



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

**DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
RECURSOS NATURALES**

**“ANÁLISIS SOCIO-ECONÓMICO Y AMBIENTAL DEL
SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑA
ESCALA DE LA REGIÓN SUR-ORIENTE DEL ESTADO DE
MÉXICO”**

TESIS

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

P R E S E N T A:

LAURA DOLORES RUEDA QUIROZ

Centro Universitario UAEM, Amecameca, Estado de México, Julio 2019.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

**DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
RECURSOS NATURALES**

**“ANÁLISIS SOCIO-ECONÓMICO Y AMBIENTAL DEL
SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑA
ESCALA DE LA REGIÓN SUR-ORIENTE DEL ESTADO DE
MÉXICO”**

TESIS

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

P R E S E N T A:

LAURA DOLORES RUEDA QUIROZ

COMITÉ DE TUTORES:

DR. JUAN JOSÉ OJEDA CARRASCO. Tutor Académico

DR. ENRIQUE ESPINOSA AYALA. Tutor Adjunto

DR. PEDRO ABEL HERNÁNDEZ GARCÍA. Tutor Adjunto

Centro Universitario UAEM, Amecameca, Estado de México, Julio 2019.

DEDICATORIA

A Dios

Porque a partir de la vida que me has brindado, también me ha dado la oportunidad de generar pensamiento y que a partir de este pensamiento tuve la posibilidad de obtener diferentes capacidades y experiencias, desde las cuales me permitieron contribuir a la ciencia con nuevos conocimientos que coadyuven al bien de la sociedad. Gracias por colmarme de bendiciones, por estar conmigo en cada paso de mi vida, por iluminar mi mente cuando más lo necesite, por haberme puesto en mi camino a aquellas personas que han sido piezas fundamentales en mi formación personal como académica en todo el transcurso de mi vida.

A mi Papá

Por los valores que me transmitió durante el transcurso de su existencia, así como por el amor e interés que siempre demostró al sector agropecuario y del cual me logro contagiar con sus enseñanzas, conocimientos y sabiduría. Así mismo, por ser el ejemplo de hombre de trabajo que siempre nos demostró día a día. Estas y muchas cosas más serán una guía constante y modelo a seguir en mi vida.

A mi Mamá y hermanos

Este nuevo logro en mi vida que culmina con esta tesis, es en gran parte gracias a ustedes, la cual he logrado concluir con este proyecto de investigación que en un principio parecía una tarea titánica e interminable. Agradezco sus consejos y compañía en el transcurso de este lapso de mi vida y por ello, quisiera dedicar este trabajo a ustedes mi familia, a mi Papá y a mi Abuelita, porque aunque ellos ya no están físicamente, siempre están presentes en cada una de mis oraciones.

A mis amigos y compañeros

Que con su apoyo, sus palabras de motivación y amistad siempre estuvieron presentes.

¡¡ Muchas gracias a todos!!

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada durante el transcurso de mis estudios de Doctorado.

A la Universidad Autónoma del Estado de México por formarme como una persona útil para mi comunidad y para mi país.

De manera muy especial y afectuosa agradezco al Dr. Juan José Ojeda Carrasco por confiar en mí para la realización de este proyecto de investigación; pero también, por sus conocimientos, consejos, apoyo incondicional y su extraordinaria paciencia que me brindo cada vez que lo requerí; así como, el profesionalismo que siempre me demostró desde que lo conocí, pero sobre todo por su amistad. ¡Muchas gracias!

Al Dr. Enrique Espinosa Ayala por compartir sus valiosos conocimientos, consejos, sugerencias y asesoría; así como su profesionalismo y la magnífica dirección que me brindo para la realización de este documento.

Un agradecimiento especial al Dr. Pedro Abel Hernández García, por brindarme su asesoría, consejos, sugerencias y conocimientos durante la realización de esta investigación.

A la Dra. Virginia Guadalupe García Rubio por motivarme a seguir en este camino y a seguir superándome constantemente, pero sobre todo por su afecto y amistad. Además, de ser un ejemplo de superación perseverante en el gremio académico.

A cada uno de los productores por su disponibilidad y aportación de información para la realización de este estudio.

¡Muchas Gracias!

La naturaleza nos da el germen de la Ciencia, pero no la ciencia. Esta debemos procurárnosla con el estudio.

(Séneca)

RESUMEN

La generación de leche en el país se realiza a partir de diversos sistemas de producción, siendo estos ampliamente heterogéneos; es así que la producción de leche en pequeña escala refleja el modo de vida de muchas familias del entorno rural, este tipo de producción láctea ha persistido a lo largo de tiempo como una forma de autoempleo en el medio rural; sin embargo, hoy en día se ve amenazada por escenarios económico y ambiental global. El objetivo de la investigación fue evaluar el impacto ambiental e implicación socioeconómica de la producción de leche en pequeña escala en la región Suroriente del Estado de México. Es así, que para la 1era. Fase de esta investigación, se realizó un censo de la población objetivo (153 unidades de producción) y se aplicó una encuesta a cada productor, esta encuesta contenía variables que se agrupaban en distintas dimensiones (social, económica y productiva). Para posteriormente ser analizadas mediante estadística multivariante. La primera técnica que se aplicó fue un Análisis factorial (AF) por componentes principales, consecutivamente con los valores de los factores se realizó un Análisis Clúster (AC) con el fin de agrupar a los productores del SPLPE identificando sus principales diferencias. Después se realizó la 2da. Fase de esta investigación, para lo cual y para obtener un tamaño de muestra, se efectuó un doble estratificado por el número de unidades de producción (UP) por municipio y el número de vacas en producción y se aplicó una encuesta semiestructurada en 50 UP. Para evaluar la condición económica se recurrió a la metodología de Presupuestos por Actividad; además, se empleó un Análisis Clúster para identificar las similitudes en las dietas ofrecidas. Para la evaluación ambiental, se empleó el modelo de contabilidad ambiental para la ganadería (GLEAM) para estimar gases de efecto invernadero (GEI) y la metodología de la Water Footprint Network (WFN) para estimar la huella hídrica (HH). Finalmente, se usó un modelo de regresión lineal múltiple con inclusión de variables por pasos (Stepwise), el cual mostró que la intensidad de las emisiones por producto (kg de CO₂-eq/L leche) se relaciona directamente con la producción láctea y con el factor de corrección (kg de LCGP); asimismo, se correlaciona con la eficiencia del sistema; la generación de GEI y un mejor aprovechamiento en el uso de los recursos disponibles en las UP. El estadístico R² indicó que el modelo explicó el 85.6 % de la variabilidad en la intensidad de las emisiones por producto (IE/P) (P<0.005).

SUMMARY

The generation of milk in the country is made from different production systems, these being widely heterogeneous; Thus, small-scale milk production reflects the way of life of many rural families, this type of dairy production has persisted over time as a form of self-employment in rural areas; however, today it is threatened by the global economic and environmental scenario. The objective of the research was to evaluate the environmental impact and socio-economic implication of small-scale milk production in the southeastern region of the State of Mexico. Thus, as a first phase of this research, a census of the target population (153 production units) was conducted and a survey was applied to each producer, this survey contained original variables grouped into different dimensions (social, economic and productive). To later be analyzed by multivariate statistics. The first technique that was applied was a Factorial Analysis (FA) by main components, later with the values of the factors a Cluster Analysis (CA) was carried out in order to group the SPLPE producers, identifying their main differences. Later, the 2nd. This research phase, for which and to obtain a sample size, was double stratified by the number of production units (UP) per municipality and the number of cows in production and a semistructured survey was applied in 50 PUs. To evaluate the economic condition, the methodology of Budgets by Activity was used; In addition, a Cluster Analysis was used to identify the similarities in the diets offered. For the environmental assessment, the environmental accounting model for livestock (GLEAM) was used to estimate greenhouse gases (GHG) and the Water Footprint Network (WFN) methodology to estimate the water footprint (HH). Finally, a multiple linear regression model including stepwise variables was used (Stepwise), which showed that the intensity of emissions per product (kg of CO₂-eq / L milk) is directly related to dairy production and the correction factor (kg of LCGP); likewise, it corresponds to the efficiency of the system; the generation of GHG and a better use in the use of the resources available in the UP. The R² statistic indicated that the model explained 85.6% of the variability in the intensity of emissions per product (IE / P) (P <0.005).

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTOS	5
RESUMEN.....	6
SUMMARY	7
INDICE DE CUADROS	10
INDICE DE FIGURAS	11
I. INTRODUCCIÓN.....	12
2. ANTECEDENTES	17
2.1 Producción de leche y aspectos ambientales	17
2.1.1 Contexto Mundial	17
2.2.2 Contexto nacional	18
2.2.2.1 Producción de leche en el Estado de México.....	19
2.2.2.2 Producción de leche en la Región Suroriente (Municipios de Amecameca y Ayapango), Estado de México.....	19
2.2.3 Sistemas de Producción de Leche en México.....	21
2.2.3.1 Sistema de producción de leche en pequeña escala (SPLPE), familiar o traspatio.....	24
3.1 Impacto ambiental de los sistemas ganaderos	25
3.1.1 Impacto de la ganadería lechera en el agua	27
3.1.2 Huella Hídrica	29
3.1.3 Evaluación de la huella hídrica	30
3.2.1 Impacto de la ganadería lechera en la atmosfera.....	31
3.2.2 Gases de efecto invernadero	33
3.2.2.1 Metano (CH ₄).....	33
3.2.2.2 Dióxido de Carbono (CO ₂).....	36
3.2.2.3 Óxido Nitroso (N ₂ O)	37
3.2.3 Modelo de Contabilidad Ambiental sobre la Ganadería (GLEAM)	38
4.1 Impacto Socioeconómico de la ganadería	41
4.1.1 Metodología de Presupuestos por actividad	41
4.1.2 Índice de Desarrollo Humano (IDH)	43

IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	45
VII. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	47
III. JUSTIFICACIÓN	48
V. HIPOTESIS	49
VI. OBJETIVOS	50
VII. MATERIALES Y METODOS	51
Área de estudio	51
1er. FASE	52
Recolección de datos	52
Análisis Estadístico	52
2da. FASE	53
Población objetivo y tamaño muestral	53
Evaluación ambiental	53
Evaluación económica	56
Análisis estadísticos	57
VIII. RESULTADOS	58
8.1 Artículo Científico enviado	58
8.2 Publicación de un capítulo de libro	87
8.3 Publicación de un capítulo de libro	97
8.4 Publicación de un capítulo de libro	108
IX DISCUSIÓN GENERAL	127
X CONCLUSIONES GENERALES	131
XI. BIBLIOGRAFÍA	134
XII. ANEXOS	147

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Costos de producción por tipo de sistema.	22
Cuadro 2. Características productivas por tipo de sistema de producción de leche.	23
Cuadro 3. Principales retornos, costos y sus factores en el sistema lácteo.....	42
Cuadro 4. Componentes del factor económico para su evaluación.....	56

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Microorganismos del rumen, proceso de fermentación entérica y sus productos.....	35
Figura 2. Visión general de la estructura del Modelo GLEAM	40
Figura 3. Ubicación del área de estudio.....	51

I. INTRODUCCIÓN

El sector agropecuario desempeña funciones sociales, económicas y ambientales importantes para la sociedad, a partir de satisfacer la demanda de alimentos inocuos y a bajo costo de acuerdo a la demanda mundial, por lo que lo deberá de hacerlo de forma sostenible con el ambiente, al mismo tiempo generando oportunidades de desarrollo rural, reducción de la pobreza y seguridad alimentaria. El ganado representa el 40 % del valor mundial de la producción agropecuaria y es la base de los medios de subsistencia y la seguridad alimentaria de casi mil millones de personas. A nivel mundial el ganado aporta el 15 % de la energía alimentaria total y el 25 % de las proteínas de la dieta (FAO, 2009).

La producción mundial de leche procede casi en su totalidad de ganado vacuno, búfalos, cabras, ovejas y camellos; por su parte, el ganado vacuno aporta el 83 % de la producción lechera mundial, en los países en desarrollo, los animales productores de leche se crían a menudo en sistemas de subsistencia y a pequeña escala, alrededor de 150 millones de hogares en todo el mundo se dedican a la producción láctea (Banco Mundial, 2011; Faye y Konuspayeva, 2012).

Es importante resaltar que la ganadería es una actividad productiva importante que contribuye a aumentar la economía de una región; ya que la producción de leche de vaca se realiza prácticamente en todo el territorio nacional (SAGARPA, 2000).

México ocupa el 14º lugar en la producción mundial de leche de bovino (11, 807,558 millones de litros de leche fluida) para el 2017, lo que equivale al 2% del total de la producción mundial; así mismo, es uno de los principales países importadores de leche en polvo (CANILEC, 2018). El SIAP (2016) estimó una población de 2.3 millones de vacas lecheras en México; a su vez el INEGI (2017), reportó 2.7 millones de vacas destinadas a la producción de leche.

En México la producción de leche se desarrolla en condiciones tecnológicas, agroecológicas y socioeconómicas heterogéneas, dentro de tres sistemas productivos: intensivo, familiar y de doble propósito (Camacho *et al.*, 2017 y García *et al.*, 1998). Estos

sistemas de Producción de leche son heterogéneos, esto a partir de su localización, manejo y por su aportación que hacen al país en cuanto a su producción láctea (Arriaga y Anaya, 2014).

La región suroriente del Estado de México es una importante cuenca lechera constituida principalmente por pequeños productores (Dobler *et al.*, 2014). De acuerdo con el SIAP (2018), se obtuvo una producción láctea reportada para el año 2017 para los Municipios de Amecameca y Ayapango de 11´117.78 litros /año. En esta región, existen áreas de importancia lechera tal es el caso de Poxtla en donde el desarrollo de las queserías que ahí se encuentran localizadas, han contribuido al desarrollo social y económico a partir de la generación de empleos de ciertas comunidades productoras de leche como son: Amecameca, Ayapango, Tlalmanalco y las delegaciones de Zentlalpa y Poxtla (Romero *et al.*, 2011)

La actividad láctea se considera como un factor económico importante dentro de la ganadería, ya que a partir de su procesamiento y venta de diversos subproductos lácteos artesanales es como los productores generan bienes económicos para sus núcleos familiares; es así que el sistema lechero en pequeña escala, es uno de los distintos tipos de sistemas lácteos que existen en el país, el cual se caracteriza por utilizar la mano de obra familiar, la que a su vez genera una fuente primaria de ingresos (Tapia, 2010). Siendo estas algunas de las principales características de este tipo de producción, lo que la hace destacar su relevancia socioeconómica que aporta esta actividad a la población.

Es así que, el sector pecuario viene afrontando serios problemas, ya que existe una creciente presión sobre los recursos naturales: tierra, agua y biodiversidad. La ganadería es solo uno de los muchos sectores económicos de la actividad humana que contribuye a la creciente y actual presión sobre los recursos. Así mismo, la competencia entre sectores económicos aumenta y los recursos naturales se ven limitados. Es así, que la ganadería contribuye al cambio climático pero también sufre sus consecuencias y a su vez a partir de la adopción de nuevas tecnologías, el sector puede contribuir a mitigar la presión que se ejerce sobre los recursos naturales (FAO, 2009).

El cambio climático implica desafíos y retos constantes para la sociedad y más para aquellos involucrados en el área rural y a la producción agropecuaria, el rol que

desempeña la ganadería en el abastecimiento de alimentos y el bienestar de las comunidades urbanas y rurales es importante para cualquier región donde se lleve a cabo (Díaz, 2010).

La disponibilidad del agua es un factor limitante para el desarrollo de la agricultura, la ganadería y toda actividad humana. Estas actividades requieren de grandes cantidades de agua (Turner *et al.*, 2004). Así mismo, es evidente que los sistemas de producción agropecuarios presentan diferencias en los usos del agua (Steinfeld *et al.*, 2009) y cada vez se necesitan mayores volúmenes de agua para satisfacer las necesidades del proceso de producción ganadera (Fernández y Mena, 2010).

A partir de la necesidad de contabilizar todos los flujos de agua tanto directa como indirecta surge el concepto de huella hídrica, el cual es un indicador, que permite conocer el volumen de agua que se aprovecha ya sea un individuo, un grupo de personas o consumidores, una región, país o la humanidad en su conjunto (Mekonnen y Hoekstra, 2010).

En el ambiente la producción bovina emite sus graves efectos, siendo en gran medida la responsable directa de ellos (FAO, 2012). Es así, que la contribución que aportan los GEI al total de emisiones generadas por el sector ganadero es variable, el metano es el gas que más contribuye al impacto del sector lechero en el calentamiento global: alrededor del 52% de las emisiones de GEI, el óxido nitroso representa el 27%; mientras que las emisiones de CO₂ representan una mayor proporción de las emisiones en los países desarrollados (21%). FAO (2010).

Debido al rápido aumento de estas concentraciones atmosféricas de estos gases de efecto invernadero durante las últimas décadas, así como los efectos que tienen sobre el clima y la química atmosférica, las emisiones deben controlarse y reducirse. (IPCC, 2001; Wuebbles y Hayhoe, 2002).

El Modelo de Contabilidad Ambiental sobre la Ganadería (GLEAM) es un marco de modelado basado en un método de evaluación del ciclo de vida (ACV), el cual proporciona estimaciones desagregadas espacialmente sobre las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y la generación de productos para un sistema de producción

dado, lo que permite el cálculo de la intensidad de las emisiones para cualquier combinación de productos, sistemas de producción y ubicación a diferentes escalas espaciales FAO. (2016)^b.

La producción lechera depende en gran parte de la genética del ganado, el manejo por parte de los productores, factores ambientales, pero en su mayoría de elementos nutricionales y estrategias de alimentación, el aspecto alimentario es uno de los grandes retos que enfrentan los productores, ya que los costos de alimentación representan la mayoría de la inversión, por lo que es necesario adoptar una excelente estrategia de alimentación con la finalidad de optimizar el rendimiento en la producción, cabe hacer mención que en el sistema de producción de leche en pequeña escala las estrategias de alimentación se han desarrollado de manera empírica (Bastida, 2003).

El productor considera al ganado como un bien valioso que sirve para almacenar riqueza, esencial, ya que consume los insumos de desecho de cultivos y los transforma en productos tales como carne y leche; así mismo, produce estiércol y coadyuva todavía en algunas zonas en la labranza de los campos (FAO, 2009).

Es así que al preparar un presupuesto económico para cualquier actividad productiva tendrá como objetivos, calcular los retornos financieros a la empresa, ver los retornos a cada variable productiva empleada y a partir de ello comparar una actividad con una alternativa o evaluar si es factible ingresar una nueva actividad a la unidad de producción. La metodología de "Presupuestos por actividad" tiene por objetivo realizar un "análisis de la economía de la producción de leche, en cuanto a costos marginales e ingresos dentro de los sistemas existentes y posibles" (Wiggins *et al.*, 2001).

Por tanto, se menciona que al aumentar la población, se pronostica una mayor demanda en productos como carne y leche en un 58% y 73% respectivamente para el año 2050 (FAO/FEPALE, 2012), asociado a esta demanda el sector agropecuario deberá de aumentar su eficiencia y productividad, pero sin dejar de lado el aspecto socioeconómico (Feres *et al.*, 2011). De esta forma, a partir de la caracterización de las zonas de mayor vulnerabilidad biofísica y socioeconómica; así como la implementación de estrategias innovadoras que mitiguen los efectos negativos de los sistemas agropecuarios enfocados en productores en pequeña escala, estas acciones se convertirá en objetivos urgentes

que se pueden y deben adoptar y es desde estos enfoques que nace la importancia y la necesidad de realizar estudios a nivel nacional y local para conocer a fondo esta problemática mundial (Díaz, 2010).

Considerando el contexto anterior, la investigación pretende evaluar el impacto ambiental e implicación socioeconómica de la producción de leche en pequeña escala en la región Suroriente del Estado de México. Tomándose como objeto de estudio a las unidades de producción que integran el sistema de producción de leche en pequeña escala de la región Suroriente del Estado de México.

2. ANTECEDENTES

2.1 Producción de leche y aspectos ambientales

2.1.1 Contexto Mundial

El ganado representa el 40 % del valor mundial de la producción agropecuaria y es la base de los medios de subsistencia y la seguridad alimentaria de casi mil millones de personas. A nivel mundial el ganado aporta el 15 % de la energía alimentaria total y el 25 % de las proteínas de la dieta. Así mismo, las familias involucradas en esta actividad consideran al ganado como un bien valioso que sirve como almacén de riqueza, además de que el ganado también es esencial para los sistemas de producción agropecuaria, ya que consume los productos de desecho de la producción de cultivos y alimentos, produce estiércol para abonar y acondicionar los campos y todavía en algunos lugares proporciona potencia de tiro para la labranza y el transporte. (FAO, 2009).

La producción mundial de leche procede casi en su totalidad de ganado vacuno, búfalos, cabras, ovejas y camellos; por su parte, el ganado vacuno aporta el 83 % de la producción lechera mundial, en los países en desarrollo, los animales productores de leche se crían a menudo en sistemas de subsistencia y a pequeña escala, alrededor de 150 millones de hogares en todo el mundo se dedican a la producción láctea. En la mayoría de los países en desarrollo, la leche es producida en pequeñas unidades pecuarias y contribuye a los medios de vida, la seguridad alimentaria y la nutrición de los hogares, también genera ganancias relativamente rápidas para los pequeños productores lo que les provee una fuente importante de ingresos en efectivo (Banco Mundial, 2011; Faye y Konuspayeva, 2012).

Según datos de FEPALE (2018) la producción total de leche a nivel mundial fue de 690 mil millones de litros de leche, los principales países productores fueron: E.U. (15%) con una producción mundial (96 millones de litros de leche fluida), le siguen India (12%), China (6%), Brasil (5%) y Alemania (5%) (CANILEC, 2018).

2.2.2 Contexto nacional

México ocupa el 14º lugar en la producción mundial de leche de bovino (11, 807,558 millones de litros de leche fluida) para el 2017, lo que equivale al 2% del total de la producción mundial; además de ello, la producción de leche de bovino representa el 3er. lugar en el valor de la producción pecuaria nacional con el 17%; no obstante, es uno de los principales países importadores de leche en polvo en 2017 para el mismo año ya que se importó un total de 1,354 millones de dólares (mmd) de lácteos (44% de leche en polvo) de los EUA; además, nuestro país se encuentra entre los países con los mayores déficits. Por otra parte, entre los estados del país que tiene las mayores producciones a nivel nacional son: Jalisco (19.5 %), Coahuila (11.5 %), Durango (10.2 %) y Chihuahua (9.3 %) (CANILEC, 2018).

El consumo de lácteos *per cápita* en México se considera medio ya que es un promedio de entre 30 a 150 kilogramos por año, la ingestión de leche por su parte está ligada al ingreso real, precios y las preferencias de los consumidores. Un poco más del 40% del consumo total es en forma de leche fluida y el resto se utiliza en productos manufacturados. La demanda por este producto mantiene una tendencia al alza de manera progresiva (SIAP, 2016). Se estima que el consumo pasó de 11.8 mil millones de litros en 2009 a 14.6 en 2018. En el mismo sentido, el consumo mundial de leche por habitante en países en desarrollo fue de 66.3 kg por persona para lo cual la (FAO, 2010) lo describió como preocupante a un nivel nutricional, comparado con el consumo en países desarrollados que fue de 249.6 Kg. por persona.

El SIAP (2016) estimó una población de 2.3 millones de vacas lecheras en México; a su vez el INEGI (2017), reportó 2.7 millones de vacas destinadas a la producción de leche. Muchas de estos animales producen fuera del sector de producción intensiva, por lo que la producción promedio asciende a 4.5 litros por vaca por día (lt/vaca/día).

En 2008 la producción nacional de leche se destinó en un 31.4% para la elaboración de lácteos, leche pasteurizada (39%), el queso (21.9%), leche en polvo (18.1%), mantequilla (5.8%), crema (10.6%) y yogur (4.6%) (LACTODATA, 2011); en segundo lugar aparecen las pasteurizadoras que utilizaron el 26.3% del volumen total; los productos artesanales aparecen en tercer sitio con 22%, y en cuarto lugar el consumo directo de leche bronca

concentrando 19%; además del volumen captado por Liconsa para los programas sociales con el 1.3% de la producción nacional. En cuanto a las importaciones para el mismo año, el 45.6% se destinó para el abasto social, 10% al consumo directo y el 44.4% para la industria (Del valle y Álvarez, 1997).

En 2009 se estimó una caída del precio de leche al productor a nivel nacional como consecuencia de la disminución en los precios internacionales, para dicho año el precio en México, alcanzó los \$3.80/lt después de haberse registrado en \$4.45/lt en 2008. No obstante, el escenario base previó que el precio comenzaría a recuperarse hasta llegar a los \$5.22/lt en 2018 (CANILEC, 2018).

2.2.2.1 Producción de leche en el Estado de México

En cuanto a la producción de leche de bovino por entidad federativa el Estado de México para el 2016 ocupaba el 15vo. lugar a nivel nacional con 455,283 miles de litros, lo que representa el 4.1% de la producción láctea nacional (LACTODATA, 2016; SIAP, 2016).

2.2.2.2 Producción de leche en la Región Suroriente (Municipios de Amecameca y Ayapango), Estado de México.

La región suroriente del Estado de México es una importante cuenca lechera constituida principalmente por pequeños productores, los cuales se enfrentan cada día con dificultades como el elevado costo en los insumos y el bajo precio del producto lácteo, que además es muy perecedero, lo que les obliga a comercializarlo con rapidez para evitar que el precio todavía sea más castigado, debido a las alteraciones que la leche sufre tras el ordeño debidas al manejo, la temperatura y el tiempo (Dobler *et al.*, 2014).

Tapia, (2010), menciona que la lechería en el municipio de Amecameca es de tipo familiar, además existe la Sociedad de Producción Rural “Productores Lecheros del Valle de Anáhuac”, dentro del municipio destacan en la producción láctea la cabecera municipal y dos de sus delegaciones, San Francisco Zentlalpa y Santa Isabel Chalma, las cuales producen (40%, 49% y 11%), respectivamente; según (Castillo, 2012) el precio de venta de la leche fue \$4.75 en promedio. Para el caso del municipio de Ayapango

(Romero, 2010) hace referencia que las características tecnológicas y de manejo de los sistemas de producción de leche en el Municipio de Ayapango son las siguientes: presentan una producción 100% familiar, la escala de producción es de 4 a 18 vacas en producción. El promedio de vacas en ordeño es de 5.8 bovinos. La raza que predomina es la Holstein, el 83% de los productores utiliza inseminación artificial.

De acuerdo con el SIAP (2018), obtuvieron de producción láctea reportados para el año 2017 los Municipios de Amecameca (7,502.020 litros/año) y Ayapango (3,615.760 litros/año), sumando una producción total para ambos municipios de 11´117.78 litros /año; menor a lo reportado en el 2014 (18´259.87 litros /año); esto concuerda con lo reportado por SEDAGRO (2013), mencionado una producción láctea para Amecameca (9,174.97 Ton/Año) y para Ayapango (9,174.97 Ton/Año), lo que representaba a nivel estatal el 2% para ambos municipios. Mientras que el INEGI (2007), reportó que en estas localidades se contaba con 1032 vientres para producción láctea; a su vez Puente *et al.* (2011) menciona que existían 1086 vacas en producción en los municipios mencionados. Castillo *et al.* (2012), por su parte, reportan que en la cabecera municipal de Amecameca y en la Delegación de San Francisco Zentlalpan existían 743 vacas en lactación que forman parte de 92 hatos.

En la región Sur Oriente del Estado de México, existen áreas de importancia lechera tal es el caso de Poxtla en donde el desarrollo de las queserías que ahí se encuentran localizadas, han contribuido al desarrollo social y económico a partir de la generación de empleos de ciertas comunidades productoras de leche como son: Amecameca, Ayapango, Tlalmanalco y las delegaciones de Zentlalpa y Poxtla (Romero *et al.*, 2011) actualmente según lo reportado por Pacheco *et al.*, 2017 existen 14 queserías rurales las cuales generan beneficios para las familias involucradas en la actividad, lo cual permitió un desarrollo local con la creación de empleos, así mismo una mejor calidad de vida y un desarrollo socioeconómico de las comunidades.

2.2.3 Sistemas de Producción de Leche en México.

En México la producción de leche se desarrolla en condiciones tecnológicas, agroecológicas y socioeconómicas heterogéneas, dentro de tres sistemas productivos que pueden diferenciarse geográficamente: intensivo (Comarca Lagunera, Durango, Coahuila y Querétaro), familiar (Jalisco y Aguascalientes) y extensivo de doble propósito (regiones tropicales) (Camacho *et al.*, 2017 y García *et al.*, 1998).

La producción de leche presenta una diversidad de condiciones, las que van determinando una variedad de costos de producción (Cuadro 1), entre los principales factores que influyen en este tema se tienen el grado de tecnificación de la unidad de producción (explotación), el tipo de alimentación del ganado, el tipo de raza o ganado lechero especializado entre otros, así como las condiciones climáticas y la disponibilidad de agua. Al considerar el grado de tecnificación de las explotaciones lecheras, destaca el nivel de los costos de producción sea más alto en las que operan con una mayor tecnificación, lo cual está relacionado por el peso de los costos de alimentación, gastos generales, depreciaciones, pagos de impuestos y gastos financieros, principalmente. En contraste, en las unidades de menor tecnificación el mayor peso en costos corresponde a la mano de obra y no tienen costos por servicios financieros. La viabilidad por tipo de explotación está relacionada no sólo con la rentabilidad que obtienen en cada caso, también se relaciona con los niveles de productividad y competitividad con la que trabajan (SE, 2012).

Cuadro 1. Costos de producción por tipo de sistema.

GASTOS	TECNIFICADO	FAMILIAR	DOBLE PROPÓSITO	PROMEDIO EN (%)
Alimentación (\$)	2.35	2.05	0.97	56.8
Mano de obra (\$)	0.31	0.36	0.48	12.5
Gastos Generales (\$)	0.48	0.18	0.25	10.1
Depreciaciones (\$)	0.55	0.58	0.47	18.2
Impuestos y cuotas	0.08	0.01	0.02	1.10
Gastos financieros	0.15	0.00	0.00	1.20
Total	3.92	3.18	2.19	100
Precio de venta	4.52	3.89	3.81	3.50
Utilidad	0.60	0.71	0.98	1.31
(%) sobre los gastos	15.30	22.30	34.60	59.80
Promedio de Lts/Día	+ de 10,000	1,000	600	150

Fuente: (SE, 2012).

Los sistemas de Producción de leche en México son heterogéneo esto a partir de su localización, manejo y por su aportación que hacen al país en cuanto a su producción lechera, algunos autores (Arriaga y Anaya, 2014; Gasque *et al.* 2001; Hemme *et al.*, 2007 y Hernández *et al.*, 2013), difieren en cuanto al aporte que realiza el Sistema en pequeña escala a la producción láctea nacional (Cuadro 2).

Es por ello que los sistemas de producción de leche se clasifican en: Especializado el cual tiene ganado y tecnología para la producción de leche, principalmente ganado Holstein y en menor medida Pardo Suiza y Jersey. Este tipo de sistema lo utilizan primordialmente las pasteurizadoras y transformadoras. El Semi-especializado, cuenta con un nivel medio de tecnología, predominan las razas Holstein y Pardo Suizo, pero no

se llegan a los niveles de producción del sistema especializado. El doble propósito, cual cuenta con ganado que se destina a la producción de leche y carne, predominan las razas cebuinas y sus cruza, la alimentación se basa en el pastoreo y por último el familiar o de traspatio, denominado por diversos autores como sistema de producción en pequeña escala, el cual se desarrolla en extensiones pequeñas de terreno y puede realizarse cerca de las viviendas (traspatio). La alimentación se basa en el pastoreo o suministro de forrajes producidos por la propia granja (Gasque *et al.*, 2001).

Cuadro 2. Características productivas por tipo de sistema de producción de leche.

Sistema	No. de Explotaciones	Tamaño del Hato	Litros/ Lactancia	Participación promedio Nacional
Lechería especializada	1850	230	5,000	50
Lechería familiar	100,000	15	2,500	18
Doble propósito	120,000	20	700	28-35

Fuente: Arriaga *et al.*, 2012; Gasque *et al.* (2001); Hemme *et al.* (2007) y Hernández *et al.* (2013).

Cada uno de estos sistemas se distingue por su heterogeneidad productiva, tanto en las formas de producción como en los diversos tamaños de las unidades productivas; se produce leche tanto en el altiplano como en las zonas tropicales y áridas, bajo condiciones muy distintas (Espinoza *et al.*, 2007). Esta diversidad productiva también ha permitido que se desarrollen sistemas comerciales de la leche fresca con características particulares dependientes del manejo de los hatos y de la región de México dónde se localicen (Martínez *et al.*, 2015).

La lechería intensiva y lechería familiar se desarrollan en las zonas templadas, áridas y semiáridas del territorio mexicano, manejando razas lecheras especializadas, mientras

que el tercer sistema se lleva a cabo en el trópico con vacas cruzadas (Magaña *et al.*, 2006).

2.2.3.1 Sistema de producción de leche en pequeña escala (SPLPE), familiar o traspatio.

Se estima que del 80 al 90% de la producción lechera de los países en desarrollo se produce en sistemas agrícolas en pequeña escala. Estas actividades se basan en un nivel bajo de insumos, por lo que la producción por animal lechero es bastante reducida (FAO, 2016)^a.

Según (SAGARPA, 1999) los denomina como sistemas de traspatio o familiares, estos sistemas se encuentran localizados en el Altiplano mexicano, se han mantenido en producción gracias a que cubren mercados locales, que los dos sistemas anteriores no tienen la capacidad de llegar.

La FAO (2010), considera que el SPLPE debe ser priorizado en las políticas públicas de cualquier país, ya que son proveedores de ingreso y empleos; además, amortiguan factores desgastantes a nivel social como son la pobreza y la vulnerabilidad y fortalecen la seguridad alimentaria de las familias inmersas en esta actividad.

Por otra parte la misma FAO (2016) los caracteriza como un sistema de producción de leche que a menudo forma parte de un sistema mixto de producción agrícola y pecuaria en el que se aprovecha el estiércol para la producción de cultivos comerciales. Los animales lecheros se alimentan de hierba, residuos de cultivos y forraje cultivado y solo se proporciona alimentación suplementaria más que cuando resulta viable.

Dentro de las características del SPLPE es que cuentan con 3 a 20 vacas con sus respectivos reemplazos, además cuentan o rentan con superficies de tierra, utilizan fundamentalmente mano de obra familiar para el manejo del ganado así como para la venta de la leche y que a través de estos ingresos proporcionan a la familia un complemento a su economía, semejante al obtenido por un trabajo fuera del sistema de producción por el jefe de familia, ya se ha que la lechería se ha o no su segunda actividad (Espinosa, 2009).

La situación en México sobre producción de leche es que estos sistemas aportan entre el 28 al 37% a la producción nacional y poseen el 23 % de los vientres en el país, distribuidas en 789 000 Unidades de Producción en a lo largo del país, las cuales ayudan a producir más de 200 000 empleos remunerados permanentemente y de estos un 28% provienen de Unidades de producción con poca o nula tecnificación. Otros autores mencionan que en este sistema se encuentran más del 78% de todos los productores dedicados a la producción de leche y mantienen cerca del 35% de hato lechero nacional (Fadul *et al.*, 2011; Hemme *et al.*, 2007 y Hernández *et al.*, 2013)

Además gracias al aporte de este sistema de producción a la industria láctea, contribuyen al acervo gastronómico local y nacional con la elaboración de quesos tradicionales, dependiendo de la zona donde se encuentren; por lo general, se mantiene al ganado en condiciones de estabulación o semiestabulación, las razas que utilizan en su mayoría son: Holstein, Pardo suizo, Jersey o las cruza de estas tres razas. Para la ordeña de las vacas, por lo general es a mano, pero en pocos es mecanizada, además de que pocos casos cuentan con refrigeración para la conservación de la leche. En cuanto a la reproducción se utilizan monta natural o inseminación artificial o ambas, en la mayoría de las unidades de producción no llevan registros productivos, reproductivos y sanitarios del sistema de producción (Fadul *et al.*, 2011).

A pesar de la actual crisis que sufre el sector lechero, este sistema ha subsistido y ha sido menos afectado por las fluctuaciones de la economía, ya que se trata de una forma de producción más sustentable y extensa, que se adecúa a las variaciones drásticas del mercado como del medio que lo rodea (Castelán *et al.*, 1997).

3.1 Impacto ambiental de los sistemas ganaderos

Una de las mayores preocupaciones de los tomadores de decisiones y de la sociedad en general sobre el impacto del sector ganadero en la degradación de los recursos naturales y sus implicaciones sobre el cambio climático, comienzan a figurar como prioridades de inversión de los países a nivel mundial. El reto actual de los gobiernos y empresarios ante la crisis económica mundial y la actual amenaza del cambio climático; es asumir y satisfacer la demanda de alimentos protegiendo los recurso naturales y los medios de

vida de las comunidades rurales, en esta vertiente la creación de políticas públicas adecuadas para los sistemas ganaderos deberán de estar enfocadas en el fortalecimiento de los rubros de investigación, innovación y servicios tecnológicos para incorporar nuevas prácticas sustentables en la producción que propicien la mitigación y adaptación al actual cambio climático; sin embargo, se deberán de tomar en cuenta los riesgos e implicaciones que surgen al tomar decisiones por parte de los gobiernos y productores en cualquier escenario o zona donde se apliquen (Díaz, 2010).

Se ha observado que el desarrollo lechero está causando algunos efectos sobre su entorno como son: productores familiares en disminución, migración a las ciudades, utilización intensiva de agroquímicos y fertilizantes, mayor dependencia de la utilización en dietas de granos y reservas forrajeras y presión sobre el recurso agua (contaminación química y vertido de efluentes) (FEPALE, 2012).

Ahora bien desde otra perspectiva, el clima está cambiando a nivel global, así lo planteo con evidencias científicas el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC); ante esta problemática ambiental, la agricultura y la ganadería están entre los sectores más sensibles; así mismo el sector ganadero puede verse seriamente afectado en las próximas décadas, si es que no se toman las medidas necesarias a tiempo, específicamente invirtiendo los recursos necesarios para desarrollar medidas de mitigación y adaptación (Díaz, 2010).

Por ello Fernández y Mena (2010), mencionan que es muy importante la consideración del sector ganadero a la hora de diseñar políticas encaminadas a la solución de los problemas relacionados con la degradación de la tierra, el calentamiento global, la contaminación atmosférica, la contaminación y la escasez del agua, y la pérdida de biodiversidad. Es así que, la formulación de políticas más adecuadas al entorno donde se estén generando y aplicando, es un requisito medioambiental y una necesidad social.

El cambio climático implica desafíos y retos constantes para la sociedad y más para aquellos involucrados en el área rural y a la producción agropecuaria, el rol de la ganadería en el abastecimiento de alimentos y el bienestar de las comunidades urbanas y rurales, es más evidente actualmente frente a una mayor demanda por alimentos de

origen animal. De igual forma, una cantidad importante de leche es generada por los sistemas en pequeña y mediana escala sin acceso al riego quedando desplazados en zonas degradadas y vulnerables al cambio climático; a su vez otros sistemas asentados en zonas óptimas para la producción sostenible de leche podrían verse desplazados a ecosistemas frágiles por la continua y creciente demanda de tierras utilizadas para monocultivos (Díaz, 2010).

Desde hace algunos años, se viene dando una descomposición evidente entre la capacidad natural del medio para regenerarse y la presión a la que se ven expuestos los recursos naturales. A estos y otros factores se debe adicionar los efectos que el cambio climático tendrá o están teniendo en las áreas con mayor riesgo de sufrir sus consecuencias (Greenpeace, 2007). Es por esto, los diversos problemas en el ambiente, no se puede vislumbrar aislando el problema de estudio; no se pueden estudiar cada una de las variables implicadas sin tomar en cuenta las interrelaciones entre ellas y sus consecuencias en el ambiente (Fernández y Mena, 2010).

3.1.1 Impacto de la ganadería lechera en el agua

La mayor parte del agua que se utiliza en ganadería vuelve al ambiente en forma de estiércol o de aguas residuales. El estiércol del ganado contienen cantidades importantes de nutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio), metales pesados, patógenos y residuos de medicamentos. Si estos elementos llegan al agua o se acumulan en el suelo constituyen una amenaza para el ambiente (Gerber y Menzi, 2005). La intensa producción agropecuaria ha sido la precursora en el aumento de la fertilización con nitrógeno (N), fosforo (P) a escala global; los cultivos absorben los nutrientes de los fertilizantes de forma restringida, la mayoría del Nitrógeno y Fosforo se pierden por escorrentía o lixiviación, este proceso de lixiviación de nitratos en el suelo pasa a los mantos freáticos, aumento su concentración en el agua potable lo cual se convierte en un riesgo para la sociedad y para el ambiente y la biodiversidad que los rodea (Matson *et al.*, 1997). El nitrógeno tanto en su fertilización química como orgánica produce un aumento en las emisiones de gases como son el óxido nitroso (N₂O), los óxidos de nitrógeno (NO_x), y el

amoníaco (NH₃), estos dos últimos puede ser arrastrados por el viento y depositarse en otros lugares lo cual puede conducir a la acidificación del suelo; así mismo las altas cantidades de estiércol aplicadas en suelos agrícolas, amenazan la fertilidad de los suelos. Además de ello, el ganado excreta muchos microorganismos zoonóticos y parásitos que pueden afectar la salud humana (Muirhead *et al.*, 2004).

A toda esta gran problemática, se le agregan consecuencias ambientales, sociales y económicas por la falta de previsión en la gestión del agua las cuales serán dramáticas, si no se toman en cuenta medidas urgentes, es por ello que no tiene caso el generar, desarrollar y aplicar políticas o estrategias de prevención, ahorro y optimización de los recursos hídricos que potencialicen el desarrollo de un país o una región cuando la oferta del recurso hídrico es limitada y cada vez más escasa de este valioso elemento (Greenpeace, 2007).

La disponibilidad del agua es un factor limitante para el desarrollo de la agricultura, la ganadería y toda actividad humana. Estas actividades requieren de grandes cantidades de agua, con un consumo del 70% del total de agua dulce para el año 2000, el sector agropecuario fue responsable de un 93% de su agotamiento (Turner *et al.*, 2004).

Es evidente que los sistemas de producción agropecuarios presentan diferencias en los usos del agua, en los sistemas extensivos, el ganado necesita más agua para satisfacer sus necesidades, ya que el esfuerzo que hacen en busca de la misma y del forraje, requieren de un aumento en la cantidad de agua que consumen; en contraste, si se compara con los sistemas intensivos o industrializados, requiere mayores cantidades de agua de servicio necesaria para el enfriamiento y la limpieza de las instalaciones (Steinfeld *et al.*, 2009); así como para la limpieza de los animales, elaboración de productos y eliminación de los desechos (Chapagain y Hoekstra, 2004).

El uso del agua por el ganado, así como la contribución del sector pecuario a su agotamiento es muy elevado. Cada vez se necesitan mayores volúmenes de agua para satisfacer las necesidades del proceso de producción ganadera, considerando todas las etapas implicadas en el proceso (Fernández y Mena, 2010).

3.1.2 Huella Hídrica

El impacto que tienen las actividades humanas en el recurso hídrico ha sido contabilizado de distintas maneras. Una visión integral considera como parte de nuestro consumo el volumen de agua que se extrae de cuerpos superficiales y subterráneos, el agua de lluvia que se emplea para los cultivos, la que se evapora debido a sistemas de almacenamiento y el agua contaminada. Así mismo también es importante el momento en cual el agua es utilizada y el lugar del que es obtenida, siendo ambos de gran relevancia; es así que su valor e impactos serán distintos en la temporada de lluvias que en la de estiaje, en una zona tropical con lluvias todo el año que en un desierto donde hay extensiones muy grandes de terreno sin ninguna laguna o río. Es por ello que cuando se contabiliza el conjunto de usos de agua en una región determinada, se pueden encontrar sitios en los que la inadecuada distribución de la misma ha afectado a los ecosistemas, por lo que existe un equilibrio equitativo en sectores en los que el agua no es para abasto público (agricultura, industria y generación de energía) y que en muchas ocasiones son acaparadores de este recurso parcial o totalmente. Es imprescindible tener en cuenta todos estos factores para entender las condiciones en que el agua es utilizada por la sociedad, y así tomar conciencia sobre la magnitud del impacto que el aprovechamiento humano del recurso tiene sobre su disponibilidad, distribución y su efecto sobre los ecosistemas. (AgroDer, 2012).

Además de nuestro del uso directo (limpieza, producción, etc.), cada vez que se consume un alimento, producto o servicio, indirectamente se aprovecha el agua involucrada en sus procesos de producción, que es donde se emplea la mayor parte del agua. Al darse cuenta que la mayor parte del consumo de agua es indirecto, es necesario cuantificar los volúmenes de agua que están “ocultos” detrás de la manufactura de cada producto. A partir de esta necesidad de contabilizar todos estos flujos de agua tanto directa como indirecta surge el concepto de huella hídrica, el cual es un indicador, que permite conocer el volumen de agua que se aprovecha ya sea un individuo, un grupo de personas o consumidores, una región, país o la humanidad en su conjunto (Mekonnen y Hoekstra, 2010). En si está considerado como un indicador integral y multidimensional de agua dulce, el cual se puede contabilizar el volumen de agua dulce utilizada para elaborar un

producto, a partir de toda la cadena de suministro, lo cual permite mostrar los volúmenes de agua consumida por fuente, así como los volúmenes contaminados, tipo de contaminación, especificando todos los componentes de la huella hídrica total geográficamente y temporalmente (Hoekstra *et al.*, 2011).

Para una mejor evaluación se deberá de tomar en cuenta cuatro componentes (volumen, clasificación, lugar y momento de extracción). Así mismo, identificar estos datos proporciona la base para el análisis de la huella hídrica, además de ello, se debe tomar en cuenta factores locales; es decir, evaluar los impactos en tiempo y espacio sobre la extracción hídrica y su retorno como agua tratada, su efecto sobre el ciclo hidrológico, la importancia ambiental de la zona, la productividad hídrica, las condiciones de escasez o estrés hídrico imperantes, los usos locales del agua, el acceso de la población al agua, impactos en la cuenca baja y otros criterios que puedan incidir en el mantenimiento de un equilibrio sustentable y equitativo del agua en cada cuenca hidrológica, para dar un contexto real y útil al concepto. (Mekonnen y Hoekstra, 2011).

3.1.3 Evaluación de la huella hídrica

La idea de considerar el uso del agua a lo largo de las cadenas de suministro ha ganado interés después de la introducción del concepto de "huella hídrica" propuesto por Hoekstra en 2002. Es así que la HH considera la fuente de donde proviene el agua y, en función de ello, la clasifica en tres tipos o colores: azul, verde y gris. Los costos de oportunidad, el manejo y los impactos para cada uno difieren significativamente para cada color. El Agua azul, se denomina así al agua que se encuentra en los cuerpos de agua superficial (ríos, lagos, esteros, etc.) y subterráneos. Se refiere al consumo de agua superficial y subterránea de determinada cuenca, entendiendo consumo como extracción; es decir, si el agua utilizada regresa intacta al mismo lugar del que se tomó dentro de un tiempo breve, no se toma en cuenta como HH.

Por su parte el Agua verde, es el agua de lluvia almacenada en el suelo como humedad, siempre y cuando no se convierta en escorrentía; igualmente, contempla específicamente

en el flujo de la evapotranspiración del suelo que se utiliza en agricultura y producción forestal. Por último, el Agua gris, es toda el agua contaminada por un proceso; es decir, la cantidad de agua dulce necesaria para asimilar la carga de contaminantes dadas las concentraciones naturales conocidas de éstos y los estándares locales de calidad del agua vigentes. La suma del agua verde, el agua azul y el agua gris que requiere un producto o servicio dentro de todo el proceso de elaboración será su huella hídrica (Mekonnen y Hoekstra, 2011).

Los estudios de huella hídrica pueden tener diversos propósitos y ser aplicados en diferentes contextos, cada propósito requiere su propio alcance para su análisis y permitirá diferentes opciones al hacer sus hipótesis. Se puede evaluar la huella hídrica de diferentes cosas (productos y/o servicios), por lo que es importante especificar en qué tipo huella hídrica se está interesado. Muchos productos contienen ingredientes de la agricultura, se utilizan cultivos como alimentos, piensos y/o fibra, ya que la agricultura es un sector importante y los productos que ella genera consumen una cantidad importante de agua, ya sea en forma de riego o a partir del agua de lluvia en una agricultura de temporal, para todos estos cultivos agrícolas, es relevante analizar particularmente su HH (Hoekstra *et al.*, 2011).

3.2.1 Impacto de la ganadería lechera en la atmosfera

A partir de la revolución industrial, las concentraciones de CO₂ en la atmosfera, han ido en aumento de forma significativa (un 30% más que para el año 1975), como consecuencia de la combustión de derivados del petróleo y la reducción de la masa forestal, dando lugar a un efecto “invernadero”, mejor conocido como calentamiento de la tierra. Desde 1900 las temperaturas han incrementado de 0.3 y 0.7 °C en el mundo. Los modelos climáticos predicen un incremento de la temperatura de 2 y 4°C. (Domenech, 2007).

En los setenta los científicos y el Club de Roma, mediante el informe “los límites del crecimiento”, hicieron un llamado sobre la creciente amenaza mundial sobre el

calentamiento de la tierra en la 1era. Conferencia Mundial sobre el Clima realizada en Ginebra 1979; en 1987 la Comisión Brundtland puso en la agenda política el tema del cambio climático; en la Conferencia Mundial sobre Atmosfera Cambiante realizada en Toronto en 1988 se recomendó la reducción de las emisiones de CO₂. Poco tiempo después se creó el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) en la sede del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), esta comisión ha estado encargada de estudiar las evidencias científicas de la contribución del hombre al calentamiento de la Tierra y hacer una evaluación e investigación de sus efectos. En 1992 durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo, celebrada en Rio de Janeiro, Brasil, los países se comprometieron a intentar reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a partir de un Convenio Marco sobre el Cambio Climático (IPCC, 2007; Katerere, 2007)

Por su parte, el Protocolo Internacional de Kioto (1997), estableció límites para los distintos gases de efecto invernadero; así mismo implementó el compromiso para que países desarrollados evaluaran y cuantificaran las concentraciones de los gases que producen y desarrollaran prácticas para reducirlos (Schneider y Samaniego, 2009).

En el ambiente la producción bovina emite sus graves efectos, siendo en gran medida la responsable directa de ellos. Así mismo, la sociedad hace poco por mitigar esos efectos, esto podría perjudicar negativamente el futuro de la producción láctea; así como el de las próximas generaciones y la del planeta. Es por ello la necesidad y responsabilidad que tiene actualmente la sociedad de atender y generar posibles soluciones, lo más rápido posible a las señales que está dando el planeta en cuanto al cambio climático y que hoy en día están sucediendo alrededor del mundo; por ello, es necesario generar una forma de convivencia equilibrada entre los distintos tipos de sistemas agropecuarios y el ambiente, sin poner en riesgo el bienestar y la seguridad alimentaria de las futuras generaciones (FAO, 2012).

Durante todas las etapas de la producción, existe generación de emisiones de gases de efecto invernadero y otros gases contaminantes; por tanto, la producción ganadera contribuye directa e indirectamente al calentamiento global. La emisión de gases de efecto invernadero que se producen en la fermentación entérica del ganado es un efecto

directo, mientras que el resto de actividades de toda la cadena de producción pecuaria, tales como la producción de forrajes o la comercialización de los productos animales, hasta que llega al consumidor final, tienen un efecto indirecto (Fernández y Mena, 2010).

La contribución que aportan los GEI al total de emisiones por el sector ganadero es variable, el metano es el que más contribuye al impacto del sector lechero en el calentamiento global: alrededor del 52% de las emisiones GEI, tanto de países en desarrollo como desarrollados, el óxido nitroso representa el 27 y el 38% de las emisiones de GEI en países desarrollados y países en desarrollo respectivamente; mientras que las emisiones de CO₂ representan una mayor proporción de las emisiones en los países desarrollados (21%), en comparación con los países en desarrollo (10 %). FAO (2010). En este sentido, (Cué *et al.*, 2013) mencionaron que debido al rápido aumento en las concentraciones atmosféricas de estos gases de efecto invernadero durante las últimas décadas, así como los efectos que tienen sobre el clima y la química atmosférica, las emisiones deben controlarse y reducirse. (IPCC, 2001; Wuebbles y Hayhoe, 2002).

3.2.2 Gases de efecto invernadero

3.2.2.1 Metano (CH₄)

Entre los principales gases de efecto invernadero emitidos por las actividades antropogénicas destacan el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O) y los clorofluorocarbonos. La participación del sector pecuario en el calentamiento global es de aproximadamente el 18%, un porcentaje incluso mayor que el del sector del transporte en todo el mundo; a la producción pecuaria se le debe cerca del 9% del total de las emisiones de dióxido de carbono, un 37% del metano y un 65% del óxido nitroso (Steinfeld *et al.*, 2009). Aunque las actividades agrícolas son la cuarta causa de emisiones de GEI, este sector emite grandes cantidades de los llamados gases que no son CO₂” los cuales incluyen al N₂O y al CH₄. (Montzka *et al.*, 2011).

Además de ello, estos GEI tienen diferente potencial de calentamiento global, el CH₄ tiene un potencial de calentamiento para el planeta 23 veces superior al CO₂ (IPCC, 2001), es

decir, que cada kilo de CH₄ liberado en la atmósfera coadyuva al calentamiento global relativo tanto como la emisión de 23 a 28 kg de CO₂ y para el N₂O es de 265 kilos, mayor en comparación con el CO₂ en un escenario calculado para un horizonte temporal de 100 años. Es por ello que es importante monitorear e incluir las emisiones del sector agrícola en las estrategias de mitigación, ya que remover gases como el N₂O de la atmósfera podría tener un impacto 300 veces mayor que remover la misma masa de CO₂ (Cué *et al.*, 2013; IPCC, 2013; Saynes *et al.*, 2016).

El metano es un compuesto molecular que se encuentra en abundancia en la atmósfera, con propiedades radioactivas que le otorgan una alta capacidad de absorción de la energía infrarroja, contribuyen así al calentamiento global (Cué *et al.*, 2013). El metano (CH₄) es un producto final de la fermentación entérica que sufren los alimentos en el rumen, del cual se pierde de energía de un 2 a 12% de la energía bruta consumida y en términos ambientales contribuye al calentamiento global y al cambio climático; actualmente se ha dado mayor énfasis a la contribución que tiene este gas de efecto invernadero sobre el cambio climático global (Carmona, 2005).

El metano es producido por microorganismos pertenecientes al dominio de las *Archaea* que comprenden dos reinos (*Euryarchaeota* y *Crenarchaeata*) los primeros se clasifican como metanogénicas (Jarrel *et al.*, 1999). Es así que estas bacterias metanogénicas se encuentran en el rumen las cuales son anaerobias obligadas (Bonilla y Lemus, 2012), a partir de la actividad enzimática microbiana los carbohidratos tanto simples como complejos se hidrolizan a azúcares de 5 y 6 carbonos, estos azúcares son fermentados a Ácidos Grasos Volátiles (AGV) a partir de múltiples pasos, estos producen reducción de los equivalentes entre ellos hidrogeno metabólico, el cual es convertido en H₂ por especies bacterianas que expresan la hidrogenasa y el H₂ es convertido en CH₄ por *Archae* en una acción combinada; además, del metano existen otros productos resultantes de la fermentación entérica como son los AGV's (Acético, propionico y butírico), láctico, succínico, etanol, CO₂, hidrogeno y Ac. sulfhídrico, estos productos se obtiene a partir de la glucosa o fructuosa que se produce a partir de la liberación de los distintos carbohidratos y que fermentan las bacterias siguiendo la vía catabólica de la glucólisis. Uno de los compuestos clave en este proceso es el Ac. Pirúvico el cual aparece

en baja concentraciones en el líquido ruminal a partir del cual se obtendrán los AGV's (Figura 1) (Czerkawsky, 1986; Moss *et al.*, 2000. Es así que los carbohidratos constituyen la mayor parte de la ración en la dieta de los rumiantes y una fuente importante de energía tanto para los microorganismos como para los rumiantes que ingieren la ración. Los carbohidratos más abundantes en las dietas para rumiantes (polisacáridos, celulosa, hemicelulosa, pectinas, fructanas y almidones) y en base materia seca la celulosa puede alcanzar (20-30% de carbohidratos), la hemicelulosa (14-17 % de carbohidratos y las pectinas (10%), cuando los microorganismo ruminales fermentan carbohidratos solubles, utilizan parte de la glucosa para la síntesis de compuestos de almacenamiento de energía, los cuales pueden ser aprovechados cuando las bacterias encuentran como sustratos principales a la celulosa y la hemicelulosa (Corbett, 1969).

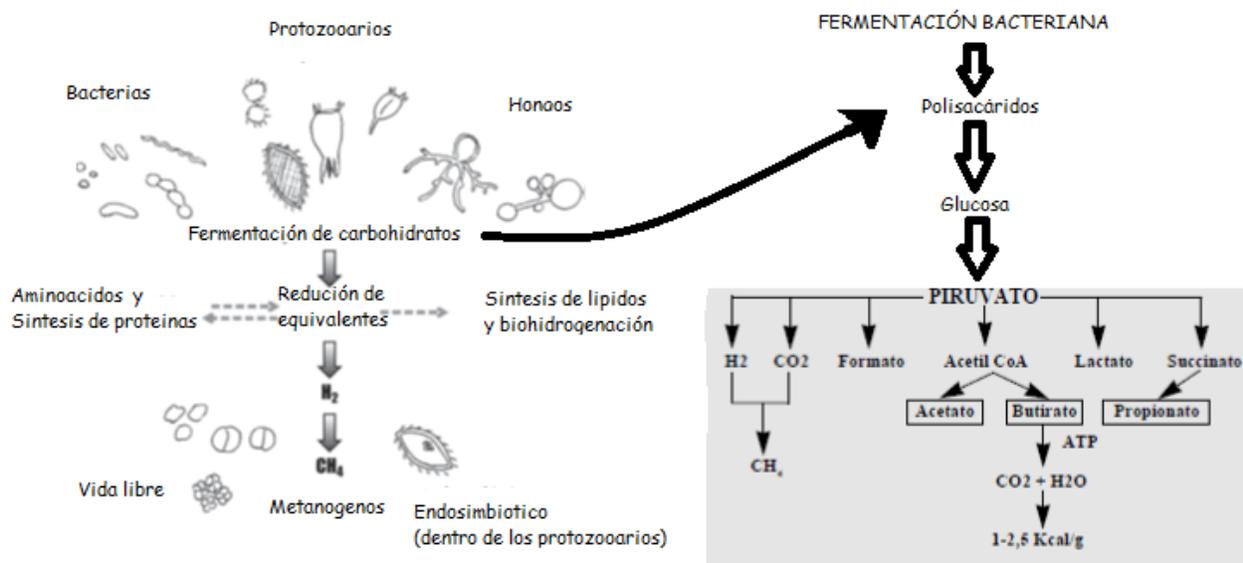


Figura 1. Microorganismos del rumen, proceso de fermentación entérica y sus productos.

Fuente: Czerkawski, (1986); García *et al.* (2002); Knapp *et al.* (2014).

En cuanto a las estrategias de mitigación de metano, existe una abundancia en ellas, las cuales se han estudiado e implementado y se pueden clasificar en tres amplias categorías: 1. Alimentaciones (manejo y nutrición): La utilización de alimentos de buena calidad puede aumentar la productividad y la eficiencia; ciertos alimentos pueden mejorar el propionato o disminuir la producción de acetato, disminuyendo el H₂ que sería

convertido a CH₄. 2. Modificadores del rumen: En la alimentación el uso de sustancias específicas que inhiben directa o indirectamente la metanogénesis o a partir del control biológico (defaunación, bacteriocinas, bacteriófagos e inmunización), encaminado a la reducción de metanógenos; por ejemplo la producción de vacunas, utilizando extractos de plantas, ionóforos, antibióticos específicos, bacteriófagos y bacteriosinas. 3. Incremento de la producción animal a través de la genética, lo cuales mejoran la utilización de nutrientes con fines productivos para disminuir el mantenimiento de un animal o un hato, aumentando la eficiencia de la alimentación y disminuyendo CH₄ por unidad de producto (carne o leche), ocasionando que las emisiones totales de CH₄ disminuirán por año, la producción láctea permanecerá constante y serán necesarias menos vacas para producir la misma cantidad de Leche (Bonilla y Lemus 2012; Knapp *et al.*, 2014).

Aunque las vacas lecheras tienen una mayor relevancia al realizarse más investigaciones sobre este tema en este tipo de rumiantes, se deberá de tomar en cuenta también a los pequeños rumiantes (ovejas y cabras), los cuales solo se incluyen como referencia. Muchos de los principios detrás de la reducción de CH₄ pueden ser generalizados. Sin embargo, todas deberán de estar encaminadas en la mitigación correcta. Es así que cada enfoque, deberá de adaptarse a las necesidades específicas de los productores, al tipo de producción y animales y aunque la mayoría de los enfoques sobre mitigación de CH₄ fueron estudiados y aplicados con animales en sistemas tecnificados en climas templados, con manejos y dietas adecuados, la utilización de estos enfoques puede extenderse y utilizarse a otros sistemas de producción, estas estrategias de mitigación deberá de ser rentables, si es que se espera que los productores adopten estos cambios (Knapp *et al.*, 2014).

3.2.2.2 Dióxido de Carbono (CO₂)

El dióxido de carbono es uno de los gases traza más comunes e importantes en el sistema atmósfera-océano-Tierra, es el más importante GEI asociado a actividades humanas y el segundo gas más importante en el calentamiento global después del vapor de agua. Este gas tiene fuentes antropogénicas y naturales; dentro del ciclo natural del

carbono, el CO₂ juega un rol principal en un gran número de procesos biológicos. En relación a las actividades humanas el CO₂ se emite principalmente, por el consumo de combustibles fósiles. El óxido nitroso, cuyas fuentes son de carácter natural y antropogénico, contribuye con cerca del 6% del forzamiento del efecto invernadero. Sus fuentes incluyen los océanos, la quema de combustibles fósiles y biomasa y la agricultura. (Benavides y León, 2007).

3.2.2.3 Óxido Nitroso (N₂O)

El óxido nitroso es inerte en la troposfera, su principal sumidero es a través de las reacciones fotoquímicas en la estratosfera que afectan la abundancia de ozono estratosférico. La fuente más importante de óxido nitroso son las emisiones generadas por suelos agrícolas y en menor grado por el consumo de combustibles fósiles para generar energía y las emitidas por descomposición de proteínas de aguas residuales domésticas. Las emisiones de óxido nitroso generadas por los suelos agrícolas se deben principalmente al proceso microbiológico de la nitrificación y desnitrificación del suelo. Se pueden distinguir tres tipos de emisiones: las directas desde el suelo, las directas de óxido nitroso del suelo debido a la producción animal (pastoreo) y las indirectas generadas por el uso de fertilizantes (Benavides y León, 2007).

Las emisiones de GEI del hato lechero, incluidas las emisiones por deforestación y el procesamiento de lácteos se estimaron en 1.969 millones de toneladas de CO₂-eq. (± 26 %), de los cuales 1,328 millones de toneladas se atribuyen a la leche; se estima que el procesamiento y el transporte de lácteos contribuyen con un 2.7 % al total de las emisiones antropogénicas de GEI (FAO, 2010).

La cría extensiva del ganado representa una fuente importante de gases de efecto invernadero a la atmósfera, contribuyendo con aproximadamente con un 18 a 20% del CH₄ producido anualmente a escala mundial y es una de las pocas fuentes de CH₄ que pueden ser reducidas a través de apropiadas estrategias alimenticias (Gibbs *et al.*, 1989), siendo la fermentación entérica una de las principales fuentes de metano de esta

actividad, los rumiantes están situados en primer lugar de importancia. La producción de metano depende fundamentalmente de la cantidad y calidad del alimento ingerido, siendo la digestibilidad de la ración uno de los factores más influyentes, por lo que generalmente se establece una correlación negativa entre la digestibilidad de las dietas y la emisión de metano (Cué *et al.*, 2013).

En contraparte, el estiércol del ganado está compuesto principalmente por materia orgánica, cuando este material se descompone en un medio anaeróbico, las bacterias metanogénicas producen metano estas condiciones se presentan cuando se manejan grandes cantidades de animales en espacios limitados. En un estudio realizado en Argentina en donde se aplicó la metodología del IPCC con un “Nivel 1” para Emisiones de metano por manejo del estiércol en dos municipios, se encontró que las fincas pequeñas, produjeron menos cantidades de emisiones de metano 23% (0.0005395 Gg CH₄/año), en comparación con fincas medianas (0.0003549 Gg CH₄/año) 50%, estas últimas las que más metano produjeron en comparación con fincas pequeñas y grandes (León *et al.*, 2012).

Los principales factores que inciden en las emisiones de CH₄ son las cantidades de estiércol que se está produciendo (tasa de producción de desechos/animal) y la porción que se descompone de forma anaeróbica (tipo de gestión del estiércol). Cuando el estiércol se maneja como sólido (parvas, pilas o montón) o cuando se deposita en pasturas y prados, tiende a descomponerse bajo condiciones más aeróbicas y se produce menos CH₄ (IPCC, 2007).

3.2.3 Modelo de Contabilidad Ambiental sobre la Ganadería (GLEAM)

El GLEAM es un marco de modelado basado en un método de evaluación del ciclo de vida (ACV) que cubre los 11 principales productos pecuarios a escala mundial (carne, leche y huevo) del ganado (bovino, ovino, caprino, búfalo, cerdos y aves); el modelo se ejecuta en un entorno de Sistema de Información Geográfica (SIG), proporciona estimaciones desagregadas espacialmente sobre las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y la generación de productos para un sistema de producción dado, lo que permite el cálculo de la intensidad de las emisiones para cualquier combinación de

productos, sistemas de producción y ubicación a diferentes escalas espaciales. El GLEAM se basa en cinco módulos que reproducen las etapas principales de la producción ganadera: Módulo de rebaño, Módulo de estiércol, Módulo de alimentación, Módulo de sistema y Módulo de asignación. La estructura general se muestra en la Figura 2. FAO. (2016)^b.

El enfoque ACV, que se define en las normas ISO 14040 y 14044 (ISO, 2006a e ISO, 2006b), el cual es ampliamente aceptado en la agricultura y otras industrias como un método para evaluar el impacto ambiental de la producción y para identificar los recursos y las emisiones. La principal fortaleza de ACV radica en su capacidad para proporcionar una evaluación holística de los procesos de producción en términos de uso de recursos e impactos ambientales, así como para considerar múltiples parámetros (ISO, 2006a e ISO, 2006b). El ACV también proporciona un marco para identificar ampliamente los enfoques efectivos para reducir las cargas ambientales y se reconoce por su capacidad para evaluar el efecto que los cambios dentro de un proceso de producción puedan tener en el balance general del ciclo de vida sobre las cargas ambientales.

La unidad de referencia que expresa la salida útil del sistema de producción se conoce como la unidad funcional y tiene una cantidad y calidad definidas. La unidad funcional puede basarse en una cantidad definida, como 1 kg de producto, o puede basarse en un atributo de un producto o proceso, como 1 kg de peso en canal. Las unidades funcionales utilizadas para informar las emisiones de GEI se expresan como kg de equivalentes de dióxido de carbono (CO₂-eq) por kg de proteína. Esto permite la comparación entre diferentes productos pecuarios (FAO, 2016)^b.

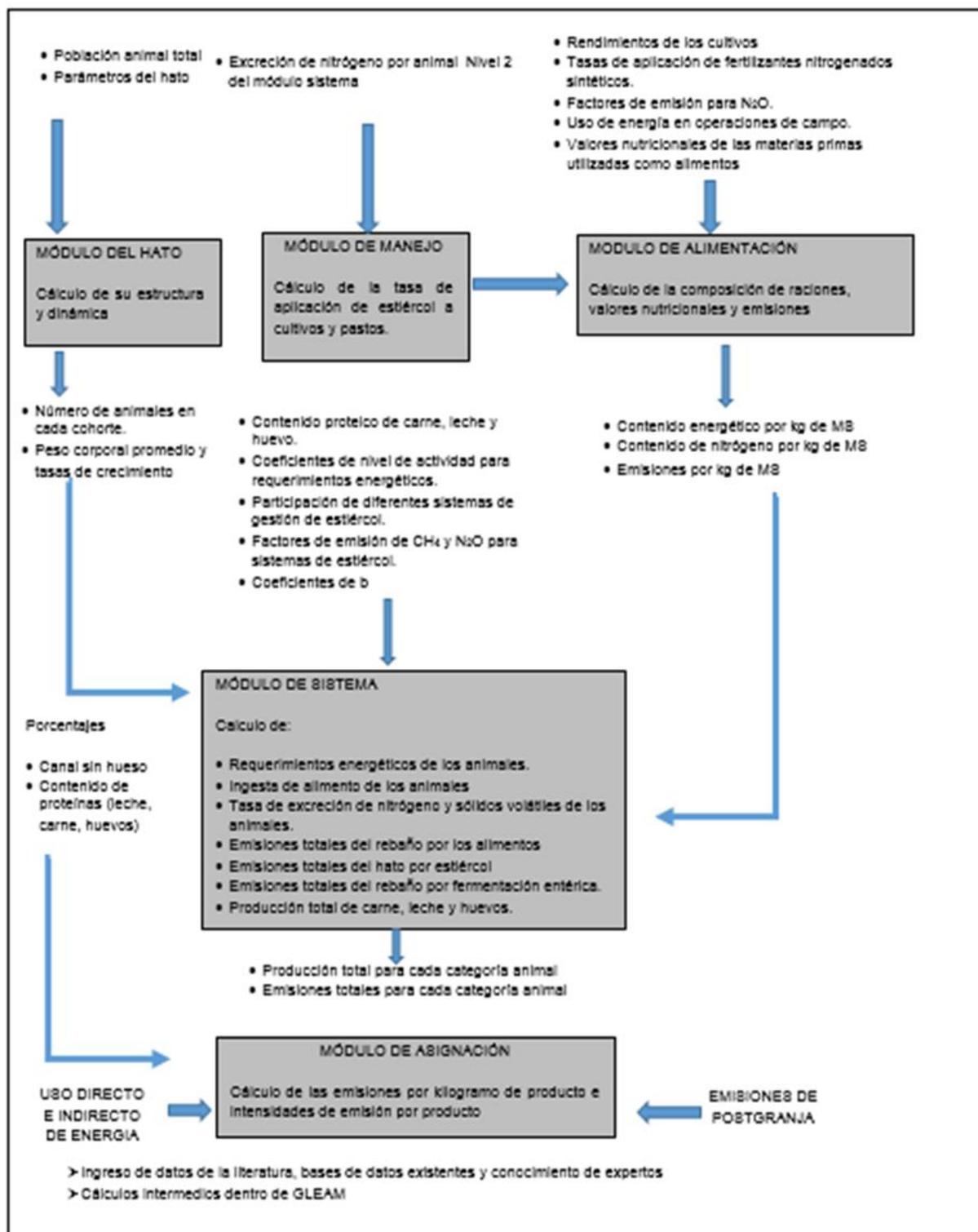


Figura 2. Visión general de la estructura del Modelo GLEAM

Fuente: FAO, (2016) ^b.

4.1 Impacto Socioeconómico de la ganadería

La inserción de México en el mercado global arrastró al sector agroalimentario y agropecuario, teniendo grandes transformaciones (Cavalloti, 2017); este último estando en competencia con uno de los mayores productores agropecuarios del mundo, los E.U. (SIAP, 2016), provocando un impacto socioeconómico que se predijo y que no tardó en presentarse, teniendo como consecuencia que la mayoría de pequeños y medianos productores deterioraría su producción y así mismo se fortalecerían grandes empresas (Cavalloti, 2013 y 2017). Es así que las retribuciones económicas de pequeños productores de granos básicos, se han visto afectados aún más, lo que significa menores ingresos que no permiten cubrir los gastos que generan las familias de los productores; esto ha generado buscar estrategias viables que permitan contribuir al gasto del hogar y por ende a la calidad de vida del núcleo familiar, entre estas alternativas en el medio rural es la producción de leche en pequeña escala. De la cual, la leche que se produce en este tipo de sistema, es un producto que permite el ingreso diario que se traduce en capital en efectivo al término de la semana. Ninguna otra actividad en pequeña escala tiene un flujo de dinero en efectivo tan dinámico (Arriaga *et al.*, 1999 y Espinoza, 2007). Por ende a fin de contribuir a la producción láctea nacional y ser una opción de desarrollo rural la producción de leche en pequeña escala debe ser eficiente y a bajo costo (Wiggins *et al.*, 2001).

4.1.1 Metodología de Presupuestos por actividad

Preparar un presupuesto económico para cualquier actividad productiva tendrá como objetivos, calcular los retornos financieros a la empresa, ver los retornos a cada variable productiva empleada y a partir de ello comparar una actividad con una alternativa o evaluar si es factible ingresar una nueva actividad a la unidad de producción. Además se podrán tomar decisiones, sacar índices de productividad y costos en términos estándar y simular escenarios que permitan vislumbrar el efecto de cambios dentro y fuera de la actividad productiva y generar estrategias ante estos posibles efectos. La metodología de “Presupuestos por actividad” tiene por objetivo realizar un “análisis de la economía de la producción de leche en cuanto a costos marginales e ingresos dentro de los sistemas existentes y posibles, dado que el futuro de la producción de leche en pequeña escala

estará guiado por su viabilidad económica enmarcada desde un punto de vista social en el contexto de creación de empleo e ingresos para los integrantes de las comunidades rurales” (Wiggins *et al.*, 2001). En si este marco metodológico, trata de obtener un presupuesto, el cual debe ser sencillo, tratando de obtener a detalle los costos y retornos de la producción, para que a partir de ellos se obtengan medidas sumarias (Cuadro 3).

Cuadro 3. Principales retornos, costos y sus factores en el sistema lácteo.

Elemento	Factores influyentes
<i>Retornos</i>	
Cantidad de leche/año	Manejo de la reproducción, salud animal
• Intervalo entre partos	Manejo del ordeño, reproducción, nutrición.
• Duración de la lactancia	Nutrición (cantidad y calidad), merito genético, salud animal.
• Rendimiento de la lactancia	
Precio de la leche	Demanda de leche y subproductos lácteos
• Época de venta	Manejo reproductivo
• Calidad láctea	Sanidad animal, manejo del ordeño, tratamiento, almacenaje y manejo de la leche
• Costos por transporte	Distancia del mercado e infraestructura del transporte
<i>Costos</i>	
Alimentación	
• Forrajes cultivados	Clima, suelos, agua; costo de fertilizantes; costo de oportunidad de la tierra.
• Pastos	Costo de transporte, precio de importaciones
• Concentrados	
Mano de obra	Cantidad de mano de obra, jornal en el mercado del trabajo local
	Costo de oportunidad (mano de obra familiar)
Costo neto de reemplazos	
• Valor de becerros	Demanda por becerros de engorda
• Costo de vaquillas gestantes	Costo especial por alimentación especial para crías
Gastos por servicios veterinarios	Geografía local: Incidencia de enfermedades, parásitos, etc. Costo de medicamentos
Maquinaria e infraestructura	Clima, construcciones locales, costo de equipos y materiales de construcción.

Fuente: Wiggins *et al.*, 2001

Estas medidas sumarias son las variables económicas que se abordaran en esta investigación, las cuales incluyen: Margen Bruto (MB) (valor de los retornos menos los costos variables), Margen en efectivo (ME) (razón de los retornos en efectivo entre los gastos en efectivo), el Margen por día de trabajo familiar (MDTF) (A partir del cálculo del MB más los costos de mano de obra entre los días trabajados) y por último, la razón ingreso/egreso (utilidad de la actividad). Los ingresos incluyen el valor de la producción, la que en su mayoría es por la venta de la leche; así como de otros movimientos económicos (animales fuera y dentro del hato). Los costos se dividirán en variables (cambian con el nivel de producción) y fijos (los que se mantienen independiente de la actividad), esto dependerá del lapso de tiempo que se analizara; es decir, si es a corto plazo los costos no varían, pero si es a largo y mediano plazo, estos por lo general son cambiantes.

4.1.2 Índice de Desarrollo Humano (IDH)

La medición y el seguimiento de las condiciones de desarrollo son fundamentales para identificar y atender rezagos y diferencias asociados al género, al ingreso, al lugar, entre otros factores. A nivel local permite analizar el nivel y la desigualdad del bienestar, así como focalizar intervenciones promotoras del desarrollo humano sustentable (PNUD, 2014^a).

El Índice de Desarrollo Humano (IDH) es una herramienta clave para este enfoque, pues resume los logros en salud, educación e ingreso de las personas y ofrece un panorama multidimensional del desarrollo. Este indicador puede calcularse para distintos grupos o regiones y permite compararlos. Así mismo, sintetiza el avance obtenido en tres dimensiones básicas para el desarrollo de las personas: la posibilidad de gozar de una vida larga y saludable, la educación y el acceso a recursos para gozar de una vida digna (PNUD, 2015).

Los valores obtenidos dan cuenta de nivel de desarrollo humano de referencia, estos valores oscilan entre cero y uno, cuanto más cercano a uno sea el valor del IDH, mayor será el avance obtenido por la entidad en relación con los parámetros definidos en el

ámbito internacional, este indicador cuenta con tres categorías: Muy alto (0.760 - 0.830), Alto (0.745 - 0.760), Medio (0.723 - 0.742) y Bajo (0.667 - 0.720) (PNUD, 2011).

Para obtener estos valores, es necesario crear un índice para cada uno de los componentes (esperanza de vida, educación e ingreso bruto *per cápita*). Para ello se utilizan valores máximos y mínimos de referencia obtenidos del Informe Mundial sobre Desarrollo Humano, con los cuales se compara el logro de cada país, entidad o municipio, según sea el caso en cada dimensión. Entonces para calcular el índice de salud, se estima utilizando la esperanza de vida al nacer. Para el cálculo del índice de Educación se utilizan los años promedio de escolaridad para personas mayores de 25 años, así como los años esperados de escolarización para personas entre 6 y 24 años. Y por último, para obtener el índice de Ingreso se calcula con base en el ingreso personal disponible, ajustándolo al ingreso nacional bruto *per cápita* (PNUD, 2014^b y 2015).

De acuerdo con el PNUD, (2016) en el 2012 México tenía un IDH alto (0.74). Así mismo, dentro de las entidades federativas el Estado de México se encontraba en el lugar 15 vo. a nivel nacional con un ID alto (0.84), siendo la Ciudad de México la única entidad con un IDH muy alto.

IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El sector agropecuario desempeña funciones socioeconómicas y ambientales importantes para la sociedad; este sector está afrontando serios problemas a partir de la creciente presión sobre los recursos naturales, la cual ha aumentado y contribuye a la relación del sector ganadero con el cambio climático, pero a su vez también puede contribuir a su mitigación a través de la adopción de nuevas tecnologías (FAO, 2009 y 2010).

El reto ante esta problemática ambiental, la constante y creciente demanda de alimentos de origen animal de calidad, es proteger y conservar los recursos naturales y los medios de vida de las comunidades rurales (Díaz, 2010).

Es así que el desarrollo lechero está causando efectos sobre su entorno como: productores familiares en disminución, migración, utilización intensiva de agroquímicos y fertilizantes en suelos, mayor dependencia de la utilización de granos y reservas forrajeras en dietas y presión sobre el recurso agua (contaminación química y vertido de efluentes) (FAO/FEPALE, 2012); sobre este impacto que ejerce el sector lechero en el uso del agua es importante y preocupante, ya que compite directamente con las necesidades para uso humano (Charlton *et al.*, 2016).

Por su parte, Mekonnen y Hoekstra (2012), mencionan que el 19% del consumo mundial del agua está relacionada con los sistemas de producción de leche, tanto de uso directo como para la producción de forrajes y el suministro de alimentos (Sultana *et al.*, 2014).

Además de ello la ganadería bovina contribuyente a la generación de GEI a la atmosfera con 7.1 Gigatoneladas (Gt) de CO₂ equivalente/año, provocado por la fermentación entérica y el estiércol; estimando que el 14.5% de las emisiones antropogénicas pueden estar atribuidas al sector agropecuario (Gerber *et al.*, 2013); asimismo, la FAO calcula que el sector lechero emite 1.9 Gt de Co₂-eq/año en el 2007; sin embargo, diferentes estudios mencionan que la contribución de la producción de GEI totales por la actividad lechera se basan en datos crudos, los cuales no son apropiados ni reflejan la heterogeneidad de los sistemas de producción lechera (Haggeman *et al.*, 2012).

Por ello Fernández y Mena (2010) mencionan que se deberá considerar al sector ganadero a la hora de crear políticas públicas encaminadas a la solución de problemas relacionados con la degradación del suelo, el calentamiento global, la contaminación y la escasez de agua y la pérdida de la biodiversidad; y es ahí donde radica la importancia y la necesidad de realizar investigaciones para conocer más a fondo sobre esta problemática mundial que hoy en día está afectando (Díaz, 2010).

VII. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

GENERAL

¿Cuál es el impacto ambiental e implicación socioeconómica de la producción de leche en pequeña escala de la región Suroriente del Estado de México?

ESPECIFICAS

¿Cuáles son las características sociales, económicas y productivas del sistema de producción de leche en pequeña escala de la región Suroriente del Estado de México?

¿Cuál es el impacto ambiental generado por las emisiones de GEI y HH en el SPLPE?

¿Cuál es la rentabilidad económica del SPLPE?

III. JUSTIFICACIÓN

Se sugiere que a medida que el cambio climático se vaya intensificado mayores serán las consecuencias socioeconómicas y entre los sectores económicos que se verían seriamente afectados será el sector agropecuario. Además de ello se menciona que al aumentar la población en la próximas décadas, se pronostica un aumento en la demanda de productos tales como la carne y la leche en un 58% y 73% respectivamente para el año 2050, aunado a esta demanda los sistemas agropecuarios deberán de aumentar su eficiencia y productividad, pero sin dejar de lado aspectos tan importantes como el socioeconómico.

La ganadería es una actividad productiva importante que contribuye a aumentar la economía en el país, siendo relevante que la producción de leche de vaca se realiza prácticamente en todo el territorio nacional; se ha documentado que los sistemas de producción de leche en pequeña escala contribuyen con el 28% de la producción nacional; en este tipo de producción se destaca la zona suroriente del Estado de México, principalmente los municipios de Amecameca y Ayapango. De acuerdo con el SIAP (2017), la producción de leche para los municipios de Amecameca y Ayapango fue de 11'117.78 litros /año. Siendo la leche un factor económico importante en la zona de estudio para la elaboración y venta de subproductos lácteos artesanales y que además de ello este sistema genera una fuente primaria de ingresos familiares, es por ello que se enfatiza su relevancia socioeconómica. Y es que a partir de la caracterización de las zonas de mayor vulnerabilidad biofísica y socioeconómica; es así como surgen la implementación de estrategias innovadoras que coadyuvan a mitigar los efectos negativos de los sistemas agropecuarios enfocados en productores en pequeña escala, se convierte en una acción urgente que se puede y debe adoptar y es desde este enfoque que nace la importancia y la necesidad de realizar estudios a nivel nacional y local para conocer a fondo esta problemática mundial que hoy en día está afectando. Con base en esto último, algunos trabajos han argumentado que el uso de métodos socio-ecológicos que evalúen el impacto ambiental de los sistemas ganaderos no es fácil, la utilidad depende de muchos factores y se debe de tomar en cuenta la zona e indicadores, desde el punto de vista de la relación hombre- naturaleza.

V. HIPOTESIS

El sistema de producción en pequeña escala debido a la utilización de insumos locales y subproductos agrícolas es rentable económicamente, aunque genera gases de efecto invernadero de forma moderada.

VI. OBJETIVOS

GENERAL

- Evaluar el impacto ambiental e implicación socioeconómica de la producción de leche en pequeña escala en la región Suroriente del Estado de México

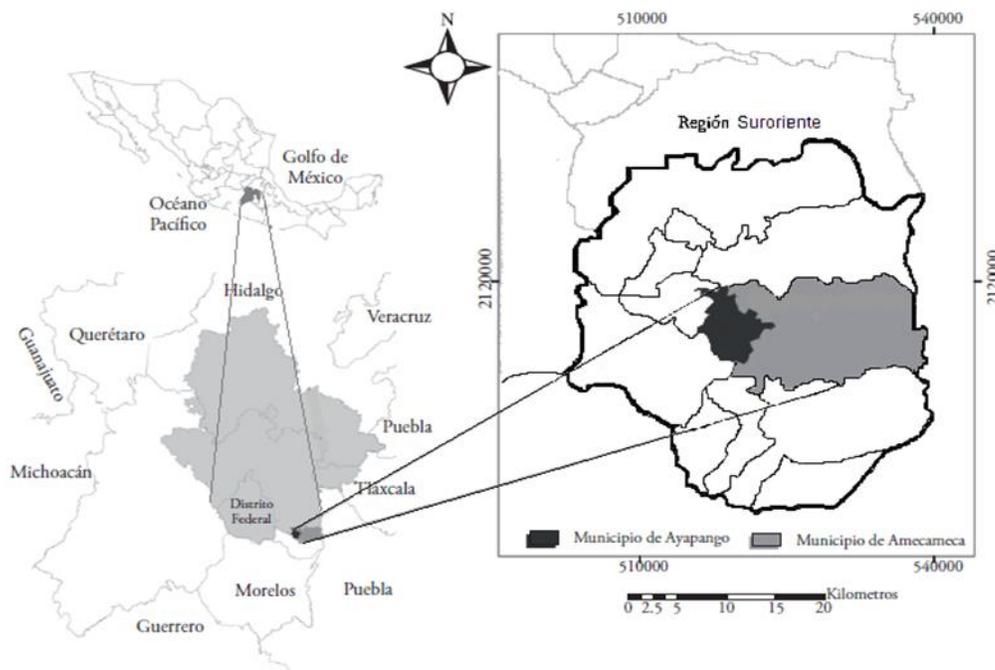
ESPECÍFICOS

- Caracterizar social, económica y productivamente el sistema de producción de leche en pequeña escala de la región Suroriente del Estado de México
- Determinar el impacto ambiental generado por las emisiones de GEI y HH en el SPLPE
- Evaluar la rentabilidad económica del SPLPE

VII. MATERIALES Y METODOS

Área de estudio

La presente investigación se realizó en los municipios de Amecameca y Ayapango, Estado de México los cuales son los de mayor importancia productiva en el sector lácteo local y son representativos de la zona Suroriente del Estado de México, los municipios están situados en la falda de la Sierra Nevada (Figura 1), dentro de la provincia del eje neovolcánico y la cuenca del río Moctezuma-Pánuco. El municipio de Amecameca, se localiza entre las coordenadas geográficas $98^{\circ} 37' 34''$ y $98^{\circ} 49' 10''$ de longitud oeste y $19^{\circ} 3' 12''$ y $19^{\circ} 11' 2''$ de latitud norte, a una altura promedio de 2,420 metros sobre el nivel del mar; el clima es templado subhúmedo Cb (w2) y la temperatura media anual de 14.1°C . Por su parte, el municipio de Ayapango se localiza entre las coordenadas, $19^{\circ} 11'$ latitud norte y $98^{\circ} 45'$ de longitud oeste, a una altura de 2,450 msnm, su clima es subhúmedo con lluvias en verano. Las principales actividades que se realizan en la zona de estudio son la forestal con 9,599 ha (50%), la pecuaria con 730 ha (3.4%) y la agrícola con 8, 729 ha (46%) (IGECEM, 2011^{ab}).



Fuente: elaboración propia. ♦ Source: authors' elaboration.

Figura 3. Ubicación del área de estudio

1er. FASE

Recolección de datos

Se realizó un censo de la población objetivo (153 unidades de producción) y se aplicó una encuesta a cada productor, la entrevista incluyó un cuestionario el cual contenía preguntas cerradas (106) y abiertas (2); esta encuesta contenía variables originales que se agrupaban en distintas dimensiones: social (edad, escolaridad, sexo, antigüedad en la actividad, principal actividad productiva, continuidad en la actividad y miembros de la familia), económica (superficie de siembra, subsidios, tenencia de la tierra, precio de la leche, precio pagado por el quesero, mano de obra familiar y mano de obra contratada) productiva (vacas en producción, vacas secas, producción del hato, producción por vaca, diversidad de especies pecuarias, método reproductivo, diagnóstico de gestación, vacunas, desparasitación, vacunación, tipo de ordeño, diagnóstico de mastitis, suministro de concentrado, conservación de forrajes, pH del suelo y materia orgánica).

Análisis Estadístico

Los datos obtenidos a partir de la encuesta fueron capturados en una matriz (Número de productor, edad, escolaridad, miembros de la familia, antigüedad, superficie de siembra, vacas totales, vacas en producción, vacas secas, producción del hato, producción por vaca, precio botero, precio quesero, mano de obra familiar y rentada) para posteriormente ser analizados mediante de estadística multivariante (García *et al.*, 2015). La primera técnica que se realizó fue un Análisis factorial (AF) por componentes principales, la función principal de este análisis es reducir el número de variables en grupos más específicos denominados factores que ayudaran a describir al SPLPE, a este análisis se le aplicó una rotación Varimax (Máxima variación) orthogonal, la cual fue aplicada para simplificar la interpretación de los factores (Hair *et al.*, 1998).

Posteriormente con los valores de los factores se realizó un Análisis Clúster (AC) con el fin de agrupar a los productores del SPLPE identificando sus principales diferencias mediante el método de Ward's como algoritmo de aglomeración para medir la similitud entre sujetos y agruparlos usando la distancia euclidiana al cuadrado (Hair *et al.*, 2010).

Para el análisis de los datos se empleó el paquete estadístico Statsgraphics® versión Centurión XVI.

2da. FASE

Población objetivo y tamaño muestral

A partir del censo aplicado en la 1er. Fase de esta investigación, en la cual el censo obtuvo una población total de 153 unidades de producción (UP) en los dos municipios, se realizó un muestreo doble estratificado, el primer estrato con base al número de unidades de producción por municipio y el segundo, de acuerdo al número de vacas en producción, seleccionando 50 UP a las que se aplicó una encuesta semiestructurada que comprendió las variables: social, económica y productiva (Hair *et al.*, 1998).

Evaluación ambiental

Para la estimación de Gases de Efecto Invernadero (GEI): CO₂, CH₄, N₂O y GEI totales, se aplicó el modelo de contabilidad ambiental para la ganadería (GLEAM) (FAO, 2016); el software estima la generación de gases dentro y fuera de los sistemas agropecuarios a partir de tres módulos (hato, gestión de estiércol y alimentación), por lo que se requirieron datos productivos (parámetros del hato, composición-consumo de la dieta, manejo y aplicación de excretas en los cultivos) para poder “alimentar” el modelo. La unidad de referencia empleada fue kg de CO₂-equivalente por kilogramo de leche corregida por grasa y proteína (kg de CO₂-eq/kg de LCPG) (Haggeman *et al.*, 2012) y kg de CO₂-eq/kg de leche corregida por energía (kg de CO₂-eq kg LCE) (Sultana *et al.*, 2015).

Para calcular la Huella Hídrica (HH): Huella verde, Huella gris y Huella Hídrica Total, se utilizó la propuesta metodológica de la Water Footprint Network (WFN) (Hoekstra *et al.*, 2011); de la cual se describirá a detalle las fórmulas que se utilizaron para poder obtener los valores de este indicador. La HH se cuantificó como la suma de HH verde (HHV) (agua almacenada en el suelo y aprovechada por los cultivos), más la HH gris (HHG)

(agua necesaria para asimilar la carga de contaminantes), excluyendo del estudio la HH azul, ya que la agricultura de la zona es de temporal y no se hace uso de riego.

En si la huella hídrica total del proceso de un cultivo (HH_{proc}) es la suma de los componentes verde, azul y gris, aunque para esta investigación se excluirá de la fórmula original el componente azul, ya que este se refiere al agua que se encuentra en la superficie (ríos, lagos) y que es utilizada como agua de riego para la agricultura y que como se mencionó antes, la agricultura que se utiliza en la zona de estudio es la de temporal, por lo cual la formula quedara de la siguiente forma:

$$HH_{proc} = HH_{proc\ verde} + HH_{proc\ gris} [Volumen / masa]$$

El componente verde en la huella hídrica del proceso del crecimiento de un cultivo que para esta investigación nos enfocaremos solo en los principales cultivos agrícolas (Maíz, Avena y Alfalfa) que utiliza el SPLPE.

Donde el componente verde ($HH_{proc, verde}$, m^3 / ton) se calcula a partir del agua usada por un cultivo ($verde$, m^3 / ha), dividido por el rendimiento del cultivo (R , ton / ha):

$$HH_{proc\ verde} = \frac{CHH_{verde}}{R}$$

Los rendimientos de los cultivos anuales pueden tomarse a partir de estadísticas de rendimiento o en el mejor de los casos de los rendimientos promedio que cada UP produce anualmente por cultivo utilizado. En el caso de cultivos perennes, uno debe considerar el rendimiento promedio anual sobre el total de la vida útil durante la cosecha. De esta manera, se tiene en cuenta el hecho de que el rendimiento durante el año al principio de la siembra es bajo o nulo, pero después de algunos años los rendimientos son más altos, por lo general los rendimientos a menudo disminuyen al final de la vida útil de un cultivo perenne.

El componente gris de la huella hídrica de un cultivo ($HH_{proc\ gris}$, m^3 / ton) se calcula como la tasa de aplicación (TA) de productos químicos al campo por hectárea (TA , kg / ha) por la fracción de escorrentía por lixiviación (α) dividida por la concentración máxima aceptable (C_{max} , kg / m^3), menos la concentración natural para el contaminante considerado (C_{nat} , kg / m^3), para obtener estos dos últimos valores se utilizaron los valores

de referencia emitidos por la NOM-127-SSA1-1994 sobre salud ambiental, agua para uso y consumo humano, así como los valores por defecto propuestos por Hoekstra *et al.*, 2011 y SEMARNAT, (2004) y por ultimo dividido entre el rendimiento del cultivo (R, ton / ha).

$$HH_{proc\ gris} = \frac{(\alpha * TA)}{R} / (C_{max} - C_{nat})$$

Los contaminantes generalmente consisten en fertilizantes (nitrógeno o fósforo), que para el caso de esta investigación fueron los más utilizados por los productores en pequeña escala; aunque también se puede aplicar para plaguicidas e insecticidas. Se tiene que considerar el 'flujo de residuos' hacia los cuerpos de agua dulce que generalmente es una fracción de la aplicación total de fertilizantes o plaguicidas utilizados en el campo, se deberá de tener en cuenta el contaminante más crítico o el más utilizado, el cual será el contaminante que consumirá el mayor volumen de agua.

Los componentes verde y azul en el uso del agua de cultivo (CHH , m³/ha) son calculados a partir de la acumulación de evapotranspiración diaria (ET , mm/día) sobre el período de crecimiento completo:

$$CHH_{verde} = 10 \sum_{d=1}^{l_{gp}^*} ET_{verde}$$

* (Representa la duración de un periodo de tiempo en días)

En el que ET_{verde} representa la evapotranspiración del agua verde. El factor 10 está destinado a convertir las profundidades del agua por hectárea de superficie en m³/ha. La sumatoria está completa durante el periodo desde el día de la siembra (día 1), hasta el día de la cosecha. La evapotranspiración de un campo se puede medir o estimar por medio de un modelo basado en fórmulas empíricas. Medir la evapotranspiración es costoso e inusual. Generalmente, se estima la evapotranspiración indirectamente por medio de un modelo que utiliza datos sobre el clima, las propiedades del suelo y las características del cultivo como entrada. Hay muchas formas alternativas de calcular la ET y el crecimiento de los cultivos. Uno de los modelos más utilizados con frecuencia es el Modelo CROPWAT desarrollado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Naciones Unidas (FAO, 2010b).

Se empleó el software *CropWat*® para el cálculo de consumo de HHV de los recursos forrajeros que utilizan o siembran los productores, utilizando datos climatológicos de las estaciones Altozomoni e Izta-popo y de la estación municipal de Amecameca de los años 2016-2017; para la HHG se consideraron los fertilizantes químicos (nitrógeno y fosforo) que son los más utilizados por los ganaderos.

El modelo CROPWAT ofrece dos opciones diferentes para calcular la evapotranspiración: La opción de requerimiento de agua de un cultivo (asumiendo condiciones óptimas) y la opción de programas de riego. (FAO, 2010b). Las unidades de referencia fueron: litros de agua por kg de leche corregida por grasa y proteína (L H₂O/kg LCGP) y litros de agua por kg de leche corregida por energía (L H₂O/kg LCE).

Evaluación económica

Para la evaluación económica se examinaron las variables económicas y estas a su vez fueron obtenidas a partir de los valores obtenidos de las subvariables (Cuadro 4); a partir de la aplicación de la metodología presupuestos por actividad propuesta por Wiggins *et al.*, 2001), se pudo obtener una evaluación económica de las UP y el Factor económico del SPLPE.

Cuadro 4. Componentes del factor económico para su evaluación.

Factor	Indicador	VARIABLES	Subvariables
Económico	Evaluación económica	<ul style="list-style-type: none"> • Margen Bruto • Margen Efectivo • Razón ingreso-egreso • Margen por día de trabajo familiar 	Costos e ingresos totales y efectivos <ul style="list-style-type: none"> ➤ Precio de la leche ➤ Precio de concentrados ➤ Mano de obra familiar ➤ Mano de obra contratada ➤ Alimentos (comprados) ➤ Concentrados (comprados) ➤ Forrajes ➤ Costos diversos ➤ Reemplazos

Fuente: Elaboración propia

Análisis estadísticos

El análisis estadístico de los datos se realizó en primera instancia por medio de un Análisis Clúster (AC) identificando las similitudes en las dietas empleadas en las 50 unidades de producción, mediante el método de Ward's como algoritmo de aglomeración para medir la similitud entre sujetos y agruparlos usando la distancia euclidiana al cuadrado (Hair *et al.*, 2010).

Para predecir la intensidad de las emisiones de GEI por producto (Kg de CO₂-eq/ L de leche) y su correlación con las variables socioeconómicas y ambientales, se empleó un modelo de regresión múltiple con inclusión de variables por pasos (Stepwise). Se consideraron las variables: evaluación económica, índice de desarrollo humano, gases de efecto invernadero y huella hídrica; y las subvariables: margen bruto, margen efectivo, margen por día de trabajo familiar, margen por litro, razón ingreso-egreso, salud, educación, ingresos e índice de desarrollo humano total; metano, óxido nitroso, dióxido de carbono, intensidad de las emisiones por producto, huella hídrica verde y gris y huella hídrica total (Hair *et al.*, 1999); se empleó el paquete estadístico *Statsgraphics*® versión Centurión XVI.

VIII. RESULTADOS

8.1 Artículo Científico enviado

Se envió para su evaluación el artículo intitulado: **“CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA DE LA ZONA SURORIENTE DEL ESTADO DE MÉXICO”**, el día 16 de enero del 2017 a la revista del Colegio de Posgraduados **“Agricultura, Sociedad y Desarrollo”**.

19/5/2019

Yahoo Mail - RV: [ASYD] Acuse de recibo de envío

RV: [ASYD] Acuse de recibo de envío

De: Enrique Espinosa Ayala (enresaya1@hotmail.com)
Para: mvzojeda@hotmail.com; pedro_abel@yahoo.com; zidfenril@yahoo.com.mx
Fecha: lunes, 16 de enero de 2017 14:19 GMT-6

Estimados compañeros

Les envío el acuse de recibo del artículo de Laura, espero todo salga bien y ojala lo publiquen saludos

Dr. Enrique Espinosa Ayala

Profesor de Tiempo Completo
Centro Universitario UAEM Amecameca
Universidad Autónoma del Estado de México
Tel y Fax: (597) 9782158 y 59

De: BENITO RAMÍREZ VALVERDE <bramirez@colpos.mx>
Enviado: lunes, 16 de enero de 2017 02:01 p.m.
Para: Enrique Enrique Espinosa Ayala
Asunto: [ASYD] Acuse de recibo de envío

Enrique Enrique Espinosa Ayala:

Gracias por enviar el manuscrito "CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA DE LA ZONA SURORIENTE DEL ESTADO DE MÉXICO" a Agricultura Sociedad y Desarrollo. Con nuestro sistema de gestión de revistas en línea, podrá iniciar sesión en el sitio web de la revista y hacer un seguimiento de su progreso a través del proceso editorial.

URL del manuscrito:
<http://www.revistas-conacyt.unam.mx/asyd/index.php/asyd/author/submission/468>

Iniciar sesión

www.revistas-conacyt.unam.mx

Aspectos sociológicos, antropológicos y culturales de la investigación sobre la agricultura y sus protagonistas.

Nombre de usuario/a: enriqueespinosa

En caso de dudas, contacte conmigo. Gracias por elegir esta revista para publicar su trabajo.

BENITO RAMÍREZ VALVERDE
Agricultura Sociedad y Desarrollo

Agricultura Sociedad y Desarrollo
<http://www.revistas-conacyt.unam.mx/asyd/index.php/asyd/>

Agricultura Sociedad y Desarrollo - [revistas-conacyt.unam.mx](http://www.revistas-conacyt.unam.mx)

www.revistas-conacyt.unam.mx

DERECHOS DE AUTOR Y DERECHOS CONEXOS, Agricultura, Sociedad y Desarrollo es una publicación trimestral editada por el Colegio de Postgraduados.

**CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE
LECHE EN PEQUEÑA ESCALA DE LA ZONA SURORIENTE DEL ESTADO DE
MÉXICO**

**SOCIOECONOMIC CHARACTERIZATION OF THE SMALL-SCALE DAIRY
PRODUCTION SYSTEM IN THE SOUTHERN OF THE STATE OF MEXICO**

Laura Dolores Rueda Quiroz¹, Juan José Ojeda Carrasco², Pedro Abel Hernández
García² y Enrique Espinosa Ayala^{2*}

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue caracterizar socioeconómicamente el sistema de producción de leche en pequeña escala (SPLPE) de la región Suroriente del Estado de México. Se aplicó una encuesta semiestructurada a la población (153 productores) correspondientes a los municipios de Amecameca y Ayapango; considerando dimensiones productivas (escala), sociales (fuerza de trabajo) y económicas (costos). Para caracterizar se utilizó un Análisis Factorial por componentes principales y posteriormente un Análisis Clúster. A partir del análisis factorial se obtuvieron cinco factores que explican el 66 % de la variación total, el primer factor los agrupa por escala, el segundo por nivel educativo, el tercero por diversidad agropecuaria, cuarto por prácticas de manejo sanitario y el último por la capacidad de permanecer a lo largo del tiempo. El Análisis Clúster permitió identificar tres grupos de productores el primero con mayor escala y con menor eficiencia productiva, el segundo con menor escala pero mayor eficiencia, mientras que el tercero se encuentra entre los anteriores. Se concluye que la

producción en pequeña escala es heterogénea, aunque existe un grupo de productores que cuenta con hatos pequeños pero con gran eficiencia por vaca, mientras que el grupo con el mayor hato se vuelve ineficiente y no genera economías de escala.

Palabras clave: Sistema familiar, producción láctea, socioeconómica, caracterización.

ABSTRACT

The objective of this study was to characterize the small-scale milk production system (SPLPE) in the Southeastern region of the State of Mexico. A semi-structured survey was applied to the population (153 producers) corresponding to the municipalities of Amecameca and Ayapango; Considering the productive (scale), social (labor power) and economic (costs) dimensions. To characterize it was used a Factor Analysis by main components and later a Cluster Analysis. From the factorial analysis, 5 factors were obtained that explain 66% of the total variation, the factor one that was the one of greater weight groups by scale, the second by educational level, the third by agricultural diversity, the fourth by practices of Sanitary management and the latter for the ability to remain over time. Cluster Analysis allowed the identification of three groups of producers, the first one with larger scale and less efficient, the second with smaller scale but greater productive efficiency, while the third is among the previous ones. It is concluded that small-scale production is heterogeneous, although there is a group of producers that has small but highly efficient herds per cow, while the group with the largest herd becomes inefficient and does not generate economies of scale.

Key words: Family system, dairy production, socioeconomic, characterization.

INTRODUCCIÓN

En México las últimas tres décadas se han caracterizado por cambios importantes en la política económica, se pasó de un modelo de sustitución de importaciones a un esquema de apertura de mercados, tales cambios estructurales han tenido impactos positivos y negativos en los diversos sectores productivos (Espinosa *et al.*, 2003). En el caso del sector agropecuario, se ha visto afectado por las políticas de corte neoliberal debido a que el Estado retiró las empresas paraestatales que regían la comercialización de granos básicos (CONASUPO¹), y se disminuyeron los créditos a los productores; por otro lado, la asistencia técnica brindada por el gobierno fue sustituida por despachos particulares de consultoría y se eliminaron los precios tope y de garantía, además de que los precios se rigen por efectos del mercado tanto interno como externo dando paso a los procesos de apertura y desregularización de los mercados (Schwentesiuss y Gómez, 2002).

Una de las principales políticas derivadas del cambio estructural fue la apertura de los mercados, tal situación ocasionó que algunos subsectores tuvieran la posibilidad de expandir sus alcances comerciales, como la producción hortícola, frutícola y de bebidas las cuales se vieron beneficiadas por tal apertura, siendo las empresas con grandes capitales quienes estuvieron en posibilidades de insertarse en estos mercados; en contraste, los subsectores productores de granos básicos y de productos de origen animal como carne, leche y huevo se afectaron debido a la entrada de productos importados de menor precio, siendo estos una competencia (Schwentesiuss y Gómez, 2002). Cabe mencionar que fueron pocos los subsectores preparados para enfrentar la

¹ Comisión Nacional de Subsistencias Populares (CONASUPO) se encargaba de la compra, almacenamiento y distribución de los granos básicos, además imponía los precios de garantía y los precios tope

apertura de los mercados, un ejemplo de esto fue el subsector productor de carne de pollo, quienes lograron establecer estrategias para no ser afectados por el nuevo escenario comercial y lograron instrumentar salvaguardas que permitieron la frenada de los productos importados (Díaz, 2006).

En el caso del subsector lechero mexicano, no se contó con estrategias de defensa ante el escenario de apertura comercial ya que durante la década de 1990 se dieron importaciones de leche descremada en polvo por parte del Estado, la cual se utilizó en programas públicos dirigidos al sector social, dicha leche se comercializó a precios bajos en contraste con los precios de referencia de la leche fluida establecidos por el propio Estado.

Durante la instrumentación del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) la producción lechera mostró una recuperación paulatina y una tendencia positiva gracias a la liberación del precio de la leche en 1997, tal situación incentivó a los productores aunque se presentó de manera paralela un incremento en la importación de leche descremada en polvo y derivados lácteos como quesos, grasa butírica y lacto suero; resaltando que algunos de estos productos o materias primas se emplearon para la elaboración de fórmulas lácteas y análogos de queso; por tanto, la entrada en el mercado de estos tuvo un impacto negativo en el precio principalmente de los derivados lácteos, esta situación obedeció a que estos productos son elásticos a precio de la demanda y por consecuencia se observó una sustitución en el consumo de los productos nacionales (Espinoza *et al.*, 2007).

Después del proceso de apertura comercial que fue dado por el TLCAN, el subsector lechero mexicano se ha visto afectado por diversos escenarios globales, en el año 2008 destaca la crisis alimenticia (incremento en el valor de los granos básicos) y energética (incremento en el valor del petróleo y la utilización de granos básicos para la producción de biocombustibles), que a pesar de ser eventos exógenos ocasionaron un incremento drástico en el valor de los alimentos empleados para la alimentación animal debido a que fuentes de energía como el maíz o de proteína como la soya, son también empleados para satisfacer la demanda humana y para la producción de biocombustibles, por tal motivo, se ha generado una menor disponibilidad y en consecuencia un incremento en el precio de los insumos, a pesar de este incremento en el precio de los insumos, los precios reales pagados a los productores no han mostrado un incremento, situación que pone en riesgo la permanencia de los sistemas y la seguridad alimentaria del país (FAO, 2005 y 2010).

A pesar del escenario desventajoso que ha generado la apertura comercial, en México el subsector lácteo es la segunda actividad en importancia dentro del sector ganadero, con 22.8% del valor de la producción; la agroindustria lechera genera el 0.06% del PIB nacional y es considerada como la más importante dentro del sector alimenticio (Cervantes y Poméon, 2010); así mismo la cadena láctea en su conjunto genera más de 400,000 empleos indirectos generados (Pelayo y Tejada, 2008); no obstante la relevancia en términos macroeconómicos, el consumo aparente *per cápita* es de solo 190 ml diarios, que resulta inferior a lo recomendado por la OMS que es de 500 ml. (FAO/FEPALE, 2012).

Actualmente el pronóstico de producción de leche para México según el SIAP/SAGARPA (2016) es de 11,586.3 millones de litros, equivalentes a 11,928,100 toneladas de leche, es decir, 1.68% más que la producción de leche del 2015, ya que para dicho año la producción de leche a nivel nacional fue de 11,553 millones de litros, con un inventario de 2.3 millones de cabezas de ganado especializado en producción de leche (SIAP, 2015); considerando la producción total, México se coloca como el décimo quinto lugar a nivel mundial, (LACTODATA, 2016).

Cabe hacer mención que dentro del subsector lechero mexicano se presentan diferentes sistemas de producción, en el que destacan tres: 1) el sistema de producción de gran escala o tecnificado caracterizado por unidades de producción altamente capitalizadas y de gran eficiencia en las que el ganado Holstein es la raza predominante; 2) el sistema de doble propósito que emplea ganado *Bos indicus* o cruza de este con razas especializadas como el Holstein o Pardo Suizo y que tiene como particularidad la producción de becerros en pie para su posterior engorda además de la producción de leche sobretodo en el temporal de lluvias y finalmente 3) el sistema de producción en pequeña escala, dicho sistema se localiza en todo el territorio nacional y se caracteriza por combinar el sistema agrícola (producción de maíz, avena y forrajes) con la producción láctea generalmente bajo un esquema de tipo familiar, siendo esta su principal fuerza de trabajo o su activo productivo (Ojeda *et al.*, 2016).

El sistema de producción de leche en pequeña escala (SPLPE) ha sido estudiado desde varias perspectivas, destacan las investigaciones realizadas sobre estrategias de alimentación para disminuir los costos de producción (Albarrán *et al.*, 2015), análisis de la calidad de la leche (Bernal *et al.*, 2007), y ejercicios de caracterización como el descrito

por Espinoza *et al.* (2007), en el que se hace énfasis en aspectos técnicos y económicos; en todas las disertaciones mencionadas es evidente que la producción de leche en pequeña escala es una opción productiva ya que permite generar ingresos económicos a las familias rurales y mantener un nivel de vida sin el desarraigo de las comunidades.

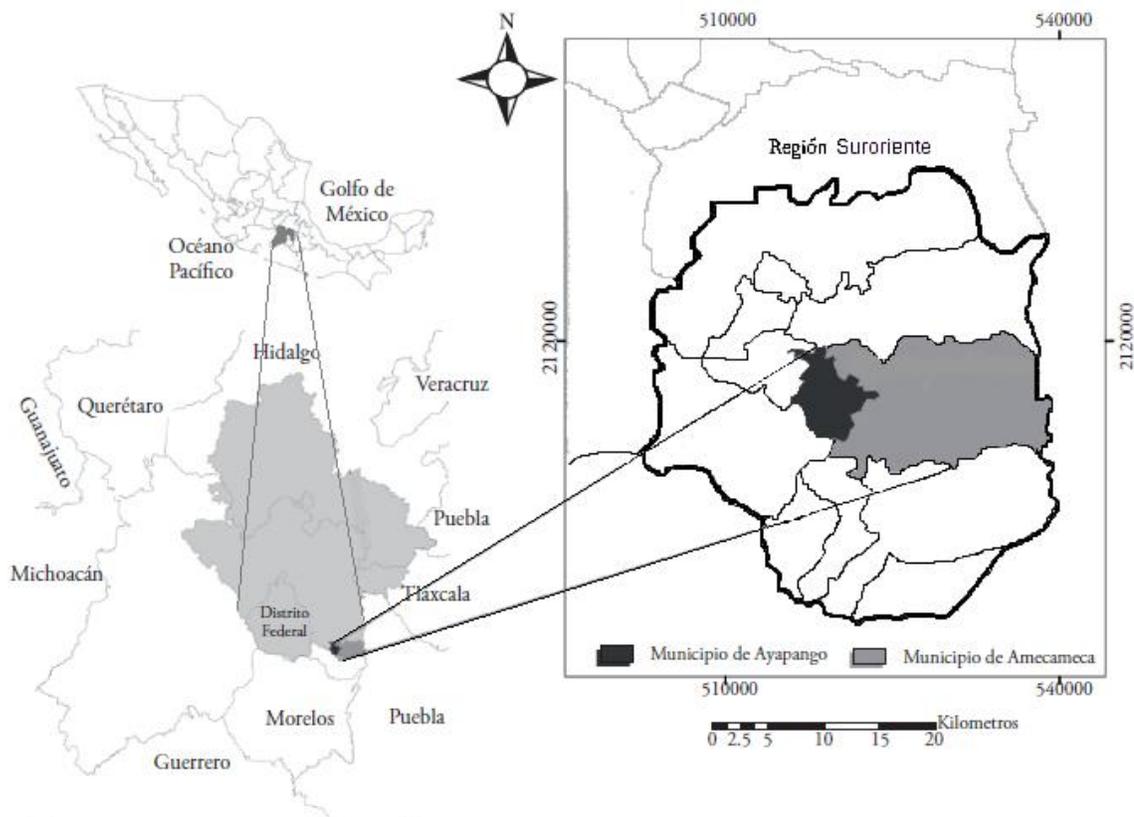
En concordancia con lo anteriormente expuesto, la producción de leche en pequeña escala es una opción productiva y de una fuente de generación de ingresos económicos y arraigo para los productores, aunque deben realizarse estudios a detalle para poder plantear estrategias que permitan optimizar los recursos con los que cuenta para enfrentar los escenarios actuales de competencia, factores exógenos como los efectos de la crisis alimenticia y energética, por tal motivo, el objetivo de la presente investigación fue caracterizar el sistema de producción de leche en pequeña escala de la zona suroriente del Estado de México con la finalidad de conocer los atributos técnicos, productivos, sociales y su impacto en los indicadores económicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La presente investigación se realizó en los municipios de Amecameca y Ayapango, Estado de México los cuales son los de mayor importancia productiva en el sector lácteo local y son representativos de la zona Suroriente del Estado de México, los municipios están situados en la falda de la Sierra Nevada (Figura 1), dentro de la provincia del eje neovolcánico y la cuenca del río Moctezuma-Pánuco. El municipio de Amecameca, se localiza entre las coordenadas geográficas 98° 37' 34" y 98° 49' 10" de longitud oeste y

19° 3' 12" y 19° 11' 2" de latitud norte, a una altura promedio de 2,420 metros sobre el nivel del mar; el clima es templado subhúmedo Cb (w2) y la temperatura media anual de 14.1°C. Por su parte, el municipio de Ayapango se localiza entre las coordenadas, 19° 11' latitud norte y 98° 45' de longitud oeste, a una altura de 2,450 msnm, su clima es subhúmedo con lluvias en verano. Las principales actividades que se realizan en la zona de estudio son la forestal con 9,599 ha (50%), la pecuaria con 730 ha (3.4%) y la agrícola con 8, 729 ha (46%) (IGCEM, 2011^{ab}).



Fuente: elaboración propia. ♦ Source: authors' elaboration.

Figura 1. Ubicación del área de estudio.

Recolección de datos

Se realizó un censo de la población objetivo (153 unidades de producción) y se aplicó una encuesta a cada productor, la entrevista incluyó un cuestionario el cual contenía preguntas cerradas (106) y abiertas (2); esta encuesta contenía variables originales que se agrupaban en distintas dimensiones: social (edad, escolaridad, sexo, antigüedad en la actividad, principal actividad productiva, continuidad en la actividad y miembros de la familia), económica (superficie de siembra, subsidios, tenencia de la tierra, precio de la leche, precio pagado por el quesero, mano de obra familiar y mano de obra contratada) productiva (vacas en producción, vacas secas, producción del hato, producción por vaca, diversidad de especies pecuarias, método reproductivo, diagnóstico de gestación, vacunas, desparasitación, vacunación, tipo de ordeño, diagnóstico de mastitis, suministro de concentrado, conservación de forrajes, pH del suelo y materia orgánica).

Análisis Estadístico

Los datos obtenidos a partir de la encuesta fueron capturados en una matriz (Número de productor, edad, escolaridad, miembros de la familia, antigüedad, superficie de siembra, vacas totales, vacas en producción, vacas secas, producción del hato, producción por vaca, precio botero, precio quesero, mano de obra familiar y rentada) para posteriormente ser analizados mediante de estadística multivariante (García *et al.*, 2015). La primera técnica que se realizó fue un Análisis factorial (AF) por componentes principales, la función principal de este análisis es reducir el número de variables en grupos más específicos denominados factores que ayudaran a describir al SPLPE, a este análisis se le aplicó una rotación varimax (Hair *et al.*, 2007).

Posteriormente con los valores de los factores se realizó un Análisis Clúster (AC) con el fin de agrupar a los productores del SPLPE identificando sus principales diferencias mediante el método de Ward's y la distancia euclidiana al cuadrado. Para el análisis de los datos se empleó el paquete estadístico Statsgraphics® versión Centurión XVI.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características generales del SPLPE

Los productores del SPLPE son principalmente varones (92%) y presentan una escolaridad básica (primaria y secundaria), la actividad lechera es su principal actividad, aunque la complementan con otras actividades de tipo agropecuario (60%) y en algunos casos con actividades fuera del contexto agropecuario (albañilería, obreros y empleados). A nivel unidad de producción, los ingresos que perciben son obtenidos por la venta de leche fresca a intermediarios o queseros de la zona, además de venta de becerros, la cual representa una entrada económica importante para las familias, los productores perciben a la lechería como una actividad económicamente rentable y por consecuencia consideran que habrá transmisibilidad a las siguientes generaciones

Las superficies agrícolas con las que cuentan los productores son ejidos y pequeña propiedad alcanzando superficies promedio de 2.5 ha, aunque algunos rentan tierras de cultivo (3.8 ha) para satisfacer las necesidades alimenticias del ganado, la producción agrícola es de temporal y se caracteriza por producir maíz (54%) en 2.7 ha en promedio, avena (21%), alfalfa (8%), ebo (6%) y otros cultivos como haba, trigo y frijol que son empleados para la alimentación de la familia (11%), la fertilización de suelos agrícolas es por medio de fertilizantes inorgánicos y orgánicos, estos últimos, son generados por el

mismo sistema pecuario, los suelos agrícolas presentan un pH ácido (5.3) y la materia orgánica con la que cuentan es baja (1.5 %). El SPLPE se ve favorecido por el otorgamiento de subsidios gubernamentales (39%) con los cuales obtienen maquinaria agrícola, fertilizantes, semillas, semovientes, equipo pecuario y asesoría técnica.

Con respecto al ganado, las vacas son de fenotipo Holstein cruzadas con Suiza y Jersey, a pesar de la presencia de fenotipos lecheros, las lactancias no superan los 4500 litros, siendo este un volumen bajo con respecto a lo reportado por Espinoza et al. (2007), el bajo rendimiento se debe a la utilización de forrajes de baja calidad como esquilmos agrícolas y una inadecuada utilización de alimentos concentrados, la conservación de los forrajes la realizan por medio de ensilados y henificados. Con respecto a la reproducción se emplea la Inseminación artificial y para las vacas repetidoras la monta natural, se realizan diversos manejos zootécnicos como el diagnóstico de gestación, detección de mastitis, vacunación, desparasitación y vitaminación en el ganado, el tipo de ordeño que utilizan es el manual en un 60% y el resto mecánico.

Las unidades productivas presentan diversidad de especies zootécnicas donde destacan los ovinos, porcinos, équidos y aves de corral, dicha diversidad contribuye a la economía de la unidad productiva, por otra parte, también existe la presencia de caninos y fauna nociva, los cuales pueden ser un vector para la presencia de enfermedades reproductivas como la neosporosis y leptospirosis (Ojeda et al., 2016) que afectan al SPLPE.

De acuerdo a la sanidad de la ubre el 26% de los productores realizan detección de mastitis subclínica, de esta forma el lavado con agua lo realizan casi la totalidad de los productores (96%); así mismo el lavado de pezones (39%), como el lavado de la ubre

(57%), esta última forma de lavado repercute directamente en la salud de la ubre y en la calidad de la leche, ya que este tipo de limpieza no se realiza de forma correcta (solo la mojan de forma superficial) y no es recomendable, por lo cual se provoca un goteo de agua contaminada con microorganismos que descienden hasta la mano del ordeñador o hacia la pezonera (ordeño mecánico).

A pesar de ello los productores desinfectan después del lavado con agua con cloro, ya sea la ubre (57%) o los pezones (43%), siendo lo más recomendable lavar solo las puntas de los pezones (mecánico) y el pezón (manual).

Así mismo, el secado de los cuartos lo realizan con el mismo trapo o toalla (78%) y solo el 22% seca solo los pezones, esta práctica propicia la contaminación y la presencia de mastitis subclínica.

Otra práctica que realizan los productores es el despunte de los pezones (48%), la cual es diferente por la forma en donde eliminan estos primeros chorros de leche; existen quienes la depositan en el suelo (35%), en una cubeta (9%) y en la mano (4%).

Por último poco más de la mitad (52%) de los productores realiza el sellado de pezones y solo 29% efectúa la limpieza y desinfección de la maquina ordeñadora, aunque de forma inadecuada ya que no se desinfecta el *linner* por completo, aunque si existe productores que realizan ambas practicas (79%).

En cuanto a la calidad de la leche se determinó su composición fisicoquímica, con base a los parámetros establecidos en la Norma Mexicana NMX-F-700-COFOCALEC-2004. Para la grasa se observa que en todos los casos se supera el valor establecido por la norma para la clase A, esto se debe en gran medida a la diversidad de cultivos (maíz,

alfalfa y avena) y la forma de conservación de estos forrajes, aportando un extra en la calidad de la dieta y por ende de la leche.

Los resultados obtenidos para proteína demuestran que los únicos valores que están dentro de la norma son para el grupo 2 el cual se clasifica dentro de la clase C y el grupo 3 que se encuentra por encima de los valores para una clase A. Para la lactosa se determinó que en ninguno de los casos la leche cumple con los estándares que marca la norma.

Así mismo para los sólidos no grasos ninguno de los valores cubre el rango establecido por la norma, relacionándolos directamente con las concentraciones de lactosa y proteína, lo cual concuerda con los datos reportados para estos valores. De la misma forma los datos para densidad no cubren los requerimientos de la normatividad mexicana, esto se correlacionaría negativamente con la adición de agua en la leche; bajo el mismo contexto los valores que se reportan para el agua que se le agrega a la leche en promedio es de un 9%, del cual el grupo que más le adiciona este líquido es el G1 y por el contrario el que menos utiliza esta práctica es el G2, correlacionándose con los valores de densidad y grasa conjuntamente; así mismo también se relaciona de forma directa con la cantidad de concentrado suministrado, producción láctea por vaca y experiencia en la actividad lechera. Todos los datos antes mencionados concuerdan con lo reportado por Castillo *et al.* (2012), excepto en el valor para lactosa (44.13 g/L) el cual es superior.

Cuadro 1. Calidad fisicoquímica de la leche de vacas evaluadas del SPLPE.

	Grupos	Grasas g/L	Proteínas g/L	Lactosa g/L	Solidos no grasos g/L	Densidad g/L	Agua agregada
Clases	A	≥ 32	≥ 31	43 a 50	83 min.	1.0295	
	B	31	30 a 30.9	43 a 50	83 min.	1.0295	
	C	30	28 a 29.9	43 a 50	83 min.	1.0295	
	1	33.1	27.2	40.6	76	1.0267	15.85
	2	38.3	28.6	42.7	77.7	1.0282	8.16
	3	34.1	42.2	42.5	77.6	1.0285	9.47
Promedio		36.7	27.7	41.2	75.5	1.0234	9.0

Análisis de Factores del SPLPE

El análisis Factorial arrojó cinco factores que explican el 66% de la variación total de los datos, en el Cuadro 2 se muestran las correlaciones entre las variables y los factores.

Cuadro 2. Componentes principales (CP) y su contribución a la explicación de la varianza total obtenidos a partir del AF.

Variables	Factor 1 Escala	Factor 2 Educativo	Factor 3 Agropecuario	Factor 4 Bioseguridad	Factor 5 Reemplazos
Abortos	0.36	0.002	-0.003	0.67	-0.13
Diversidad animal	0.30	0.001	0.09	0.61	0.51
Diversidad cultivos	0.08	0.42	0.65	0.22	-0.04
Edad	0.29	-0.70	0.22	-0.004	-0.14
Escolaridad	-0.23	0.58	-0.48	0.08	0.26
Hato	-0.74	-0.04	-0.14	0.18	-0.40
Ordeño	-0.74	-0.19	0.09	0.18	0.06
Potencial lechero	-0.40	-0.12	-0.33	-0.13	0.33
Recría	-0.21	-0.47	0.32	-0.05	0.63
Reproducción	-0.20	0.25	0.66	-0.33	-0.08
Subsidios	0.60	-0.39	-0.28	0.06	-0.24
Superficie	-0.67	-0.10	0.11	0.53	-0.20
Tecnificación	-0.54	-0.38	-0.03	-0.05	-0.01
Autovalores	2.8	1.6	1.4	1.3	1.1
Varianza acumulada	21.9	34.7	46.2	56.9	65.8

En el Factor 1 (Escala) se observa una correlación positiva entre hato y superficie de siembra, donde a mayor tamaño del hato se cuenta con mayor superficie, por lo tanto más potencial productivo, por lo cual, las unidades de producción requieren tecnificación no solo para la actividad de la producción láctea (mecanización en el sistema de ordeño), sino también para la producción agrícola con el objetivo de ser más eficiente la generación de alimentos; se destaca que este factor indica que en la medida en que se incrementa el potencial productivo se disminuye, la dependencia de los subsidios gubernamentales. En este sentido, situación similar concuerda con lo reportado por Hernández *et al.* (2013), realizaron una tipificación en sistemas campesinos del sur del Estado de México y al aplicar también un análisis de factores, observan que las variables

superficie total y tamaño de hato, presentaron una correlación positiva, indica que a mayor número de vacas se requiere de mayor superficie y por consecuencia se generarían mejores ingresos.

El Factor 2 (Educativo) muestra que a una menor edad del productor se cuenta con una mayor escolaridad, por tal motivo las generaciones más jóvenes contaron con mayor número de años de escolaridad, en contraste con sus antecesores, en un estudio realizado por Hernández *et al.* (2013), correlacionan las variables edad y escolaridad del productor de una forma negativa, es decir, a menor escolaridad menor productividad pues el productor no cuenta con la capacitación y le es más compleja la adopción de tecnologías. Orantes *et al.* (2014), en un trabajo donde caracterizaron el sistema de producción de bovinos de doble propósito, hacen mención a la relación inversa que existe entre la edad y la escolaridad, ya que a mayor edad menor escolaridad; por otra parte se destaca que las personas de edad avanzada cuentan con mayor experiencia y han adquirido la habilitación de manera empírica.

El Factor 3 (Agropecuario) correlacionan positivamente la diversidad de cultivos y la reproducción del hato, esto sugiere que a una mayor diversidad agrícola se obtendrá mayor variedad de forrajes y diversas formas de conservación (ensilado y henificado) destacando el cultivo del maíz, avena y alfalfa, aportando a las dietas del ganado una mayor calidad nutricional, por ende da como resultado vacas con mejores balances energéticos y proteicos, favoreciendo así la tasa de reproducción. En un estudio realizado por Castillo *et al.* (2012) coincide que el cultivo de maíz es la base de la alimentación en sistemas de producción de leche en pequeña escala y es proporcionado principalmente como forraje conservado en forma de ensilado, de igual modo, Brunett *et al.* (2005) y

Hernández *et al.* (2013), indican que en los valles altos de México el maíz es proporcionado como grano en dietas integrales, además de aprovechar el rastrojo de maíz como un complemento con bajo valor económico obtenido del mismo sistema productivo.

El cuarto Factor (Bioseguridad) presentan una correlación negativa entre los abortos presentes en las unidades de producción (UP) y la diversidad de especies animales, lo cual indica que los caninos y la fauna nociva (roedores), son vectores de enfermedades reproductivas como Neosporosis y Leptospirosis, en el mismo sentido en los establos se cuenta con ovinos, équidos y cerdos, dichas especies pueden ser reservorios de Diarrea Viral Bovina, dichas enfermedades pueden presentar abortos y por consecuencia disminuir la producción láctea e incrementar el intervalo entre partos generando pérdidas económicas, tal y como lo mencionan Ojeda *et al.* (2016) al identificar los factores de riesgo de los bovinos lecheros de este sistema donde se destaca que estas enfermedades se encuentran presentes en un alto porcentaje en SPLPE, demostrándose una alta seroprevalencia principalmente de Neosporosis (51.7%) enfermedad relacionada con la presencia de cánidos.

Por último, el Factor 5 (Reemplazos) demuestra que las UP, tienen visualizada a esta actividad pecuaria en un futuro; no solo para ellos sino también para las próximas generaciones, debido a que se correlacionan positivamente la presencia y selección de reemplazos bovinos con la transmisibilidad o relevo generacional dentro del sistema de producción de leche, en el mismo sentido, Estrada *et al.* (2012) refieren que la actividad lechera en esta zona cuenta con una transmisibilidad de al menos tres generaciones, situación que indica la permanencia aunado con el potencial lechero del sistema, de igual

manera García *et al.* (2015) indican que en sistemas de doble propósito la permanencia se debe a la presencia de recría del hato situación que fortalece la transmisibilidad asegurando una mejor calidad de vida para las generaciones próximas y favoreciendo el arraigo en las comunidades.

Tipificación del SPLPE (Conglomerados)

El Análisis de Clúster arrojó tres grupos bien definidos, tal como se indica en la Figura 2, destacando que se realizó el corte a una distancia euclidiana de 560.

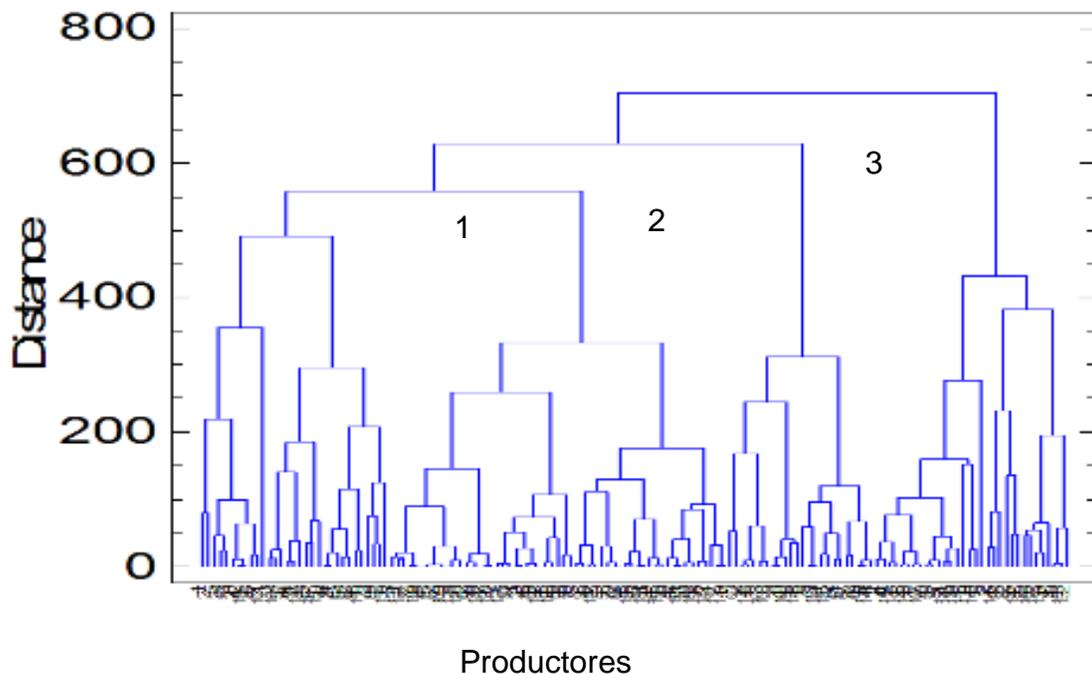


Figura 2. Dendrograma de productores que integran el SPLPE de la región Suroriente del Estado de México.

El primer grupo (G1) está constituido por 36 unidades de producción cuyos propietarios cuentan con una edad de 46 años y una escolaridad de 8.7 años equivalente a educación

secundaria, siendo el grupo más joven y con mayor escolaridad, situación que permite los procesos de innovación y capacitación tal como lo reporta Perea *et al.*, (AÑO), dichas unidades de producción presentan hatos de nueve vacas promedio las cuales producen 10.23 litros por día siendo los hatos más eficientes, en este rubro se destaca que en otras regiones del centro del país se han reportado rendimientos por vaca de 12.4 litros (Espinoza *et al.*, 2007) siendo superiores a los encontrados en este trabajo ya que los hatos reportados en el presente estudio cuentan con menor mérito genético que no ha propiciado el potencial lechero. Además se cuenta con una superficie de nueve ha. promedio donde se cultiva maíz, avena y alfalfa los cuales son empleados para la alimentación del hato, este grupo emplea alimento concentrado comercial en una proporción de 4.5 kg/vaca/día en términos de eficiencia productiva, por otra parte el precio recibido por litro de leche fue el mejor pagado (\$6.60 por litro), precio similar al reportado por SAGARPA para la leche cruda (LACTODATA, 2016), lograr que se pague este precio se debe a que los productores venden directamente al consumidor como leche bronca, mientras que la leche sobrante es comercializada a queserías que pagan \$4.30 por litro. Cabe hacer mención que Hernández *et al.* (2013) encontraron que al tipificar al sistema de producción de leche en el subtrópico, se destaca que las unidades de producción grandes y extensivas resultan ser poco eficientes y se presentan en la minoría de la población.

Por otra parte el segundo grupo (G2) está conformado por 51 productores, quienes presentaron una edad promedio de 53 años, escolaridad de 5.7 años equivalente a educación primaria y una antigüedad en la actividad lechera de 26.8 años, el hato estuvo integrado por 4.8 vacas en promedio, siendo el grupo con menor número de animales y

de superficie (2.5 ha) donde se cultiva maíz y avena, dichos cultivos son proporcionados al ganado y para complementar la alimentación se realiza pastoreo trashumante en tierras comunales, así como la suplementación con alimentos concentrados (9 kg/vaca/día), aunque cabe destacar que el promedio por vaca en producción fue de 12.3 litros de leche, siendo el grupo con mayor eficiencia productiva, a pesar de esto, debido al bajo volumen entregado en total, el precio pagado fue de \$4.80 por litro, este precio es el más bajo y se puede atribuir a una economía de escala ya que al vender pocos litros los compradores pagan menor precio.

García *et al.* (2015) y Díaz *et al.* (2011) vuelven a encontrar correlación entre las variables edad y escolaridad en sistemas campesinos de producción de leche y mencionan que a mayor edad de los productores son menores los años de escolaridad con los que cuentan.

Por último, el tercer grupo (G3) conto con 66 productores, siendo el grupo con más individuos, se caracteriza por el contrario con productores de 48 años de edad, escolaridad de 7.8 años equivalente a secundaria trunca, la antigüedad es de 21.7 años. Con respecto a la superficie cuentan con 4.4 ha. donde se cultivan maíz, avena y alfalfa y complementan con pastoreo trashumante y alimento concentrado comercial (4.3 kg/vaca/día), el hato es de 7 vacas y producen 12.1 litros por vaca, acumulando una producción total de 62.9 litros por día. Este grupo se puede considerar como el grupo típico del SPLPE de la leche de la zona

De acuerdo a la producción láctea Anaya *et al.* (2012) reportan que en el municipio de Aculco en el Estado de México se encontraron producciones de leche promedio de 11 kg/vaca/día, ya que de acuerdo a los autores esto refleja que la vaca solo produce el 40%

de su potencial lechero, esto se debe en gran medida en función de los ingredientes disponibles en la zona, lo que repercute en el rendimiento lácteo. Así mismo Hernández *et al.* (2013) mencionan que los sistemas campesinos tienen una producción láctea promedio de 8.8 L/vaca/día. Castelán y Arriaga (1997) reporta producciones para el Valle de Toluca de 3.0 a 3.6 L de leche/día. A su vez Pedraza *et al.* (2012) reportan producciones lácteas de 7 kg/vaca/día en el municipio de Tejupilco en el estado de México. Bajo este mismo contexto los autores reportan producciones lácteas menores a lo obtenido en este estudio, para lo cual se encontraron producciones de 11.0 a 12.3 L/vaca/día, esto se debe en gran medida a la diversidad de cultivos utilizados en la alimentación del ganado, ya que según Castillo *et al.* (2012) los productores suplementan con una amplia diversidad de alimentos; tanto de concentrados, forrajes de buena calidad y pajas dependiendo de la época del año y de acuerdo a la diversidad de cultivos que se producen en la zona de estudio.

CONCLUSIONES

El SPLPE de la zona suroriente del Estado de México se agruparon de acuerdo a las similitudes que presentaron en las distintas dimensiones (sociales, económicas y productivas) generándose tres grupos, destacando que el primero presentó mayor escala pero menor eficiencia productiva, aunque venden mayor volumen de leche y a mayor precio, situación que le permite generar mayores ingresos, mientras que el segundo grupo contó con menores ganancias presentaron mayor productividad por vaca.

El grupo 3 es el que se considera típico de la zona Suroriente del Estado de México y se caracteriza porque representa a la mayoría de la población, el cual ejemplifica el

panorama característico de las unidades de producción del sistema lechero en pequeña escala de la zona, el cual genera producciones lácteas que les permiten obtener ingresos; para incrementar gradualmente su calidad de vida y por lo cual esta actividad se considera una forma de subsistencia y autoempleo.

Los tres grupos son resilientes y se consideran viables bajo las dimensiones sociales, económicas y productivas, además de que los productores consideran que la actividad se va a heredar a sus familiares estableciendo así la transmisibilidad de la actividad, a pesar de que los parámetros productivos son bajos, se deben implementar estrategias para incrementar la productividad como son la mejora genética a través de programas reproductivos, estrategias de alimentación que cubra los requerimientos de acuerdo al escaso mérito genético empleando recursos locales.

LITERATURA CITADA

Albarrán P. B., Rebollar R. S., García M. A., Rojo R. R., Avilés N. F., Arriaga J. C., (2015).

Socioeconomics and productive characterization of dual purpose farms oriented to milk production in a subtropical region of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*. 47: 519-523.

Anaya J., Prospero F., Martínez C., Martínez F., Espinoza A. y Arriaga C. (2012).

Caracterización de las estrategias de alimentación en sistemas de producción de leche en pequeña escala en época de secas. En el libro *Ganadería y alimentación: alternativas frente a la crisis ambiental y el cambio social* Vol. 2. Coordinadores:

Cavalloti B. y Palacios M. Edit. UACH (Universidad Autónoma Chapingo), Pp. 301 – 308.

Bernal M. L. R., Rojas G. M. A., Vásquez F.C., Espinoza O. A., Estrada F. J. G. y Castelán O. O. (2007). Assessment of physicochemical. Quality of row milk produced in smallholder dairy systems in two regions of the state of México. *Veterinaria México*. 38: 397- 407.

Brunett P. L., González C. y García L. (2005). Evaluación de la sustentabilidad de dos Agroecosistemas campesinos de producción de leche y maíz, utilizando indicadores. *Livestock Research of Rural Development*. Vol. 17, No. 78.

Castelán O. O y Arriaga J. C. (1997) Estudio y mejoramiento de los sistemas campesinos de producción de leche del valle de Toluca a través del uso de modelos de simulación. En: *Memorias del Seminario-Taller Nacional en Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala*. UAEM, CICA. Toluca. Pp: 83-93.

Castillo D., Tapia M., Brunett L., Márquez O., Terán O., Espinosa E., (2012). Evaluación de la sustentabilidad de dos agroecosistemas campesinos de producción de leche y maíz, utilizando indicadores. *Livestock research of rural development*. Vol. 17, Art. 78.

Cervantes E. y Poméon T. (2010). El sector lechero y quesero en México de 1990 a 2009: entre lo global y local, reporte de investigación No. 89. UACH/CIESTAAM.

Díaz B. A., (2006). Efectos de la globalización en la competitividad en sistemas productivos locales de México. *Observatorio de la economía latinoamericana*. Consultado en: www.eumed.net/coursecon/ecolat/mx/index.htm.

- Díaz R. P., Oros N. V., Vilaboa A. J., Martínez D. J., y Torres H. G. (2011) Dinámica del desarrollo de la ganadería doble propósito en las Choapas, Veracruz, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14: 1991-199.
- Espinosa E., Arriaga J. C., Alonso P. F., Castelán O. O. y Espinoza A. (2003). Rentabilidad de la lechería en Pequeña Escala. Antes y después de la apertura comercial. En el Libro: *La ganadería mexicana en el nuevo milenio: Situación y Alternativas*. Coordinadores: Cavalloti B. y Palacios M. Edit. UACH (Universidad Autónoma Chapingo), Pp. 180-189.
- Espinosa G. J., Wiggins.S., González O. A., y Aguilar B. U. (2004). Sustentabilidad económica a nivel de empresa: aplicación a unidades familiares de producción de leche en México. *Técnica Pecuaria México* 42: 55-70.
- Espinoza O. A., Espinosa A. E., Bastida L.J., Castañeda M.T. y Arriaga J.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: 1-16.
- Estrada A., Brunett L., Espinosa E. y Sánchez E. (2012). Propuesta metodológica para el análisis de la transmisibilidad social en los sistemas de producción de leche en pequeña escala en la zona suroriente del estado de México. En el libro *Ganadería y alimentación: alternativas frente a la crisis ambiental y el cambio social* Vol. 2. Coordinadores: Cavalloti B. y Palacios M. Edit. UACH (Universidad Autónoma Chapingo), Pp. 317 – 322.

- FAO (2005). El estado mundial de la Agricultura y la Alimentación: Comercio agrícola y pobreza. Edit. FAO, Pp. 230.
- FAO (2010). Aumento de los precios en los mercados de alimentos. Perspectivas económicas y sociales. Edit. FAO, Pp. 9-11.
- FAO/FEPALE (Federación Panamericana de Lechería). (2012). Situación de la lechería en América Latina y el Caribe 2011. FAO. Chile.
- García A., Albarrán B. y Avilés F. (2015). Dinámicas y tendencias de la ganadería de doble propósito en el sur del Estado de México. En *Agrociencias*. 49: 125-139
- Hernández M. P., Estrada F. J. G., Avilés N. F., Yong A. G., López G. F., Solís M. D. A. y Castelán O. O. (2013). Tipificación de los sistemas campesinos de producción de leche del sur del estado de México. En *Universidad y Ciencia, trópico húmedo*. 29 (1): 19-31.
- Hair J. F., Anderson R. E., Tatham R. L. y Black W. C. (1998). *Análisis multivariante*. 5ª edición. Edit. Prentice Hall International. New Jersey
- IGCEM (2011a). Estadística Básica Municipal del Estado de México. Municipio de Ayapango. Gobierno del estado de México. México.
- IGCEM (2011b). Estadística Básica Municipal del Estado de México. Municipio de Amecameca. Gobierno del estado de México. México.
- LACTODATA (2016). Información sobre el sector lechero boletín, resumen de precios. Periodo 2016. www.lactodata.info/docs/ind/lacto_ind_precios_resumen.pdf

NMX-700-COFOCALEC-2004. Norma para leche cruda especificaciones fisicoquímicas y sanitarias. [http://cofocalec.org.mx/docs/requerimientos de mejora en calidad de leche cruda en México.pdf](http://cofocalec.org.mx/docs/requerimientos_de_mejora_en_calidad_de_leche_cruda_en_México.pdf).

Ojeda J., Espinosa E., Hernández P., Rojas C. y Álvarez J. (2016). Seroprevalencia de enfermedades que afectan la reproducción de bovinos para leche con énfasis en Neosporosis. En *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 3 (8): 243-249

Orantes M., Platas D., Córdova V., De los Santos M. y Córdova A. (2014). Caracterización de la ganadería de doble propósito en una región de Chiapas, México. En *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 1 (1): 49-58.

Pedraza B. P, Estrada F. J, Martínez C. R, Estrada L. I, Rayas A. A, Yong A. G, Figueroa M. M, Avilés N. F y Castelán-O. O (2012) On-farm evaluation of the effect of coffee pulp supplementation on milk yield and dry matter intake of dairy cows grazing tropical grasses in Central Mexico. *Tropical Animal Health and Production* 44: 329-336.

Pelayo C. B. y Tejada C. I. (2008) Inocuidad de la leche en México. 16ª Reunión anual de CONASA. XXI Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias.

SIAP (2015). Producción de leche de bovino a nivel nacional, periodo 2008-2011. (SIAP) Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Producción anual de cultivos año agrícola 2005-2014 en México. <http://www.siap.gob.mx>.

SIAP/SAGARPA. (2016). Producción de leche de bovino a nivel nacional periodo 2012-2016. Consulta en: www.siap.gob.mx

Schwentenius R. y Gómez M. (2002) Supermarkets in México: Impacts on horticulture systems. *Development policy and review* 20: 487-502.

8.2 Publicación de un capítulo de libro

Capítulo de libro denominado **“Análisis de factores socio-productivos del sistema productor de leche en pequeña escala de la región suroriente del Estado de México”**, en la Memoria Científica, derivada de la **LIII Reunión Nacional de Investigación Pecuaria**, realizada del 15 al 17 de noviembre del 2017.



Reunión Nacional de Investigación Pecuaria

ISSN 24485284



GUERRERO
NOS NECESITA A TODOS

Ciencia y Tecnología para la Ganadería Tropical Mexicana



Memoria

Acapulco 2017

15-17 Noviembre

Compiladores:
Ricardo Basurto Gutiérrez
Ana María Anaya Escalera
Rubén Santos Echeverría
Luis Reyes Muro



Código CEN 034/17



Reunión Nacional de Investigación Pecuaria Memoria, Año 3, Vol. 1 Núm.1, Noviembre 2017.

Comité científico

PRESIDENTE

Ricardo Basurto Gutiérrez INIFAP

VICEPRESIDENCIA

Ana María Anaya Escalera INIFAP

RESPONSABLES DE SECCIÓN

Anne María Sisto	UNAM	BIENESTAR Y COMPORTAMIENTO ANIMAL
Raquel Cossío Bayugar	INIFAP	BIOTECNOLOGÍA Y BIOLOGÍA CELULAR EN SALUD ANIMAL
Héctor Jiménez Severiano	INIFAP	ENDOCRINOLOGÍA Y REPRODUCCIÓN
Jesús Vázquez Navarrete	INIFAP	INOCUIDAD DE ALIMENTOS
Efrén Díaz Aparicio	INIFAP	MECANISMOS DE INFECCIÓN Y ENFERMEDAD
Miguel Arechavaleta Velasco	INIFAP	MEJORAMIENTO Y RECURSOS GENÉTICOS
Gerardo Mariscal Landín	INIFAP	NUTRICIÓN ANIMAL
Feliciano Millán Svazo	UAQ	SALUD ANIMAL, DIAGNÓSTICO, CONTROL Y EPIDEMIOLOGÍA SOCIOECONOMÍA,
José Antonio Espinosa García	INIFAP	VALIDACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA
José Francisco Villanueva Ávalos	INIFAP	UTILIZACIÓN DE FORRAJES Y MANEJO DE PASTIZALES

Reunión Nacional de Investigación Pecuaria Memoria



15 al 17 de noviembre de 2017

Compiladores

Ricardo Basurto Gutiérrez
Ana María Anaya Escalera
Rubén Santos Echeverría
Luis Reyes Muro

Acapulco de Juárez, Guerrero, México.

Contenido por sección

		Páginas
I	BIENESTAR Y COMPORTAMIENTO ANIMAL	1 - 30
II	BIOTECNOLOGÍA Y BIOLOGÍA CELULAR EN SALUD ANIMAL	31 - 62
III	ENDOCRINOLOGÍA Y REPRODUCCIÓN	63 - 166
IV	INOCUIDAD DE ALIMENTOS	167 - 216
V	MECANISMOS DE INFECCIÓN Y ENFERMEDAD	217 - 240
VI	MEJORAMIENTO Y RECURSOS GENÉTICOS	241 - 304
VII	NUTRICIÓN ANIMAL	305 - 445
VIII	SALUD ANIMAL, DIAGNÓSTICO, CONTROL Y EPIDEMIOLOGÍA	446 - 604
IX	SOCIOECONOMÍA, VALIDACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA	605 - 691
X	UTILIZACIÓN DE FORRAJES Y MANEJO DE PASTIZALES	692 - 785
XI	INDICE DE AUTORES	786 - 792

NOTA DE LOS COMPILADORES

El contenido de los resúmenes incluidos en esta memoria, aparece tal y como fue enviado por sus autores, con excepción de algunos que fueron adaptados de formato, con la finalidad de hacerlos coincidir con las indicaciones de la convocatoria y las necesidades de diseño del documento.

DEMANDAS DE CAPACITACIÓN TÉCNICA DE EXTENSIONISTAS Y PRODUCTORES PECUARIOS PARTICIPANTES EL COMPONENTE DE EXTENSIONISMO.....	614
DESARROLLO OPERATIVO DEL COMPONENTE DE EXTENSIONISMO SAGARPA-INIFAP (2016), EN EL NORTE DE MÉXICO.....	617
ENFOQUE METODOLÓGICO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE TEMAS DE CAPACITACIÓN TECNOLÓGICA CON BASE A DEMANDA: APLICACIÓN AL SISTEMA BOVINOS DOBLE PROPOSITO EN MÉXICO.....	620
COMPARACIÓN DE EFICIENCIA ECONÓMICA ENTRE LOS ALIMENTOS BALANCEADOS COMERCIALES Y AUTO-PRODUCIDOS EN LA ALIMENTACIÓN DE GRANJAS PORCINAS EN MÉXICO.....	623
EXTENSIONISMO PECUARIO EN LA CIUDAD DE MÉXICO (CDMX).....	626
ELABORACIÓN DE MATERIAL DIDÁCTICO INTERACTIVO PARA LA ENSEÑANZA DE CASOS CLÍNICOS EN CERDOS DE DESTETE A FINALIZACIÓN.....	629
DESARROLLO DE MATERIAL DIGITAL PARA ENSEÑANZA MEDIANTE LA SIMULACIÓN DE CASOS CLÍNICOS EN CERDOS.....	632
DEMANDAS DE CAPACITACIÓN DE LOS EXTENSIONISTAS Y PRODUCTORES PARTICIPANTES EN LOS SERVICIOS DE EXTENSIONISMO 2016 EN EL ESTADO DE COLIMA.....	635
INDICADORES PRODUCTIVOS EN GRANJAS DE PORCICULTURA NO INDUSTRIAL EN LA REGIÓN CENTRO DE MÉXICO.....	638
ANÁLISIS DE FACTORES SOCIO-PRODUCTIVOS DEL SISTEMA PRODUCTOR DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA DE LA REGIÓN SURORIENTE DEL ESTADO DE MÉXICO.....	641
SISTEMATIZACIÓN DEL SERVICIO DE CAPACITACIÓN Y ASISTENCIA TÉCNICA DEL EXTENSIONISMO RURAL PECUARIO EN GUERRERO.....	644
PUNTOS CRÍTICOS DEL COMPONENTE EXTENSIONISMO 2016 EN EL ESTADO DE CAMPECHE.....	647
EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL ORDEÑO POSDESTETE DE OVEJAS DE RAZAS CÁRNICAS (DORSET) EN EL ALTIPLANO DE MÉXICO.....	650
PROPUESTA PARTICIPATIVA PARA LA RECONVERSIÓN PRODUCTIVA CAPRINA EN LA MICROCUENCA LA CULATA, CADEREYTA, QRO.....	653
PRODUCCIÓN DE LECHE Y CARNE EN UN HATO DE DOBLE PROPÓSITO PARA VALIDACIÓN DE TECNOLOGÍA.....	656
LA PRODUCCIÓN DE CARNE DE CONEJO EN GRANJAS FAMILIARES: EL CASO DEL NOROESTE DEL ESTADO DE MÉXICO.....	659
EVALUACIÓN Y MANEJO DEL CULTIVO DE MUJO (<i>Pennisetum americanum</i>) EN SUELOS CALCAREOS A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA "MAPEO DE RANCHO" EN EL SUR DE SINALOA, MÉXICO.....	662
LAS TECNOLOGÍAS APROPIADAS EN EL DESARROLLO RURAL: CASO MICROCUENCA LA JOYA, QRO.....	665
ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA ENGORDA INTENSIVA DE GANADO BOVINO EN CORRAL EN SAN MIGUEL COATLINCHAN, TEXCOCO DE MORA, ESTADO DE MÉXICO.....	668
DEMANDAS DE CAPACITACIÓN TECNOLÓGICA DE LOS EXTENSIONISTAS QUE ATIENDEN A PEQUEÑOS PRODUCTORES DE LECHE EN MÉXICO.....	671
ACCIONES DE APOYO AL EXTENSIONISMO RURAL PARA PEQUEÑOS PRODUCTORES DE CAPRINOS EN BAJA CALIFORNIA SUR.....	674



Reunión Nacional de Investigación Pecuaria Memoria. Anual. Noviembre de 2017. Editor Responsable: Ricardo Basurto Gutiérrez. Número de Certificado de Reserva otorgado por el Instituto Nacional de Derecho de Autor: 04-2016-092610414100-203. Domicilio: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Av. Progreso Número. 5, Colonia Barrio Santa Catarina, Delegación Coyoacán, México, D.F., C.P. 04010.

ISSN 24485284

ANÁLISIS DE FACTORES SOCIO-PRODUCTIVOS DEL SISTEMA PRODUCTOR DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA DE LA REGIÓN SURORIENTE DEL ESTADO DE MÉXICO.

ANALYSIS OF SOCIO-PRODUCTIVE FACTORS OF THE SMALL-SCALE MILK PRODUCTION SYSTEM OF THE SOUTHERN REGION OF THE STATE OF MEXICO.

Rueda QLD¹, Ojeda C.JJ², Espinosa AE², Hernández GPA².

¹Programa de Posgrado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Autónoma del Estado de México. ² Centro Universitario UAEM, Amecameca. zdferri@yahoo.com.mx

Palabras clave: Componentes principales, Sistema familiar, Producción láctea

INTRODUCCIÓN.

El sector agropecuario desempeña funciones sociales, económicas y ambientales importantes para la sociedad, así mismo deberá seguir aportando alimentos económicos e inocuos de acuerdo a la demanda en forma sostenible (FAO, 2010). La actividad lechera en México es la segunda en importancia en el Subsector ganadero, siendo el sistema familiar el que aporta un 28% de la producción láctea nacional (Castelán et al., 2008); este sistema ha sido estudiado desde varias perspectivas, destacan las investigaciones realizadas sobre estrategias de alimentación para disminuir los costos de producción (Albarrán et al., 2015), análisis de la calidad de la leche (Bernal et al., 2007), y ejercicios de caracterización como el descrito por Espinoza et al. (2007), en el que se hace énfasis en aspectos técnicos y económicos; en todas las disertaciones mencionadas es evidente que la producción de leche en pequeña escala es una opción productiva ya que permite generar ingresos económicos a las familias rurales y mantener un nivel de vida sin el desarraigo de las comunidades. En la región suroriental del Estado de México la producción de leche es una actividad importante y la zona es considerada una microcuenca lechera, por lo cual el objetivo fue analizar los factores socio-productivos del sistema productor de leche en pequeña escala (SPLPE) de la región suroriental del Estado de México.

MATERIALES Y MÉTODOS.

La presente investigación se realizó en los municipios de Amecameca y Ayapango, Estado de México los cuales son los de mayor importancia productiva en el sector lácteo local (destacando la delegaciones de San Francisco Zentlalpa y Poxtla en el procesamiento y transformación de la leche), por tal motivo son representativos de la zona Suroriental del Estado de México, los cuales se encuentran localizados entre las coordenadas geográficas 98° 37' 34" y 98° 49' 10" de longitud oeste y 19° 3' 12" y 19° 11' 2" de latitud norte; ambos municipios se encuentran a una altura promedio de 2,435 metros sobre el nivel del mar; el clima es templado subhúmedo Cb (w2) con lluvias en verano, contando con una precipitación pluvial promedio de 935 mm y una temperatura promedio anual de 14.1°C. Las principales actividades que se realizan en la zona de estudio son la forestal con 9,599 ha (50%), la pecuaria con 730 ha (3.4%) y la agrícola con 8, 729 ha (46%) (IGECEM, 2011*).

Se procedió a levantar un censo de la población objetivo (153 unidades de producción) y se aplicó una encuesta semiestructurada, la cual contenía variables sociales, económicas, productivas y técnicas. El procesamiento de la información se realizó un Análisis factorial (AF) por componentes principales, al cual se le aplicó una rotación Varimax; posteriormente. Para el análisis de los datos se empleó el paquete estadístico Statgraphics® versión Centurión XVI.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

El análisis factorial arrojó cinco factores que explican el 66% de la variación total de los datos (Cuadro 1). En el Factor 1 (Escala) se observa una correlación positiva entre hato y superficie de siembra, donde a mayor tamaño del hato se cuenta con mayor superficie; por lo tanto, más potencial productivo, por lo cual, las unidades de producción requieren tecnificación no solo para la actividad de la producción láctea (mecanización en el sistema de ordeño), sino también para la producción agrícola con el objetivo de hacer más eficiente la generación de alimentos; se destaca que este factor indica que en la medida en que se incrementa el potencial productivo, se disminuye la dependencia de los subsidios gubernamentales.

El Factor 2 (Educativo) muestra que a una menor edad del productor cuenta con una mayor escolaridad, por tal motivo las generaciones más jóvenes contaron con mayor número de años de escolaridad, en contraste con sus antecesores.

El Factor 3 (Agropecuaria) correlacionan positivamente la diversidad de cultivos y la reproducción del hato, esto sugiere que a una mayor diversidad agrícola se obtendrá mayor variedad de forrajes y diversas formas de conservación (ensilado y henificado) destacando el cultivo del maíz, avena y alfalfa, aportando a las dietas del ganado una mayor calidad nutricional; por ende, como resultado se observan vacas con mejores balances energéticos y proteicos, favoreciendo así la tasa de reproducción.

El cuarto Factor (Biosseguridad) presentan una correlación negativa entre los abortos presentes en las unidades de producción (UP) y la diversidad de especies animales, lo cual indica que los caninos y la fauna nociva (roedores), son vectores de enfermedades reproductivas como Neosporosis y Leptospirosis, en el mismo sentido en las unidades de producción (UP) se cuenta con ovinos, equinos y cerdos, dichas especies pueden ser reservorios de Diarrea Viral Bovina, tales enfermedades pueden predisponer a la presentación de abortos y por consecuencia disminuir la producción láctea e incrementar el intervalo entre partos generando pérdidas económicas.

Por último, el Factor 5 (Reemplazos) demuestra que las UP, tienen visualizada a esta actividad pecuaria en un futuro; no solo para ellos sino también para las próximas generaciones, debido a que se correlacionan positivamente la presencia y selección de reemplazos bovinos con la transmisibilidad o relevo generacional dentro del sistema de producción de leche.

Quadro 1. Componentes principales (CP) y su contribución a la explicación de la varianza total obtenidos a partir del análisis de factores (AF).

Variables	Factor 1 Escala	Factor 2 Educativo	Factor 3 Agropecuaria	Factor 4 Biosseguridad	Factor 5 Reemplazos
Abortos	0.36	0.002	-0.003	0.67	-0.13
Diversidad animal	0.30	0.001	0.09	0.61	0.51
Diversidad cultivos	0.08	0.42	0.65	0.22	-0.04
Edad	0.29	-0.70	0.22	-0.004	-0.14
Escolaridad	-0.23	0.58	-0.48	0.08	0.26
Hato	-0.74	-0.04	-0.14	0.18	-0.40
Ordeño	-0.74	-0.19	0.09	0.18	0.06
Potencial lechero	-0.40	-0.12	-0.33	-0.13	0.33
Recria	-0.21	-0.47	0.32	-0.05	0.63
Reproducción	-0.20	0.25	0.66	-0.33	-0.08
Subsidios	0.60	-0.39	-0.28	0.06	-0.24
Superficie	-0.67	-0.10	0.11	0.53	-0.20
Tecnificación	-0.54	-0.38	-0.03	-0.05	-0.01
Autovalores	2.8	1.5	1.4	1.3	1.1
Varianza acumulada	21.9	34.7	46.2	56.9	65.8

CONCLUSIONES.

El sistema de producción de leche en pequeña escala en la región suroriental del Estado de México se considera resiliente y viable bajo las dimensiones social y productiva a partir de lo mostrado por las correlaciones de los diferentes factores de este sistema, además los productores consideran que la actividad se va a heredar a sus familiares estableciendo así la transmisibilidad de la misma, considerando que los parámetros productivos son bajos, se deben implementar estrategias para incrementar la productividad, como son programas para la mejora genética a través de programas reproductivos como la inseminación artificial; estrategias de alimentación que cubran los requerimientos nutricionales de acuerdo al mérito genético empleando recursos locales forrajeros y alimenticios.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA.

Al CONACYT por la beca para la realización de estudios de maestría y a la Secretaría de Educación Pública por el financiamiento del proyecto: DSA/103.5/14/7529 y forman parte de la tesis de doctorado del primer autor.

LITERATURA CITADA.

- Albarrán PB, Rebolgar RS, García MA, Rojo RR, Avilés NF, Arriaga JC. Socioeconomics and productive characterization of dual purpose farms oriented to milk production in a subtropical region of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*. 2015; 47: 519-523.
- Bernal ML, Rojas GM, Vásquez FC, Espinoza OA, Estrada FJ y Castetán OO. Assessment of physicochemical. Quality of raw milk produced in smallholder dairy systems in two regions of the state of México. *Veterinaria México*. 2007; 36: 397-407.
- Castelán-Ortega O.A. Estrada-Flores J., Espinoza O.A., Sánchez V. E. Ambríz V.V., Hernández O. M. Strategies for the management of agroecosystems resources in temperate zones of Mexico: the case of campesino milk farmers in the central highlands. En: Castelán O.O., Bermes J.A., Ruiz S.R., Mould F.L., (Eds.) Opportunities and challenges for smallholder ruminant systems in Latin America, resource management, food safety, quality and market Access. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. 2008; 133-160.
- Espinoza O. A., Espinosa A. E., Bastida L.J., Castañeda M.T. y Arriaga J.C. M. Small-Scale dairy farming in the highlands of Central Mexico: Technical, economic and social aspects and their impact on poverty *Experimental Agriculture*. 2007; 43: 1-16.
- FAO 2010. Ganadería Bovina en América Latina: Escenario 2008-2009 y tendencias del sector. FAO. Santiago de Chile.
- IGECM (2011*). Estadística Básica Municipal del Estado de México. Municipio de Ayapango y Amecameca. Gobierno del estado de México. México.

8.3 Publicación de un capítulo de libro

Capítulo de libro denominado **“Estimación de la producción de gases de efecto invernadero y la huella hídrica en el sistema de producción de leche en pequeña escala”**, en la Memoria Científica, derivada de la **XLV Reunión Científica de la Asociación Mexicana para la Producción Animal y Seguridad Alimentaria A.C.**, realizada del 13 al 15 de junio del 2018.



Avances de la Investigación sobre Producción Animal y Seguridad Alimentaria en México



Editores:

José Herrera Camacho, Alfonso Juventino Chay Canul, Fernando Casanova Lugo,
Ángel Trinidad Piñeiro Vázquez, Liliana Márquez Benavides, Evelia Santillán
Ferreyra, José Arce Menocal

"Avances de la Investigación sobre producción animal y seguridad alimentaria en México"/ Editores

José Herrera Camacho et al. – Primera edición. – Morelia, Michoacán, México 2018

1327 páginas en las que se incluye cuadros, figuras, ilustraciones y referencias bibliográficas en cada uno de los temas contenidos en la obra

ISBN: 978-607-543-022-6

1. Agricultura – Investigación – México. \ 2. Ganadería – Investigación – México.

\ 3. Seguridad Alimentaria – Biotecnología – Investigación – México.

Primera edición: 2018-07-13

D.R. © Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Av. Francisco J. Múgica, Ciudad Universitaria, C.P. 58030, Morelia, Michoacán, México. www.umich.mx

Esta obra consta de 700 ejemplares CD ROOM, 16.4 Mb, en formato PDF y fue dictaminada mediante el sistema de pares ciegos, por un Comité Científico interinstitucional que contó con el apoyo de evaluadores de diferentes Instituciones y dependencias públicas. Las denominaciones empleadas y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Editores, juicio alguno sobre la delimitación de fronteras o límites y la mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la editores los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan. Aunque la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, fomenta la reproducción y difusión parcial o total del material contenido, queda prohibida su reproducción total sin contar previamente con la autorización expresa y por escrito del titular, en términos de la Ley Federal de Derechos de Autor. Su uso para fines no comerciales se autorizará de forma gratuita previa solicitud. La reproducción para la reventa u otros fines comerciales, incluidos fines educativos, podría estar sujeta a pago de derechos o tarifas.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la de los editores de la publicación.

ISBN: 978-607-543-022-6

Coordinadores de la edición: José Herrera Camacho y Alfonso Juventino Chey Canul

Responsable de la edición: Alfonso Juventino Chey Canul, Fernando Casanova Lugo, Ángel Piñeiro Vázquez y José Herrera Camacho

Diseño de portada: Fernando Casanova Lugo, Alfonso Juventino Chey Canul, Ángel Piñeiro Vázquez y José Herrera Camacho

Asistentes editoriales: Jazsica Herrera Ojeda y Alejandra Soos Solís

Impreso y hecho en Morelia, Michoacán, México.

EDITORES Y ADSCRIPCIONES

EDITORES

José Herrera Camacho

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Alfonso Juventino Chay Canul

División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

EDITORES ASOCIADOS

Fernando Casanova Lugo

Instituto Tecnológico de la Zona Maya, Tecnológico Nacional de México.

Angel Piñeiro Vázquez

Instituto Tecnológico de Conkal, Tecnológico Nacional de México.

UMSNH CA-273 CAMBIO CLIMATICO, PRODUCCION Y SUSTENTABILIDAD

Liliana Márquez Benavides

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Evelia Santillán Ferreyra

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

José Arce Menocal

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Márquez-Mota C.C. ¹ , Avilés-Nieto J.N. ¹ , Flores-Coello G. ¹ , Castillo-Gallegos E. ² , Jarillo-Rodríguez J. ² , Corona L. ^{1*}	687
ACEITES ESENCIALES Y EXTRACTOS ACUOSOS DE <i>Allium sativum</i> , <i>Cinnamomum verum</i> , <i>Eucalyptus globulus</i> Y <i>Rosmarinus officinalis</i> EN LA FERMENTACIÓN RUMINAL, DIVMS Y EMISIÓN DE METANO MEDIANTE LA TÉCNICA DE PRODUCCIÓN DE GAS <i>in vitro</i>	
695	
Mocho-Ortiz A., Avilés-Nieto J., Márquez-Mota C.C., Castrejón-Pineda F.A., Ramírez-Bribiesca E., Ramírez-Orejuel J.C., Miranda-Romero L.A., Corona L.	
EFECTO DE LA ADICIÓN DE ENZIMAS FIBROLÍTICAS DE <i>Trichoderma reesei</i> A UN BLOQUE MULTINUTRICIONAL EN LA PRODUCCIÓN DE GAS Y DIGESTIBILIDAD <i>IN VITRO</i> DE ALFALFA	
701	
García V., Loera O., Montes-Horcasitas M.C., Mendoza G.D.	
COMPUESTOS POLIHERBALES INMUNOESTIMULANTES EN LA FERMENTACIÓN RUMINAL Y PRODUCCIÓN DE METANO <i>in vitro</i> : COMO UNA ALTERNATIVA PARA LA CRIANZA DE BECERRAS	
707	
Velázquez-Cruz L.A., Hernández-García P.A., Espinosa-Ayala E., Mendoza-Martínez G.D., Díaz-Galván C., Razo-Ortiz P.B., Ponce-Pérez O.	
EFECTO DE LA ADICIÓN DE ACEITE DE CANOLA EN LA DIGESTIBILIDAD DE NUTRIMENTOS, Y METANOGENÉISIS EN BOVINOS DE DOBLE PROPÓSITO EN EL TRÓPICO	
713	
Avilés-Nieto J.N., Corona-Gochi L., Hernández-Medrano J.H., Ramírez-Bribiesca E., Castillo-Gallegos E., Jarillo-Rodríguez J., García-Pérez A., Talamantes-Gómez J.M., Márquez-Mota C.C.	
ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y HUELLA HIDRICA EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA	
719	
Rueda Quiroz L.D., Ojeda Carrasco J.J., Espinosa Ayala E., Hernández García P.A.	
EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE TANINOS CONDENSADOS DE QUEBRACHO SOBRE EL PATRÓN DE FERMENTACIÓN Y PRODUCCIÓN DE METANO EN NOVILLAS ALIMENTADAS CON <i>Pennisetum purpureum</i>	
725	
Piñeiro-Vázquez A.T., Chay-Canul A.J., Casanova-Lugo F., Sangines-García R., Aguilár-Urquizo E., Canul-Solis J., Jiménez-Ferrer G., Ku-Vera J.C.	
CARACTERIZACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PORCINAS A TRAVÉS DE BIODIGESTIÓN ANAEROBIA EN SISTEMAS DE PEQUEÑOS PRODUCTORES	
731	
Trejo-Lizama W., Novelo-Lizama A.C., Erales-Villamil J.A.	
DETERMINACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD, PRODUCCIÓN DE GAS Y FERMENTACIÓN <i>in vitro</i> DE GLICERINA	
737	
Urbe-Ordaz J.C., González-Puente M.A., Buendía-Rodríguez G., Sánchez-Mendoza B., Jiménez-Ocampo R.	

ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y HUELLA HIDRICA EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA

Rueda Quiroz L.D.¹, Ojeda Carrasco J.J.^{2*}, Espinosa Ayala E.², Hernández García P.A.²

¹Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Centro Universitario UAEM Amecameca, Universidad Autónoma del Estado de México. ²Centro Universitario UAEM Amecameca, Universidad Autónoma del Estado de México.

*Autor de correspondencia: jojeda@uaemex.mx; mszojeda@hotmail.com

Resumen

Palabras clave: GEI,
Huella hídrica,
Producción leche.

El objetivo fue estimar la producción de gases de efecto invernadero y la huella hídrica del sistema de producción de leche en pequeña escala en los municipios de Amecameca y Ayapango en la región suroriental del Estado de México. A partir de un total de 153 unidades de producción se realizó un muestreo doble estratificado por municipio y número de vacas en producción, resultando un tamaño muestral de 50 UP a las que se les aplicó una encuesta semiestructurada. Para estimar la producción de gases de efecto invernadero se aplicó el Modelo de contabilidad ambiental para la ganadería (GLEAM); y para la cuantificación de la huella hídrica se empleó la propuesta metodológica de la Water Footprint Network. El análisis estadístico fue mediante un Análisis de conglomerados. Se obtuvieron cinco grupos diferentes a partir de las similitudes en las dietas proporcionadas en las UP. Los valores determinados para GEI fueron 1.92 kg de CO₂-eq/kg LCGP y 1.80 kg de CO₂-eq/kg LCE. En cuanto a la huella hídrica se estimó un promedio de 2057 L agua/kg LCGP y 1927 L agua/kg LCE. A partir de la evaluación de estas dos variables se logró estimar que el impacto que genera el sistema de producción de leche en pequeña escala al ambiente dentro de la región suroriental del Estado de México el cual es ligeramente superior al promedio reportado a nivel mundial.

ESTIMATION OF GAS PRODUCTION OF GREENHOUSE EFFECT AND WATER FOOTPRINT IN THE MILK PRODUCTION SYSTEM IN SMALL SCALE

Keywords: GHG, Water footprint, milk production

Summary

The objective was to estimate the production of greenhouse gases and the water footprint of the small-scale milk production system in the municipalities of Amecameca and Ayapango in the southeastern region of the State of Mexico. From a total of 153 production units, a double stratified sampling was carried out by municipality and number of cows in production, resulting in a sample size of 50 PUs to which a semi-structured survey was applied. To estimate the production of greenhouse gases, the Environmental Accounting Model for Livestock (GLEAM) was applied; and for the quantification of the water footprint, the methodological proposal of the Water Footprint Network was used. The statistical analysis was by means of a Conglomerate Analysis. Five different groups were obtained from the similarities in the diets provided in the UPs. The values determined for GHG were 1.92 kg of CO₂-eq / kg LCGP and 1.80 kg of CO₂-eq / kg LCE. Regarding the water footprint, an average of 2057 L

water / kg LCGP and 1927 L water / kg LCE was estimated. Based on the evaluation of these two variables, it was possible to estimate that the impact generated by the small-scale milk production system on the environment within the southeastern region of the State of Mexico which is slightly higher than the average reported worldwide.

INTRODUCCIÓN

La demanda de alimentos de la población sobre el planeta ha aumentado como consecuencia del crecimiento demográfico y se prevé un incremento en la demanda de leche y carne de un 58% y 73% respectivamente, para el año 2050 (FAO, 2011). El Panel Intergubernamental para el Cambio Climático, confirmó el calentamiento global ocasionado por causas antropogénicas, como consecuencia en el incremento de la generación de Gases de Efecto Invernadero (GEI) tales como el bióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nítrico (N_2O) (IPCC, 2007). Se considera que la ganadería bovina contribuyente con 7.1 Gigatoneladas (Gt) de CO_2 equivalente/año de GEI a la atmósfera, provocado por la fermentación entérica y el estiércol; estimando que el 14.5% de las emisiones antropogénicas pueden estar atribuidas al sector agropecuario (Gerber et al., 2013); Asimismo, la FAO calculó que el sector lechero emitió 1.9 Gt de CO_2 -eq/año en el 2007; sin embargo, diferentes estudios mencionan que la contribución de la producción de GEI totales por la actividad lechera se basan en datos crudos, los cuales no son del todo apropiados ni reflejan la heterogeneidad de los diferentes sistemas de producción de leche (Haggeman et al., 2012). Por otro lado, el impacto que tiene el sector lechero en el uso del agua es importante y preocupante ya que compete directamente con las necesidades para uso humano (Charlton et al., 2016). Se menciona que el 19% del consumo mundial del agua está relacionado con los sistemas de producción de leche, tanto de uso directo como para la producción de forrajes y el suministro de alimentos; por lo que es necesario desarrollar estrategias para hacer

un uso eficiente del agua, sin reducir la producción de leche (Sultana et al., 2014). Con base en lo anterior, los sistemas agroalimentarios presentan un gran desafío a futuro, ya que deberán ser productivos, eficientes y acoplarse a la escasez de recursos; así como, reducir la producción de GEI y el consumo de agua generado por el propio sistema. El objetivo de este estudio fue estimar la producción de gases de efecto invernadero y la huella hídrica del sistema de producción de leche en pequeña escala (SPLPE) en el centro de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en los municipios de Amecameca y Ayapango, en la región suroriente del Estado de México, los cuales se encuentran a una altitud promedio de 2420 msnm, cuentan con un clima templado subhúmedo Cb (wa), una precipitación pluvial anual de 935.6 mm y una temperatura media anual de 14.1° C. En dichos municipios existen un total de 153 unidades de producción (UP), y para seleccionar la muestra se realizó un doble estratificado por municipio y número de vacas en producción, resultando un tamaño de muestra de 50 UP a las que se les aplicó una encuesta semiestructurada. Para la estimación de los GEI (CO_2 , CH_4 , N_2O y GEI totales), se aplicó el Modelo de contabilidad ambiental para la ganadería (GLEAM) propuesto por la FAO, (2016); el software estima la generación de gases dentro y fuera de los sistemas agropecuarios a partir de tres módulos (hato, alimentación y gestión de estiércol), por lo que se requirieron datos productivos (parámetros del hato, composición-consumo de la dieta, manejo y aplicación de excretas en los cultivos)

para poder alimentar el modelo. La unidad de referencia empleada fue kg. de CO₂-equivalente por kilogramo de leche corregida por grasa y proteína (kg de CO₂-eq/kg de LCPG) (Haggeman et al., 2012) y kg de CO₂-eq/kg de leche corregida por energía (kg de CO₂-eq/kg LCE) (Sultana et al., 2014).

Por su parte, para calcular la Huella Hídrica (Huella verde, Huella gris, Huella Hídrica Total), se utilizó la propuesta metodológica de la Water Footprint Network (WFN) (Hoekstra et al., 2011). La HH se cuantificó como la suma de HH Verde (HHV) (agua almacenada en el suelo y aprovechada por los cultivos), más la HH Gris (HHG) (agua necesaria para asimilar la carga de contaminantes), excluyendo del estudio la HH Azul ya que la agricultura de la zona es de temporal y no se hace uso de riego. Se utilizó el software CROPWAT® (FAO, 2016) para el cálculo de consumo de HHV de los recursos forrajeros que utilizan o siembran los productores, utilizando datos climatológicos de las estaciones meteorológicas Atozomoni e Izta-popo y de la estación municipal de Amecameca de los años 2015-2016; para la HHG se tomaron en cuenta los fertilizantes químicos (nitrógeno y fósforo) que son los más empleados por los ganaderos. Las unidades de referencia fueron: litros de agua por kg. de leche

corregida por grasa y proteína (L H₂O/kg LCGP) y litros de agua por kg. de leche corregida por energía (L H₂O/Kg LCE). El análisis estadístico de los datos se realizó por medio de un Análisis de conglomerados identificando las similitudes en las dietas, mediante el método de Ward's y la distancia euclidiana al cuadrado (Hair et al., 1999). Se empleó el paquete estadístico Statsgraphics® versión Centurión XVI.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este estudio se estimó que la generación de GEI de las UP del SPLPE es en promedio de 1.92 kg. de CO₂-eq/kg LCGP y 1.6 kg de CO₂-eq/kg LCE, mientras que la HH de 2057 L H₂O/LCGP y 1927 L H₂O/LCE en promedio.

De las 50 UP del sistema de producción de leche en pequeña escala analizadas se identificaron tres tipos de UP a las que se les denominó como semitecnificada, mixta y de subsistencia en concordancia con las características que se muestran en el Cuadro 1. Mediante el análisis de conglomerados en el que se incluyeron los diferentes ingredientes empleados en las dietas que se proporcionan en las 50 UP, se identificaron cinco grupos (Cuadro 2).

Cuadro 1. Parámetros productivos, técnicos y agrícolas, de los tres tipos de unidades de producción identificadas.

Característica	Unidades de Producción		
	Número de vacas en producción		
	Semitecnificada ≥ a 7	Mixta De 4 a 6	Subsistencia ≤ a 3
Número de productores	22	16	12
Superficie cultivada (ha)	7.7	4.0	3.0
Numero de vacas en producción	12.5	5.4	2.5
Grado de concentración (Vacas/ha)	0.6	0.8	1.3
Grasa (%)	3.6	3.7	3.8
Proteína (%)	3.25	3.40	3.45
Producción por hato (L/año)	66,436	23,362	13,971
Producción por vaca (L/vaca)	14.1	11.7	14.7
Fertilizante nitrogenado (kg/ha)	258	172	190

Cuadro 2. Características productivas, producción de gases de efecto invernadero y huella hídrica, según el tipo de alimentación proporcionado al ganado.

Variable	Grupos				
	1	2	3	4	5
No. de productores	6	16	21	3	4
Proporción (UP) respecto al total (%)	12	32	42	6	8
Maíz grano (kg MSC/día)	1.9	0.4	0.7	1.4	0.1
Otros cereales (kg MSC/día)	0.1	0.01	0.1	0.0	0.0
Rastrojo de maíz (kg MSC/día)	4.4	5.2	5.0	4.9	4.2
Ensilado de maíz (kg MSC/día)	0.3	1.0	0.8	3.1	0.0
Forrajes de cereales (kg MSC/día)	1.3	1.0	1.0	1.1	1.5
Ebo, forraje henificado y verde (kg MSC/día)	2.3	1.3	0.9	0.0	0.0
Alfalfa (kg MSC/día)	3.4	3.7	3.3	3.4	5.2
Salvado de trigo (kg MSC/día)	0.2	0.3	0.5	0.1	0.0
Subproductos de la agroindustria (kg MSC/día)	0.2	0.4	0.6	0.0	0.6
Pasta de soya (kg MSC/día)	0.0	0.1	0.07	0.0	0.6
Sales minerales (kg MSC/día)	0.1	0.1	0.05	0.04	0.09
Concentrado comercial (kg MSC/día)	1.4	2.4	3.0	2.6	3.5
Consumo materia seca (Kg/día)	15.4	15.8	16.1	16.7	15.7
Costo de la ración (\$/día)	58.7	59.2	58.4	55.0	68.8
No. de vacas (promedio/hato)	5.8	8.4	8.3	9	8.3
Producción láctea por vaca (L/día)	10.5	13.7	14.6	18.1	12.4
Producción láctea por vaca (L/año)	3825	5015	5310	6594	4516
Producción láctea por hato (L/año)	25237	50207	43517	54179	39269
GEI Totales (kg de CO ₂ -eq)	54867	77056	76556	96877	79081
GEI (kg de CO ₂ -eq/vaca/día)	27.6	23.9	26.3	23.7	27.3
Kg de CO ₂ -eq/kg LCGP	2.33	1.71	1.97	1.43	2.18
Kg de CO ₂ -eq/kg LCE	2.18	1.60	1.84	1.34	2.04
HH Total (m ³ agua/ Ton)	83253	77060	68292	64000	52014
L H ₂ O/LCGP	2915	2343	1867	1103	2058
L H ₂ O/LCE	2730	2194	1748	1033	1927

El grupo 4 representa el 6% de la población (3 UP); sin embargo, cuenta con el promedio de más vacas en producción, mayor eficiencia por unidad animal y producción por hato, esto puede atribuirse al tipo de dieta que proporcionan, ya que suministran forrajes de buena calidad (ensilado de maíz y alfalfa) aproximadamente 6.5 kg MSC/día, y pese a que hacen un uso importante del rastrojo de maíz, lo cual es característico de este tipo de sistema de producción; asimismo, utilizan el maíz en grano (autoconsumo) y hacen un uso racional de concentrado comercial; en contraste, no emplean insumos costosos (pasta de soya), reflejándose directamente en un menor costo

de la ración (\$55.00/día); no obstante, de presentar el mayor consumo de MS/vaca/día. Aparentemente, es el grupo que genera más GEI Totales, pero al ser más eficientes en la producción láctea, la generación de gases es la más baja tanto en kg de CO₂-eq/kg LCGP y kg LCE. Los valores determinados en este trabajo para el sistema de producción de leche en pequeña escala se encuentran dentro del rango descrito por Knapp et al. (2014), quienes proponen < 1 kg CO₂-eq/ kg LCE para sistemas intensivos y > 7 kg CO₂-eq/kg LCE para sistemas extensivos. Por su parte, Hageman et al. (2012), reportan un rango de 0.8 a 3.07 Kg de CO₂-eq/kg LCGP, con un promedio mundial

de 1.50 Kg de CO₂-eq/kg LCGP, y obtienen para México 1.49 kg CO₂-eq/kg LCE en vacas de dos UP típicas de Chihuahua (con 5,187 kg LCE/vaca). Los valores reportados por diversos autores como Battini et al. (2016), en Italia (1.35 a 1.50 Kg de CO₂-eq/kg LCGP), Rice et al. (2017), en Irlanda (1.13 Kg de CO₂-eq/kg LCGP), y Rivera et al. (2016), en Colombia (2.19 Kg de CO₂-eq/kg LCGP y 1.8 kg CO₂-eq/kg LCE comparando dos sistemas de producción de leche uno convencional y silvopastoril), empleando diferentes metodologías están dentro del rango internacional propuesto por Hagemman et al. (2012), quienes emplean el software TIPI-CAL y la metodología para análisis de ciclo de vida. En cuanto a las emisiones de CH₄ algunos autores sugieren que los datos varían a partir de factores como la dieta, raza y el estado fisiológico del animal; además de otros factores igual de importantes como el consumo de materia seca, el valor nutricional de cada ingrediente, tipo de carbohidratos y la microflora ruminal como se pudo observar en esta investigación (Broucek, 2014).

Para los valores de huella hídrica Sultana et al. (2014), mencionan que el promedio mundial es de 1833 L agua/ kg LCE con un rango entre 739 Litros obtenido en Dinamarca y 5622 Litros para Uganda, a su vez Moyano et al. (2015), y Chárton et al. (2016); encontraron valores de 952 y 1537 L agua/kg LCGP respectivamente en Argentina. Los consumos estimados para la HH en este estudio son en promedio de 2057 L agua/kg LCGP y 1927 L agua/ kg LCE, ligeramente por arriba del promedio mundial, resaltando que el Grupo 4 obtiene los valores más bajos, 1103 L agua/kg LCGP y 1033 L agua/ kg LCE datos similares a los encontrados por Zonderland-Thomassen y Ledgard (2012), en Nueva Zelanda; Moyano et al. (2015), en Argentina y Murphy et al. (2016), en Irlanda.

CONCLUSIONES

La producción de GEI del sistema de producción de leche en pequeña escala son similares a lo reportado a nivel mundial; de la misma forma para los valores reportados en HH, y se encuentran directamente relacionados con la conversión por producto (kg de leche); es decir, que a pesar de que la UP genere una mayor cantidad de GEI y un mayor consumo de agua, si es eficiente en la producción láctea las unidades de referencia, tanto para GEI (kg CO₂-eq/kg LCGP y kg CO₂-eq/kg LCE) como para HH (L H₂O/kg LCGP y L H₂O/kg LCE) se revierten, dando como resultado valores menores. Este estudio mostro que a partir de la evaluación de dos variables ambientales (GEI y HH), se logró estimar el impacto que genera el sistema de producción de leche en pequeña escala al ambiente dentro de la región suroriente del Estado de México el cual es ligeramente superior al promedio mundial reportado.

BIBLIOGRAFÍA

- Battini, F., Agostini, A., Tabaglio, V. y Amaducci, S. 2016. Environmental impacts of different dairy farming systems in the Po Valley. *Journal of Cleaner Production* 112: 91-102.
- Broucek, J. 2014. Production of Methane Emissions from Ruminant Husbandry: A Review. *Journal of Environmental Protection*, 5, 1482-1493.
- Chárton, V., Tieni, M.P., Frank, F., Engler, P. 2016. La huella del agua en la producción primaria de leche en Argentina. En *Información Técnica de Producción Animal* 2016. Estación experimental Rafaela. Ediciones INTA. Año 4 No. 2
- FAO. 2011. *World Livestock – Livestock in food security*. FAO, Roma.
- FAO. 2016. *Global Livestock Environmental Assessment Model. Reference documentation Version 2.0*.

- Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Faluccci, A. y Tempio, G. 2013. Enfrentando el cambio climático a través de la ganadería – Una evaluación global de las emisiones y oportunidades de mitigación. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Roma.
- Hair, J.F., Joseph, F., Anderson, R.E., Tatham, R.L. y Black, W.C. 1999. Análisis multivariante. 5a Ed. Editorial Prentice Hall Madrid, España. Iberia. XXIV, 799 p.
- Hagemann, M., Ndambi, A., Hemme, T. y Latacz-Lohmann, U. 2012. Contribution of milk production to global greenhouse gas emissions. An estimation based on typical farms. *Environ Sci Pollut Res.* 19:390–402.
- Hoekstra, A., Chapagain, A., Aldaya M., Mekonnen, M. 2011. The Water Footprint Assessment Manual. Setting the Global Standard. Earthscan, London, Washington, DC.
- IPCC. 2007. Changes in atmospheric constituents and in radiative forcing. In: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Averyt, K.B., Tignor, M., Miller, H.L. (Eds.), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of working Group 1 to the Fourth Assessment Report of the intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge.
- Knapp, J.R., Laur, G.L., Vadas, P.A., Weiss, W.P. y Tricarico, J.M. 2014. Enteric methane in dairy cattle production: Quantifying the opportunities and impact of reducing emissions. *Journal Dairy Science* 97:1-31.
- Moyano, S.A., Tieri, M.P.; Herrero, M.A. 2015. Huella hídrica en establecimientos lecheros de Buenos Aires, Argentina. Avances y estado de situación en análisis de ciclo de vida y huellas ambientales en Argentina. *Actas ENARCIV 2015*, Córdoba, Argentina
- Murphy, E., De Boer I.J.M., Van Middelaar, C.E., Holden, L.N.M., Shalloo, T.P. y Curran, J. 2016. Upton a Water footprinting of dairy farming in Ireland, *Journal of Cleaner Production.*
- Rice, P., O'Brien, D., Shalloo, L. y Holden, N.M. 2017. Evaluation of allocation methods for calculation of carbon footprint of grass-based dairy production. *Journal of Environmental Management* 202: 311-319.
- Rivera, J.E., Chará, J. y Barahona, R. 2016. Análisis del ciclo de vida para la producción de leche bovina en un sistema silvopastoral intensivo y un sistema convencional en Colombia. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 19: 237-251.
- Sultana, N., Uddin, M., Ridoutt, B., Hemme, T. y Peters, K. 2014. Benchmarking consumptive water use of bovine milk production systems for 60 geographical regions: An implication for Global Food Security. *Global Food Security.*
- Zonderland-Thomassen, M.A., Ledgard, S.F. 2012. Water footprinting – A comparison of methods using New Zealand dairy farming as a case study. *Agricultural Systems* 110: 30-40

8.4 Publicación de un capítulo de libro

Capítulo de libro denominado **“Evaluación socioeconómica y ambiental de la producción de leche en traspatio en la región suroriente del Estado de México”**, en la Memoria Científica, derivada del **V Congreso Internacional de Investigación Socioeconómica y Ambiental de la Producción Pecuaria**, realizada del 19 al 21 de septiembre del 2018.



**MEMORIAS DEL V CONGRESO INTERNACIONAL
DE INVESTIGACIÓN SOCIOECONÓMICA Y
AMBIENTAL DE LA PRODUCCIÓN PECUARIA**

19, 20 y 21 de septiembre de 2018

**Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia,
Universidad Nacional Autónoma de México**

COMITÉ CIENTÍFICO

Mónica Andrea Agudelo López (UACH-CIESTAAM), J. Reyes Altamirano Cárdenas (UACH-CIESTAAM), Adolfo Álvarez Macías (UAM-Xochimilco), Carlos Manuel Arriaga Jordán (UAEM-ICAR), Belem Dolores Avendaño Ruiz (UABC-FEyRI), Henrique de Barros (UFRPE-Brasil), Adriana Bastidas Correa (U de C-CUNORTE), Encarnación Ernesto Bobadilla Soto (UMSNH-IIAF), Luis Brunett Pérez (UAEM-ICAR), Ángel Bustamante González (CP-Campus Puebla), José Artemio Cadena Meneses (UACH-Zootecnia), María del Rosario Campos Hernández (UACH-Zootecnia), Beatriz Cavallotti Vázquez (UACH-Zootecnia), Fernando Cervantes Escoto (UACH-CIESTAAM), Alfredo Cesín Vargas (UNAM-UAER), Marta Chiappe Hernández (U de la R-Uruguay), José Luis Dávalos Flores (UNAM-FMVZ), Juan de Dios Guerrero Rodríguez (CP-Campus Puebla), Rubén Esquivel Velázquez (UACH-Zootecnia), Hilda Flores Brito (UACH-Zootecnia), Gustavo García Uriza (UACH-Zootecnia), Laura Elena Garza Bueno (CP-Campus Montecillos), María del Carmen Hernández Moreno (CIAD-Sonora), José Pedro Juárez Sánchez (CP-Campus Puebla), Thierry Linck (INRA-SAD), Carlos López Díaz (UNAM-FMVZ), Elvia López Pérez (UACH-Zootecnia), Francisco Ernesto Martínez Castañeda (UAEM-ICAR), María Beatriz Mendoza Álvarez (UACH-Zootecnia), Georgette Moctezuma López (INIFAP), Jorge Morett Sánchez (UACH-Sociología Rural), Rutilio Nava Montero (UACH-CRUPY), Mauricio Perea Peña (UMSNH-IIAF), Javier Ramírez Juárez (CP-Campus Puebla), Benito Ramírez Valverde (CP-Campus Puebla), Gustavo Ramírez Valverde (CP-Campus Montecillos), Alberto Riella (U de la R-Uruguay), Constantino Romero Márquez (UACH-Zootecnia), Agustín Ruiz Flores (UACH-Zootecnia), Leticia Myriam Sagarnaga Villegas (UACH-Zootecnia), Carlos Sánchez del Real (UACH-Zootecnia), Vinicio Horacio Santoyo Cortés (UACH-CIESTAAM), Rita Elise Schwentesius Rindermann (UACH-CIESTAAM), José Solís Ramírez (UACH-Zootecnia), Blanca Suárez San Román (GIMTRAP, A.C.), José Luis Tinoco Jaramillo (UNAM-FMVZ), Rafael Trueta Santiago (UNAM-FMVZ), Samuel Vargas López (CP-Campus Puebla), Emma Zapata Martelo (CP-Campus Montecillos), José Luis Zaragoza Ramírez (UACH-Zootecnia)

EL ENSILAJE DEL MUO PERLA (<i>Pennisetum americanum</i>) COMO ALTERNATIVA FORRAJERA EN SUELOS CALCÁREOS DEL TRÓPICO SECO DE SINALOA. _____	387
ELABORACIÓN DE UNA RACIÓN SUPLEMENTADA CON VAINA DE MEZQUITE, ENSILADO DE MAGUEY Y PENCA DE NOPAL PARA LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN CABRAS SAANEN _____	399
INNOVACIÓN PECUARIA DEL INIFAP, ESTUDIO DE CASO: VACUNA CONTRA LA BAVESIA BOVIS Y BAVESIA BIGEMINA _____	607

PROBLEMÁTICA AMBIENTAL 621

CAMBIANDO PARADIGMAS: FORTALECIENDO LA GANADERÍA FAMILIAR HACIA LA SUSTENTABILIDAD EN ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS DEL CENTRO DE MÉXICO. _____	623
EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN TRASPATIO EN LA REGIÓN SURORIENTE DEL ESTADO DE MÉXICO _____	639
LA IMPORTANCIA DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES Y LA PRODUCCIÓN ORGÁNICA EN LA GANADERÍA BOVINA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL ESTADO DE CHIAPAS. _____	655
CAUSAS AMBIENTALES DE LA PRODUCCIÓN DE DIETAS PARA LA ALIMENTACIÓN PORCINA. _____	665
EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN OVINA EN MICHOACÁN, MÉXICO. _____	679
ESTUDIO COMPARATIVO DE DOS CULTIVOS FORRAJEROS DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA DE LA REGIÓN NORTE DEL ESTADO DE MÉXICO; A TRAVÉS DE UN ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA. _____	695
EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LAS ACTIVIDADES AGROPECUARIAS Y LA SEGURIDAD ALIMENTARIA EN MÉXICO	709

Evaluación socioeconómica y ambiental de la producción de leche en traspatio en la región Suroriente del Estado de México

Laura Dolores Rueda Quiroz, Juan José Ojeda Carrasco, Enrique Espinosa Ayala,
Pedro Abel Hernández García

Centro Universitario UAEM Amecameca, Universidad Autónoma del Estado de México

La demanda de alimentos de la población sobre el planeta ha aumentado como consecuencia del crecimiento demográfico y un consumo excesivo (Wackemagel et al., 2002); y se prevé un incremento en los requerimientos de leche y carne de un 58 % y 73 % respectivamente, para el año 2050 (FAO, 2012).

Por otro lado, la situación geográfica de México lo ubica como un país muy vulnerable a los efectos del cambio climático; en el periodo 2000-2012 las repercusiones económicas asociadas a los eventos hidrometeorológicos extremos alcanzaron un aproximado de 21,950 millones de pesos. Históricamente, desde la década de los años setenta, las temperaturas promedio en México han aumentado en 0.85°C, cifra que coincide con el incremento global reportado por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés). Asimismo, la pobreza y la dependencia que la población tiene de las actividades primarias son factores que contribuyen a la vulnerabilidad social en México, por lo que, de acuerdo a los estudios realizados a nivel nacional, existe evidencia de que los efectos del cambio climático en combinación con otros factores de presión tendrán consecuencias ecológicas, económicas y sociales (INECC/SEMARNAT, 2015).

Actualmente, el rubro agropecuario contribuye de forma importante en las cuestiones ambientales, como el cambio climático, la degradación del suelo, la contaminación del agua y la pérdida de la biodiversidad (Gerber et al., 2013). Por su parte la inserción de México en el mercado global arrastró consigo al sector agroalimentario creando las condiciones para que la agricultura y la ganadería experimentaran grandes transformaciones (Cavalloti, 2017).

En México, el subsector de la producción láctea es la tercera actividad en importancia dentro del sector ganadero, con un 17.2 % del valor de la producción; la agroindustria lechera genera el 1.3 % del PIB nacional y es considerada como la tercera más

importante dentro del sector alimenticio; asimismo, la cadena láctea en su conjunto genera más de 200,000 empleos directos permanentes y remunerados y 400,000 empleos indirectos; no obstante, el consumo *per cápita* es de solo 367 ml diarios, que resulta inferior a lo recomendado por la OMS que es de 500 ml. (FAO/FEPALE, 2012; Martínez, 2018).

Al presente, el pronóstico de producción de leche para México es de 12,026 millones de litros de leche, contando con un hato bovino lechero de aproximadamente 2.49 millones de cabezas y más de 300,000 pequeños y medianos productores del sector lácteo; además se estima que se colocará como el octavo lugar a nivel mundial como productor de leche para el año 2018 (SIAP, 2017).

En el subsector lechero mexicano se presentan diferentes sistemas de producción, en el que destacan tres: el sistema de producción tecnificado, el sistema de doble propósito y el sistema de producción en pequeña escala o de traspatio, el cual se distingue por combinar la producción de leche con el sistema agrícola generalmente bajo un esquema de tipo familiar, siendo esta su principal fuerza de trabajo (Ojeda *et al.*, 2016). Por su parte, Espinoza *et al.* (2005), lo definen como unidades de producción con pequeñas superficies de tierra, donde la venta de la leche proporciona ingresos para la familia y pueden o no complementarse con ingresos extra fuera de esta actividad; cuentan con un rango de tres a 20 vacas, más sus reemplazos y están integrados al mercado como proveedores. Se considera que este sistema aporta el 28 % a la producción láctea nacional (Hernández *et al.*, 2013).

En otro orden de ideas; se estima que de las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera, el 14.5 % se atribuyen al sector agropecuario, y de estas, la ganadería bovina contribuye con 7.1 Gigatoneladas (Gt) de CO₂-equivalente/año, provocado por la fermentación entérica y el estiércol; de la misma manera, se calcula que la producción de leche de vaca contribuye con 1.4 Gt de CO₂-eq/año. Se ha observado que existe una relación directa entre la intensidad de las emisiones de GEI y la eficacia con que los productores utilizan los recursos naturales, es así que las posibles aportaciones para reducir las emisiones se basen en gran medida, en tecnologías y prácticas que mejoran la eficacia de la producción a nivel de los animales y el hato. Entre estas figuran el uso de piensos de mejor calidad y el balanceo de los

ingredientes empleados en la dieta para reducir las emisiones entéricas y del estiércol (Gerber *et al.*, 2013).

Por otro lado, el impacto que tiene el sector lechero en el uso del agua es importante y preocupante ya que compite directamente con las necesidades para uso humano (Charlton *et al.*, 2016). Por su parte, Mekonnen y Hoekstra (2012), mencionan que el 19% del consumo mundial del agua está relacionada con los sistemas de producción de leche, tanto de uso directo, como para la producción de forrajes y el suministro de alimentos.

Resulta entonces paradójico que la producción de alimentos sea una de las actividades que más contribuye al deterioro ambiental, la tecnología dominante en el sector agropecuario, sustentada en una lógica productivista, deja una profunda huella ecológica que compromete seriamente la producción de alimentos, este impacto ambiental se ignora y se toma en un conocimiento "incomodo"; es por ello, que en el ámbito académico se requiere ampliar y profundizar la investigación sobre los temas en cuestión; ya que el reto al que se enfrentan los sistemas agropecuarios actualmente no es el de producir más, sino de producir mejor, minimizando el impacto ecológico y contribuyendo a la recuperación de los recursos naturales (Rayner, 2012; Cavalloti, 2017).

Por todo lo anterior, los sistemas agroalimentarios presentan un gran desafío en los próximos años, ya que deberán de aumentar su producción y eficiencia, ajustándose a la creciente escasez de recursos naturales (tierra, agua y nutrientes) (Fereris *et al.*, 2011; Gerber *et al.*, 2013). Es así que el objetivo de esta investigación fue realizar una evaluación socioeconómica y ambiental de la producción de leche en traspatio en los municipios de Amecameca y Ayapango en la región suroriente del Estado de México.

METODOLOGÍA

Área de estudio

El trabajo se realizó en los municipios de Amecameca y Ayapango, Estado de México; Amecameca, se localiza entre las coordenadas geográficas 98° 37' 34" y 98° 49' 10" de longitud oeste y 19° 3' 12" y 19° 11' 2" de latitud norte; por su parte, Ayapango entre las coordenadas, 19° 11' latitud norte y 98° 45' de longitud oeste, ambos a una altura promedio de 2,420 metros sobre el nivel del mar; el clima es templado subhúmedo Cb (w2), la temperatura media anual es de 14.1°C y una precipitación pluvial de 935 mm

anuales en promedio. Las principales actividades que se realizan en la zona de estudio son la forestal con 9,500 ha (50%), la agrícola con 8,729 ha (46%) y la pecuaria con 730 ha (3.4%) (IGECEM, 2011 a, b).

Tamaño de la muestra

De un total de 153 unidades de producción (UP) en los dos municipios, se realizó un muestreo doble estratificado, el primer estrato con base al número de unidades de producción por municipio y el segundo, de acuerdo al número de vacas en producción, seleccionando 50 UP a las que se aplicó una encuesta semiestructurada que comprendió las variables: social, económica y productiva (Hair *et al.*, 1999).

Para la estimación de Gases de Efecto Invernadero (GEI): CO₂, CH₄, N₂O y GEI totales, se aplicó el modelo de contabilidad ambiental para la ganadería (GLEAM) (FAO, 2016); el software estima la generación de gases dentro y fuera de los sistemas agropecuarios a partir de tres módulos (hato, gestión de estiércol y alimentación), por lo que se requirieron datos productivos (parámetros del hato, composición-consumo de la dieta, manejo y aplicación de excretas en los cultivos) para poder "alimentar" el modelo. La unidad de referencia empleada fue kg de CO₂-equivalente por kilogramo de leche corregida por grasa y proteína (kg de CO₂-eq/kg de LCPG) (Haggenman *et al.*, 2012) y kg de CO₂-eq/kg de leche corregida por energía (kg de CO₂-eq kg LCE) (Sultana *et al.*, 2015).

Por su parte, para calcular la Huella Hídrica (HH): Huella verde, Huella gris y Huella Hídrica Total, se utilizó la propuesta metodológica de la Water Footprint Network (WFN) (Hoekstra *et al.*, 2011). La HH se cuantificó como la suma de HH verde (HHV) (agua almacenada en el suelo y aprovechada por los cultivos), más la HH gris (HHG) (agua necesaria para asimilar la carga de contaminantes), excluyendo del estudio la HH azul ya que la agricultura de la zona es de temporal y no se hace uso de riego. Se empleó el software *CropWat*® para el cálculo de consumo de HHV de los recursos forrajeros que utilizan o siembran los productores, utilizando datos climatológicos de las estaciones Altozomoni e Izta-popo y de la estación municipal de Amecameca de los años 2016-2017; para la HHG se consideraron los fertilizantes químicos (nitrógeno y fósforo) que son los más utilizados por los ganaderos. Las unidades de referencia fueron: litros de agua por

kg de leche corregida por grasa y proteína (L H₂O/kg LCGP) y litros de agua por kg de leche corregida por energía (L H₂O/kg LCE).

Para la evaluación económica se examinaron las variables: margen bruto, margen efectivo, margen por litro, razón ingreso-egreso y margen por día de trabajo familiar; a partir de la aplicación de la metodología presupuestos por actividad propuesta por Wiggins, (2001).

El análisis estadístico de los datos se realizó en primera instancia por medio de un Análisis Clúster (AC) identificando las similitudes en las dietas empleadas en las 50 unidades de producción, mediante el método de Ward's y la distancia euclidiana al cuadrado.

Para determinar el efecto que provoca la producción de leche sobre el ambiente y su relación con las variables social y económica, se empleó un modelo de regresión múltiple con inclusión de variables por pasos (Stepwise). Se consideraron las variables: evaluación económica, índice de desarrollo humano, gases de efecto invernadero y huella hídrica; y las subvariables: margen bruto, margen efectivo, margen por día de trabajo familiar, margen por litro, razón ingreso-egreso, salud, educación, ingresos e índice de desarrollo humano total; metano, óxido nitroso, dióxido de carbono, intensidad de las emisiones por producto, huella hídrica verde y gris y huella hídrica total (Hair et al., 1999); se empleó el paquete estadístico *Statsgraphics*® versión Centurión XVI.

RESULTADOS

Evaluación Ambiental

Mediante el análisis clúster se incluyeron los diferentes ingredientes que integran las dietas que proporcionan los productores y se identificaron cinco grupos con base en la alimentación en el Cuadro 1, se muestran características productivas de cada grupo, así como los valores de gases de efecto invernadero y huella hídrica.

En los grupos denominados "rastrosos y variados" es en donde se concentra la mayor parte de las UP de la muestra (37). Por su parte, el grupo "cereales" es el que hace un mayor uso del maíz en la alimentación y proporciona una mayor cantidad de forrajes de buena calidad (ebo y alfalfa), a pesar de ello es el grupo con una menor producción láctea,

**Cuadro 1. Características de los grupos de productores de leche de traspatio
identificados a través del Análisis de Clúster.**

Variable	Unidad	Grupos				
		Cereales	Rastrojos	Variados	Forrajes de calidad	Concentrados
No. de productores	No.	6	16	21	3	4
Porcentaje respecto al total	(%)	12	32	42	6	8
Maíz grano	(kg MSC/día)	1.9	0.4	0.7	1.4	0.1
Otros cereales	(kg MSC/día)	0.1	0.01	0.1	0.0	0.0
Rastrojo de maíz	(kg MSC/día)	4.4	5.2	5.0	4.9	4.2
Ensilado	(kg MSC/día)	0.3	1.0	0.8	3.1	0.0
Forrajes de cereales	(kg MSC/día)	1.3	1.0	1.0	1.1	1.5
Ebo forraje seco y verde	(kg MSC/día)	2.3	1.3	0.9	0.0	0.0
Alfalfa	(kg MSC/día)	3.4	3.7	3.3	3.4	5.2
Salvado	(kg MSC/día)	0.2	0.3	0.5	0.1	0.0
Subproductos de la agroindustria	(kg MSC/día)	0.2	0.4	0.6	0.0	0.6
Pasta de soya	(kg MSC/día)	0.0	0.1	0.07	0.0	0.6
Sales minerales	(kg MSC/día)	0.1	0.1	0.05	0.04	0.09
Concentrado comercial	(kg MSC/día)	1.4	2.4	3.0	2.6	3.5
Consumo Materia Seca	(Kg/día)	15.4	15.8	16.1	16.7	15.7
Costo de la ración	(\$/día)	58.7	59.2	58.4	55.0	68.8
No. de Vacas		5.8	8.4	8.3	9	8.3
Producción láctea por Vaca	(L/día)	10.5	13.7	14.6	18.1	12.4
Producción láctea por Vaca	(L/año)	3825	5015	5310	6594	4516
Producción láctea por Hato	(L/año)	25237	50207	43517	54179	39269
GEI Totales	(kg de CO ₂ -eq)	54867	77056	76556	96877	79081
kg de CO ₂ -eq/Vaca/día		27.6	23.9	26.3	23.7	27.3
Kg de CO ₂ -eq/kg LOGP		2.33	1.71	1.97	1.43	2.18
Kg de CO ₂ -eq/kg LCE		2.18	1.60	1.84	1.34	2.04
HH Total	(m ³ agua/ Ton)	83253	77060	68292	64000	52014
L H ₂ O/LOGP		2915	2343	1867	1103	2058
L H ₂ O/LCE		2730	2194	1748	1033	1927

Fuente: elaboración propia

menos vacas en producción, y aparentemente son quienes menos GEI generan, al ser menos eficientes en la producción láctea esto repercute negativamente ya que son los que más contaminan por litro de leche, por vaca y hato; haciendo también un mayor uso del agua para actividades agrícolas al tener la huella hídrica más alta de los cinco grupos.

El grupo denominado como "forrajes de calidad" representa solo el 6% de la población (3 UP); no obstante, cuenta con el promedio de más vacas en producción, mayor eficiencia por unidad animal y producción por hato, esto puede atribuirse al tipo de dieta que proporcionan, ya que suministran forrajes conservados de buena calidad (ensilado de maíz y alfalfa) aproximadamente 6.5 kg MSC/día, y pese a que hacen un uso importante del rastrojo de maíz, lo cual es característico de este tipo de sistema de producción. Asimismo, utilizan el maíz en grano (autoconsumo) y hacen un uso racional de concentrado comercial; y no emplean insumos costosos (subproductos agroindustriales y pasta de soya), reflejándose directamente en un menor costo de la ración (\$ 55.00/día), a pesar de tener el mayor consumo de MS/vaca/día. Figuradamente, es el grupo que genera más GEI totales, pero al ser más eficientes en la producción láctea, la producción de gases es la más baja, tanto en kg de CO₂-eq/kg LCGP, como en kg LCE.

Los valores determinados en este trabajo se encuentran dentro del rango descrito por Knapp *et al.* (2014), quienes proponen <1 kg CO₂-eq/ kg LCE para sistemas intensivos y hasta 7 kg CO₂-eq/kg LCE para sistemas extensivos. Por su parte, Hagemman *et al.* (2012), reportan un rango de 0.8 a 3.07 Kg de CO₂-eq/kg LCGP, con un promedio mundial de 1.50 Kg de CO₂-eq/kg LCGP, y obtienen para México 1.49 kg CO₂-eq/kg LCE en vacas de dos UP típicas de Chihuahua (con 5,187 kg LCE/vaca) lo cual es similar a lo encontrado en este trabajo. Los valores informados por diversos autores como Battini *et al.* (2016), en Italia (1.35 a 1.50 Kg de CO₂-eq/kg LCGP), Rice *et al.* (2017), en Irlanda (1.13 Kg de CO₂-eq/kg LCGP), y Rivera *et al.* (2016), en Colombia (2.19 Kg de CO₂-eq/kg LCGP y 1.8 kg CO₂-eq/kg LCE comparando dos sistemas de producción de leche, uno convencional y otro silvopastoril), emplean diferentes metodologías y están dentro del rango internacional propuesto por Hagemman *et al.* (2012), quienes emplean el software TIPI-CAL y la metodología para análisis de ciclo de vida. En cuanto a las emisiones de CH₄ algunos autores sugieren que los datos varían a partir de factores como la dieta, raza y el estado fisiológico del animal; además, de otros factores igual de importantes como el consumo de materia seca, el valor nutricional de cada ingrediente, tipo de carbohidratos y la microflora ruminal como se pudo observar en esta investigación (Brouceck, 2014). Para los valores de huella hídrica Sultana *et al.* (2015), mencionan que el promedio mundial es de 1833 L agua/ kg LCE con un rango entre 739 litros, obtenido en Dinamarca

y 5622 litros para Uganda; a su vez Moyano *et al.* (2015), y Chárton *et al.* (2016), encontraron valores de 952 y 1537 L/agua/kg LCGP respectivamente en cuatro localidades de Argentina; en cuanto a los consumos estimados para la HH en este estudio son en promedio de 2057 L agua/kg LCGP y 1927 L agua/ kg LCE, apenas por arriba del promedio mundial, resaltando que el grupo "forrajes de calidad" obtiene los valores más bajos (1103 L agua/kg LCGP y 1033 L agua/ kg LCE) datos similares a los encontrados por Zonderland *et al.* (2012), en Nueva Zelanda; Moyano *et al.* (2015), en Argentina y Murphy *et al.* (2017) en Irlanda.

Evaluación económica

Se encontró que en las UP la inversión mensual promedio era de \$11,537.00 pesos, para la producción de leche, siendo la utilidad promedio de 43%, esto quiere decir que el peso que le invierten a la producción, lo recuperan y además obtienen 43 centavos de utilidad. El costo de producción por litro de leche fue de \$5.84, mientras que el precio de venta de \$6.33 en promedio, respectivamente. Se estimó una utilidad mensual por vaca de \$1, 788,00, mientras que la utilidad por día de trabajo familiar fue de \$ 247.00 pesos, equivalente a 2.79 salarios mínimos (\$88.36 en la área geográfica A).

En este trabajo se muestra la diferencia en los ingresos entre los cinco grupos, la cual está relacionada con el tamaño de hato y la superficie agrícola; los menores ingresos mensuales en efectivo son para el grupo de "cereales" con \$ 1,183.00 y los mayores para el grupo de "rastros" \$3,152.00, correlacionado con un mayor precio por venta de la leche (se considera el promedio de venta al quesero y venta litreada a pie de establo o entrega a domicilio); siguiendo de cerca el grupo de "forrajes de calidad" \$ 2,843.00. Los grupos "cereales, rastros y forrajes de buena calidad" obtuvieron valores mayores para la variable razón ingreso/egreso \$ 2.03, que lo reportado por Espinoza *et al.* (2005), y Castillo *et al.* (2012); por otro lado, se encontraron valores similares para los grupos de "variados y concentrados" para ambas referencias, aunque es importante considerar el momento en que se realizaron dichos estudios (Cuadro 2).

MEMORIAS DEL V CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN
SOCIOECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LA PRODUCCIÓN PECUARIA
19, 20 Y 21 DE SEPTIEMBRE DE 2018

**Cuadro 2. Análisis económico de los grupos identificados en la producción de
leche de traspatio en Amecameca y Ayapango, Estado de México**

		Grupos				
		Cereal	Rastrojo	Variados	Forrajes de calidad	Concentrado
DATOS TÉCNICOS						
Concentrados comprados	Kg/año	2737.5	12,191	9,150	4,957	13,113
Producción láctea anual	L/año	18,341	45,062	39,338	52,499	48,119
Concentrado usados/ litro de leche	Kg/L	0.10	0.17	0.26	0.14	0.27
COSTOS Y PRECIOS						
Precio de la leche	\$/L	5.35	6.99	6.52	6.83	6.00
Precio de concentrados	\$/kg	7.475	5.75	5.90	5.83	5.58
Mano de obra familiar (MOF)	\$/día	150	186	183	181	200
Mano de obra contratada (MOC)	\$/día		180	175	200	
COSTOS TOTALES						
Alimentos (comprados)	\$	23,129	89,041	89,047	60,158	115,483
Concentrados (comprados)	\$	20,440	68,801	53,247	28,901	72,366
Forrajes	\$		39,426	28,550	29,947	101,543
Costos diversos	\$	4,775	6,098	6,921	9,350	6,417
Reemplazos	\$	20,375	22,615	21,926	5,166	14,833
Mano de obra familiar (MOF)	\$	68,400	123,16	83,603	90,520	97,333
Mano de obra contratada	\$		65,791	47,300	146,00	77,083
Total	\$	141,44	313,95	230,02	237,89	305,329
COSTOS EN EFECTIVO						
Alimentos (comprados)	\$	23,129	89,041	89,047	60,158	115,483
Concentrados (comprados)	\$	20,440	68,801	53,247	28,901	72,366
Forrajes	\$		39,426	28,550	29,947	101,543
Reemplazos	\$	20,375	22,615	21,926	5,166	14,833
Mano de obra contratada	\$		65,791	230,029	146,000	77,083
Total	\$	70,049	187,27	144,399	147,375	143,149
INGRESO						
Total	\$	151,74	393,19	260,146	359,920	288,715
Efectivo	\$	141,98	378,34	248,472	341,275	281,415

MEMORIAS DEL V CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN
SOCIOECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LA PRODUCCIÓN PECUARIA
19, 20 Y 21 DE SEPTIEMBRE DE 2018

RESUMEN

Margen Bruto (Total)	\$	10,299	79,233	30,116	122,026	22,816
Margen Bruto por vaca	\$/vaca	1,037	4,101	2,436	7,744	1,807
Margen Bruto por ha	\$/ha	3,821	3,777	11,626	34,677	5,252
Margen Bruto por litro	\$/L	0.33	0.27	0.02	1.39	0.45
Ingreso: coeficiente de ahorro (R/le)		2.22	2.12	1.77	2.39	1.69
Total de Margen en efectivo	\$	71,936	191,06	104,072	193,900	113,036
Margen efectivo por vaca	\$/vaca	52,390	15,027	10,262	19,459	8,967
Margen efectivo por ha	\$/ha	36,109	90,490	74,859	46,722	21,173
Margen efectivo por litro	\$/L	2.47	3.02	2.2	3.26	2.26
Margen por día	\$/día	169	246	222	357	245
Costos de producción (total)	\$/L	5.01	6.72	6.5	5.44	5.54
Costos de producción (efectivo)	\$/L	2.5	3.4	3.8	2.9	3.5

Fuente: elaboración propia

El análisis de regresión lineal múltiple mostró que la intensidad de las emisiones por producto (kg de CO₂-eq/L leche) se relaciona directamente con la producción láctea y con el factor de corrección (kg de LCGP); asimismo, se corresponde con la eficiencia del sistema; la generación de GEI y un mejor aprovechamiento en el uso de los recursos disponibles en las UP. El estadístico R² indicó que el modelo explicó el 85.6 % de la variabilidad en la intensidad de las emisiones por producto (IE/P) (P<0.005). Los coeficientes de regresión incluidos en el modelo fueron muy pequeños porque explicaban el impacto de variables socioeconómicas y ambientales sobre la IE/P.

En este estudio, algunas variables fueron excluidas del modelo de regresión por no tener influencia significativa (P>0.05) en el modelo, al ser analizadas de manera conjunta; entre las variables que se excluyeron por este motivo se encuentran las variables sociales (Índice de Desarrollo Humano, Educación, Ingresos y Salud). Además, también se excluyeron variables que presentaban una correlación significativa (P<0.005) con otras variables del modelo, y por lo tanto, se consideró la existencia de una colinealidad entre ellas (GEI Totales y Huella hídrica total).

Cuadro 3. Variables que contribuyen ambientalmente a la variación de la intensidad de las emisiones por producto.

Variable	Estimación	Error Estándar	Valor-P
Constante	1.19646	0.341621	0.0010
Producción de leche	-0.0555803	0.0175649	0.0027
kg CO ₂ -eq/kg LCGP	0.869433	0.0658804	0.0000

Las variables clave que se incluyeron en el modelo y se asociaron directamente con la variable respuesta (IE/P) fueron: margen bruto, margen efectivo, margen por día de trabajo familiar, margen por litro, razón ingreso-egreso, óxido nitroso, metano, dióxido de carbono, huella hídrica verde, huella hídrica gris, m³ H₂O/L leche y producción láctea. Algunos autores han aplicado modelos de regresión múltiple en este tipo de sistema de producción de leche (Jiménez *et al.*, 2014 y Romo *et al.*, 2014), pero ambos estudios incluyen solo variables de corte económico presentando R² (82 % a 98 %) diferentes a las obtenidas en este estudio, en el cual se incluyen tanto variables ambientales como de corte económico.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, se observa que la variación de la intensidad de las emisiones por producto en las UP de leche de traspatio en los municipios de Amecameca y Ayapango no está determinada por variables de tipo económico, sino más bien por la producción de leche de una forma positiva, esto quiere decir que una UP al ser más eficiente en la producción láctea genera menores emisiones por producto (litro de leche); pero a su vez, y a pesar de que el modelo no lo determinó se obtienen mejores resultados económicos, repercutiendo en una mejora en el aspecto social, como ejemplo de estos resultados se tienen los datos obtenidos por el grupo de "forrajes de calidad" el cual mostró que puede ser un referente de la evolución positiva de este sistema, obteniendo valores en los cuales se correlaciona menores emisiones de GEI y consumo de HH, una mayor eficiencia en la producción láctea y mejores ganancias económicas.

En si para obtener óptimas producciones lácteas se tendrá que hacer énfasis y aplicar diversas prácticas productivas como son la mejora en la calidad de las dietas basándose e integrado en ellas forrajes de calidad que sean de fácil acceso para el productor.

LITERATURA CITADA

- Battini F., Agostini A., Tabaglio V. y Amaducci S. (2016). Environmental impacts of different dairy farming systems in the Po Valley. *Journal of Cleaner Production* 112: 91-102.
- Broucek J. (2014). Production of Methane Emissions from Ruminant Husbandry: A Review. *Journal of Environmental Protection*, 5, 1482-1493.
- Castillo D., Tapia M., Brunett L., Márquez O., Terán O., Espinosa E., (2012). Evaluación de la sustentabilidad de dos agroecosistemas campesinos de producción de leche y maíz, utilizando indicadores. *Livestock research of rural development*. Vol. 17, Art. 78
- Cavalloti B. (2017). Soberanía alimentaria y huella ecológica de la ganadería en México. La huella hídrica. En *Globalización, seguridad alimentaria y ganadería familiar* Cavalloti V. B., Ramírez V.B., Cesín V. A. y Ramírez Juárez J. (coords.), México, UACH- COLPOS.
- Chárlton V.; Tieri M. P., Frank, F., Engler, P. (2016). La huella del agua en la producción primaria de leche en Argentina. En *Información Técnica de Producción Animal 2016*. Estación experimental Rafaela. Ediciones INTA. Año 4 No. 2
- CropWat®, 1998. Software, versión 8.0. Disponible en línea: http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html
- Espinoza O. A., Álvarez M. A., Del Valle M. C. y Chauvete M. (2005). La economía de los sistemas campesinos de producción de leche en el Estado de México. En revista *Técnica Pecuaria en México*, vol. 43, núm. 1. enero-abril, pp. 39-56. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Mérida, México.
- FAO/FEPALE (Federación Panamericana de Lechería). (2012). *Situación de la lechería en América Latina y el Caribe 2011*. FAO. Chile.
- FAO, 2016. *Global Livestock Environmental Assessment Model (GLEAM), Versión 2.0, Revisión 2, Octubre 2016*. Consultada en: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/gleam/docs/GLEAM_2.0_Model_description.pdf

- Fereres E. Orgaz F. y González D. V. (2011). Reflections on food security under water scarcity. *Journal of Experimental Botany*. Oxford University Press. Volume 62, Issue 12, 1 August 2011, pages 4079–4086.
- Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A. y Tempio, G. (2013). *Enfrentando el cambio climático a través de la ganadería – Una evaluación global de las emisiones y oportunidades de mitigación*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Roma.
- Hair J. F., Anderson R. E., Tatham R. L. y Black W. C. (1998). *Análisis multivariante*. 5ª edición. Edit. Prentice Hall International. New Jersey
- Hagemann M., Nambi A., Hemme T. y Latacz-Lohmann U. (2012). Contribution of milk production to global greenhouse gas emissions. An estimation based on typical farms. *Environ Sci Pollut Res*. 19:390–402.
- Hernández M. P., Estrada F. J. G., Avilés N. F., Yong A. G., López G. F., Solís M. A. D. (2013). Tipificación de los sistemas campesinos de producción de leche del sur del Estado de México. *Universidad y Ciencia* 29: 19-31.
- Hoekstra, A.; Chapagain, A.; Aldaya, M.; Mekonnen, M. (2011). *The Water Footprint Assessment Manual. Setting the Global Standard*. Earthscan, London, Washington, DC.
- INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático) y SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales), (2015). *Primer Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. INECC/Semamat, México.
- IGECEM (2011a). *Estadística Básica Municipal del Estado de México. Municipio de Ayapango*. Gobierno del estado de México. México.
- IGECEM (2011b). *Estadística Básica Municipal del Estado de México. Municipio de Amecameca*. Gobierno del estado de México. México.
- Jiménez J. R. A., Espinosa O. V. y Soler F. D. M. (2014). El costo de oportunidad de la mano de obra familiar en la economía de la producción lechera de Michoacán, México. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*. Vol. 5; Núm.1; enero-junio; 47-56.

- Knapp J. R., Laur G. L., Vadas P. A., Weiss W. P. Y Tricarico J. M. (2014). Enteric methane in dairy cattle production: Quantifying the opportunities and impact of reducing emissions. *Journal Dairy Science* 97:1-31.
- Martínez, María del Pilar; (2018) Producción de leche superará los 12 000 mil millones de litros en el 2018. *El Economista*. Consultado en: <https://www.economista.com.mx/empresas/Produccion-de-leche-superara-los-12000-millones-de-litros-en-el-2018-20180530-0056.htm>
- Mekonnen, M.M. y Hoekstra, A.Y. (2012). A Global Assessment of the Water Footprint of Farm Animal Products. *Ecosystems* 15:401-415.
- Moyano S., A.; Tieri, M.P.; Herrero, M. A. (2015). Huella hídrica en establecimientos lecheros de Buenos Aires, Argentina. Avances y estado de situación en análisis de ciclo de vida y huellas ambientales en Argentina. *Actas ENARCIV 2015, Córdoba, Argentina*.
- Murphy, E., De Boer I.J.M., Van Middelaar C.E., Holden L N. M. Shalloo T.P, Curran, J. (2017). Upton a Water footprinting of dairy farming in Ireland, *Journal of Cleaner Production*. Vol. 140, Parte 2: 547-555.
- Ojeda J., Espinosa E., Hernández P., Rojas C. y Álvarez J. (2016). Seroprevalencia de enfermedades que afectan la reproducción de bovinos para leche con énfasis en Neosporosis. En *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 3 (8): 243-249
- Rayner S. (2012). Uncomfortable Knowledge: The social construction of ignorance in science and environmental policy discourses, en *Economy and Society*, Vol. 41 (1).
- Rice P., O'Brien D., Shalloo L. y Holden N.M. (2017). Evaluation of allocation methods for calculation of carbon footprint of grass-based dairy production. *Journal of Environmental Management* 202: 311-319.
- Rivera J. E., Chará J. y Barahona R. (2016). Análisis del ciclo de vida para la producción de leche bovina en un sistema silvopastoril intensivo y un sistema convencional en Colombia. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 19: 237 – 251.
- Romo B., C. E., Valdivia F. A. G., Carranza T. R. G., Cámara C. J., Zavala A. M.P., Flores A. E., y Espinosa G., J. A. (2014). Brechas de rentabilidad económica en pequeñas unidades de producción de leche en el altiplano central mexicano. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 5(3), 273-290.

- SIAP, (2017). Panorama de la leche en México, diciembre de 2017. Consulta en: http://infosiap.siap.gob.mx/opt/boletlech/Brochure%20leche_Diciembre2017.pdf
- Sultana, N., Uddin, M., Ridoutt, B., Hemme, T. y Peters, K. (2015). Benchmarking consumptive water use of bovine milk production systems for 60 geographical regions: An implication for Global Food Security. *Global Food Security*. Vol. 4: 58-68.
- Wackemagel M., Schulz N. B., Deumling D., Callejas L. A., Jenkins M., Kapos V., Monfreda C., Loh J., Myers N., Norgaard R. y Randers J. (2002). Tracking the ecological overshoot of the human economy. *Proceedings of the national academy of sciences of the United State of Americas*. PNAS. Vol. 99. No.14. 9268-9271.
- Wiggins S., Tzintzun R., Ramírez M., Ramírez R., Ramírez F. J., Ortiz G., y Arriaga C. (2001). Costos y retornos de la producción de leche en pequeña escala en la zona central de México. La lechería como empresa. Cuadernos de investigación. Cuarta época 19. UAEM, Toluca, México. 61 p.
- Zonderland-Thomassen, M.A.; Ledgard, S.F. (2012). Water footprinting – A comparison of methods using New Zealand dairy farming as a case study. *Agricultural Systems* 110 (2012) 30–40.

IX DISCUSIÓN GENERAL

A partir de la caracterización del SPLPE se obtuvo una visualización general del sistema y con ayuda de herramientas como la estadística multivariante, la cual es una herramienta útil en la planificación de actividades de extensión y organización, como canales de comunicación efectivos a los productores con diferentes necesidades, limitaciones y motivaciones (Martínez *et al.*, 2015).

En cuanto a los resultados obtenidos a partir del Análisis de Factores por componentes principales para la primer Fase, se obtuvieron valores similares a los obtenidos por Martínez *et al.*, 2015; Hernández *et al.*, 2013; Orantes *et al.*, 2014 y Sánchez *et al.*, 2015 en las caracterizaciones y tipificaciones que realizaron tanto en el SPLPE como en el sistema de doble propósito.

Asimismo, los resultados obtenidos en los conglomerados se comparte la postura obtenida por Espinoza *et al.* (2007) y Martínez *et al.* (2015), los cuales mencionan datos muy similares a las encontradas en esta investigación, por ejemplo, en referencia a que los productores más longevos eran los más tradicionales, menos inclinados a cambios, con menos años de escolaridad pero con una mayor experiencia en la actividad. Mientras que, por su parte, los más jóvenes, tienen más años de escolaridad, tienden a ser más progresistas, lo cual los hace más propensos a ingresar en programas de extensionismo y a aplicar nuevas tecnologías, así mismo tienen más mano de obra familiar que puede ayudar en la UP, pero también puede obtener ingresos extra lo que los limita a tener menos tiempo dedicado a la actividad lechera. Por otra parte; Espinosa *et al.*, 2012 encontraron correlaciones positivas entre la edad y la escolaridad sobre el rendimiento lechero y Camacho *et al.* (2017) concluyen en su estudio que variables tecnológicas y socioeconómicas tienen un efecto positivo y significativo sobre el rendimiento diario de la ordeña.

Con respecto a la segunda parte de la investigación que fue la estimación de Gases de Efecto Invernadero, los valores determinados en este trabajo se encuentran dentro del rango descrito por Knapp *et al.* (2014), quienes proponen $< 1 \text{ kg CO}_2\text{-eq/ kg LCE}$ para sistemas intensivos y $>7 \text{ kg CO}_2\text{-eq/kg LCE}$ para sistemas extensivos. Por su parte,

Hagemman *et al.* (2012), reportan un rango de 0.8 a 3.07 Kg de CO₂-eq/kg LCGP, con un promedio mundial de 1.50 Kg de CO₂-eq/kg LCGP, y obtienen para México 1.49 kg CO₂-eq/kg LCE en vacas de dos UP típicas de Chihuahua (con 5,187 kg LCE/vaca). Los valores reportados por diversos autores como Battini *et al.* (2016), en Italia (1.35 a 1.50 Kg de CO₂-eq/kg LCGP), Rice *et al.* (2017), en Irlanda (1.13 Kg de CO₂-eq/kg LCGP), y Rivera *et al.* (2016), en Colombia (2.19 Kg de CO₂-eq/kg LCGP y 1.8 kg CO₂-eq/kg LCE comparando dos sistemas de producción de leche uno convencional y silvopastoril), empleando diferentes metodologías están dentro del rango internacional propuesto por Hagemman *et al.* (2012) quienes emplean el software TIPI-CAL y la metodología para análisis de ciclo de vida. Cabe destacar que todas estas estimaciones fueron en diferentes sistemas de producción de leche, ninguna de ellas fue aplicada en sistemas de leche en pequeña escala.

Chavez y Hernandez (2017), utilizan también el Modelo GLEAM en un sistema silvopastoril en una unidad cooperativa de producción de leche en Cuba, a pesar de ello solo mencionan de una forma muy superficial los métodos y técnicas utilizadas, pero sin referirse a variables productivas importantes dentro de la unidad de producción como son No. de vacas en producción o producciones lácteas y solo concluyen con los resultados totales de GEI anuales que arroja el modelo, sin mencionar las unidades de referencia (Kg de CO₂-eq/kg LCGP y kg CO₂-eq/kg LCE), las cuales permiten comparar los resultados obtenidos con los de otros autores.

Así mismo, Villareal *et al.*, (2016) reportan valores para el sistema familiar, el cual fue realizado en Los Altos de Jalisco con 124 de vacas de cinco establos para realizar mediciones de CH₄, cabe señalar que esta fue una estimación directa *in vivo*, realizada en los comederos de las UP en el ordeño durante 14 días, se tomaron las mediciones a partir de sensores infrarrojos especializados, estos sensores cuentan con una bomba de vacío que sirve para monitorear constantemente el aire o espiraciones emitidas por la vaca durante el ordeño. Este método de estimación directa de CH₄ *in vivo*, junto con la cámara de respiración son dos de los métodos que proveen de datos con una mayor exactitud, las cuales presentan ciertas desventajas (costos y aislamiento del animal). El

aporte científico que hace Villareal *et al.*, (2016) para la cuantificación de CH₄ entérico emitido por las vacas en este tipo sistemas lechero permite tener una aproximación real de la producción de este gas, es por ello que es una de las investigaciones pioneras respecto a este tema en la lechería en pequeña escala. Es así, que aunque esta investigación es una estimación de forma indirecta de los tres principales Gases de efecto invernadero emitidos por la ganadería, aporta valores que pueden ser de utilidad para futuras estimaciones, ya sea con el mismo método que se aplicó para esta investigación o a partir del sistema de producción de leche donde fue llevado a cabo.

Para los valores de huella hídrica Sultana *et al.* (2015), mencionan que el promedio mundial es de 1833 L agua/ kg LCE con un rango entre 739 litros, obtenido en Dinamarca y 5622 litros para Uganda; a su vez Moyano *et al.* (2015), y Chárlton *et al.* (2016), encontraron valores de 952 y 1537 L/agua/kg LCGP respectivamente en cuatro localidades de Argentina; en cuanto a los consumos estimados para la HH en este estudio son en promedio de 2057 L agua/kg LCGP y 1927 L agua/ kg LCE, apenas por arriba del promedio mundial, resaltando que el grupo “forrajes de calidad” obtiene los valores más bajos (1103 L agua/kg LCGP y 1033 L agua/ kg LCE) datos similares a los encontrados por Zonderland *et al.* (2012), en Nueva Zelanda; Moyano *et al.* (2015), en Argentina y Murphy *et al.* (2017) en Irlanda.

De acuerdo a los resultados obtenidos para el análisis económico, se encontró que en las UP la inversión mensual promedio era de \$11,537.00 pesos, para la producción de leche, siendo la utilidad promedio de 43%, esto quiere decir por cada peso que le invierten a la producción, lo recuperan y además obtienen 43 centavos de utilidad. El costo de producción por litro de leche fue de \$5.84, mientras que el precio de venta de \$6.33 en promedio, respectivamente. Se estimó una utilidad mensual por vaca de \$1, 768,00, mientras que la utilidad por día de trabajo familiar fue de \$ 247.00 pesos, equivalente a 2.79 salarios mínimos (\$88.36 en la área geográfica A).

En este trabajo se muestra la diferencia en los ingresos entre los cinco grupos, la cual está relacionada con el tamaño de hato y la superficie agrícola; los menores ingresos mensuales en efectivo son para el grupo de “cereales” con \$ 1,183.00 y los mayores para

el grupo de “rastros” \$3,152.00, correlacionado con un mayor precio por venta de la leche (se considera el promedio de venta al quesero y venta litreada a pie de establo o entrega a domicilio); siguiendo de cerca el grupo de “forrajes de calidad” \$ 2,843.00. Los grupos “cereales, rastros y forrajes de buena calidad” obtuvieron valores mayores para la variable razón ingreso/egreso \$ 2.03, que lo reportado por Castillo *et al.* (2012); por otro lado, se encontraron valores similares para los grupos de “variados y concentrados”, aunque es importante considerar el momento en que se realizó dicha investigación.

El análisis de regresión lineal múltiple mostró que la intensidad de las emisiones por producto (kg de CO₂-eq/L leche) se relaciona directamente con la producción láctea y con el factor de corrección (kg de LCGP); asimismo, se corresponde con la eficiencia del sistema; la generación de GEI y un mejor aprovechamiento en el uso de los recursos disponibles en las UP. El estadístico R² indicó que el modelo explicó el 85.6 % de la variabilidad en la intensidad de las emisiones por producto (IE/P) (P<0.005). Los coeficientes de regresión incluidos en el modelo fueron muy pequeños porque explicaban el impacto de variables socioeconómicas y ambientales sobre la IE/P.

Algunos autores han aplicado modelos de regresión múltiple en este tipo de sistema de producción de leche (Jiménez *et al.*, 2014 y Romo *et al.*, 2014), pero ambos estudios incluyen solo variables de corte económico presentando R² (82 % a 98 %) diferentes a las obtenidas en este estudio, en el cual se incluyen tanto variables ambientales como de corte económico.

X CONCLUSIONES GENERALES

A partir de la caracterización realizada en el SPLPE se determinó que existen tres grupos de productores en el sistema en pequeña escala a los que se les denominó: Semitecnificados, Mixtos y Subsistencias; de los cuales destaca el grupo de Subsistencia, el cual con una menor cantidad de vacas en producción son más eficientes por unidad animal (12.3 L/vaca) en sus rendimientos lácteos. A partir de ello se identificaron aquellos productores que lograron ejemplificarse como modelos a seguir dentro del SPLPE, los cuales consiguieron determinar un cambio en el manejo dentro de sus UP, en contraste con aquellos productores que son estructuralmente similares, pero que tiene producciones menores así como un nivel de tecnificación.

De acuerdo a la segunda fase de esta investigación, las unidades de producción que son más eficientes en la producción láctea generan menos emisiones de GEI (1.9 Kg de CO₂-eq/kg LCGP; 1.7 Kg de CO₂-eq/kg LCE); de la misma forma al obtener mayores rendimientos agrícolas se hace un uso más eficiente del agua y se produce una menor huella hídrica (2057 L H₂O/Kg LCGP; 1926L H₂O/Kg LCE); por lo tanto, se determinó que de acuerdo a la metodología empleada el sistema de producción de leche en pequeña escala genera un impacto ambiental moderado. A partir de estos resultados se menciona que la intensidad en las emisiones de GEI y una menor HH se pueden reducir, si se hace hincapié en ser más eficientes, tanto en la producción láctea como en los rendimientos agrícolas, lo cual se retribuirá económicamente para la UP.

De forma general los valores obtenidos para los cinco grupos se encuentran dentro de los rangos internacionales propuestos para ambas variables (GEI y HH). Por lo tanto se deberá de seguir produciendo a pesar de los retos ambientales que la lechería en pequeña escala enfrenta actualmente, los cuales se incrementaran en los próximos años; teniendo como retos seguir proveyendo de una seguridad alimentaria, así como de ser el sustento económico para las familias involucradas en la actividad.

De acuerdo con los resultados obtenidos para la evaluación económica, se observa que la variación en las ganancias no solo está determinada por el costo de oportunidad o la

mano de obra familiar, sino también por otras subvariables (costos por alimentos, mano de obra contratada, precio de venta y producción láctea) estas variables también influyen de forma directa en la variación de las utilidades generadas, es por ello que se deberá de hacer énfasis en implementar estrategias de alimentación de calidad a bajo costo y de fácil acceso para el productor como ejemplo: los datos obtenidos por el grupo de “forrajes de calidad”, el cual mostró que puede ser un referente de la evolución positiva de este sistema, obteniendo valores económicos favorables para la UP, correlacionadas con mayores rendimientos lácteos y por ende generando mejores ganancias económicas. Es por ello que los productores que emplean en las dietas forrajes de buena calidad (Ensilado de maíz y Alfalfa, principalmente henificada) y cantidades moderadas de concentrados comerciales, tuvieron mayores rendimientos productivos y mejores márgenes económicos.

Es por ello que con base a todo lo antes descrito se concluye que los productores pertenecientes al SPLPE en la región suroriente del Estado de México, económicamente presenta valores adecuados, lo que le permite permanecer en el tiempo; se considera que las emisiones de GEI son moderadas y se realiza un consumo razonable de agua, por lo tanto, este sistema genera un impacto ambiental moderado.

A manera de sugerencia y para obtener estos beneficios socioeconómicos, se deberá de hacer énfasis en un cambio sobre la calidad en los ingredientes de las dietas para el ganado, de esta forma se influirá de forma positiva en la eficiencia y calidad de la producción láctea; lo cual se retribuirá económicamente a corto y mediano plazo. Así mismo, también se reflejara en la intensidad de las emisiones de GEI emitidas. De la misma manera, al hacer un uso más racional y eficiente del agua utilizada para la producción de insumos agrícolas de la mano de mejores rendimientos agrícolas.

Se deberán de seguir realizando estimaciones de GEI a corto y mediano plazo; así como cuantificaciones directas que permitan tener datos más cercanos a la realidad en este tipo de sistema. También se deberá de cuantificar el consumo de agua en la parte de manufactura de productos lácteos derivados de la cadena productiva; con el fin de proveer datos de toda la cadena láctea en pequeña escala y obtener la huella hídrica total

(insumos agrícolas, producción láctea y elaboración de subproductos lácteos). Así mismo, se deberá de seguir realizando investigaciones en cuanto a la rentabilidad económica de las diferentes dietas empleadas; así como, evaluaciones de la alimentación utilizadas en las unidades de producción de una forma más detalla y a fondo.

XI. BIBLIOGRAFÍA

- AgroDer, (2012). Huella hídrica en México en el contexto de Norteamérica. WWF México y AgroDer. México DF.
- Arriaga J. C. M. y Anaya O. C. M. (2014). Contribución de la producción animal en pequeña escala al desarrollo rural. Edit. Reverte. UAEMex.
- Arriaga-Jordán C. M., Espinoza Ortega A., Rojo-Guadarrama H., Valdez-Martínez J. L., Sánchez-Vera E. y Wiggins S. (1999). Aspectos socioeconómicos de la producción campesina de leche en el valle de Toluca: I. Evaluación económica inicial. *Agrociencia* (33): 438-491.
- Bastida J. (2003). Análisis de la alimentación en sistemas campesinos de producción de leche en el Noroeste del Estado de México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Pp. 3.
- Banco Mundial. (2011). Module 4- Smallholder dairy production. Agriculture Investment Sourcebook, abril de 2013 (disponible en <http://go.worldbank.org/LE880YAAH0>).
- Battini F., Agostini A., Tabaglio V. y Amaducci S. (2016). Environmental impacts of different dairy farming systems in the Po Valley. *Journal of Cleaner Production* 112: 91-102.
- Benavides B. H. y León A. G. (2007). Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático. Nota técnica del IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) IDEAM – METEO/008-2007. Colombia.
- Bonilla C. A. J. y Lemus F. C. (2012). Emisión de metano entérico por rumiantes y su contribución al calentamiento global y al cambio climático. Revisión. *Rev. Méx. Cienc. Pecu.* 2012; 3 (2):215-246
- Camacho V. J. H., Cervantes E. F., Palacios R. M. I., Rosales N. F, Vargas C. J. M. (2017). Factores determinantes del rendimiento en unidades de producción de lechería familiar. *Rev Mex Cienc Pecu* 2017; 8(1):23-29.

- CANILEC, (2018). Estadísticas del sector lácteo 2010-2017. (Cámara Nacional de Industriales de la Leche). Consultado en: www.canilec.org.mx/estadisticas-lacteos-2010-2017.pdf
- Carmona, C. J., Bolivar, M. D. y Giraldo A. L. (2005). El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. *Revista Colombia Ciencias Pecuarias*, 18 (1), 49-63.
- Castelán O. O. A., Mathewman W. R., Fawcett R., Smith A., González M. E., Burgos G. R. y De la Cruz J. D., (1997). Caracterización y evaluación de los sistemas campesinos de producción de leche. El caso de dos comunidades del valle de Toluca, *Investigación para el Desarrollo rural*, Diez años de experiencias del CICA, UAEM, 1997. Pp. 198 y 199.
- Castillo D., Tapía M., Brunett L., Márquez O., Téran O y Espinosa E. (2012). Evaluación de la sustentabilidad social, económica y productiva de dos agroecosistemas de producción de leche en pequeña escala en el municipio de Amecameca, México. *Revista Científica UDO Agrícola* 12 (3): 690-704.
- Cavalloti, B. (2013). Impacto de la crisis alimentaria en la ganadería productora de carne, en Blanca Rubio (coord.), *La crisis alimentaria mundial. Impacto sobre el campo mexicano*, México, IIS-UNAM/ Miguel Ángel Porrúa.
- Cavalloti, B. (2017). Soberanía alimentaria y huella ecológica de la ganadería en México. La huella hídrica. En *Globalización, seguridad alimentaria y ganadería familiar* Cavalloti V. B., Ramírez V.B., Cesín V. A. y Ramírez Juárez J. (Coords.), México, UACH- COLPOS.
- Corbett J. L. (1969). "Nutrition of Animals of agricultural importance". 1° Edición Pergamon Press, Ltd., pp. 593-644.
- Cué M. A., Carabaloso J. A., Castro C. M. (2013). Emisión de Metano en la cría de búfalo, alternativas para aminorar su impacto ambiental en la UBPC la 5 del proyecto sabana Camagüey. En el IX Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo y III Congreso sobre Cambio Climático. Del 8 al 12 Julio del 2013 en Ciego de Ávila, Cuba.

- Chapagain, A.K. y Hoekstra, A.Y., (2004). Water footprints of nations. Volumen 1: Main Report. Value of Water Research Report Series n°16. UNESCO-IHE.76pp.
- Chárilton V.; Tieri M. P., Frank, F., Engler, P. (2016). La huella del agua en la producción primaria de leche en argentina. En Información Técnica de Producción Animal 2016. Estación experimental Rafaela. Ediciones INTA. Año 4 No. 2
- Chavez S. A. y Hernández E. J. N. (2017). Comportamiento de algunos componentes del Agroecosistema a consecuencia de la actividad ganadera en una unidad cooperativa de producción lechera en las Tunas, Cuba. En Revista digital de Medio Ambiente “Ojeando la agenda”. ISSN 1989-6794, N°49, Septiembre 2017.
- Czerkawski, J. W. 1986. An Introduction to Rumen Studies. Pergamon Press, Oxford, UK.
- Del Valle R. y Álvarez M., (1997). La producción de leche en México en la encrucijada de la crisis y los acuerdos del TLCAN, Reunión LASA. Guadalajara, México, abril, 1997.
- Díaz, T. (2010). Desafíos para la producción sostenible de leche en América Latina en el nuevo contexto del cambio climático. 11° Congreso Panamericano de la Leche. Brasil.
- Dobler L. J., Brunett P. L., Lopéz M. L. X., Espinosa A. E. y Marquez M. O. (2014). Calidad de la leche en los sistemas de producción en pequeña escala en la zona suroriente del estado de México, Sección 2, Capítulo 3. En Arriaga J. C. M. y Anaya O. J. P. (2014). Contribución de la producción animal en pequeña escala al desarrollo rural. Edit. Reverte. UAEMex. México.
- Domenech Q. J. L. (2007). Huella ecológica y desarrollo sustentable. ENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). España.
- Espinosa, A. E. (2009). La competitividad del Sistema Agroalimentario Localizado productor de quesos tradicionales Tesis de Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Espinosa J. A, Wiggins S., González A.T y Aguilar U. (2012). Sustentabilidad económica a nivel de empresa: aplicación a unidades familiares de producción de leche en México. Rev Mex Cienc Pecu 2012;42 (1):55-70.

- Espinoza A., Espinosa E., Bastida J., Castañeda T. y Arriaga, C. (2007). Small-scale Dairy Farming in the Highlands of Central Mexico: Technical, Economical and Social Aspects and Their Impact on Poverty. *Experimental Agricultural*, 43, pp 1-16
- Fadul- Pacheco L., Wattiaux, M. A., Espinoza –Ortega, A., Sánchez- Vera E. Arriaga- Jordan C. M. (2011) *Evaluación de la Sustentabilidad en Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala en el Noroeste del Estado de México*, Tesis de Maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, U.A.EM., Toluca, Estado de México, México.
- FAO (2009). El estado mundial de la agricultura y la alimentación, la ganadería a examen. FAO. Roma, Italia.
- FAO (2010). Ganadería Bovina en América Latina: Escenario 2008-2009 y tendencias del sector. FAO. Santiago de Chile. Consultado en: www.rlc.fao.org/es/ganaderia/pdf/ganbov.pdf
- FAO (2010b). CROPWAT 8.0 model, FAO, Rome. Consultado en: www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html.
- 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 (FAO: Rome).
- FAO/FEPALE (Federación Panamericana de Lechería). (2012). Situación de la lechería en América Latina y el Caribe 2011. FAO. Chile.
- FAO (2012). Greenhouse Gas Emissions from the Dairy Sector A Life Cycle Assessment. Consultado en: http://www.foodsec.org/docs/GAUL_DISCLAIMER.pdf
- FAO. (2016)^a. Producción y productos Lácteos, Sistemas de producción. Consultado en: <http://www.fao.org/agriculture/dairy-gateway/produccion-lechera/sistemas-de-produccion/es/#.VxGpa3rkeW4>
- FAO. (2016)^b. Global Livestock Environmental Assessment Model. Reference documentation Version 2.0.

- Faye B. y Konuspayeva G. (2012). The sustainability challenge to the dairy sector– The growing importance of non-cattle milk production worldwide. *International Dairy Journal*, 24 (2): 50-56.
- FEPALE (2012). Curso Internacional a Distancia sobre Sustentabilidad en la Producción lechera. Federación Panamericana de la Lechería (FEPALE). Montevideo, Uruguay.
- FEPALE (2018). Evolución de la producción Mundial de la leche. En <http://fepale.org/infoleche/2018/04/18/evolucion-de-la-produccion-mundial-de-leche/>
- Fernández y Mena (2010). Metodologías para la evaluación y mejora del impacto ambiental de los sistemas ganaderos: análisis comparado y posibilidades de aplicación en el sector de los pequeños rumiantes de Andalucía, Máster de Zootecnia y Gestión Sostenible. Ganadería Ecológica e Integrada. España.
- Fereres E. Orgaz F. y González D. V. (2011). Reflections on food security under water scarcity. *Journal of Experimental Botany*. Oxford University Press. Volume 62, Issue 12, 1 August 2011, pages 4079–4086.
- FIRA, (2009). Bovinos y sus derivados. FIRA (Financiera Rural). Dirección General Adjunta de Planeación Estratégica y Análisis Sectorial
- García L.A., Bottego E.M., Quintanal H.S. (1998) La globalización de la industria lechera mexicana y las empresas agroalimentarias transnacionales. *Agroalimentaria* 1998; 4(7):31-41.
- García P., Bretón L. I., De la Cuerda C. C. y Camblor Á. M. (2002). Metabolismo colónico de la fibra. *Nutr. Hosp.* (2002) XVII (Sup. 2) 11-16. ISSN 0212-1611.
- García A., Albarrán B. y Avilés F. (2015). Dinámicas y tendencias de la ganadería de doble propósito en el sur del Estado de México. En *Agrociencias*. 49: 125-139
- Gasque G. R. y Blanco O. M. A. (2001). Zootecnia en bovinos productores de leche. México (DF): UNAM, 2001.

- Gerber P, Chilonda P, G Franceschini G. y Menzi H. (2005). Geographical determinants and environmental implications of livestock production intensification in Asia - Bioresource technology, Elsevier. 96:2, 263-276.
- Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A. y Tempio, G. (2013). Enfrentando el cambio climático a través de la ganadería – Una evaluación global de las emisiones y oportunidades de mitigación. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Roma.
- Gibbs, M. J, L. Lewis, J. Hoffman. (1989). 'Reducing Methane Emissions from Livestock: Opportunities and Issues.' p. 284 (U.S. Environmental Protection Agency: Washington, D.C.)
- Greenpeace (2007). Desertificación y sequía. En línea: <http://www.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/other/desertificaci-n-y-sequ-a-act.pdf>.
- Hair J. F., Anderson R. E., Tatham R. L. y Black W. C. (1998). Análisis multivariante. 5ª edición. Edit. Prentice Hall International. New Jersey.
- Hair, J. F, Black, W. C., Tatham, R. L. and Anderson, R. E., 2010. Multivariate Data Analysis. 7th ed. Prentice Hall International. London, United Kingdom.
- Hagemann M., Nambí A., Hemme T. y Latacz-Lohmann U. (2012). Contribution of milk production to global greenhouse gas emissions. An estimation based on typical farms. Environ Sci Pollut Res. 19:390–402.
- Hemme T., IFCN Dairy Team and IFCN Researchers, (2007). IFCN Dairy Report, (International Farm Comparison Network, IFCN Dairy Research Center, Kiel, Germany).
- Hoekstra A. Y., Chapagain A. K., Aldaya M. M. y Mekonnen M. M. (2011). The water footprint assessment manual: setting the global standard. Edit. Eartscan. Washington D.C., USA. ISBN: 978-1-84971-279-8 (hardback)
- IGCEM (2011a). Estadística Básica Municipal del Estado de México. Municipio de Ayapango. Gobierno del estado de México. México.
- IGCEM (2011b). Estadística Básica Municipal del Estado de México. Municipio de Amecameca. Gobierno del estado de México. México.

- INEGI (2007). Censo Agrícola, Ganadero y Forestal. www.inegi.org.mx
- INEGI (2017) Encuesta Nacional Agropecuaria 2017. Existencias de vacas para ordeña según producción y precio de la leche por actividad zootécnica (Tabulado). En: <http://www.beta.inegi.org.mx/temas/ganaderia/>, Consultado (el 2 de Octubre del 2018).
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático). (2001). Tercer Informe de Evaluación Cambio Climático 2001 Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad. Consultado en: <https://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes.../impact-spm-ts-sp.pdf>
- IPCC (Ed.) (2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis, WGI Fourth Assesment Report, Cambridge University Press, Cambridge. Ito y Penner.
- IPCC. (2013). Climate change 2013: The physical science basis. Contribution of working group I to the fif th assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Stocker, T. F., D. Qin, G. K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, and P.M. Midgley (eds.). Cambridge University Press. Cambridge, UK
- ISO. 2006a. Environmental management—life cycle assessment: principles and framework. ISO14040, Geneva.
- ISO. 2006b. Environmental management—life cycle assessment: requirements and guidelines. ISO14044, Geneva.
- Jarrell KF, Bayley DP, Correia JD, Thomas NA. (1999). Recent excitement about Archaea. *Bioscience* 1999; 49(7):530-541.
- Jiménez J. R. A., Espinosa O. V. y Soler F. D. M. (2014). El costo de oportunidad de la mano de obra familiar en la economía de la producción lechera de Michoacán, México. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*. Vol. 5; Núm.1; enero-junio; 47-56.

- Katerere M. J. (2007). From Environment and Development to From Environment for Development: Evolution of ideas from Our Common Future to GEO-4: Brundtland +20 Seminar Background paper.
- Knapp J. R., Laur G. L., Vadas P. A., Weiss W. P. Y Tricarico J. M. (2014). Enteric methane in dairy cattle production: Quantifying the opportunities and impact of reducing emissions. *Journal Dairy Science* 97:1-31.
- LACTODATA (2011). Información sobre el sector lechero Boletín, México, 2011. Consultado Viernes 7 de octubre de 2011 a las 6:34 p.m. en: http://www.lactodata.info/lactodata/docs/ind/lacto_ind_prod.pdf.
- LACTODATA (2016). Información sobre el sector lechero Boletín, Periodo 2016.
- León G. J. A., Zamora Z. D. H. y León G. J. A. (2012). Estrategias de mitigación ante el cambio climático en fincas ganaderas altoandinas del departamento de Nariño. *Revista Unimar* No. 59. Pp- 23-38.
- Matson, P.A., Parton, W.J., Power, A.G., Swift, M.J. (1997). Agricultural intensification and ecosystem properties. *Science*, 277 (5325): 504-509.
- Martínez G. C.G., Rayas A. A.A., Anaya O. J.P., Martínez C. F.E., Espinoza O. A., Prospero B. F., y Arriaga J. C.M., (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 G. C. G., Ugoretz S. J., 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. *Trop Anim Health Prod* 47:311–316
- Mekonnen M. M. y Hoekstra A. Y. (2010). The Green, Blue and Grey Water Footprint of Production and Consumption. Volume 2: Appendices.m Value of Water Research Report Seies No. 50. UNESCO-IHE Institute for Water Education. Delft, The Netherlands. 94 p.

- Mekonnen M. M. y Hoekstra A. Y. (2011). The Green, Blue and Grey Water Footprint of Production and Consumption. Volume 1: Main Report. Value of Water Research Report Series No. 50. UNESCO-IHE. Institute for Water Education. Delft, The Netherlands. 50 p.
- Moyano S., A.; Tieri, M.P.; Herrero, M. A. (2015). Huella hídrica en establecimientos lecheros de Buenos Aires, Argentina. Avances y estado de situación en análisis de ciclo de vida y huellas ambientales en Argentina. Actas ENARCIV 2015, Córdoba, Argentina.
- Monroy A. K. y Cardona G. D. (2013). Análisis socio-ecológico para el sistema tradicional de ganadería extensiva en la vereda puerto losada (zona media de la microcuenca del Rio losada, municipio de la Macarena-Meta. Tesis de Grado, Especialista en Gestión Ambiental y Evaluación de Impacto Ambiental. Universidad del Tolima, Facultad de Ingeniería Forestal, Especialización Gestión Ambiental y Evaluación de Impacto Ambiental. Ibagué, Colombia.
- Montzka S. A., Dlugokencky E. J. y Butler J. H. (2011). Non-CO2 greenhouse gases and climate change. Review Article. Nature volume 476,43–50.
- Moss AR Jounany JP, Neewbold J. (2000). Methane production by ruminants: Its contribution to global warming. Ann Zootech 2000; 49:231-253.
- Muirhead, R.W., Davies-Colley, R.J., Donnison, A.M., Nagels, J.W., (2004). Faecal bacteria yields in artificial flood events: quantifying in-stream stores. Water Research, 38(5): 1215- 1224.
- Murphy, E., De Boer I.J.M., Van Middelaar C.E., Holden L N. M. Shalloo T.P, Curran, J. (2017). Upton a Water footprinting of dairy farming in Ireland, Journal of Cleaner Production. Vol. 140, Parte 2: 547-555.
- Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud Ambiental. Agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamiento a que debe someterse el agua para su potabilización.
- PNUMA (2007). Perspectiva del Medio Ambiente Mundial: 4º Informe (Global Environment Overview; GEO: 4). Programa de las Naciones Unidas para el Medio

Ambiente (PNUMA). Documento en Línea:
http://www.unep.org/geo/GEO4/report/GEO-4_Report_Full_ES.pdf.

PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo), (2011). Informe sobre Desarrollo Humano Estado de México 2011. Equidad y política social. Disponible en: www.undp.org.mx/desarrollohumano

PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo), (2014a). Informe sobre Desarrollo Humano 2014. Sostener el progreso humano. Reducir vulnerabilidades y construir resiliencia. Washington D. C. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo), (2014b). Índice de Desarrollo Humano municipal en México, nueva metodología. Disponible en: www.undp.org.mx/desarrollohumano

PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo), (2015). Índice de Desarrollo Humano para las entidades federativas, México 2015. Avance continuo, diferencias persistentes. Disponible en: <http://www.mx.undp.org/>

PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo), (2016). Informe sobre Desarrollo Humano, México 2016, desigualdad y movilidad. Disponible en: <http://www.mx.undp.org/>

Rice P., O'Brien D., Shalloo L. y Holden N.M. (2017). Evaluation of allocation methods for calculation of carbon footprint of grass-based dairy production. *Journal of Environmental Management* 202: 311-319.

Rivera J. E., Chará J. y Barahona R. (2016). Análisis del ciclo de vida para la producción de leche bovina en un sistema silvopastoril intensivo y un sistema convencional en Colombia. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 19: 237 – 251.

Romero A. G. (2010). *Caracterización del Agroecosistema de Producción de Leche en el Municipio de Ayapango, Estado de México*. Tesis de Licenciatura en MVZ de la Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario UAEM Amecameca, Noviembre.

- Romero C., T., L. Ávila. R., F.C. Viesca. G. (2011). Las queserías como alternativa de desarrollo de Poxtla, Estado de México. In: Boucher. F., V. Brun. (Coordinadores). De la leche al queso queserías rurales en América Latina. Porrúa.
- Romo B., C. E., Valdivia F. A. G., Carranza T. R. G., Cámara C. J., Zavala A. M.P., Flores A. E., y Espinosa G., J. A. (2014). Brechas de rentabilidad económica en pequeñas unidades de producción de leche en el altiplano central mexicano. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 5(3), 273-290. México. ISBN 978-607-401-502-7.
- Pacheco G. A. O., Espinosa A. E., Cesín V. A. y Castañeda M. T. (2017). Impacto del SIAL (Sistema Agroalimentario Localizado) productor de lácteos en el desarrollo local: El caso de Poxtla Estado de México. Tesis de Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, U. A. E. M., Amecameca, Estado de México
- Puente J., Brunett L., Espinosa E. y Márquez O. (2011) Calculo del consumo de energía en la producción de leche en pequeña escala, Tesis de Maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, U.A.E.M., Toluca, Estado de México, México.
- SEDAGRO (2006). *Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Estado de México*. Consulta en Internet www.edomex.gob.mx/sedagro.
- SEDAGRO (2013). Vocación productiva por Municipio. Consulta en Internet: http://sedagro.edomex.gob.mx/produccion_floricola
- Sánchez G. R., Jorge A. Zegbe D. J. A. y Gutiérrez B. H. (2015). Tipificación de un sistema integral de lechería familiar en Zacatecas, México. *Rev Mex Cienc Pecu* 2015; 6 (3):349-359.
- Saynes S. V.; Etchevers B. J. D., Paz P. F.; Alvarado C. L. O. (2016). Emisiones de gases de efecto invernadero en sistemas agrícolas de México. *Terra Latinoamericana*, vol. 34, núm. 1, pp. 83-96. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México.
- SEMARNAT (2004). Agua, resumen sobre disponibilidad y calidad de agua. Consulta en Internet en: http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_resumen/pdf/7_info_resumen.pdf

- Schneider H. y Samaniego J. L. (2009). La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios. CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). Santiago de Chile
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M. y De, C. (2009). Problemas ambientales y opciones, *La Larga sombra del Ganado*, FAO, Roma.
- SE. (2012). Análisis del sector lácteo en México. Secretaria de Economía (SE), Dirección General de Industrias Básicas.
- SIAP (2016). Producción de leche de bovino a nivel nacional periodo 2012-2016. Consulta en: www.siap.gob.mx
- SIAP (2018). Cierre Estadístico de la Producción Ganadera 2017. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Junio 2018. Consultado en: https://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario/
- Sultana, N., Uddin, M., Ridoutt, B., Hemme, T. y Peters, K. (2015). Benchmarking consumptive water use of bovine milk production systems for 60 geographical regions: An implication for Global Food Security. *Global Food Security*. Vol. 4: 56-68.
- Tapia Z., (2010). Indicadores para la evaluación de la Sustentabilidad en Agroecosistemas de producción de leche en San Francisco Zentlalpa, Municipio de Amecameca de Juárez, Estado de México. Tesis de Licenciatura en MVZ de la Universidad Autónoma del Estado de México.
- Turner, K., Georgiou, S., Clark, R., Brouwer, R., Burke, J., (2004). Economic evaluation of water resources in agriculture. From the sectoral to a functional perspective of natural resource management. *FAO water reports n.º 27*, FAO, Roma.
- Villarreal R. J. H., Arias C. L. E., Bonilla C. J. A., Sergio Iván Román P. S. I., Basurto G. R. y Núñez H. G. (2016). Emisiones de metano entérico en vacas holstein del sistema de lechería familiar. *Revista Mitigación del Daño Ambiental Agroalimentario y Forestal de México*. Vol. 2, Núm. 2; Pp. 240-250.
- Wiggins S., Tzintzun R., Ramírez M., Ramírez R., Ramírez F. J., Ortiz G., y Arriaga C. (2001). Costos y retornos de la producción de leche en pequeña escala en la zona

central de México. La lechería como empresa. Cuadernos de investigación. Cuarta época 19. UAEM, Toluca, México. 61 p.

Wuebbles D. J. y Hayhoe K. (2002). Atmospheric methane and global change. *Reviews Earth-Science*. 57, Pp. 177-210.

Zonderland-Thomassen, M.A.; Ledgard, S.F. (2012). Water footprinting – A comparison of methods using New Zealand dairy farming as a case study. *Agricultural Systems* 110 (2012) 30–40.

XII. ANEXOS



ENCUESTA SOCIOECONÓMICA Y AMBIENTAL PARA UNIDADES DE PRODUCCIÓN LECHE EN PEQUEÑA ESCALA EN LA REGION SURORIENTE DEL ESTADO DE MEXICO

Nombre del Productor:			
Edad:		Sexo:	
Municipio:		Delegación:	

HATO

	No. de cabeza		No. de Cabezas	
			Si	No
Vacas Totales		Sementales		
Vacas en Producción		Novillos (Engorda)		
Vacas secas		Becerras		
Becerras cargadas				
Becerras de 3-12 meses				
Becerras (lactantes)				

LECHE

Producción láctes	Litros por día	Precio por litro
Leche vendida		
Leche para la casa		
Leche becerros		
Leche dejada		
Leche vendida al Quesero		
Leche vendida al Botero		
Leche vendida/ Litresda		

CULTIVOS/FORRAJES

Cultivo	No. de Ha	SIEMBRA		COSECHA	
		Kg/ha	Precio/kg	Granos Ton/Ha	Esquilmos Ton/Ha
Avena					
Maiz					
Evo					
Trigo					
Alfalfa					
Otro					

HERBICIDAS

Cultivo	Marca con una (X)	Esteron L/Ha	Harmony Sobre/Ha	Gesaprim L/Ha	Herbipol L/Ha	Hierbamina L/Ha	Otro
Avena							
Maíz	Grano						
	Ensilado						
Trigo							
Evo							
Alfalfa							
Otro							

MANO DE OBRA

Cultivo	Familiar/Mes	Contratada/Mes	Precio unitario	GANADERA		
	Jornal	Jornal		Familiar/Mes	Contratada/Mes	Precio Unitario
				Jornal	Jornal	
Avena						
Maíz grano						
Trigo						
Evo						
Alfalfa						
Otro						

PRESUPUESTOS DIVERSOS

Costos variables	Unidad	Cantidad Mensual	Precio Unitario
IA	IA		
Toro	Monta		
Toro	Maquila		
- Medicinas	Varias		
- Otros (anote cuales):	Varios		
Sub-total, costos diversos			
- Vacas de remplazo	cabaza		
- Vacas de desecho	cabaza		
- Venta de becerros	cabaza		
- Becerras retenidas en el hato	cabaza		

MANEJO DE ESTIERCOL

¿Cuenta con algún lugar para depositar el estiércol?	SI	NO		
Marcar con una (X) según sea el caso				
¿Qué manejo se le da al estiércol?	Permanece al aire libre			
	Compostaje			
	Otro			
¿Con qué frecuencia realiza la recolecta del estiércol de las instalaciones?	Anota la respuesta			
	1 vez /día	2 veces/día	c/semama	Por mes

Referencia	Costo Unitario	Cantidad (Venta)	Cultivos que se aplica	Marca con una (X)		Cantidad aplicada/Ha
				SI	NO	
Por camión			Maíz			
Esparcidor			Avena			
Otro			Evo			
			Trigo			
			Alfalfa			

USO Y APLICACIÓN DE FERTILIZANTES QUÍMICOS

¿Aplica fertilizantes Químicos a sus cultivos?	Marcas con una (X)	
	SI	NO

FERTILIZANTE	Cantidad Aplicada	CULTIVOS A LOS QUE APLICA FERTILIZANTES				
	Bultos / ha	Maíz	Avena	Trigo	Alfalfa	Otro
Urea						
Cloruro de Potasio						
Cañero						
Super Fosfato Triple						
18-46						

USO DE COMBUSTIBLES Y ELECTRICIDAD EN EL HOGAR

COMBUSTIBLE	Costo Mensual	Cantidad
Electricidad		
Gas LP 20 kg		
Gas LP 30 kg		
Gas LP 45 kg		
Gasolina Premium (L)		
Diésel (L)		

COSTO Y APLICACIÓN DE LABORES	Maíz No.	Avena No.	Evo No.	Trigo No.	Alfalfa No.
Rastra 1a					
Barbecho					
Rastra 2a					
Siembra					
Tapa					
Cultivarlo					
Cajón					
Fumigación					
Cosecha					

LABORES AGRÍCOLAS

Labores	Uso de combustible	Monto Total por labor
	Gasolina (L)/ha	
Rastra 1a		
Barbecho		
Rastra 2a		
Siembra (varcos)		
Tapa		
Cultivarlo		
Cajón		
Fumigación		
Cosecha		

ALIMENTACIÓN

Granos		Marca con una (X)	Alimento Balanceado (Propio)				Precio por kg	
			Cantidad (kg) / vaca/día	Precio por kg	Forrajes	Marca con una (X)		Cantidad (kg) / vaca/día
Maíz	Propio				Zacate	Propio		
	Comprado					Comprado		
					Ensilado			
Avena					Henificada			
					Paja			
Trigo					Paja			
Evo					Henificada			
					Verde			
Alfalfa					Verde / Pastoreo			
					Henificada			

Alimento Comercial	Cantidad (kg/animal/día)	Precio por Bulto	Alimento Comercial	Cantidad (kg/animal/día)	Precio por Bulto
Purina			Nutrel		
Unión Tepexpan			Los Volcanes		
Malta Cleyton			Api Aba		
Flagasa			Campi		

Otro

Subproductos agroindustriales	Cantidad (kg/animal/día)	Precio por kg
Desperdicio de panadería		
Salvado de trigo		
Tortilla		
Galleta		
Pasta de soya		

Perímetro Torácico (m)	Peso corporal (kg)