



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**“PROCESO DE TRANSFERENCIA Y ADOPCIÓN DE  
BIODIGESTORES POR PRODUCTORES DE LECHE EN PEQUEÑA  
ESCALA DEL MUNICIPIO DE ACULCO, ESTADO DE MÉXICO”**

# **TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

**P R E S E N T A**

**ALUETH MALDONADO LUGO**

**ASESORES:**

Ph. D. Carlos Galdino Martínez García  
Dr. Anastacio García Martínez  
Dra. Julieta Gertrudis Estrada Flores

Revisores:

Dra. Alejandra Donají Solís Méndez  
Dr. Jorge Antonio Varela Guerrero



Toluca, México, Marzo de 2021.

## ÍNDICE

<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>vi</b>
<b>1. RESUMEN .....</b>	<b>vii</b>
<b>2. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>23</b>
<b>3. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>25</b>
<b>3.1. Eco-innovaciones en el sector agropecuario.....</b>	<b>25</b>
<b>3.2. Uso de biodigestores y su impacto en la producción agropecuaria .....</b>	<b>27</b>
<b>3.3. Sistemas de producción a pequeña escala.....</b>	<b>29</b>
<b>4. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>32</b>
<b>5. HIPÓTESIS.....</b>	<b>33</b>
<b>6. OBJETIVOS.....</b>	<b>34</b>
<b>6.1. Objetivo general.....</b>	<b>34</b>
<b>6.2. Objetivos específicos .....</b>	<b>34</b>
<b>7. MATERIAL Y MÉTODO .....</b>	<b>35</b>
<b>7.1. Zona de estudio .....</b>	<b>35</b>
<b>7.2. Selección de productores y colección de datos.....</b>	<b>37</b>
<b>8. ANÁLISIS DE LOS DATOS .....</b>	<b>37</b>
<b>8.1. Diseño del cuestionario .....</b>	<b>37</b>
<b>8.2. Análisis estadístico .....</b>	<b>38</b>
<b>9. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES .....</b>	<b>39</b>
<b>10. RESULTADOS .....</b>	<b>40</b>
<b>10.1. Proceso de transferencia de los biodigestores .....</b>	<b>40</b>
<b>10.2. Características del productor y unidad de producción (n=20) .....</b>	<b>40</b>
<b>10.3. Comparación de productores que usan y no usan biodigestor .....</b>	<b>41</b>
<b>10.4. Utilidad e importancia de los biodigestores para los productores .....</b>	<b>42</b>
<b>11. DISCUSIÓN .....</b>	<b>44</b>
<b>12. CONCLUSIONES.....</b>	<b>47</b>
<b>13. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>48</b>

<b>14. ANEXO .....</b>	<b>53</b>
<b>Anexo 1. Cuestionarios que se aplicaron en campo para la obtención de la información de trabajo de investigación. ....</b>	<b>53</b>

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**Figura 1. Proceso para la producción de metano ..... 28**

**Figura 2. Mecanismo de funcionamiento de un biodigestor ..... 29**

**Figura 3. Mapa de localización de la zona de estudio ..... 35**

## **ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1. Tecnologías agropecuarias utilizadas en unidades de producción.....</b>	<b>26</b>
<b>Tabla 2. Características del productor y unidad de producción (n=20) .....</b>	<b>40</b>
<b>Tabla 3. Comparación de productores que utilizan y no utilizan biodigestor .....</b>	<b>42</b>
<b>Tabla 4. Utilidad e importancia de los biodigestores .....</b>	<b>43</b>

## **1. RESUMEN**

Uno de los problemas que presentan los productores de leche en pequeña escala, es la baja adopción de tecnologías. El objetivo del trabajo fue identificar el proceso de transferencias y adopción de biodigestores por productores de leche en pequeña escala del municipio de Aculco, Estado de México. Para obtener la información, se aplicó un cuestionario a 20 productores (10 que contaban con biodigestor y 10 que no). Las características generales de los productores participantes (n=20) se describieron a través de estadística descriptiva. Para identificar diferencias entre grupos con respecto a las características del productor y unidad de producción, se realizó un análisis de T de *Student*. La percepción de utilidad e importancia del biodigestor se midió en una escala de Likert de cinco puntos. El proceso de transferencia de los biodigestores hacia los productores fue un proceso de arriba hacia abajo, ya que las organizaciones gubernamentales hicieron la propuesta, brindaron apoyo económico (50%), instalación del biodigestor y asesoría. Las tres variables que describen al productor no presentaron diferencias significativas ( $P>0.05$ ) entre grupos; sin embargo las variables de tamaño de hato y número de hectáreas mostraron diferencias significativas ( $P<0.05$ ) entre grupos. Los productores consideraron al biodigestor como muy útil (46%) y útil (8%); así como muy importante (39%) e importante (16%), ya que permite el uso de estiércol y al ahorro económico por la compra de gas. Los productores que consideraron al biodigestor como poco útil (16%) y nada útil (30%), así como poco importante (15%) y nada importante (30%) puede estar atribuido a los gastos de instalación y a su disfuncionalidad cuando el plástico se rompe. Se concluye que los biodigestores pudieran ser apropiados para los productores de leche en pequeña escala que cuenten con el tamaño hato más grande (23 vacas) y la mayor disponibilidad de hectáreas (siete hectáreas) en su unidad de producción, es decir, los productores con las unidades de producción más grande, ya que los productores que no cuentan con biodigestor tienen un tamaño de hato de 13 vacas y cuentan con dos hectáreas en promedio.

## **2. INTRODUCCIÓN**

En México la producción de leche se desarrolla en condiciones heterogéneas desde el punto de vista tecnológico, socioeconómico y de las explotaciones como disponibilidad de tierra, tamaño de hato, vacas en producción y nivel tecnológico, por lo que podemos reconocer tres sistemas de producción, el especializado, doble propósito y el de pequeña escala. El sistema especializado se caracteriza por con un tamaño de hato más grande y ser más tecnificado; mientras que los otros dos sistemas tienen entre seis y 30 vacas, utilizan cruza de vacas provenientes de razas Holstein, suizo y criollo. Estos sistemas cuentan con una menor tecnificación y predomina la mano de obra familiar. El rendimiento de leche por vaca oscila entre seis y nueve litros por día (Hernández *et al.*, 2013).

Se estima que entre el 80 y 90% de la producción de leche en países en vías de desarrollo, se produce en sistemas de producción a pequeña escala. Esta actividad se basa en un nivel bajo de insumos, por lo que la producción animal es bastante reducida; Sin embargo, los sistemas de producción a pequeña escala en México aportan el 28% de la producción nacional de leche (Hernández *et al.*, 2013).

En el Estado de México, los sistemas de producción de leche se caracterizan por ser de tipo familiar, con pequeña o nula superficie de tierra, con un tamaño de hato menor a 30 animales. La alimentación del ganado se basa en subproductos agropecuarios como el rastrojo de maíz, pastoreo de pastos nativos y acarreo de forraje, además de que tienen una baja tecnificación (Hernández *et al.*, 2013).

Los sistemas de producción a pequeña escala constituyen una alternativa viable para cubrir el déficit de leche en México, debido a su alta capacidad de adaptación a diferentes ambientes y escenarios económicos (Hernández *et al.*, 2013).

Por otro lado, los sistemas de producción a pequeña escala son una opción importante para incrementar el nivel de vida de los productores rurales dedicados a esta actividad, evitando así la migración a las ciudades (Hernández *et al.*, 2013); sin embargo, se encuentran en un atraso productivo debido a su limitado acceso tecnológico. Para la adopción de tecnologías se ubica como un complicado proceso en el que influyen factores de tipo social, cultural, económico, productivo, tecnológico y biofísico (Vélez *et al.*, 2013).

El concepto de eco-innovación en los últimos años se ha popularizado debido a la sensibilización de los consumidores hacia el medio ambiente y la presión social y de gobierno, sobre las empresas para reducir su impacto ambiental. Autores como Medeiros *et al.* (2014) han resaltado la importancia de los aspectos sociales y ambientales en el desarrollo de nuevos productos.

Una eco-innovación es “el desarrollo de productos (bienes y servicios), procesos, estructura organizativa, y los arreglos institucionales nuevos o mejorados que, intencionalmente o no contribuyen a una reducción del impacto ambiental en comparación con las prácticas alternativas”. Las eco-innovaciones buscan aliviar el impacto ambiental y generar una reducción en el consumo de energía. Así mismo, ayudan a mitigar los efectos ambientales externos negativos de las actividades económicas. El desarrollo de energía renovable también puede ser económicamente benigno debido a que estas innovaciones ecológicas pueden disminuir costos (Medeiros *et al.*, 2014) Por lo tanto, el objetivo del trabajo es identificar el proceso de transferencias y adopción de biodigestores por productores de leche en pequeña escala del municipio de Aculco, Estado de México.

### **3. REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **3.1. Eco-innovaciones en el sector agropecuario**

Después de la segunda guerra mundial la agricultura desarrolló un modelo productivista basado en un progreso genético, combinado con el uso de agroquímicos (Galliano *et al.*, 2018). Sin embargo, fue ampliamente criticado debido a los problemas ambientales que provocó.

A raíz de los problemas ambientales provocados por este modelo productivista se comienzan a buscar soluciones para crear sistemas más sostenibles. Galliano *et al.* (2018) consideraron que las innovaciones ecológicas son una fuente de utilidad económica y de rentabilidad, crean procesos innovadores y pueden generar beneficios económicos por el aumento en la eficiencia y reducción de residuos.

Rennings (2000) define a las eco-innovaciones como nuevas ideas, comportamientos, productos y procesos aplicados que reducen las cargas ambientales con objetivos específicos de sostenibilidad, en relación con los enfoques existentes. Pearson (2008) las considera como la producción, asimilación o la exploración de un producto, proceso de producción, servicio o método de gestión o negocio que es nuevo en la organización que se traduce, a lo largo de su ciclo de vida, en la reducción de los riesgos ambientales, la contaminación y otros impactos negativos del uso de los recursos, incluida la energía, en comparación con las alternativas correspondientes. Para Reid (2008) son la creación de nuevos y competitivos productos, procesos, sistemas, servicios y procedimientos concebidos para satisfacer las necesidades humanas y proporcionar una mejor calidad de vida para todos.

Los sistemas de producción agropecuarias han incorporado diferentes tecnologías que les permiten mejorar el manejo de la unidad de producción (Tabla 1); Sin

embargo, se ha observado una incorporación de eco-innovaciones a la unidad de producción tales como: cercos vivos, compostaje, captación de agua de lluvia, calentador solar y biodigestores.

**Tabla 1. Tecnologías agropecuarias utilizadas en unidades de producción**

Manejo	Sanidad	Forrajes	Eco-innovaciones
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registros técnicos</li> <li>• Registros económicos</li> <li>• Identificación numérica</li> <li>• Pesaje de animales</li> <li>• Lotificación del ganado</li> <li>• Crianza artificial</li> <li>• Inseminación artificial</li> <li>• Diagnóstico de gestación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagnóstico de mastitis</li> <li>• Desparasitación</li> <li>• Vacunación</li> <li>• Diagnóstico de brucelosis y tuberculosis</li> <li>• Practicas sanitarias de ordeño</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conservación de forrajes</li> <li>• Alimentación</li> <li>• Uso de ensilajes</li> <li>• Ditas balanceadas</li> <li>• Suplementación de minerales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cercos vivos</li> <li>• Compostaje</li> <li>• Captación de agua de lluvia</li> <li>• Uso de calentador solar</li> <li>• Uso de biodigestores</li> </ul>

Fuente: Vélez (2013).

Actualmente existen registros de casos prácticos en los que se han utilizados eco innovaciones en el sector agropecuario: Galliano *et al.* (2008) describió el uso de mejoramiento genético en semillas con la finalidad de hacer nuevas variedades que sean más sostenibles para la agricultura obteniendo resultados positivos. Adnan *et al.* (2017) analizó el uso de fertilizantes verdes en agricultores de arroz en Malasia, los cuales permitieron mejorar la producción y un desarrollo sostenible, además permitieron lograr la autosuficiencia en cuanto a la producción de arroz.

Aklin *et al.* (2018) analizó el uso de energía solar como beneficio a los hogares en la India demostrando que con el uso de estas eco-innovaciones se reducen gastos, se ahorra el combustible. Derwik *et al.* (2018) analizó el uso del estiércol de bovino de pequeños productores en el Reino Unido como abono a las milpas, lo cual le permite un ahorro al no comprar fertilizante disminuyendo así la pérdida de

minerales del suelo, caso contrario a la aplicación de fertilizantes químicos y también es una manera de encontrarle un buen fin al estiércol de los bovinos.

### **3.2. Uso de biodigestores y su impacto en la producción agropecuaria**

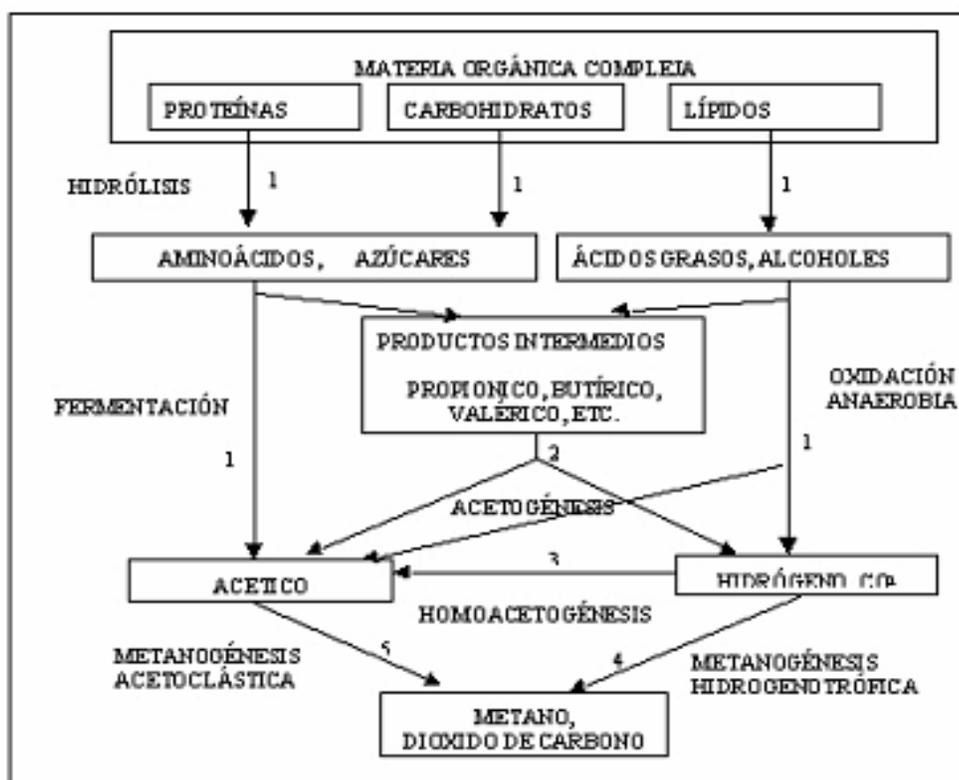
El metano alcanzó una especial importancia durante la segunda guerra mundial debido a la escasez de combustibles. Al concluir la guerra y la fácil disponibilidad de combustibles fósiles, la mayoría de las instalaciones que utilizaban metano fueron cesando en su funcionamiento. En la India, a comienzos de la década de los 60, se impulsó notablemente la tecnología de producción de biogás a partir de estiércol de bovino con el doble propósito del aprovechamiento energético y la obtención de un bio-fertilizante. En China, a inicios de la década de los 70, se fomentó la construcción de biodigestores, mediante programas de ámbito nacional. Sin embargo, con la disminución de los precios del petróleo, a finales de los años ochenta, el interés por la tecnología de digestión anaeróbica volvió a decaer, aunque en algunos países industrializados se han desarrollado importantes programas de desarrollo de plantas anaeróbicas a escala industrial y doméstica (FAO, 2011).

En la actualidad, el biogás se utiliza en todo el mundo como una fuente de combustible tanto a nivel industrial como doméstico. Su explotación ha contribuido a impulsar el desarrollo económico sostenido y ha proporcionado una fuente energética renovable alternativa al carbón y el petróleo. La actividad agropecuaria y el manejo adecuado de residuos rurales pueden contribuir significativamente a la producción y conversión de residuos animales y vegetales (biomasa) en distintas formas de energía (FAO, 2011).

El impacto potencial del estiércol en el medio ambiente representa uno de los principales retos de la agricultura mundial. Las tecnologías de tratamiento pueden desempeñar un papel importante en su manejo , proporcionando un enfoque más

flexible mediante la resolución de problemas específicos como: olores, patógenos, contaminación del agua por metales pesados de los suelos; emisiones de amoníaco y gases de efecto invernadero (Vanotti, 2009). El uso de biodigestores es una alternativa debido a su simplicidad, costo moderado, y la posible reducción de los costos de producción de los cultivos mediante la sustitución de fertilizantes químicos por los nutrientes del estiércol (Kunz *et al.*, 2005). Un biodigestor básicamente consiste en un depósito cerrado, donde se introducen residuos orgánicos mezclados con agua para ser digeridos por microorganismos, siendo el metano el producto final (Figura 1) .

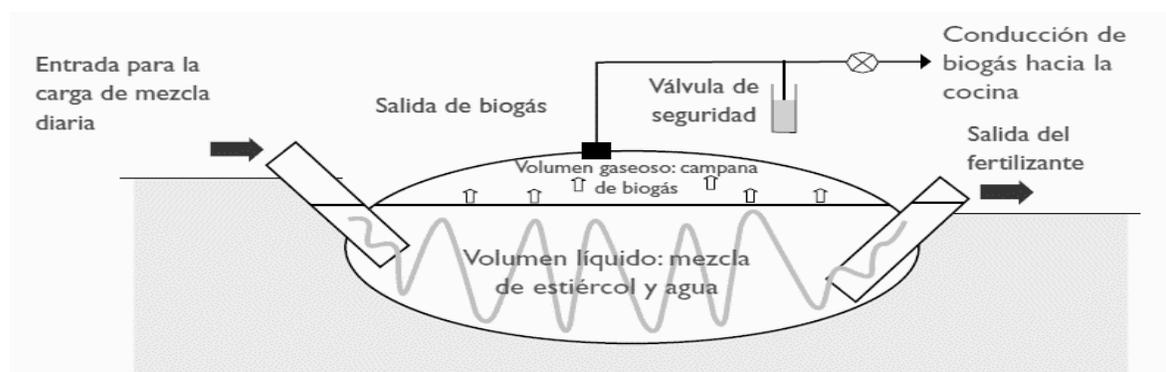
Figura 1. Proceso para la producción de metano



Fuente: Manual del biogás 2011.

La Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER, 2010), considera que un sistema de bio-digestión anaeróbico consiste en un proceso centralizado de manejo de excretas, las cuales son enviadas a un biodigestor, con un sistema de agitación y remoción de lodos, una laguna secundaria, un sistema de recolección, conducción y utilización del biogás para generación de energía eléctrica y un quemador.

**Figura 2. Mecanismo de funcionamiento de un biodigestor**



Fuente: SAGARPA, 2010.

Fases de la fermentación anaerobia y poblaciones bacterianas; 1) Bacterias hidrolíticas-acidogénicas; 2) bacterias acetogénicas; 3) bacterias homoacetogénicas; 4) bacterias metanogénicas hidrogenófilas; 5) bacterias metanogénicas acetoclásticas

### **3.3. Sistemas de producción a pequeña escala**

Para la FAO (2014) la agricultura familiar se caracteriza por la presencia de mano de obra familiar, la administración depende del jefe de familia y tienen una explotación de no más de cinco hectáreas, aunque la mayoría son de dos hectáreas, siendo a veces, inferiores a una hectárea y debe ser priorizada por la política pública ya que proporciona ingresos y empleos (FAO, 2014).

En México, la agricultura familiar considera a los productores agrícolas, pecuarios, silvicultores, pescadores artesanales y acuicultores de recursos limitados que, pese a su gran heterogeneidad, poseen las siguientes características principales: acceso limitado a recursos de tierra y capital, uso preponderante de fuerza de trabajo familiar, siendo el(la) jefe(a) de familia quien participa de manera directa del proceso productivo (SAGARPA-FAO, 2012). Por lo tanto, los sistemas de producción de leche a pequeña escala son unidades basadas en la familia, se especializan en la producción de leche de vaca y tienen un tamaño de hato de entre 3 y 35 vacas más sus reemplazos (Fadul-Pacheco *et al.*, 2013).

Estos sistemas representan el 78% de las granjas lecheras y contribuyen con el 37% de la producción nacional de leche (Martínez-García *et al.*, 2014). Además, han sido considerados como una opción que proporciona beneficios económicos y seguridad para superar la pobreza rural ya que genera empleo, salarios y fortalece la seguridad alimentaria en las comunidades (Espinoza-Ortega *et al.*, 2007).

Arriaga-Jordán *et al.* (2002) señala que el uso de tecnologías tales como: maquinaria y herramientas juegan un papel importante en las unidades de producción de leche, ya que son medios para aumentar la rentabilidad y mejorar la competitividad. Sin embargo, los productores de leche a pequeña escala han demostrado bajas tasas de adopción en pastos mejorados y maquinaria, lo que ha repercutido directamente en la parte económica.

Fadul-Pacheco *et al.* (2013) determinaron que el eslabón más débil de estos sistemas de producción familiar es el económico debido a la dependencia de las unidades productivas a insumos externos, lo que disminuye la rentabilidad del sistema y obliga a reinvertir el 98% de los subsidios otorgados. Adicional, hay que considerar que la alimentación del ganado representa entre 52 y el 70 % de los

costos de producción, de los cuales la compra de concentrado puede representar hasta el 90% de los gastos directos (Espinoza-Ortega *et al.*, 2007), con lo que no se genera margen de ganancia.

Dada esta problemática, el gobierno mexicano está mostrando un renovado interés en el apoyo a los productores a pequeña escala (Martínez-García *et al.*, 2012). Sin embargo, los programas no han tenido el impacto deseado debido a que no consideran que las explotaciones lecheras a pequeña escala son heterogéneas y deben ser tratadas como tales. La decisión de adoptar o rechazar las tecnologías también se ha atribuido a la heterogeneidad entre los productores y en particular, a las características socioeconómicas de cada granja. (Espinoza-Ortega *et al.*, 2007).

Martínez-García *et al.* (2015), destaca que los pequeños productores optan por adoptar tecnologías: fáciles de utilizar, con bajo costo de inversión y con buenos beneficios. Espinoza-Ortega *et al.* (2007) opina que en México los productores de mayor edad son más tradicionalistas y están menos inclinados a cambiar, mientras que los más jóvenes tienden a ser más progresivos y están dispuestos a probar nuevas ideas (Martínez-García *et al.*, 2015).

#### **4. JUSTIFICACIÓN**

Hoy en día el tema de las eco-innovaciones está tomando un papel importante, debido a la gran preocupación por la conservación y el uso responsable de los recursos naturales. Diversos trabajos han analizado el uso e impacto que tienen éstas en la producción agropecuaria en varios países. En Sudáfrica, por ejemplo, la captación de agua de lluvia ha tenido un impacto positivo en los sistemas agrícolas (Senyolo *et al.*, 2018). Galliano *et al.* (2018) analizan el uso de las eco-innovaciones para la selección varietal para Fito mejoramiento en Francia. En México, los estudios sobre adopción y uso de eco innovaciones son escasos por no decir nulos y sumado a lo anterior se ha demostrado que las tasas de adopción de tecnologías son diferentes para cada región y esto se debe a las diferencias en productividad y a las desigualdades dentro de los países (Chanda y Delgaard, 2008).

En Aculco, Estado de México pese a que existen varios trabajos documentados sobre caracterización y adopción de tecnologías en Sistemas de Producción Lechera a Pequeña Escala (Martínez-García *et al.*, 2015; Martínez-García *et al.*, 2013; Martínez García *et al.*, 2016), no existen trabajos que documenten el uso de eco-innovaciones, en específico, biodigestores, ni el impacto que estos están teniendo sobre la unidad familiar. Por lo tanto, la presente tesis aportará información sobre el impacto directo en la economía de la familia del uso de los biodigestores en sistemas de producción lechera a pequeña escala en Aculco, Estado de México.

## **5. HIPÓTESIS**

El proceso de la transferencia y adopción de biodigestores por productores de leche en pequeña escala del municipio de Aculco, Estado de México, está asociado con las características que describen al productor y a la unidad de producción.

## **6. OBJETIVOS**

### **6.1. Objetivo general**

Identificar el proceso de transferencia y adopción de biodigestores hacia los productores de leche en pequeña escala del municipio de Aculco, Estado de México.

### **6.2. Objetivos específicos**

- Documentar el proceso de transferencia de los biodigestores hacia los productores de lechera en pequeña escala.
- Comparar las características de los productores y de su unidad de producción, que usan y no usan biodigestores.
- Identificar la utilidad e importancia de los biodigestores para los productores de leche en pequeña escala.
- Identificar las características de los productores de leche en pequeña escala, que permiten la adopción de biodigestores.

## **7. MATERIAL Y MÉTODO**

### **7.1. Zona de estudio**

Aculco, es un municipio rural que se sitúa en la parte noroeste del Estado de México; su nombre es de origen otomí, derivado de los vocablos Atl que significa “agua”, cóltic, “torcido” y co “en” lo que se interpreta como “en el agua torcida o donde el cauce del río da vueltas muy pronunciadas”

El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano, semifrío y sin estación invernal bien definida, lo que explica la estacionalidad de la producción de leche que presenta la mayor oferta en la época de lluvias, cuando la precipitación pluvial es de 800 mm en promedio, la temperatura media anual es de 13.2 °C. (IEEM, 2015)

#### **Delimitación del Municipio**

Aculco se localiza dentro de la región II Atlacomulco, en la zona norte del Estado de México (Figura 3). Su extensión territorial es de 465.7 kilómetros cuadrados, lo que equivale al 2.18% del total de la superficie estatal (IEEM, 2015). Aculco colinda al norte con Polotitlán (Estado de México) y San Juan del Rio (Estado de Querétaro). Al sur con Acambay. Al Este con Jilotepec y san Andrés Timilpan y Al Oeste con Amealco (Estado de Querétaro).

**Figura 3. Mapa de localización de la zona de estudio**



Fuente: Soy mexiquense (2000).

Respecto de sus coordenadas geográficas extremas, estas son las siguientes: Latitud norte: máxima: 20° 16' 20" y mínima: 19°59' 53" y Longitud oeste: máxima: 99° 59' 10" y mínima: 99° 39' 08". El territorio municipal se encuentra integrado por 111 localidades, entre delegaciones, ejidos, ranchos y barrios (IGECEM, 2012).

De acuerdo con los datos del Censo de Población 2010, Aculco cuenta con 44,823 habitantes, el 49.2% son hombres, el 50.8% son mujeres. Tiene una densidad de población de 96 personas por kilómetro cuadrado, proporción muy por debajo de la media estatal de 679 habitantes por kilómetro cuadrado, esto pese a que, en 20 años, de 1990 a 2010, la población presentó un crecimiento del 53.64% (IEEM, 2019).

Respecto a la edad, la población joven predomina en el municipio, el 33.9% de los habitantes son menores de 14 años, el 27.7% se encuentra en el rango de edad de 15 a 29 años, un 30.4% tiene de 30 a 59 años y el 8% de los habitantes de Aculco son personas de la tercera edad (IEEM, 2019).

Durante la década de los ochenta, en Aculco surge un vínculo de trabajo entre productores de leche en pequeña escala, colectores de leche y productores de queso de tipo artesanal (Crespo et al., 2014). Para el año 2001, Aculco se incorporó a la cadena de zonas turísticas nacionales, a través de la Secretaría de Turismo, y del programa nacional para salvaguardar la riqueza cultural de diversas poblaciones mexicanas denominado "Pueblos Mágicos de México" (SECTUR, 2019). Esto provocó que se incrementara la demanda de queso artesanal, dando origen a la apertura de nuevos negocios familiares.

## **7.2. Selección de productores y colección de datos**

Se cuenta con una base de datos de 212 productores de leche a pequeña escala provenientes del proyecto titulado “Comunicación e Innovación para el desarrollo rural” financiado por el Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología (CONACYT), dichos productores se seleccionaron a través de un muestreo no probabilístico tipo bola de nieve (Mendieta, 2015).

Para el presente trabajo, los productores participantes se seleccionaron a través de un muestreo no probabilístico por intención de la base de datos inicial (Pimienta *et al.*, 2000). Por lo tanto, se seleccionaron a los productores que cuentan con biodigestores en su unidad de producción; así mismo, se seleccionó la misma cantidad de productores al azar, que no cuentan con biodigestor, con el propósito de realizar la comparación.

## **8. ANÁLISIS DE LOS DATOS**

### **8.1. Diseño del cuestionario**

Se elaboro un cuestionario para coleccionar informacion correspondiente a las caracteristicas del productor (edad, escolaridad y experiencia como productor) y de la unidad de produccion (numero de integrantes de la familia, mano de obra familiar, tamaño de hato, número de vacas en producción, meses de ordeño, producción por vaca por día, venta diaria de leche, precio de litro de leche número de hectáreas y nivel tecnológico de la unidad de producción. Las variables que describen al productor y a la unidad de producción, fueron seleccionadas a partir de trabajos anteriores (Espinoza-Ortega *et al.*, 2007; Martínez García *et al.*, 2012 y Martínez-García *et al.*, 2015).

Así mismo, el cuestionario colectó información sobre el proceso de transferencia del biodigestor a la unidad de producción, es decir, ¿desde cuándo adquirieron la eco-innovación?, ¿qué institución les brindó el apoyo para conseguirlo?, ¿cuál fue el costo de la adquisición?, utilidad, importancia, ventajas y desventajas.

## **8.2. Análisis estadístico**

Primero se realizó la exploración de datos, para identificar datos atípicos a través de gráficos de caja y bigote, así mismo se identificó la normalidad de las variables a través de la prueba de Shapiro Wilk, la cual es recomendada para muestras menores a 50 observaciones (Field, 2013). Segundo, para describir las características generales del total de la muestra (n=20) de los productores participantes, se utilizó estadística descriptiva. Tercero, la comparación de grupos (usan n=10 y no usan biodigestor n=10), se realizó a través la prueba de T de Student a un nivel de significancia de ( $P<0.05$ ), ya que las variables presentaron normalidad (Field, 2013).

La utilidad e importancia del biodigestor para los productores de leche en pequeña escala, se midió en una escala de tipo Likert de cinco puntos. La escala de utilidad fue: 1=Nada útil, 2=Poco útil, 3=No sabe, 4=Útil y 5=Muy útil. Para la escala de importancia fue: 1=Nada importante, 2=Poco importante, 3= No sabe 4=Importante y 5=Muy importante. Los datos fueron analizados a través de porcentajes (Field, 2013).

**9. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**

	ACTIVIDAD	MESES												
		S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S
1	Revisión de literatura	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2	Escritura de protocolo		■	■	■									
3	Elaboración del cuestionario				■	■								
4	Aplicación del cuestionario					■	■							
5	Análisis de datos						■	■	■					
6	Registro de protocolo					■								
7	Escritura de tesis									■	■	■		
8	Revisión de tesis												■	
9	Defensa de trabajo terminado													■

## **10. RESULTADOS**

### **10.1. Proceso de transferencia de los biodigestores**

El proceso de transferencia de los biodigestores hacia los productores de leche en pequeña escala del Municipio de Aculco, Estado de México fue a través del aporte de distintas dependencias. El 56% del apoyo económico fue otorgado por la Secretaría de Desarrollo Rural (SADER), el 33% por parte de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SEDAGRO), y el 11% por parte del Instituto Nacional de Industria (INI). En todos los casos el productor aportó el 50% del costo total del biodigestor, los que cubría también la instalación. Así mismo, los productores recibieron capacitación sobre el uso y mantenimiento.

### **10.2. Características del productor y unidad de producción (n=20)**

Las características generales del productor y de la unidad de producción de los productores participantes (n=20), se muestran en la Tabla 2. En promedio los productores cuentan con 52 años de edad, con estudios de primaria. Sin embargo, el 10% de los productores no cuenta con estudios, el 50% cuenta con estudios de primaria, el 30% con estudios de secundaria y el 10% con estudios de preparatoria. Los productores cuentan con 32 años de experiencia en la producción de leche.

**Tabla 2. Características del productor y unidad de producción (n=20)**

<b>Variables</b>	<b>Media</b>	<b>DE<sup>1</sup></b>
<b>Características del productor</b>		
Edad del productor	52.0	12.0
Escolaridad del productor	6.7	3.2
Experiencia como productor	32.0	14.0
<b>Características de la UP</b>		
Número de integrantes de la familia	5.0	2.0
Mano de obra familiar	2.0	1.2
Tamaño de hato	18.0	10.0
Número de vacas en producción	7.0	3.2

---

Meses de ordeño	8.5	1.6
Producción por vaca por día	14.0	5.8
Venta diaria de leche, litros	98.0	50.0
Precio por litro de leche, Pesos	5.8	0.4
Número de hectáreas	5.4	2.5
Nivel tecnológico	10.0	3.4

---

<sup>1</sup>DE= Desviación Estándar.

Las unidades de producción en promedio cuentan con cinco miembros de familia (Tabla 2), de los cuales dos colaboran con las actividades de la unidad de producción de tiempo completo. El tamaño de hato en promedio es de 18 vacas (en su mayoría raza Holstein y cruza), de las cuales siete se encuentran en producción. Las vacas se ordeñan durante un periodo de 8.5 meses en promedio. La producción media de leche por vaca al día es de 14 litros, teniendo una venta diaria de 98 litros al día en promedio. El 100% de leche producida es vendida a intermediarios (boteros) y queseros de la zona. El 90% de los productores reportó que la producción de leche aporta el 100% de sus ingresos familiares; mientras que el resto de los productores (20%) obtienen ingresos de otras fuentes como: trabajando de obreros y la venta de ganado. La unidad de producción cuenta en promedio con 5.4 hectáreas y con 10 tecnologías agrícolas en su unidad de producción.

### 10.3. Comparación de productores que usan y no usan biodigestor

La Tabla 3 describe las características generales y diferencias estadísticas entre grupos de productores que cuentan y no con biodigestor en su unidad de producción. Los resultados de la prueba de T de *Student* indican que no existen diferencias significativas ( $P>0.05$ ) entre grupos, con respecto a las tres variables que describen las características del productor; sin embargo, solo dos variables que describen a las características de la unidad de producción, mostraron diferencias significativas ( $P<0.05$ ) entre grupos. Así el grupo de productores cuenta con biodigestor en su unidad de producción, cuenta con un tamaño de hato más grande y una mayor disponibilidad de hectáreas.

**Tabla 3. Comparación de productores que utilizan y no utilizan biodigestor**

Variables	Grupo 1 (n=10) Con biodigestor		Grupo 2 (n=10) Sin biodigestor		P <sup>2</sup>
	Media	DE <sup>1</sup>	Media	DE <sup>1</sup>	
<b>Características del productor</b>					
Edad del productor, años	52.2	12.5	51.0	12.1	0.830
Escolaridad del productor, años	7.6	2.8	5.7	3.4	0.194
Experiencia como productor, años	33.6	15.9	29.6	12.3	0.537
<b>Características de la unidad de producción</b>					
Número de integrantes por familia	5.1	2.3	4.4	1.3	0.407
Mano de obra familiar	1.5	1.3	2.0	1.2	0.369
Tamaño de hato, vacas	23.0	9.7	12.7	7.8	<b>&lt;0.018</b>
Vacas en producción	8.0	3.2	6.4	3.2	0.307
Meses que ordeñan	8.6	1.8	8.1	1.4	0.508
Producción por vaca por día, L	14.9	6.8	13.3	4.8	0.530
Venta diaria de leche, litros	107.5	44.3	88.5	56.3	0.413
Precio de leche por litro, pesos	5.9	0.3	5.7	0.4	0.247
Número de hectáreas	7.0	1.9	3.8	2.0	<b>&lt;0.003</b>
Nivel tecnológico	10.9	1.8	9.1	4.5	0.252

<sup>1</sup> DE =Desviación Estándar.

<sup>2</sup> Valor de la prueba T *Student* (P<0.05).

#### 10.4. Utilidad e importancia de los biodigestores para los productores

La utilidad e importancia del uso del biodigestor por los productores de leche en pequeña escala, se observa en la Tabla 4. Cerca del cincuenta por ciento (46%) de los productores consideró al biodigestor como muy útil en su unidad de producción; sin embargo, el 30% lo consideró como nada útil. Por otro lado, los productores consideran como importante (55%) al biodigestor, por que permite la utilización del estiércol y el ahorro de dinero por la compra de gas en la unidad familiar; sin embargo, el 30% lo considero como nada importante, ya que genera gastos de mantenimiento y cuando se rompe el plástico, se deja de usar.

**Tabla 4. Utilidad e importancia de los biodigestores**

<b>Utilidad del biodigestor (n=10)</b>		<b>Importancia del biodigestor (n=10)</b>	
Muy útil	46.0%	Muy importante	39.0%
Útil	8.0%	Importante	16.0%
Poco útil	16.0%	Poco importante	15.0%
Nada útil	30.0%	Nada importante	30.0%
Total	100%	Total	100%

Escala de utilidad: 1=Nada útil, 2=Poco útil, 3=No sabe, 4=Útil y 5=Muy útil.

Escala de importancia: 1=Nada importante, 2=Poco importante, 3= No sabe 4=Importante y 5=Muy importante.

## **11. DISCUSIÓN**

### **Proceso de transferencia de los biodigestores**

Ruíz-Torres y Martínez-García (2018) indican que el proceso de transferencia tecnológica hacia los productores en pequeña escala, está basado en el cumplimiento de lineamientos, objetivos, metas y políticas que son establecidas por las organizaciones gubernamentales, sin considerar las necesidades y características de los productores rurales. Así, el proceso de transferencia de los biodigestores hacia los productores de leche en pequeña escala fue un proceso de arriba hacia abajo, el cual no toma en cuenta las necesidades y exigencias de los usuarios (Röling, 1991), ya que las organizaciones gubernamentales (SEDAGRO, SADER e INI) hicieron la propuesta de los biodigestores, brindaron apoyo económico, instalación del biodigestor y asesoría; mientras que los productores solo aportando el 50% del valor total del biodigestor.

Por lo tanto, transferir tecnologías no sólo implica pensar en las técnicas, materiales o procesos que generan un desarrollo, sino que deben considerarse aquellas que demanden los productores y que sean adecuadas a sus necesidades. Así los procesos de transferencia de tecnologías, deberían llevarse a cabo de abajo hacia arriba (Casanovas, 2002); es decir, la demanda de propuestas tecnológicas debería surgir de los productores, y llegar hacia las organizaciones gubernamentales.

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

La FAO (2010), en su reporte sobre la situación y perspectivas de la producción de leche en pequeña escala, indica que estos sistemas pueden contribuir a la reducción de la pobreza y seguridad alimentaria. Los sistemas de producción de leche en pequeña escala del Estado de México son unidades de producción que en promedio

poseen de 3 a 35 vacas más sus reemplazos, cuentan con superficies de tierra pequeñas, se basan en el uso de la mano de obra familiar y emplean recursos de la propia explotación para alimentar al ganado (Martínez-García *et al.*, 2012), Posadas-Domínguez *et al.*, 2014). Los productores de leche que participaron en este estudio, cuanta en promedio dos miembros de la familia que colaboran de tiempo completo con las actividades de la unidad de producción, cuentan con un tamaño de hato de 18 vacas, con un promedio de 14 litros por vaca por día y una disponibilidad de tierra de cinco hectáreas. Así la mayoría de los productores de leche del Municipio de Aculco, son considerados de pequeña escala.

### **Comparación de productores que utilizan y no utilizan biodigestores**

En análisis de comparativo de productores que utilizan o no biodigestor en su unidad de producción, mostró que los productores de ambos grupos presentaron una edad, escolaridad y años de experiencia en la producción de leche semejantes. Martínez-García *et al.* (2016) indican que la edad, escolaridad y años de experiencia son variables que juegan un papel importante en la adopción de tecnologías. Sin embargo, en el presente estudio se observó lo contrario, ya que variables que describen a las características del productor no presentaron diferencias significativas ( $P>0.05$ ) entre grupos.

Por otro parte, la mayoría de las variables que describen a las características de la unidad de producción, no presentaron diferencias significativas ( $P>0.05$ ) entre grupos (Tabla 3); es decir los productores de ambos grupos cuentan con una cantidad semejante de miembros de familia, mano de obra familiar, vacas en producción, producción por vaca por día, venta de leche por día y una cantidad semejante de tecnologías en su unidad de producción. Por lo tanto, la mayoría de las variables que describen las características de la unidad de producción de los productores que usan biodigestores y no usan esta eco-innovación fueron

semejantes; sin embargo, los productores que hacen uso de los biodigestores cuentan con un tamaño de hato más grande y una mayor disponibilidad de hectáreas. Estas variables pudieran estar asociadas con el uso del biodigestor por los productores de leche en pequeña escala. Espinoza-Ortega *et al.* (2007) argumentan que los productores que cuentan con unidades de producción más grandes, pueden asumir riesgos económicos que demandan las nuevas tecnologías que incorporan a su unidad de producción. Mientras que los pequeños productores optan por usar y adoptar tecnologías que sean fáciles de utilizar, con bajo costo de inversión y con buenos beneficios hacia la unidad de producción (Martínez-García *et al.*, 2015).

### **Utilidad e importancia de los biodigestores**

Algunos estudios (Borchers y Bewley, 2015; Martínez-García *et al.*, 2016; Schaak y Musshoff, 2018) han indicado que la percepción de utilidad e importancia de las tecnologías para los productores, juega un papel importante en su uso y adopción. Los productores de leche en pequeña escala que consideran al biodigestor como muy útil (46%) y útil (8%); así como muy importante (39%) e importante (16%); puede atribuirse a su facilidad de uso, permite el uso de estiércol y al ahorro económico (374 pesos al mes, en promedio) por la compra de gas en la unidad familiar.

Los productores que consideraron al biodigestor como poco útil (16%) y nada útil (30%), así como poco importante (15%) y nada importante (30%) en la unidad de producción, puede estar atribuido a los gastos de instalación y a su disfuncionalidad cuando el plástico se rompe. Martínez García *et al.* (2015) indican que la baja adopción de nuevas tecnologías por productores de leche, está asociada con la falta de recursos económicos, falta de conocimiento para su uso, falta de servicios técnicos, así como falta de conocimiento sobre apoyos gubernamentales.

## **12. CONCLUSIONES**

El proceso de transferencias de los biodigestores fue una propuesta de arriba hacia abajo, donde las organizaciones gubernamentales llevaron la idea a los productores de leche en pequeña escala, siendo apoyados con la capacitación para su uso, el 50% de los gatos para la compra e instalación. Así los productores fueron receptores pasivos de la tecnología.

Las características de que describen al productor y a la unidades de producción que usan y no usan biodigestores fueron semejantes en ambos grupos; sin embargo, los productores que hacen uso del biodigestor presentaron un tamaño de hato más grande y una mayor disponibilidad de hectáreas. Estas variables pudieran favorecer la adopción y uso de los biodigestores por los productores de leche en pequeña escala; sin embargo, el compromiso, disponibilidad y concientización del productor hacia el medio ambiente, jugarían un papel importante en la incorporación de eco-innovaciones a su unidad de producción.

Los productores consideran que el biodigestor es de utilidad e importancia para su unidad de producción, ya que permite el uso del estiércol y ahorro de dinero por la compra de gas; sin embargo, los productores lo consideran como poco a nada útil y poco a nada importante, ya que genera gastos de instalación y requiere de mantenimiento cuando el plástico se ha roto.

Los biodigestores pudieran ser apropiados para los productores de leche en pequeña escala que cuenten con el tamaño hato más grande (23 vacas) y la mayor disponibilidad de hectáreas (siete hectáreas) en su unidad de producción, es decir, los productores con las unidades de producción más grande, ya que los productores que no cuentan con biodigestor tienen un tamaño de hato de 13 vacas y cuentan con dos hectáreas en promedio.

### **13. LITERATURA CITADA**

- Adnan, N., Md Nordin, S., Rhaman, I. y Noor. (2017). Adoption of Green fertilizer technology among paddy farmers: A possible solution for Malaysian food security. *Land use policy*. 63, 38-52.
- Aklin, M., Bayer, P., Harish, S.P. y Urpelainen, J. (2018). Economics of household technology adoption in developing countries: Evidence from solar technology adoption in rural India. *Energy Economics*. 72, 35-46.
- Arriaga-Jordán C. M., Albarrán-Portillo B., Espinoza-Ortega A., García-Martínez, A. y Castelán-Ortega O.A. (2002). On-farm comparison feeding strategies based on forages for small-scale dairy production systems in the highlands of central Mexico. *Experimental Agriculture*. 38, 375-388.
- Bonzanini, M., Dutra, M. y Marques, L. (2016). The drivers for adoption of eco-innovation. *Journal of Cleaner Production*. 113, 861-872.
- Borchers, M. R. y Bewley, J. M. (2015). An assessment of producer precision dairy farming technology use, prepurchase considerations, and usefulness. *Journal Dairy Science*. 98:4198–4205.
- Casanovas, J. (2002). Nivel Tecnológico, Transferencia de Tecnología y la Cooperación al desarrollo. España: Centro de Cooperación para el Desarrollo (CCD) de la Universidad Politécnica de Cataluña.
- Crespo, J., Réquier-Desjardins, D., and Vicente, J. (2014). Why can collective actions fail in Local Agri-food Systems? A social network analysis of cheese producers in Aculco, Mexico. *Food Policy*, 46,165-177.
- Derwick, P. y Foster, C. (2018). Focal Organisations and Eco-innovation in Consumption and production systems. *Ecological Economics*. 143, 161-169.
- Espinoza-Ortega A., Espinosa-Ayala E., Bastida-López, Castañeda-Martínez T. y 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: 241-256.

- Fadul-Pacheco, L., Wattiaux, M. A., Espinoza-Ortega, A., Sánchez-Vera, E. y Carlos M. Arriaga-Jordán (2013) Evaluation of Sustainability of Smallholder Dairy Production Systems in the Highlands of Mexico During the Rainy Season. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 37:8, 882-901.
- FAO. (2010). Status of and prospects for smallholder milk production. A global perspective, by T. Hemme and J. Otte. Rome.
- FAO. (2014). *Agricultura Familiar en América Latina y el Caribe: Recomendaciones de Política*. Santiago, Chile. Disponible en <http://www.fao.org/3/i3788s/i3788s.pdf>
- Field, A., (2013). *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics*. 4th ed. SAGE Publications. Great Britain.
- Galliano, D., Magrini, M., Tardy, C. y Triboulet, P. (2018). Eco-innovation in plant breeding: Insights from the Sunflower industry. *Journal of Cleaner Production*. 172, 2225-2233.
- Gómez, M., Danglot, C. y Vega, L. (2003). Sinopsis de pruebas estadísticas no paramétricas, Cuándo usarlas. *Revista Mexicana de Pediatría*, Vol. 70 (2). Recuperado de <https://www.medigrafic.com/pdfs/pediat/sp-2003/sp032y.pdf>
- Hernández, P., Estrada, J., Avilés, F., Yong, G., López, F., Solís, A. y Castelán, O. (2013) Tipificación de los sistemas campesinos de producción de leche del sur del Estado de México. *Universidad y Ciencia*, 29(1), 19-31.
- Horbarch, J. (2016). Empirical determinants of eco-innovation in European countries using the community innovation survey. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 19, 1–14
- Información estadística básica del municipio de Aculco 2012 <http://iiiigecem.edomex.gob.mx/recursos/Estadistica/PRODUCTOS/AGENDAESTADISTICABASICAMUNICIPAL/ARCHIVOS/Aculco.pdf>
- Martínez García, C.G., A. A., Anaya Ortega, J. y Martínez Castañeda, E. (2015). Performance of small-scale dairy farms in the highlands of central Mexico

- during the dry season under traditional feeding strategies. *Tropical Animal Health and Production* 47, 331-337.
- Martínez García, C.G., Dorward, P. y Rehman, T. (2012). Farm and socio-economic characteristics of smallholder milk producers and their influence on technology adoption in Central Mexico. *Tropical Animal Health and Production* 44, 1199–1211.
- Martínez García, C.G., Janes, U., S., Arriaga, J., C.M. y Wattiaux, M. A. (2015). Farm, household, and farmer characteristics associated with changes in management practices and technology adoption among dairy smallholders. *Tropical Animal Health and Production* 47, 311-316.
- Martínez García, C.G., Dorward P. y Rehman T. (2013). Factors influencing adoption of improved grassland management by small-scale dairy farmers in central Mexico and the implications for future research on smallholder adoption in developing countries. *Livestock Science*. 152, 228-238.
- Martínez García, C.G., Dorward P. y Rehman T. (2016). Factors influencing adoption of crop and forage related and animal husbandry technologies by small-scale dairy farmers in central Mexico. *Experimental Agriculture* 52, 87-109
- Mendieta, I. (2015) Informantes y muestreo en investigación cualitativa *Investigaciones Andina*, vol. 17, núm. 30 pp. 1148-1150, Fundación Universitaria del Área Andina, Pereira, Colombia.
- Pimienta Lastra, R. (2000). Encuestas probabilísticas vs. no probabilísticas. *Política y Cultura*, (13), 263-276. [Fecha de Consulta 27 de Septiembre de 2020]. ISSN: 0188-7742. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=267/26701313>
- Posadas-Domínguez, R. R., Arriaga-Jordán, C. M. y Martínez-Castañeda, F. E. (2014). Contribution of family labour to the profitability and competitiveness of small-scale dairy production systems in central Mexico, *Tropical Animal Health and Production* 46: 235-240.

- Plan municipal de desarrollo urbano. Disponible en: [http://seduv.edomexico.gob.mx/planes\\_municipales/aculco/PMDUAculco.pdf](http://seduv.edomexico.gob.mx/planes_municipales/aculco/PMDUAculco.pdf)
- Plataforma electoral Municipal Aculco (2016-2018). Disponible en: [https://www.ieem.org.mx/2015/plata/municipal/02\\_PRI/ACULCO.pdf](https://www.ieem.org.mx/2015/plata/municipal/02_PRI/ACULCO.pdf)
- Röling, N. (1991). The agricultural research – technology interface: a knowledge system perspective en D. Kaimowitz (editor), *Making the Link: Agricultural Research and Technology Transfer in Developing Counties*, Boulder-Colorado: Westview Press.
- Ruiz-Torres, M.E. y Martínez-García, C.G. (2018). Proceso de transferencia tecnológica y su impacto en la crianza animal campesina, en el Centro de México. *Administración y Organización*, 21 (40): 309-331.
- SAGARPA (2010). *La Comunicación. Formación en Línea para el Desarrollo Rural, Capacitación a Empresas Rurales*. INCA Rural. Disponible en: [www.sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx).
- SAGARPA-FAO (2012). *Agricultura familiar con potencial productivo en México*. Disponible en [https://www.senado.gob.mx/comisiones/desarrollo\\_rural/docs/reforma\\_campo/2-III\\_c1.pdf](https://www.senado.gob.mx/comisiones/desarrollo_rural/docs/reforma_campo/2-III_c1.pdf)
- SECTUR (2019). *Pueblos Mágicos de México*. Disponible en: <http://www.pueblosmexico.com.mx/>. Fecha de consulta: 21/febrero/2019
- Senyolo, M., Largo, T., Blok, V. y Omta, O. (2018). How the characteristics of innovations impact their adoption, an exploration of climate-smart. *Cleaner production*. 172, 3825-3840.
- Schaak, H. y Mubhoff, O. (2018). “Understanding the adoption of grazing practices in German dairy farming”. *Agricultural Systems*, 165: 230-239.
- Vanotti, M. (2009). *Livestock waste treatment systems of the future: A challenge to environmental quality, food safety, and sustainability*. OECD Workshop. *Bioresource Technology*. 100, 5371–5373.

Varnero Moreno, M.T. (2011). Manual del Biogas. Recuperado de:  
<http://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>

Vélez, I., Espinosa, G., Omaña, S., González, O. y Quiroz, V. (2013) Adopción de tecnología en unidades de producción de Lechería familiar en Guanajuato, México. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*, 3, 88-96.

## **14. ANEXO**

### **Anexo 1. Cuestionarios que se aplicaron en campo para la obtención de la información de trabajo de investigación.**

**Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR)  
Universidad Autónoma del Estado de México**

“PROCESO DE TRANSFERENCIA Y ADOPCIÓN DE BIODIGESTORES POR PRODUCTORES DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA DEL MUNICIPIO DE ACULCO, ESTADO DE MÉXICO”

Fecha de la entrevista \_\_\_\_\_ No. de entrevista \_\_\_\_\_

Municipio y comunidad \_\_\_\_\_

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

#### **1. No uso de Biodigestores**

1.1 ¿Conoce el funcionamiento de los biodigestores? \_\_\_\_\_

1.2 ¿Qué tan interesado estaría en implementar el biodigestor en su unidad de producción?

1=nada interesado 2=poco interesado 3=no sabe 4 =interesado 5 = Muy interesado

1.3 ¿qué utilidad considera que tiene el biodigestor para su unidad familiar?

1=Nada útil 2=Poco útil. 3=No sabe 4 =útil 5 = Muy útil

1.4 ¿Qué importancia considera que tiene el biodigestor en su unidad familiar?

1=sin importancia 2=poca importancia 3=No sabe 4 =importante, 5 = Muy importante

1.5 ¿Qué facilidad de uso considera que tiene del biodigestor para su unidad familiar?

1=nada fácil 2=poco fácil 3=no sabe 4 =fácil. 5 = Muy fácil

1.6 ¿Cuáles son las ventajas que usted observa con el uso del biodigestor?

\_\_\_\_\_

1.7 ¿Cuáles son las desventajas que usted observa con el uso del biodigestor?

\_\_\_\_\_

## 2. Gastos del hogar

2.1 ¿Cuánto gasta en gas al mes? \_\_\_\_\_

### Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) Universidad Autónoma del Estado de México

“PROCESO DE TRANSFERENCIA Y ADOPCIÓN DE BIODIGESTORES POR  
PRODUCTORES DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA DEL MUNICIPIO DE  
ACULCO, ESTADO DE MÉXICO”

Fecha de la entrevista \_\_\_\_\_ No. de entrevista \_\_\_\_\_

Municipio y comunidad \_\_\_\_\_

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

#### 1. Uso de biodigestores

1.1. ¿En qué año adquirió el biodigestor? \_\_\_\_\_

1.2. ¿Quién le apoyó para la implementación del biodigestor? \_\_\_\_\_

1.3. ¿Cuánto fue la aportación inicial de la institución promotora del  
biodigestor? \_\_\_\_\_

1.4. ¿Cuánto aportó usted inicialmente para la instalación del biodigestor? \_\_\_\_\_

1.5. ¿Recibió alguna capacitación para la instalación y uso del biodigestor? \_\_\_\_\_

1.6. ¿Qué institución brindó la capacitación? \_\_\_\_\_

1.7. ¿Cuánto tiempo duró la capacitación? \_\_\_\_\_

1.8. ¿Tuvo algún costo la capacitación? \_\_\_\_\_

1.9. ¿Aún tiene en funcionamiento el biodigestor? \_\_\_\_\_

1.10. En caso de no, cuáles fueron las razones para no continuar con el uso del  
biodigestor \_\_\_\_\_

1.11. ¿Qué utilidad tiene el biodigestor para su unidad familiar?

1=Nada útil 2=Poco útil 3=No sabe 4=Útil 5=Muy útil

¿Por qué? \_\_\_\_\_

1.12. ¿Qué importancia tiene el biodigestor en su unidad familiar?

1=Nada importante 2=Poco importante 3=No sabe 4=Importante 5=Muy importante

¿Por qué? \_\_\_\_\_

1.13. ¿Qué facilidad de uso tiene del biodigestor para su unidad familiar?

1=Nada fácil 2=Poco fácil 3=No sabe 4=Fácil 5=Muy fácil

¿Por qué? \_\_\_\_\_

1.14. ¿Cuáles son las ventajas que usted observa con el uso del biodigestor en su unidad familiar? \_\_\_\_\_

1.15. ¿Cuáles son las desventajas que usted observa con el uso del biodigestor en su unidad familiar? \_\_\_\_\_

## 2. Costo de establecimiento del biodigestor

Insumo requerido	Costo del Insumo

## 3. Costo de mantenimiento del biodigestor

Insumo requerido	Costo del Insumo

## 4. Costo de funcionamiento del biodigestor

Insumo requerido	Costo del Insumo

## 5. Gasto del hogar

5.1 ¿Cuánto gasta en gas al mes? \_\_\_\_\_