (Third Edition), Academic Press, 846-854. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818766-1.00307-X>.

Arundel, A., & Kemp, R. (2009). Measuring Eco-Innovation. United Nations University Working Paper Series, (2009/017), 1-40.

Arriaga, C., Espinoza, A., Albarrán, B., & Castelán, O. (2000). Perspectivas y retos de la producción de leche en pequeña escala en el centro de México. En: Los pequeños productores rurales en México: las reformas y las opciones, compilado por Antonio Yúnez Naude, 219-260. México: El Colegio de México.

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.

Binder, C., G. Feola and J.K., & Steinberger. 2010. Considering the normative, systemic andprocedural dimensions in indicator-based sustainability assessments in agriculture. *Environmental Impact Assessment Review*, 30, 71-81. <https://doi.org/10.1016/j.eair.2009.06.002>.

Breen, M., Upton, J., Murphy, M.D. (2020). Photovoltaic systems on dairy farms: Financial and renewable multi-objective optimization (FARMOO) analysis. *Applied Energy*, 278, 115534. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115534>.

Brunett L. (2002). Algunos resultados y experiencias en la evaluación de sustentabilidad en dos agroecosistemas campesinos de producción de maíz y leche en el valle de Toluca. En: Cavalloti, Beatriz y Víctor Palacio [coords.], Situación y perspectivas de la ganadería en México, México: Universidad Autónoma Chapingo.



Carrasco, J. J. O., Quiroz, L. D. R., García, P. A. H., & Ayala, E. E. (2020). Caracterización del sistema de producción de leche en pequeña escala de la zona suroriente del Estado de México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 17(2), 201-215. <https://doi.org/10.22231/asyd.v17i2.1342>

Castañeda-Martínez, T., Franco-Maass, S., González-Esquivel, C., & Espinoza-Ortega, A. (2008). Evolución y uso del agua de riego en los sistemas campesinos de producción de leche del noroeste del Estado de México. *Economía, sociedad y territorio*, 8(28), 1033-1058.

Castaño Martínez, C. (2013). Los pilares del desarrollo sostenible: sofisma o realidad. Universidad Santo Tomás, Colombia.

Deutsch, L., Falkenmark, M., Gordon, L., Rockström, J., Folke, C., Steinfeld, H., ... & Neville, L. E. (2010). Water-mediated ecological consequences of intensification and expansion of livestock production. *Livestock in a Changing Landscape: Drivers, Consequences and Responses*, H.

Escamilla, E. G., Palerm, J., Salinas, J. L. T., & García, R. R. (2008). Tecnología hidráulica y acciones comunitarias para la captación de agua de lluvia en jagüeyes. *Boletín del archivo histórico del agua*, (40), 21-31.

Espinoza-Ortega A., Espinosa-Ayala E., Bastida-López J., Castañeda-Martínez T., Arriaga-Jordán C.M. (2007). Small-scale dairy farming in the highlands of central Mexico: technical, economic and social aspects and their impact on poverty. *Experimental Agriculture*, 43, pp. 241-256.

Fadul-Pacheco L., Wattiaux M.A., Espinoza-Ortega A., Sánchez-Vera E., Arriaga-Jordán C.M. (2013). Evaluation of sustainability of smallholder dairy production systems in the highlands of Mexico during the rainy season. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 37 pp. 882-901. <https://doi.org/10.1080/21683565.2013.775990>

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2010). Status of and Prospects for Smallholder Milk Production – A Global Perspective, by T. Hemme and J. Otte. Rome.

FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2013). Captación y almacenamiento de agua de lluvia. Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe. Santiago, Chile.

Gonzalez-Mejia, A., Styles, D., Wilson, P., & Gibbons, J. (2018). Metrics and methods for characterizing dairy farm intensification using farm survey data. *PloS one*, 13(5), e0195286. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195286>

Gutiérrez-Cedillo JG, Aguilera-Gómez LI, González-Esquivel CE (2008). Agroecología y sustentabilidad. *Convergencia*, 15(46) pp. 51-87.

Guzmán-Hernández, T. J., Araya-Rodríguez, F., Castro-Badilla, G., & Obando-Ulloa, J. M. (2016). Uso de la energía solar en sistemas de producción agropecuaria: producción más limpia y eficiencia energética. *Revista Tecnología en Marcha*, 29 (5), 46-56. <https://dx.doi.org/10.18845/tm.v29i8.2984>

Guzmán-Luna, P., Mauricio-Iglesias, M., Flysjö, A., & Hospido, A. (2021). Analysing the interaction between the dairy sector and climate change from a life cycle perspective: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 126, 168-179. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.09.001>

Hernández-Morales, P., Estrada-Flores, J. G., Avilés-Nova, F., Yong-Angel, G., López-González, F., Solís-Méndez, A. D., & Castelán-Ortega, O. A. (2013). Tipificación de los sistemas campesinos de producción de leche del sur del estado de México. *Universidad y ciencia*, 29(1), 19-31.

Houston, C., Gyamfi, S., & Whale, J. (2014). Evaluation of energy efficiency and renewable energy generation opportunities for small scale dairy farms: A case study in Prince Edward Island, Canada. *Renewable Energy*, 67, 20–29. <https://doi:10.1016/j.renene.2013.11.040>

IFCN, International Farm Comparison Network (2015). Dairy farm structure and its changes over the last 10 years—trends and drivers. IDF Conference 2015 Lithuania. Disponible en: <https://www.dairynews.ru/upload/iblock/5fc/IFCN%20at%20IDF%20%20ppt%20lukas%20farm%20structure.pdf> (Consultado: 10 de octubre de 2021).

Ilic, S., Petrovic, T., & Djukic, G. (2022). Eco-innovation and sustainable development. *Problems of sustainable development*, 17, (2), 197-203. <https://doi.org/10.35784/pe.2022.2.21>

Imeni, S.M., Lara Pelaz, C., Corchado L., Busquets, A.M., Ponsá, S., Colón, J.. (2019). Techno-economic assessment of anaerobic co-digestion of livestock manure and cheese whey (Cow, Goat & Sheep) at small to medium dairy farms. *Bioresource Technology*, 291, 121872. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.121872>.

- Juárez-Morales M., Arriaga-Jordán C.M., SánchezVera E., García-Villegas J.D., Rayas-Amor A.A., Rehman T., Dorward P., Martínez-García C.G. (2017). Factores que influyen en el uso de praderas cultivadas para producción de leche en pequeña escala en el altiplano central mexicano. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 8(3): 317-324. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i3.4509>
- Kebebe, E., Duncan, A.J, Klerkx, L., de Boer, I.J.M., Oosting, S.J. (2015). Understanding socio-economic and policy constraints to dairy development in Ethiopia: A coupled functional-structural innovation systems analysis. *Agricultural Systems*, 141, 69-78, <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2015.09.007>.
- Keilbach N. Chauvet M, Castañeda Y. De maiceros a ganaderos. La ganadería campesina como alternativa ante la crisis de granos. En: Cavallotti B. y Palacio VH. (Compiladores): Situación y Perspectivas de la Ganadería en México CIESTAAM, UACH, México, 2002.
- Kemp, R., Arundel, A., Rammer, C., Miedzinski, M., Tapia, C., Barbieri, N., ... & McDowall, W. (2019). Measuring eco-innovation for a Green economy. *Wirtsch Blätter, Special Issue on Nachhaltigkeit/Sustainability*, 66(4), 391-404.
- López-Ridaura, S., O. Masera, M. Astier. 2002. "Evaluating the Sustainability of Complex Socio-Environmental Systems. The MESMIS Framework". *Ecological IndicatorS*, vol. 35:1-14.
- Lowder, S., Sánchez, M., & Bertini., R (2021). Which farms feed the world and has farmland become more concentrated? *World Development*, 142, 105455. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2021.105455>.
- Martínez-Borrego E (2009). La lechería en el Estado de México: sistema productivo, cambio tecnológico y pequeños productores familiares en la región de Jilotepec. México: UNAM-Instituto de Investigaciones Sociales/Bonilla Artigas Editores.
- Martínez-González, J. C., Castillo-Rodríguez, S. P., Villalobos-Cortés, A., & Hernández-Meléndez, J. (2017). Sistemas de producción con rumiantes en México. *Ciencia Agropecuaria*, (26), 132-152.
- Masera, O., Astier. M. et al. (2000) Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. México, Mundi-Prensa.

- Meyer, U., Everinghoff, M., Gädek, D., Flachowsky, G. (2004). Investigations on the water intake of lactating dairy cows. *Livestock Production Science*, (90), 117-121. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2004.03.005>
- Moerkerken, A., Duijndam, S., Blasch, J., van Beukering, P. & Smit, A. (2021). Determinants of energy efficiency in the Dutch dairy sector: dilemmas for sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 293, 0959-6526. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126095>.
- Mohammad, J., Ramin, C., (2020). Economic and environmental assessment of solar-wind-biomass hybrid renewable energy system supplying rural settlement load. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 42, 100895. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2020.100895>.
- Moreira, D., Castro, C., Resiliencia, P. I., & EUROCLIMA-IICA, P. (2016). Lechería climáticamente inteligente: Adaptación y mitigación en el trópico húmedo. Un día en la finca.
- Muhirirwe, S. C., Kisakye, V., & Van der Bruggen, B. (2022). Reliability and economic assessment of rainwater harvesting systems for dairy production. *Resources, Conservation & Recycling Advances*, 14, 200079. <https://doi.org/10.1016/j.rcradv.2022.200079>
- Nacer, T., Hamidat, A., & Nadjemi, O. (2016). A comprehensive method to assess the feasibility of renewable energy on Algerian dairy farms. *Journal of Cleaner Production*, 112, 3631–3642. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.06.101>
- Núñez, H.G., Díaz, A.E., Espinosa, G.J.A., Ortega, R.L., Hernández, A.L., Vera, Á.H., Román, P.H., Medina, C.M., & Ruiz, L.F. (2009). Producción de leche de bovino en el sistema intensivo. Libro Técnico No. 23. INIFAP. CIRGOC. Veracruz, MX. p. 373.
- Olde, E.M., Oudshoorn, F.W., Sørensen, C.A.G., Bokkers, E.A.M., De Boer, I.J.M. (2016) Assessing sustainability at farm-level: Lessons learned from a comparison of tools in practice. *Ecological Indicators*. 66, 391-404.
- Olivier, J. G. J., Janssens-Maenhout, G., Muntean, M., & Peters, J. A. H. W. (2016). Trends in Global CO2 Emissions: 2016 Report. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency: The Hague. PBL Netherlands Environmental Assessment.
- Prospero-Bernal F, Martínez-García CG, Olea-Pérez R, López-González F, Arriaga-Jordán CM. (2017). Intensive grazing and maize silage to enhance the sustainability of small-scale dairy

systems in the highlands of Mexico. *Tropical Animal Health Production*. 2017 Oct;49(7):1537-1544. [https://doi: 10.1007/s11250-017-1360-2](https://doi.org/10.1007/s11250-017-1360-2).

Prospero-Bernal F., López-González F., Martínez-García C.G., Arriaga-Jordán C.M. (2020). Evaluación de la sostenibilidad entre 2010 y 2015 de sistemas de producción de leche en pequeña escala en el altiplano central de México. *Información Técnica Económica Agraria*. <https://doi.org/10.12706/itea.2019.017>.

Rad, S.J. and Lewis, M.J. (2014), Water utilisation, energy utilisation and waste water management in the dairy industry: A review. *Int J Dairy Technol*, 67: 1-20. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12096>

Rendón-Vélez J.A. (2012). La Unidad Económica Familiar Campesina (UEFC): conceptualización teórica general y dinámica en el contexto colombiano. *Libre Empresa*, 18 pp. 199-222.

Rivera-Hernández, J. E., Blanco-Orozco, N. V., Alcántara-Salinas, G., Houbron, E. P., & Pérez-Sato, J. A. (2017). ¿Desarrollo sostenible o sustentable? La controversia de un concepto. *Posgrado Y Sociedad Revista Electrónica Del Sistema De Estudios De Posgrado*, 15(1), 57–67. <https://doi.org/10.22458/rpys.v15i1.1825>

Robledo-Padilla, R. (2019). Política de producción y comercio de leche en México en el contexto actual. En: *Abordajes teóricos, impactos externos, políticas públicas y dinámica económica en el desarrollo regional*. Universidad Nacional Autónoma de México y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C, Coeditores, México.

Rogers, E. M. (2003). *The Diffusion of Innovations*. New York: The Free Press.

Rovira, S., Patiño, A., & Schaper, M. (2017). *Ecoinnovación y producción verde: una revisión sobre las políticas de América Latina y el Caribe*. CEPAL

Ruiz, J. F., Cerón-Muñoz, M. F., Barahona-Rosales, R., & Bolivar-Vergara, D. M. (2019). Caracterización de los sistemas de producción bovina de leche según el nivel de intensificación y su relación con variables económicas y técnicas asociadas a la sustentabilidad. *Livestock research for rural development*, 31(3), 40.

SADER. (2021). Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. *Prevén aumento de 3.2% en la producción de leche de bovino este año en México*. Disponible en:

<https://www.gob.mx/agricultura/prensa/preven-aumento-de-3-2-en-la-produccion-de-leche-de-bovino-este-ano-en-mexico?idiom=es#:~:text=Entre%20las%20principales%20entidades%20productoras,%2C%20y%20Guanajuato%2C%20874%20millones.> (Consultado: 13 octubre 2021)

Sala, S., McLaren, S. J., Notarnicola, B., Saouter, E., & Sonesson, U. (2017). In quest of reducing the environmental impacts of food production and consumption. *Journal of cleaner production*, 140, 387-398. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.054>

Sánchez-Vera, Martínez-Castañeda (2014). Contribución de la producción animal en pequeña escala a las estrategias de vida campesinas. En: Contribución de la producción animal en pequeña escala al desarrollo rural. UAEMEX / Reverté. México y España.

Sharpe, K.T., Heins, B.J., Buchanan, E.S. & Reese, M.H. (2021). Evaluation of solar photovoltaic systems to shade cows in a pasture-based dairy herd. *Journal of Dairy Science*, 104 (3), 2794-2806. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18821>.

SIAP (2019), Sistema de Información Agropecuaria de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Boletín trimestral sobre la producción de leche de bovino: Panorama de la lechería en México Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/prensa/boletin-de-leche-155932> (Consultado: 13 octubre 2021)

Soldi, A., M.J. Aparicio Meza, M. Guareschi, M. Donati and A.I. Ortiz. 2019. Sustainability Assessment of Agricultural Systems in Paraguay: A Comparative Study Using FAO's SAFA Framework. *Sustainability* 11: 3745. <https://doi.org/10.3390/su11133745>.

Steinfeld, H. Mooney, F. Schneider, L. Neville, Eds. (Island Press, 2010), 1, 97-111. <https://doi.org/10.5367/000000008783883555>

Stosic, B., Milutinovic, R., Zakic, N. & Zivkovic, N. (2016). Selected indicators for evaluation of eco-innovation projects, *Innovation: The European Journal of Social Science Research*, <https://doi.org/10.1080/13511610.2016.1157682>

Torres-Lemus, E., Martínez-García, C. G., Prospero-Bernal, F., & Arriaga-Jordán, C. M. (2021). On-farm assessment of the sustainability of small-scale dairy systems with three methods based on

indicators. *Tropical Animal Health and Production*, 53, 1-17. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02658-7>

Urquiola Sánchez, D. C. O., Zulueta Torres, M. O. R., & Llano Rodríguez, I. R. (2017). La innovación para el desarrollo sostenible. Una experiencia en Cienfuegos, Cuba. *Universidad Y Sociedad*, 9(1), 106-113.

Vences-Pérez J.O., Nájera-Garduño E., Arriaga-Jordan C.M., Albarran-Portillo B., García-Martínez A., Rebollar-Rreollar S. (2015). Utilización del método IDEA para evaluar la sustentabilidad en unidades de producción de ganado bovino. En: *Sustentabilidad productiva sectorial. Algunas evidencias de aplicación*. México: UAEMEX.

Vida, E., & Tedesco, D. E. A. (2017). The carbon footprint of integrated milk production and renewable energy systems—A case study. *Science of the total environment*, 609, 1286-1294. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.07.271>

Vilain L., Girardin P., Mouchet C., Viaux P. and Zahm F. (2008) *La méthode IDEA: indicateurs de durabilité des exploitations agricoles: guide d'utilisation (troisième édition actualisée)*, Educagri éditions, Dijon. <http://www.idea.portea.fr/>

Wallerand, A.S., Kermani, M, Voillat, R., Kantor, I., Maréchal, F. (2018). Optimal design of solar-assisted industrial processes considering heat pumping: Case study of a dairy. *Renewable Energy*, 128, 565-585. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.07.027>.

Yavuz, K., Hasan, S., Mehmet, M. (2022). Technical and economic analysis of biogas and solar photovoltaic (PV) hybrid renewable energy system for dairy cattle barns. *Renewable Energy*, 188, 873-889. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.02.082>.

Zahm F., Alonso Ugaglia A., Boureau H., Del'homme B., Barbier J.M., Gasselin P., Gafsi M., Girard S., Guichard L., Loyce C., Manneville V., Menet A., Redlingshofer B. (2019). Évaluer la durabilité des exploitations agricoles. La méthode IDEA v4, un cadre conceptuel mobilisant dimensions et propriétés de la durabilité, *Cahiers Agricultures*, 28, 5.

## 11. ANEXOS

### Anexo 1. Cuestionario para evaluar el proceso de implementación de eco-innovaciones y conocer sus impactos en la sostenibilidad.



#### CUESTIONARIO DE ECO-INNOVACIONES



Buen día, mi nombre es Itzel Cortés Fernández y soy alumna del Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales de la Universidad Autónoma del Estado de México. Estoy realizando un estudio sobre eco-innovaciones con la finalidad de conocer su papel en la sostenibilidad de sistemas de producción de leche en pequeña escala, para lo cual se está aplicando este cuestionario en diferentes comunidades del municipio de Aculco. Toda la información que se brinda es de carácter confidencial y únicamente para fines académicos. Agradezco su participación en este proyecto.

Fecha: \_\_\_\_\_

#### DATOS GENERALES DEL PRODUCTOR Y LA UNIDAD DE PRODUCCIÓN

Ejido/comunidad: \_\_\_\_\_

Nombre del productor: \_\_\_\_\_

1. ¿Conoce el concepto de eco-innovación?

Sí	No
----	----

2. ¿Qué entiende por 'eco-innovación'?

\_\_\_\_\_

3. ¿Qué eco-innovaciones están en uso en su unidad de producción?

\_\_\_\_\_

4. ¿Desde cuándo incorporó estas eco-innovaciones en su unidad de producción?

\_\_\_\_\_

5. ¿Cómo se enteró de las eco-innovaciones que tiene en su unidad de producción?

\_\_\_\_\_

6. ¿Cómo pudo acceder e implementar eco-innovaciones en su unidad de producción?

\_\_\_\_\_

7. ¿Qué cambios fueron necesarios para incorporar las eco-innovaciones en su unidad de producción?

\_\_\_\_\_

8. ¿Cuál considera la principal motivación para el uso de eco-innovaciones?

\_\_\_\_\_

9. ¿Cuál considera la principal limitante para el uso de eco-innovaciones?

\_\_\_\_\_

10. ¿Ha dejado de usar sus eco-innovaciones en algún momento? ¿Por qué?

\_\_\_\_\_



11. ¿Qué ajustes o cambios sugeriría para las eco-innovaciones que tiene con la finalidad de lograr un mejor aprovechamiento?

---

A continuación, se pregunta cómo fueron las distintas fases (comunicación, transferencia y adopción) con sus respectivas etapas, para implementar cada eco-innovación que usted tiene. Se pide calificar cada etapa según qué tan mala o buena considera que fue, siendo la calificación Muy mala:1 y Muy buena:5. Además de una breve descripción del proceso.

### FASE DE COMUNICACIÓN

1. ¿Cómo fue la difusión hecha en la comunidad para conocer sobre esta eco-innovación?

1	2	3	4	5
Muy mala	Mala	Ni buena ni mala	Buena	Muy buena

¿Por qué? \_\_\_\_\_  
Descripción \_\_\_\_\_

---

2. ¿Cómo fue la información general que se brindó a la comunidad sobre esta eco-innovación?

1	2	3	4	5
Muy mala	Mala	Ni buena ni mala	Buena	Muy buena

¿Por qué? \_\_\_\_\_  
Descripción \_\_\_\_\_

---

3. ¿Cómo fue la participación por parte de la comunidad para conocer más sobre esta eco-innovación?

1	2	3	4	5
Muy mala	Mala	Ni buena ni mala	Buena	Muy buena

¿Por qué? \_\_\_\_\_  
Descripción \_\_\_\_\_

---

4. ¿Cómo fue la aceptación por parte de la comunidad una vez difundida esta eco-innovación?

1	2	3	4	5
Muy mala	Mala	Ni buena ni mala	Buena	Muy buena

¿Por qué? \_\_\_\_\_  
Descripción \_\_\_\_\_

---

## FASE DE TRANSFERENCIA

1. ¿Cómo fue la accesibilidad a esta eco-innovación para que pudiera introducirla en su sistema de producción?

1	2	3	4	5
Muy mala	Mala	Ni buena ni mala	Buena	Muy buena

¿Por qué? \_\_\_\_\_  
Descripción \_\_\_\_\_

2. ¿Cómo fue la introducción y puesta en marcha de esta eco-innovación en su sistema de producción?

1	2	3	4	5
Muy mala	Mala	Ni buena ni mala	Buena	Muy buena

¿Por qué? \_\_\_\_\_  
Descripción \_\_\_\_\_

3. ¿Cómo fue la capacitación para que empezara a utilizar esta eco-innovación en su sistema de producción?

1	2	3	4	5
Muy mala	Mala	Ni buena ni mala	Buena	Muy buena

¿Por qué? \_\_\_\_\_  
Descripción \_\_\_\_\_

4. ¿Cómo considera que fue el seguimiento de la eco-innovación una vez que empezó a ocuparla en su sistema de producción?

1	2	3	4	5
Muy malo	Malo	Ni bueno ni malo	Bueno	Muy bueno

¿Por qué? \_\_\_\_\_  
Descripción \_\_\_\_\_

## FASE DE ADOPCIÓN

1. ¿Cómo ha sido la utilidad y aprovechamiento de esta eco-innovación en su sistema de producción?

1	2	3	4	5
Muy mala	Mala	Ni buena ni mala	Buena	Muy buena

¿Por qué? \_\_\_\_\_  
Descripción \_\_\_\_\_

2. ¿Cómo ha sido la dedicación brindada por usted para que esta eco-innovación se mantenga en su sistema de producción?

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Muy mala</b>	<b>Mala</b>	<b>Ni buena ni mala</b>	<b>Buena</b>	<b>Muy buena</b>

¿Por qué? \_\_\_\_\_  
 Descripción \_\_\_\_\_

3. ¿Cómo ha sido la adaptación de esta eco-innovación para que funcione de mejor manera en su sistema de producción?

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Muy mala</b>	<b>Mala</b>	<b>Ni buena ni mala</b>	<b>Buena</b>	<b>Muy buena</b>

¿Por qué? \_\_\_\_\_  
 Descripción \_\_\_\_\_

4. ¿Cómo es la recomendación que hace sobre esta eco-innovación a más personas?

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Muy mala</b>	<b>Mala</b>	<b>Ni buena ni mala</b>	<b>Buena</b>	<b>Muy buena</b>

¿Por qué? \_\_\_\_\_  
 Descripción \_\_\_\_\_

### IMPACTOS DE LAS ECO-INNOVACIONES

1. ¿Considera que el uso de eco-innovaciones en su unidad de producción tiene impactos en el ambiente?

<b>Sí</b>	<b>No</b>
-----------	-----------

¿Cuáles? \_\_\_\_\_

2. ¿Considera que el uso de eco-innovaciones en su unidad de producción tiene impactos para la comunidad o la sociedad?

<b>Sí</b>	<b>No</b>
-----------	-----------

¿Cuáles? \_\_\_\_\_

3. ¿Considera que el uso de eco-innovaciones en su unidad de producción tiene impactos en la economía?

<b>Sí</b>	<b>No</b>
-----------	-----------

¿Cuáles? \_\_\_\_\_

De acuerdo con cada eco-innovación que usa responder lo siguiente:

1. ¿Cuál fue la inversión aproximada para implementar esta eco-innovación?

2. ¿Cuánto tiempo es la vida útil de esta eco-innovación?

3. ¿Cuál fue la inversión aproximada para implementar esta eco-innovación?

4. ¿Qué recursos ha desplazado por el uso de esta eco-innovación?

	Consumo previo	Consumo posterior
- Gas LP _____	_____	_____
- Leña _____	_____	_____
- Agroquímico _____	_____	_____
- Electricidad _____	_____	_____
- Agua _____	_____	_____

5. ¿Considera necesario incentivar el trabajo o proyectos relacionados a eco-innovaciones en el municipio?

<b>Sí</b>	<b>No</b>
-----------	-----------

¿Por qué? \_\_\_\_\_

6. ¿Le gustaría recibir más información sobre otras eco-innovaciones?

<b>Sí</b>	<b>No</b>
-----------	-----------

¿Qué tipo de información? \_\_\_\_\_

¿De qué manera? \_\_\_\_\_

7. ¿Estaría usted dispuesto a incorporar en su unidad de producción otras eco-innovaciones?

<b>Sí</b>	<b>No</b>
-----------	-----------

¿Por qué? \_\_\_\_\_

## Anexo 2. Cuestionario para evaluación de sostenibilidad con el Método IDEA.



### CUESTIONARIO PARA EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD MEDIANTE EL MÉTODO IDEA

Buen día, mi nombre es Itzel Cortés Fernández y soy alumna del Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales de la Universidad Autónoma del Estado de México. Estoy realizando un estudio sobre eco-innovaciones con la finalidad de conocer su papel en la sostenibilidad de sistemas de producción de leche en pequeña escala, para lo cual se está aplicando este cuestionario en diferentes comunidades del municipio de Aculco. Toda la información que se brinda es de carácter confidencial y únicamente para fines académicos. Gracias por su participación.

Fecha: \_\_\_\_\_

#### DATOS GENERALES DEL PRODUCTOR Y LA UNIDAD DE PRODUCCIÓN

Ejido/comunidad: \_\_\_\_\_  
Nombre del predio: \_\_\_\_\_ Ubicación del predio: \_\_\_\_\_  
Nombre del productor: \_\_\_\_\_  
Fecha de nacimiento: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_ Estado civil: \_\_\_\_\_  
Teléfono fijo: \_\_\_\_\_ Celular: \_\_\_\_\_

#### DIMENSIÓN AGROECOLÓGICA

##### 1.0 PREDIO

1.1 ¿Cuál es la extensión del predio? \_\_\_\_\_  
1.2 ¿Qué superficie (m<sup>2</sup>) corresponde a la unidad familiar (sólo para habitar)? \_\_\_\_\_  
1.3 ¿Qué superficie (m<sup>2</sup>) corresponde la unidad de producción (agrícola y pecuaria)? \_\_\_\_\_

1.4 ¿Tiene terreno para producción lejos de su unidad familiar?

Sí	No
----	----

1.5 ¿En los últimos 10 años ha perdido superficie de tierra?

Sí	No
----	----

1.6 ¿En los últimos 10 años ha comprado o se ha hecho de más terreno?

Sí	No
----	----

1.7 ¿Renta terreno para la producción agropecuaria?

Sí	No
----	----

Área rentada (m<sup>2</sup>) \_\_\_\_\_

1.8 ¿Cómo está distribuido su predio? Realizar esquema indicando superficie aproximada que abarca cada área.

##### 2.0 ZONAS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA

2.1 ¿Su predio está en alguna zona de protección o conservación?

Sí	No
----	----

2.2 ¿Existe un mapa de su predio?

Sí	No
----	----

2.3 ¿Existe algún compromiso que tenga que cumplir para mejorar sus prácticas productivas?

Sí	No
----	----

2.4 ¿Existe algún compromiso que tenga que cumplir para proteger los recursos naturales?

Sí	No
----	----

2.5 Indicar si su sistema de producción cuenta con lo siguiente y si es así qué superficie abarca.

	Sí / No	Superficie (m <sup>2</sup> )
Cercos vivos		
Estanques, humedales o algún otro cuerpo natural de agua		
Laderas		
Zonas de cultivo abandonadas		
Áreas pedregosas y/o muros de piedra		
Superficies poco o nada modificadas por acción humana		
Zonas que aseguran la circulación de fauna silvestre		

2.6 ¿Hay animales silvestres dentro o cerca de su unidad de producción?

 Sí  No

2.7 ¿Hay presencia de abejas u otros polinizadores?

 Sí  No

2.8 ¿Qué especies de animales silvestres ha identificado? \_\_\_\_\_

2.8.1 ¿Alguna de estas especies se encuentra en riesgo de desaparecer?

 Sí  No

2.8.2 ¿Su presencia representan algún beneficio para su sistema de producción?

 Sí  No

2.8.3 ¿Considera que estas especies contribuyen a conservar la biodiversidad regional?

 Sí  No

2.8.4 ¿Considera que representan un patrimonio para las generaciones futuras?

 Sí  No

### 3.0 CULTIVOS Y DIVERSIDAD VEGETAL

3.1 ¿Cuenta con cultivos?

 Sí  No

Si la respuesta es afirmativa llenar el siguiente cuadro empezando por los cultivos principales (incluir variedades):

Qué cultivo	Tiempo que lleva establecido	Superficie que ocupa (m <sup>2</sup> )	Uso (consumo, venta, etc.)	Rendimiento	Asociado con otros cultivos	Anual, temporal, perenne

3.2 ¿Realiza algún manejo forestal en su sistema de producción?

 Sí  No

3.3 Indicar en el cuadro si dentro de su predio existe lo siguiente:

Qué árboles	Tiempo que lleva establecido	Superficie que ocupa (m <sup>2</sup> )	Uso	Asociado con otros cultivos

Superficie de bosque o zona arbolada				
Zonas de vegetación abundante				
Praderas permanentes (más de 11 meses)				
Pastizales nativos (no introducidos)				
Huertos				

3.4 ¿Cultiva especies y variedades vegetales locales o regionales?

Sí	No
----	----

3.4.1 ¿Cuáles? \_\_\_\_\_

3.4.2 ¿Alguna de estas especies se encuentra en riesgo de desaparecer?

Sí	No
----	----

3.4.3 ¿Su presencia representa algún beneficio para su sistema de producción?

Sí	No
----	----

3.4.4 ¿Considera que contribuyen a conservar la biodiversidad regional?

Sí	No
----	----

3.4.5 ¿Considera que son un patrimonio para las generaciones futuras?

Sí	No
----	----

#### 4.0 PRÁCTICAS AGRÍCOLAS

4.1 ¿Realiza procesos de compostaje?

Sí	No
----	----

4.2 ¿Quema residuos de las cosechas?

Sí	No
----	----

4.3 ¿Implementa alguna medida para proteger la vegetación de la zona?

Sí	No
----	----

2.8.1 ¿Cuál? \_\_\_\_\_

4.4 Indicar si realiza alguna de las siguientes prácticas y en qué superficie (m<sup>2</sup>):

Práctica	Sí / No	Superficie (m <sup>2</sup> )
Rotación de cultivos		
Intercalar cultivos		
Pastoreo planificado (indicar si es área mecanizable o no)		
Alternar corte y pastoreo		
Incorporar materia orgánica a las parcelas		
Laboreo del suelo sin volteo		
Atraso o cambio en la fecha de labores agrícolas		
Labores agrícolas acordes al tipo de terreno		
No utilización o reducción de productos químicos		
Detener de forma periódica cualquier tipo de intervención		

4.5 ¿Qué técnica utiliza para eliminar hierba o malezas? \_\_\_\_\_

4.6 ¿Hay plagas?

Sí	No
----	----

4.6.1 ¿Cuáles? \_\_\_\_\_

## 5.0 FERTILIZANTES Y PESTICIDAS

5.1 ¿Emplea fertilizantes?

Sí	No
----	----

Si la respuesta es afirmativa llenar el siguiente cuadro con los fertilizantes usados. Incluir naturales y sintéticos.

Qué fertilizante	Para qué cultivos	En qué superficie	Cantidad empleada	Forma de empleo	Cada cuándo	Precio

5.2 ¿Se llevan a cabo análisis de suelo previo a la fertilización?

Sí	No
----	----

5.3 ¿Realiza algún manejo que le permita reducir la dependencia a los fertilizantes?

Sí	No
----	----

5.3.1 ¿Cuál? \_\_\_\_\_

5.4 ¿Emplea algún efluente (silo, estercolero, biodigestión) para fertilizar las parcelas?

Sí	No
----	----

5.5 ¿Emplea pesticidas (insecticidas, fungicidas, herbicidas, reguladores)?

Sí	No
----	----

Si la respuesta es afirmativa llenar el siguiente cuadro con los pesticidas usados.

Qué pesticida	Finalidad	En qué superficie	Cantidad empleada	Forma de empleo	Cada cuándo	Precio

5.6 Quien emplea los pesticidas ¿utiliza equipo de protección durante su aplicación?

Sí	No
----	----

5.7 Tras el lavado del equipo que utiliza para la aplicación de pesticidas ¿a dónde va el agua con que se lava?

\_\_\_\_\_

5.8 ¿Aplica algún método de control biológico?

Sí	No
----	----

5.8.1 ¿Qué emplea? \_\_\_\_\_

5.8.2 ¿En qué superficie? \_\_\_\_\_

5.9 ¿Conoce cómo se clasifican en cuanto a su toxicidad las sustancias que utiliza?

Sí	No
----	----

5.10 Escribir Sí o No según realice los siguientes manejos tanto para fertilizantes como para pesticidas:

	Fertilizantes	Pesticidas
¿Mezcla diferentes productos?		



¿Recibe asesoría para su aplicación?		
¿Realiza de forma segura el manejo y aplicación de estos productos?		
¿Cuenta con un calendario de aplicaciones?		
¿Cuenta con un cuaderno de registro de aplicaciones?		

## 6.0 MANEJO DEL AGUA

6.1 ¿De dónde proviene el agua que utiliza en su unidad familiar? \_\_\_\_\_

6.2 ¿De dónde proviene el agua que utiliza en su unidad de producción? \_\_\_\_\_

6.3 ¿Capta agua de lluvia?

Sí	No
----	----

6.4 ¿Cuánta agua requiere en su unidad familiar (por día/semana/mes)? \_\_\_\_\_

6.5 ¿Cuánta agua requiere en su unidad de producción (por día/semana/mes)? \_\_\_\_\_

6.6 ¿Tiene alguna medida para el ahorro de agua?

Sí	No
----	----

8.6.1 ¿Cuál? \_\_\_\_\_

6.7. ¿Cada cuándo le suministran agua y en qué cantidad? \_\_\_\_\_

6.8 ¿Cuánto paga mensualmente por el agua? \_\_\_\_\_

6.9 ¿Requiere riego en su unidad de producción?

Sí	No
----	----

Si la respuesta es afirmativa indicar en el siguiente cuadro los tipos de riego empleados.

Tipo de riego	Para qué cultivos	Superficie	Cantidad de agua	Periodicidad

6.10 ¿Extrae agua de perforaciones, arroyos, pozos, etc. no declarados o sin medidores de agua?

Sí	No
----	----

## 7.0 MANEJO Y BIENESTAR ANIMAL

7.1 ¿Cuántas especies animales hay en su sistema de producción? Escribir en el siguiente cuadro todas las especies animales que hay, indicando las razas o líneas de estas, cantidad y fin zootécnico.

Especie	Raza/línea	Cantidad	Fin zootécnico

7.2 ¿Cuenta con razas criollas o cruza con estas?

Sí	No
----	----

7.3 ¿Realiza inseminación artificial en sus animales?

Sí	No
----	----

7.4 ¿Considera que al momento del parto la vaca tiene los cuidados y atenciones necesarios?

Sí	No
----	----

7.5 ¿Proporciona calostro a los becerros?  Sí  No

7.6 ¿A qué edad tienen su primer parto las vaquillas? \_\_\_\_\_

7.7 ¿Cuánto dura la lactancia de sus vacas? \_\_\_\_\_

7.8 ¿Los animales tienen acceso todo el tiempo al agua?  Sí  No

7.9 ¿Cada cuánto cambia el agua que beben los animales? \_\_\_\_\_

7.10 ¿Produce forraje para sus animales?  Sí  No

7.10.1 ¿Qué produce? \_\_\_\_\_

7.10.2 ¿En qué superficie lo produce? \_\_\_\_\_

7.11 ¿Cuenta con un área para almacenamiento de forraje?  Sí  No

7.11.1 Área total \_\_\_\_\_

7.12 ¿Cuál es la dieta de sus animales? \_\_\_\_\_

En el siguiente cuadro poner los ingredientes utilizados en la dieta de los animales.

Ingrediente o alimento	Cantidad y periodicidad	Presentación (forraje fresco, pacas, ensilado, granos, sales)	Precio	Produce / compra	Superficie que ocupa para su producción

7.13 ¿Los animales están todo el tiempo estabulados?  Sí  No

7.14 ¿Cuentan con área de sombra los animales?  Sí  No

7.15 ¿Cuentan con área de refugio los animales en caso de lluvia?  Sí  No

7.16 ¿Cuentan con áreas de descanso los animales?  Sí  No

7.17 ¿Cada cuánto realiza limpieza de los corrales? \_\_\_\_\_

7.18 ¿Cómo considera las instalaciones donde se guardan los animales?

Muy adecuadas	Adecuadas	Inadecuadas	Muy inadecuadas
---------------	-----------	-------------	-----------------

7.19 ¿Cómo considera el estado físico de los animales?

Muy bueno	Bueno	Malo	Muy malo
-----------	-------	------	----------

7.20 ¿Cuáles son las enfermedades más comunes? \_\_\_\_\_

7.21 ¿Recibe asesoría o servicios veterinarios para sus animales?  Sí  No

7.21.1 ¿Cada cuánto? \_\_\_\_\_

7.22 ¿Utiliza productos veterinarios?

Sí	No
----	----

En el siguiente cuadro mencionar los productos veterinarios que se emplean regularmente, del más al menos común.

Producto	Finalidad	Periodicidad	Precio

7.23 ¿Hay algún producto veterinario que no usa por los daños ambientales que puede causar?

Sí	No
----	----

7.23.1 ¿Cuál? \_\_\_\_\_

### 8.0 DESECHOS

8.1 Escribir la información que se solicita para los desechos producidos en el sistema de producción.

	Desechos orgánicos	Desechos inorgánicos
¿Cuáles son los principales desechos producidos?		
¿Qué manejo se les da?		

8.2 ¿Reutiliza o recicla alguno de los desechos inorgánicos? (lonas, plásticos)

Sí	No
----	----

8.3 ¿Emplea subproductos de las cosechas o residuos orgánicos para los animales?

Sí	No
----	----

8.4 ¿Qué manejo le da al estiércol? \_\_\_\_\_

8.5 ¿Se realiza algún otro tratamiento o manejo a los desechos?

Sí	No
----	----

8.7.1 ¿Cuál? \_\_\_\_\_

8.6 ¿Se queman algunos desechos?

Sí	No
----	----

8.8.1 ¿Cuáles? \_\_\_\_\_

8.8.2 ¿Qué cantidad y cada cuándo? \_\_\_\_\_

8.7 ¿Vierten algún desecho de productos químicos a los cuerpos de agua o a la tierra?

Sí	No
----	----

8.8 ¿Hay forma en que los desechos de animales o humanos (estiércol u orina) se vayan a cuerpos de agua?

Sí	No
----	----

8.9 ¿Hay efluentes que se generen (suero, ensilado, etc.)?

Sí	No
----	----

Escribir en el siguiente cuadro la información requerida sobre los efluentes que se generan.

Efluente	Cantidad	Cada cuándo se genera	Qué uso se le da	Si se realiza tratamiento, cuál	Si se desecha, dónde y cómo

**9.0 DEPENDENCIA ENERGÉTICA**

9.1 ¿Cuenta con energía eléctrica en su sistema de producción?  Sí  No

9.1.1 ¿Dónde se da el mayor gasto de energía? \_\_\_\_\_

9.1.2 ¿Cuál es el gasto mensual de energía eléctrica? \_\_\_\_\_

9.2 ¿Se utiliza gas LP en el sistema de producción?  Sí  No

9.2.1 ¿Dónde se da mayor gasto de gas LP? \_\_\_\_\_

9.2.2 ¿Cuánto gas LP se utiliza al mes? \_\_\_\_\_

9.2.3 ¿Cuál es el gasto mensual de gas LP? \_\_\_\_\_

9.2.4 ¿Dónde compra el gas LP? \_\_\_\_\_

9.3 ¿Cuenta con maquinaria en su unidad de producción?  Sí  No

9.3.1 ¿Con qué maquinaria cuenta? \_\_\_\_\_

9.3.2 ¿Para esta maquinaria requiere gasolina o diésel?  Sí  No

9.3.3 ¿Cuánta gasolina y diésel se utiliza al mes? \_\_\_\_\_

9.3.4 ¿Cuál es el gasto mensual de gasolina y diésel? \_\_\_\_\_

9.3.5 ¿Dónde compra la gasolina y diésel? \_\_\_\_\_

9.4 ¿Qué otro combustible usa en su sistema de producción? (leña, queroseno, aceite)

Escribir en el siguiente cuadro los otros combustibles (fósiles o no) que utiliza en su sistema de producción.

Combustible	Uso	Frecuencia de uso	Gasto o costo	Dónde lo obtiene

9.5 ¿En qué considera que se hace el mayor gasto energético?

Escribir en el siguiente cuadro las principales áreas, equipos o usos que considera consumen mucha energía y/o combustible en su sistema de producción. Del que requiere más al que requiere menos.

Área, equipo o uso	Tipo de energía	Combustible	Horas de uso al día	% del gasto en insumos energéticos

9.6 ¿Emplea alguna energía renovable?  Sí  No

9.6.1 ¿Cuál? \_\_\_\_\_

**CUESTIONARIO PARA EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD MEDIANTE EL MÉTODO IDEA**

**DIMENSIÓN SOCIO-TERRITORIAL**

Fecha: \_\_\_\_\_

Ejido/comunidad: \_\_\_\_\_

Nombre del productor: \_\_\_\_\_

## 1.0 INSUMOS

1.1 ¿Dónde compra la mayoría de los insumos agrícolas y veterinarios que utiliza en su unidad de producción?

\_\_\_\_\_

1.2 ¿De dónde provienen las semillas que siembra? \_\_\_\_\_

1.3 ¿De dónde proviene la mayor parte del alimento que compra para su ganado? \_\_\_\_\_

1.5.1 Indicar qué porcentaje aproximado proviene del territorio local \_\_\_\_\_

1.4 ¿Dónde compra animales (no reproductores) para su unidad de producción? \_\_\_\_\_

1.5 ¿Dónde compra animales reproductores para su unidad de producción? \_\_\_\_\_

## 2.0 PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE LA LECHE

2.1 ¿Cuál es su tamaño de hato? \_\_\_\_\_

2.2 ¿Lleva registros de producción?  Sí  No

2.3 ¿Qué tipo de ordeño realiza?  Manual  Mecánico

2.4 ¿Cuántos ordeños realiza al día? \_\_\_\_\_

2.5 ¿Cuánta leche se produce al día en su sistema de producción? \_\_\_\_\_

2.6 ¿Cuántas vacas tiene en producción? \_\_\_\_\_

2.7 ¿Realiza algún análisis de la leche?  Sí  No

2.7.1 ¿Cuál? \_\_\_\_\_

2.7.2 ¿Cada cuándo? \_\_\_\_\_

2.8 ¿Cuánta leche vende diariamente? \_\_\_\_\_

2.9 ¿Dónde vende la leche? \_\_\_\_\_

2.10 ¿Cada cuándo realizan los pagos por la venta de leche? \_\_\_\_\_

2.11 ¿Existen intermediarios en la comercialización de la leche que produce?  Sí  No

2.11.1 ¿Cuántos intermediarios existen? \_\_\_\_\_

2.12 ¿En qué precio le compran la leche que produce? \_\_\_\_\_

2.13 ¿Toda la leche la vende de la misma forma?  Sí  No

2.14 ¿Parte de la leche producida se queda para consumo de los animales o de la familia?  Sí  No

2.14.1 ¿Qué cantidad o porcentaje de leche se queda? \_\_\_\_\_

2.15 ¿Parte de la leche que produce la transforma en algún derivado (queso, crema, yogurt, etc.)?  Sí  No

2.16 ¿Además de la leche vende alguno de estos derivados?  Sí  No

2.17 ¿Qué porcentaje de leche se transforma en algún derivado? \_\_\_\_\_

2.18 ¿Parte de los lácteos producidos son para consumo familiar?

Sí	No
----	----

2.19 ¿Vende algún otro producto procedente de su sistema de producción?

Sí	No
----	----

2.19.1 ¿Cuál? \_\_\_\_\_

2.20 ¿Qué porcentaje de todas sus ventas representa la venta de leche? \_\_\_\_\_

2.21 ¿Su producto o proceso de producción cuenta con alguna certificación?

Sí	No
----	----

2.28.1 ¿Cuál? \_\_\_\_\_

2.21 ¿Realiza manejos que den un valor agregado a su producto (orgánico, agroecológico, etc.)?

Sí	No
----	----

2.23 ¿Existe alguna red de comercialización, cooperativa, o colectivo en el que participe?

Sí	No
----	----

2.23.1 ¿Cuál? \_\_\_\_\_

2.24 ¿Su unidad de producción está abierta para la venta directa de productos o degustación de estos?

Sí	No
----	----

### 3.0 ENTORNO Y SERVICIOS

3.1 Tanto en el paisaje como en las construcciones, ¿existe algún patrón que se considere originario o típico de Aculco?

Sí	No
----	----

3.2 ¿Las construcciones recientes han seguido ese patrón?

Sí	No
----	----

3.3 ¿La construcción de su unidad familiar y de producción siguieron ese patrón?

Sí	No
----	----

3.4 ¿Las construcciones antiguas cercanas han sido restauradas recientemente?

Sí	No
----	----

3.4.1 ¿Cómo ha sido esta restauración y mantenimiento?

Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy mala
-----------	-------	---------	------	----------

3.5 ¿Cómo considera que ha sido el cuidado general que se tiene del paisaje en su comunidad?

Muy bueno	Bueno	Regular	Malo	Muy malo
-----------	-------	---------	------	----------

3.6 ¿Con cuántos accesos cuenta la unidad de producción? \_\_\_\_\_

3.6.1 ¿Desde cuándo existen esos accesos? \_\_\_\_\_

3.6.2 ¿Cómo calificaría las condiciones de estos caminos y accesos?

Muy buenas	Buenas	Regular	Malas	Muy malas
------------	--------	---------	-------	-----------

3.6.3 ¿Se ha dado mantenimiento a estos caminos y accesos?

Sí	No
----	----

3.7 Indicar qué se consideró en la construcción de su unidad de familiar y de producción.

Consideración de costumbres locales	Mantenimiento de áreas naturales	Recuperación de arquitectura local	Uso de materiales de la región
-------------------------------------	----------------------------------	------------------------------------	--------------------------------

3.7.1 ¿En qué medida?

3.8 ¿Su unidad de producción cuenta con pasos para a senderistas, ciclistas, caballos, etc.?

3.9 ¿Aparte de la producción de leche ofrece algún servicio en su unidad de producción?

3.9.1 ¿Cuál? \_\_\_\_\_

#### 4.0 INSTALACIONES

4.1 ¿Existe alguna reglamentación que deba seguir en sus instalaciones? Por certificaciones, normas locales o federales.

4.2 ¿Cómo considera la calidad de las instalaciones y la infraestructura de su unidad familiar y de producción?

4.3 ¿Considera seguras las líneas o instalaciones de gas, agua, electricidad?

4.4 ¿Existe un lugar exclusivo para almacenar materias primas y alimentos?

4.5 ¿Existe un lugar exclusivo para almacenar pesticidas y fertilizantes?

4.6 ¿Cómo vigila sus instalaciones? \_\_\_\_\_

4.7 ¿Cuenta con instalaciones para recibir y alojar personas externas? Por ejemplo, trabajadores temporales, estudiantes, servicios sociales, pasantes)

#### 5.0 TRABAJADORES Y CONDICIONES DE TRABAJO

5.1 ¿Cuántos familiares trabajan en su unidad de producción? \_\_\_\_\_

5.2 ¿Cuántos trabajadores (no familiares) tiene actualmente? \_\_\_\_\_

5.3 ¿Requiere trabajadores temporales?

5.3.1 ¿Cuántos y cada cuándo? \_\_\_\_\_

5.3.2 ¿Por cuánto tiempo? \_\_\_\_\_

*En el siguiente cuadro mencionar a todos los trabajadores en su unidad de producción.*

Trabajador	Edad	Sexo	Años laborando	Parentesco	Procedencia	Permanente/temporal	Recibe salario

- 5.4 ¿En los últimos cinco años ha requerido más trabajadores y creado empleo?  Sí  No
- 5.4.1 ¿Cuántos empleos? \_\_\_\_\_
- 5.5 ¿De cuántas horas en promedio son las jornadas laborales? \_\_\_\_\_
- 5.6 ¿Cuál es su salario promedio? \_\_\_\_\_
- 5.7 ¿Cuáles son las épocas con mayor carga de trabajo (número de días)? \_\_\_\_\_
- 5.8 ¿Cuáles son los trabajos que usted considera más pesados? \_\_\_\_\_
- 5.9 ¿Han tenido enfermedades relacionadas con el trabajo?  Sí  No
- 5.10 ¿Tiene medidas para evitar accidentes o enfermedades?  Sí  No
- 5.11 ¿Han tenido algún accidente en su unidad de producción en los últimos 5 años?  Sí  No

## 6.0 TRABAJO COLECTIVO

- 6.1 ¿Existen acuerdos entre varios productores para un manejo organizado colectivo de infraestructuras y servicios? (agua, instalaciones, etc.)  Sí  No
- 6.2 ¿La comunidad cuenta con algún trabajo colectivo o compartido entre los miembros que la integran (tequios, por ejemplo)?  Sí  No
- 6.3 ¿Existen formas de organización como un grupo de empleadores o redes locales de trabajo que faciliten la búsqueda y obtención de empleo?  Sí  No
- 6.4 ¿Realiza prácticas de inserción social? Relacionadas a jóvenes con dificultades, público con capacidades diferentes, adultos mayores o personas desfavorecidas, etc.  Sí  No

## 7.0 FORMACIÓN Y PARTICIPACIÓN SOCIAL

- 7.1 ¿Cuál es su escolaridad? \_\_\_\_\_
- 7.2 ¿Cuál es la edad y el nivel educativo de los integrantes de su familia (núcleo familiar)?

Familiar	Edad	Nivel educativo	Dejó estudios	Continuará estudios



7.3 ¿Toma cursos, talleres o actividad de capacitación relacionadas con la producción de leche?  Sí  No

7.3.1 ¿Cuántas al año? \_\_\_\_\_

7.3.2 ¿Cómo se entera de estas actividades? \_\_\_\_\_

7.4 ¿Recibe alumnos, servicios sociales, pasantes o practicantes en su unidad de producción?  Sí  No

7.4.1 ¿Cada cuándo? \_\_\_\_\_

7.4.2 ¿Cuántos han estado con usted en el último año? \_\_\_\_\_

7.5 ¿Participa en alguna asociación u organización?  Sí  No

7.5.1 ¿Cuál?

7.5.3 ¿De qué manera participa? \_\_\_\_\_

## 8.0 COMUNICACIÓN, IDENTIDAD Y PERPETUIDAD

8.1 ¿Considera que su unidad familiar y de producción están aisladas?  Sí  No

8.2 ¿Cómo considera la relación con sus vecinos y demás persona de la comunidad?

Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy mala
-----------	-------	---------	------	----------

8.3 ¿Hay buena comunicación entre los productores de la región?  Sí  No

8.4 ¿Se han desarrollado formas de colaboración y ayuda entre los productores de la región?  Sí  No

8.5 ¿Se identifica con algún grupo indígena?  Sí  No

8.6 ¿Toda su vida ha habitado en la comunidad donde hoy vive?  Sí  No

8.7 ¿Cuánto tiempo lleva dedicándose a la producción de leche? \_\_\_\_\_

8.8 ¿Le gusta dedicarse a la producción de leche?  Sí  No

8.9 ¿Le gustaría que su unidad de producción existiera en los próximos 10 años o más tiempo?  Sí  No

8.10 ¿Qué tan probable considera que su unidad de producción exista en 10 años?

Muy probable	Probable	Poco probable	Muy poco probable
--------------	----------	---------------	-------------------

8.11 ¿Existe la posibilidad de asociarse con otra unidad de producción?  Sí  No

8.12 ¿Existe la posibilidad de reubicar por necesidad su unidad de producción?  Sí  No

8.13 En caso de que su unidad de producción desapareciera ¿cuál sería la causa más probable? \_\_\_\_\_

8.14 ¿Le gustaría que sus hijos o familiares más jóvenes continuaran la actividad que usted ha realizado?

Sí  No

8.15 ¿Tiene intención de vender su unidad de producción?  Sí  No

8.16 Si quisiera o tuviera que vender su unidad de producción ¿cuánto valdría esta? \_\_\_\_\_

8.17 ¿Qué es lo que considera para evaluar su sistema de producción? \_\_\_\_\_

## 9.0 CALIDAD DE VIDA

9.1 De manera general ¿cómo considera su calidad de vida? Dar un número del 1 (muy malo) al 6 (excelente).

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

9.2 ¿Qué tan satisfecho esta con su ocupación actual?

Muy satisfecho	Satisfecho	Poco satisfecho	Insatisfecho
----------------	------------	-----------------	--------------

9.3 ¿Qué tan satisfecho esta con su formación actual/estudios?

Muy satisfecho	Satisfecho	Poco satisfecho	Insatisfecho
----------------	------------	-----------------	--------------

9.4 ¿Qué tan satisfecho esta con su situación familiar actual?

Muy satisfecho	Satisfecho	Poco satisfecho	Insatisfecho
----------------	------------	-----------------	--------------

9.5 ¿Qué tan satisfecho esta con su situación financiera?

Muy satisfecho	Satisfecho	Poco satisfecho	Insatisfecho
----------------	------------	-----------------	--------------

9.6 ¿Qué tan satisfecho está con su salud?

Muy satisfecho	Satisfecho	Poco satisfecho	Insatisfecho
----------------	------------	-----------------	--------------

9.7 ¿Qué tan satisfecho está con lo que acontece en la comunidad (participación, educación, política, seguridad)?

Muy satisfecho	Satisfecho	Poco satisfecho	Insatisfecho
----------------	------------	-----------------	--------------

9.8 ¿Qué tan satisfecho se siente con su participación en actividades sociales (deportivas, culturales, religiosas)?

Muy satisfecho	Satisfecho	Poco satisfecho	Insatisfecho
----------------	------------	-----------------	--------------

## CUESTIONARIO PARA EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD MEDIANTE EL MÉTODO IDEA

### DIMENSIÓN ECONÓMICA

Fecha: \_\_\_\_\_

Ejido/comunidad: \_\_\_\_\_

Nombre del productor: \_\_\_\_\_

#### 1.0 VIABILIDAD DE LA UNIDAD DE PRODUCCIÓN

1.1 ¿Cuenta con socios en su sistema de producción?

Sí	No
----	----

- 1.1.1 ¿Cuántos socios? \_\_\_\_\_
- 1.2 Para la toma de decisiones en su sistema de producción ¿consulta a otra persona?  Sí  No
- 1.2.1 ¿A quién? \_\_\_\_\_
- 1.3 ¿Qué considera para tomar decisiones importantes en su sistema de producción?
- Situación ambiental  Situación social  Situación económica  Todas las anteriores  Otras
- 1.4 ¿Existen objetivos o estrategias para mejorar su producción a corto, mediano o largo plazo?  Sí  No
- 1.5 ¿Conoce las fortalezas y oportunidades de su unidad de producción?  Sí  No
- 1.6 ¿Conoce los riesgos o amenazas para su unidad de producción?  Sí  No
- 1.7 ¿Cuenta con medidas necesarias si sucediera algún imprevisto (económico, natural, social)?  Sí  No
- 1.8 ¿Existe cooperación con las demás unidades de producción?  Sí  No
- 1.9 ¿Cómo considera la relación con las unidades de producción cercanas?
- Muy buena  Buena  Mala  Muy mala

## 2.0 INGRESO PRINCIPAL Y APOYOS

- 2.1 ¿Cuál es la actividad que le genera los mayores ingresos o ganancias? \_\_\_\_\_
- 2.2 ¿Qué porcentaje de sus ganancias o ingresos representa esta actividad? \_\_\_\_\_
- 2.3 ¿A dónde se va la mayor parte de los ingresos de la unidad de producción? \_\_\_\_\_
- 2.4 ¿Sus ganancias son suficientes para los gastos de la familia?  Sí  No
- 2.5 ¿Ha participado en algún programa de gobierno en los últimos cinco años?  Sí  No
- 2.5.1 ¿En cuál? \_\_\_\_\_
- 2.6 ¿Ha recibido algún tipo de apoyo por parte de otra institución u organización en los últimos cinco años?  Sí  No
- 2.6.1 ¿Qué apoyo ha sido? \_\_\_\_\_

## 3.0 PASIVOS

- 3.1 ¿Ha recibido algún préstamo en los últimos cinco años para su unidad familiar?  Sí  No
- 3.1.1 ¿Continúa pagándolo?  Sí  No
- 3.1.2 ¿Cuándo terminaría de pagarlo? \_\_\_\_\_
- 3.2 ¿Ha recibido algún préstamo en los últimos cinco años para su unidad de producción?  Sí  No

- 3.2.1 ¿Continúa pagándolo?  Sí  No
- 3.2.2 ¿Cuándo terminaría de pagarlo? \_\_\_\_\_
- 3.3 ¿Cuenta con algún crédito?  Sí  No
- 3.3.1 ¿Continúa pagándolo?  Sí  No
- 3.3.2 ¿Cuándo terminaría de pagarlo? \_\_\_\_\_
- 3.4 ¿Tiene alguna otra deuda?  Sí  No
- 3.4.1 ¿Cuándo terminaría de pagarla? \_\_\_\_\_
- 3.5 De momento ¿está realizando algún gasto en construcción o en instalaciones de su sistema de producción?  Sí  No
- 3.6 ¿Cuenta con equipo o maquinaria que haya comprado en los últimos 3 años?  Sí  No
- 3.6.1 ¿Se compró mediante algún crédito o sistema de pagos?  Sí  No
- 3.6.2 ¿Se continúa pagando?  Sí  No
- 3.6.3 ¿Cuándo terminaría de pagarlo? \_\_\_\_\_

#### 4.0 ACTIVOS, LIQUIDEZ Y SOLVENCIA

- 4.1 ¿Cuáles son los bienes que posee (terreno, casa, maquinaria, vehículos)? \_\_\_\_\_
- 4.1.1 ¿En cuánto está valuado su terreno? \_\_\_\_\_
- 4.1.2 ¿En cuánto está valuado su casa? \_\_\_\_\_
- 4.1.3 ¿En cuánto está valuada su maquinaria? \_\_\_\_\_
- 4.1.4 ¿En cuánto están valuados sus vehículos? \_\_\_\_\_
- 4.2 ¿Considera que cuenta con liquidez o la capacidad para cubrir sus gastos actuales?  Sí  No
- 4.3 ¿Cuenta con ahorros para cualquier imprevisto familiar o en su unidad de producción?  Sí  No
- 4.4 ¿Cuenta con equipo o maquinaria en su unidad de producción y se esté depreciando?  Sí  No

Indicar en el siguiente cuadro con qué equipo o maquinaria se cuenta.

Equipo	Costo	Año de compra	Vida útil	Pago de contado/ Crédito	Continúa pagándose

--	--	--	--	--	--

## 5.0 EGRESOS

Gasto	Cada cuánto	Cantidad o volumen	Precio unitario	Total
Compra de animales <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pie de cría</li> <li>- Reemplazos</li> <li>- Sementales</li> <li>- Otros</li> </ul>				
Alimento <ul style="list-style-type: none"> <li>- Concentrado</li> <li>- Forrajes</li> <li>- Ensilado</li> <li>- Minerales</li> <li>- Complementos/suplementos</li> </ul>				
Atención e insumos veterinarios <ul style="list-style-type: none"> <li>- Servicios veterinarios</li> <li>- Desparasitantes</li> <li>- Vitaminas</li> <li>- Antibióticos, analgésicos</li> <li>- Inseminación</li> <li>- Otros</li> </ul>				
Agua y energía en la unidad de producción <ul style="list-style-type: none"> <li>- Agua</li> <li>- Electricidad</li> <li>- Gas LP</li> <li>- Gasolina</li> <li>- Diesel</li> <li>- Leña</li> <li>- Otro combustible</li> </ul>				

Siembra <ul style="list-style-type: none"> <li>- Asesorías</li> <li>- Semillas</li> <li>- Fertilizantes</li> <li>- Pesticidas</li> <li>- Maquinaria</li> </ul>				
Casa (unidad familiar) <ul style="list-style-type: none"> <li>- Alimentación</li> <li>- Educación</li> <li>- Salud</li> <li>- Servicios</li> </ul>				
Mano de obra permanente <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuidado de los animales</li> <li>- Ordeño</li> <li>- Preparación del terreno</li> <li>- Siembra</li> <li>- Cosecha</li> <li>- Post cosecha (corte, molido, empacado, ensilado)</li> </ul>				
Mano de obra temporal <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuidado de los animales</li> <li>- Ordeño</li> <li>- Preparación del terreno</li> <li>- Siembra</li> <li>- Cosecha</li> <li>- Post cosecha (corte, molido, empacado, ensilado)</li> </ul>				
Insumos para procesos de transformación				
Créditos				
Préstamos				

Otros gastos				
--------------	--	--	--	--

#### 6.0 INGRESOS

Entrada	Cada cuándo	Cantidad	Precio unitario	Total
Venta de leche				
Venta de lácteos				
Venta de animales				
Venta de cosechas				
Renta de maquinaria				
Servicios				
Otro ingreso				