

Evaluación de la sustentabilidad social, económica y productiva de dos agroecosistemas de producción de leche en pequeña escala en el municipio de Amecameca, México

Evaluation of social, economic and productive sustainability of two agroecosystems of small-scale milk production at the Amecameca Municipality, Mexico

Darío CASTILLO RODRÍGUEZ, María TAPIA RODRÍGUEZ, Luis BRUNETT PÉREZ ✉, **Ofelia MÁRQUEZ MOLINA, Omar TERÁN VARELA y Enrique ESPINOSA AYALA**

Centro Universitario UAEM Amecameca. Universidad Autónoma del Estado de México. Km. 2, Carretera Amecameca-Ayapango Km. 2,5. C. P. 56900. Amecameca, Estado de México, México. E-mails: dario_1508@hotmail.com, lbrunett@uaemex.mx y lbrunett@hotmail.com ✉ Autor para correspondencia

Recibido: 26/10/2009 Fin de primer arbitraje: 18/04/2012 Primera revisión recibida: 30/04/2012
Fin de segundo arbitraje: 03/07/2012 Segunda revisión recibida: 16/08/2012 Aceptado: 29/09/2012

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar indicadores de sustentabilidad en los agroecosistemas de producción de leche en pequeña escala propios de la Cabecera Municipal y la delegación San Francisco Zentlalpan, Municipio de Amecameca de Juárez, Estado de México. La región se ubica en la porción oriente del Estado de México. El trabajo se realizó durante un periodo de tiempo a partir de mayo del 2009 a abril de 2010. La evaluación de indicadores se basó en el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo Incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS) y el enfoque de agroecosistemas. La muestra fue de 12 unidades de producción las cuales contaban con 154 vacas en producción que representaron el 10,6% de la población total de vacas en producción del municipio. Los indicadores obtenidos fueron: A) Sanidad del hato: mastitis 8,4% de cuartos afectados y 79,5% de prácticas de higiene; 49,5% prácticas de manejo del hato y bienestar animal: con 19,75 m² por animal en establo, B) Calidad de leche cruda: se observó que se clasifica en Clase A para grasa, lactosa y densidad, Clase C para proteína, por haber desajustes en proteína. Todo lo anterior de acuerdo a la Norma Mexicana NMX-F-700-COFOCALEC-2004, así mismo, se encuentra en Clase 4 para bacterias mesófilas anaerobias (BMA) mientras que para las bacterias coliformes totales (BCT) supera lo establecido en la Norma, C) Manejo reproductivo: se registraron 142,5 días abiertos; 2,1 servicios por concepción, 365 días en lactancia y 13,8 meses de intervalo entre partos, E) Organización para la producción el 83% de los productores evaluados pertenecen a algún tipo de asociación o programa de asistencia técnica, F) Apoyo gubernamental: 100% de los productores ha recibido algún tipo de beneficio por parte de diferentes programas institucionales. G) Análisis económico: se observó que la inversión promedio mensual fue de \$21.299,96 M.N. para la producción de leche, siendo la utilidad del 53%. Costo de producción por litro de leche fue de \$3,33 M.N., el precio de venta de \$4,75 con una utilidad por litro de leche de \$1,41 M.N. H) Calidad de vida: se consideró como alta e I) Pago de agua: se registró que el 91,5% de las unidades de producción contaban con agua potable pagando anualmente una cuota fija. En conclusión, el agroecosistema se mostró sustentable en el ámbito económico y social, estando relacionados indicadores tales como: organización para la producción, apoyo gubernamental y análisis económico. La evaluación de la sustentabilidad en el agroecosistema, resultó ser una actividad compleja dada las dificultades que representa la construcción de los indicadores. Por otro lado, es preciso hacer énfasis en que solamente se monitorearon 8 de 12 indicadores, debido a que no se pudo contar con el apoyo de algún laboratorio especializado, tal es el caso para los indicadores sobre el análisis del agua y del suelo, por ende merece mención aparte la importancia del estudio de la sustentabilidad desde una perspectiva multidisciplinaria. El agroecosistema resultó ser sustentable en unos aspectos y en otros no, lo cual ratifica el hecho de que no se puede ser 100% sustentable.

Palabras clave: MESMIS, diseño de indicadores, producción lechera sustentable, recursos naturales, sustentabilidad

ABSTRACT

The aim of this research was to design and evaluate sustainability indicators in small-scale milk production agroecosystems in two different zones: the municipality of Amecameca and San Francisco Zentlalpan, delegation of Amecameca, both places are situated at the eastern region of Mexico State. This research was developed in a period of time from May in 2009 to April in 2010. The methodology used to design sustainability indicators was based on the MESMIS frame on sustainability. The sample consisted on 12 production units with 154 cows producing, which represent 10.6% of the total population of cows in productive age in the whole municipality. The obtained indicators were: A) Herd's health: 8.4% of mastitis from affected quarters and 79.5% from hygiene practices; 49.5% of herd's handling; and animal welfare: 19.75 m²

per animal in each barn. B) Quality of raw milk: it is observed that milk produced in this two regions can be classified as Class A (for fat, density and lactose), Class C (for protein) due to disparities in milk's protein quantities. All this classifications are considered according to the Mexican standard NMX-F-700-COFOCALEC-2004. Also it is classified in Class 4 in BAM and for BC it exceeds what is established in the Mexican standards. C) Reproductive management: 142.5 open days were registered, 2.1 mounting services per conception, 365 days of lactation and 13.8 months of interval between calvings. D) Production organization: 83% of the population of producers evaluated in the research's development is part of certain associations or technical assistance programs as well. e) Governmental support: 100% of the producers have received some kind of benefit from diverse institutional programs. E) Economical analysis: it is observed that the annual investment for milk production consisted on \$21,299.96 M.N. with an economic utility of 53%. The cost of milk production per liter was \$3.33 M.N., the sale price ascended to \$4.75, with an economic utility of \$1.41 M.N. per liter. F) The quality of living: it is considered as high. G) Water rights fee: it was registered that 91.5% of the production units have paid annually to have access to the communitarian water supply system. In conclusion, the agroecosystem is sustainable in an economic and social way when indicators like production organization, governmental support and economic analysis are related, as a consequence, quality of living indicator shows positive results. The evaluation of sustainability in the agroecosystem proposed for the investigation turned out to be a complex activity, due to the difficulties that the development of the sustainability indicators represents. Only eight indicators from the conjunct constituted by 12 were monitored because there was no support from any specialized laboratory, especially in the case of water and ground analysis indicators, this is why emphasis on the importance of sustainability study should be pay attention from a multidisciplinary perspective, the agroecosystem turns out to be positive in some aspects and negative in some others, this proves the fact that it cannot be sustainable in a 100%.

Key words: MESMIS: development of indicators, sustainable milk production, natural resources, sustainability

INTRODUCCIÓN

En la actualidad uno de los temas que presenta gran interés para los investigadores es el de sustentabilidad debido a la importancia que ésta representa para la humanidad. Según el informe Brundtland publicado en 1987, el concepto Desarrollo Sustentable significa “satisfacer las necesidades de la presente generación sin comprometer la capacidad de la futuras generaciones para que satisfagan sus propias necesidades”.

Para la agricultura esto significa elevar y mantener por tiempos prolongados la productividad de los sistemas, pero teniendo presentes las limitaciones y potencialidades sociales económicas y de los recursos naturales del entorno (Spencer, 1992). Por ello, es necesario incorporar métodos prácticos que permitan la evaluación de la sustentabilidad que no sólo expliquen el funcionamiento de un sistema y los efectos de adopción o no de tecnología, sino que muestren y expliquen cómo interactúan las dimensiones sociales, económicas y ambientales para permitir la operación y desarrollo del sistema de producción (Brunett, 2004).

Dentro de la agricultura se expresa una de las más dinámicas y complejas interrelaciones de los aspectos biofísicos y socioeconómicos, estas condiciones han creado la necesidad de buscar perspectivas que abarquen de forma integral todos los componentes. En este sentido, se encuentra la

propuesta de enfoque de Análisis de Agroecosistemas (Conway, 1987) como un modelo teórico que es utilizado en estudios de sustentabilidad.

La idea central para conceptualizar a un agroecosistema es partir de que se trata de un ecosistema modificado ó "domesticado" por el ser humano con la finalidad de obtener bienes, servicios y productos de consumo humano, tanto de interés para una localidad como para participar del mercado, bajo estas condiciones se establece que es un sistema abierto es decir, que recibe insumos externos y genera productos (Conway, 1987).

Un agroecosistema, llamado así por ser aquellos que se utilizan en la agricultura, con interacciones y funciones semejantes al interactuar con las actividades humanas; requiere un manejo integral entre la producción animal y vegetal, para ello es indispensable un diagnóstico de los mismos para describir y evaluar el grado de sustentabilidad, identificando limitaciones y potencialidades que puedan hacer propuestas reales a la problemática del objetivo de estudio. El enfoque de agroecosistemas es adecuado para estos sistemas en estudio orientados a la sustentabilidad, entendiendo éstos como sistemas de manejo de recursos naturales orientados a la producción agropecuaria y forestal González, (2008).

Masera *et al.*, (1999), indican que para generar propuestas de manejo integral es necesario un diagnóstico del agroecosistema para luego describir y

evaluar el grado de sustentabilidad de un sistema agrícola, con ello identificar las limitaciones que afectan su funcionalidad y las causas que generan estas limitaciones, ubicar las potencialidades y generar propuestas. Esta propuesta se conoce como atributos-criterios-indicadores. En este sentido, se conceptualiza a los atributos como aspectos que debe poseer un agroecosistema para ser considerado como sustentable. Los criterios son Los criterios de diagnóstico son considerados como la fase intermedia entre los atributos y el indicador, es decir, representan un nivel de análisis más detallado. Puntos críticos, son factores que pueden determinar la supervivencia o consolidación de los agroecosistemas y que ameritan el diseño de indicadores. Los indicadores, se consideran el medio para evaluar la sustentabilidad, por lo que deben ser variables cuantificables y medibles.

Altieri (1997), resalta que una manera de diagnosticar al estado del agroecosistema, es la construcción de indicadores de sustentabilidad, los cuales permiten conocer de manera particularizada las necesidades de manejo de cada sistema, con la intención de mantener o mejorar la productividad, aumentar los servicios ecológicos y socioeconómicos, proteger la base de recursos y prevenir la degradación de suelos, agua y biodiversidad, sin disminuir la viabilidad económica del sistema.

En el caso de México, se presentan tres sistemas de producción de leche: lechería tropical o de doble propósito, lechería intensiva y lechería en pequeña escala o campesina familiar.

Diferentes autores que manejan el concepto aunque con distinto nombre a la lechería familiar como: según Espinoza (2002), “sistemas campesinos de producción de leche”, Cervantes *et al.* (2001) los denomina “lechería o producción familiar”, por su parte Wiggins *et al.* (2001) los nombra “producción de leche en pequeña escala”, SAGARPA (2004) “sistemas de producción familiar o de traspatio”, Espinoza, *et al.* (2007), denominan “sistemas campesinos de producción de leche” a aquellas unidades de producción con pequeñas superficies de tierra, donde la venta de leche proporciona ingresos fundamentales para la familia, y que pueden o no complementarse con ingresos generados por otras actividades dentro de la unidad de producción, se caracteriza por ser unidades de producción con pequeñas superficies de tierra, cuentan con un mínimo de tres vacas más sus remplazos, emplean

mano de obra familiar considerada como costos de oportunidad reduciendo costos de producción. Consideran la actividad como primera fuente de recursos económicos y en la mayoría de las veces como única fuente de ingreso familiar; aprovecha los subproductos de las cosechas propias, abono orgánico, cultivos forrajeros e infraestructura y sobre todo a la mano de obra familiar. Por ello, la importancia de caracterizar los agroecosistemas de producción de leche propios de la Cabecera Municipal y la delegación San Francisco Zentlalpan, Municipio de Amecameca de Juárez, Estado de México, Identificar algunos de los puntos críticos de las unidades de producción de leche, Diseñar y monitorear los indicadores para la evaluación de la sustentabilidad de la producción de leche, con carácter social, económico y ambiental Realizar una valoración cuantitativa y cualitativa de los aspectos productivos, biofísicos y socioeconómicos de la producción de leche.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó de abril de 2009 a mayo de 2010. El trabajo de campo se llevó a cabo en dos comunidades, la de San Francisco Zentlalpan y la Cabecera Municipal, pertenecientes al municipio de Amecameca de Juárez, Estado de México. Se trabajó con 12 unidades que representaron el 10.6 % de la población total de vacas en producción del municipio, las cuales contaban con 154 vacas en producción. Para la caracterización de los agroecosistemas se recopiló información secundaria procedente de estadísticas gubernamentales como el Instituto Nacional de Estadística y Geográfica (INEGI, 2005), la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), la presidencia Municipal de Amecameca, la Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Estado de México (SEDAGRO, delegación Ayapango), además de pláticas y recorridos en la demarcación que ayudaron a conocer las peculiaridades de la zona de estudio ofreciendo datos necesarios y suficientes para dicha caracterización.

Los indicadores de sustentabilidad fueron obtenidos mediante la metodología MESMIS (Mäser *et al.*, 1999). Para ello, fue necesario conocer a los actores clave en la producción de leche de Amecameca, con quienes por medio de recorridos guiados y pláticas informales se identificó la problemática de la zona, los puntos críticos y criterios de diagnóstico del agroecosistema; con la

información obtenida se completaron los indicadores para la evaluación de la sustentabilidad de los agroecosistemas (Cuadro 1).

Posteriormente, para un primer contacto con los productores lecheros se solicitó la cooperación del Presidente de la Asociación de Productores de Leche de Amecameca, legalmente conocida como Sociedad de Producción Rural de Productores Lecheros del Valle de Anáhuac y del Presidente de la Asociación de Médicos Veterinarios Zootecnistas de la región oriente del Estado de México; considerados como actores claves de la región

El trabajo de campo se complementó con análisis de laboratorio, además de ratificar cierta información proporcionada con representantes sociales y/o instituciones gubernamentales.

Trabajo de campo

Se visitaron a los doce productores a quienes, se encuestó de manera individual, al mismo tiempo se dejó en el domicilio una carpeta con formatos diversos para la obtención de datos que se analizaron para obtener el flujo económico, documentos que debían ser completados de manera diaria o semanal. En visitas posteriores se actualizaba la información expresada por los productores, explicando el trabajo a realizar en la próxima visita.

Se obtuvieron datos suficientes para completar el indicador organización para la producción y apoyos gubernamental junto con la ratificación de representantes sociales e instituciones gubernamentales respectivamente, mientras que para calidad de vida y pago de agua se obtuvieron por observación directa (Cuadro 2).

Sanidad del hato

Mastitis

Este indicador se relevó por medio de una encuesta, la cual se complementó con la prueba de California para la detección de mastitis subclínica. Se observaron las técnicas de higiene pre y post ordeño como: limpieza de la sala de ordeño, amarre de la cola, lavado de ubre, desinfección de la ubre y

Cuadro 1. Atributos y criterios de diagnóstico establecidos por la metodología MESMIS, para la obtención de los indicadores de sustentabilidad a partir de los puntos críticos.

Atributo	Criterio de diagnóstico
Productividad	Eficiencia y rentabilidad
Adaptabilidad	Capacidad de cambio e innovación
Estabilidad y resiliencia	Renovabilidad del uso de recursos
Equidad	Disponibilidad de servicios
Autogestión	Dependencia de insumos y factores externos

Cuadro 2. Indicadores seleccionados para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas en la Cabecera Municipal y la delegación San Francisco Zentlalpan, Municipio de Amecameca de Juárez, Estado de México.

Indicador	VARIABLES
Sanidad del hato	Mastitis: porcentaje de cuartos afectados, limpieza en sala antes de ordeña, amarre de cola, lavado de ubre, desinfección de ubre, sello al término de la ordeña. Manejo general del hato: desparasitación, descorné, vacunación, vitaminado, sales minerales y libre acceso al agua.
Calidad de leche cruda	Bienestar animal: superficie en metros cuadrados (m ²) por animal en establo. Fisicoquímica: grasa, proteína, lactosa, densidad, sólidos no grasos, agua agregada. Bacteriológica: bacterias mesófilas aerobias y bacterias coliformes totales.
Manejo reproductivo	Días en producción de leche, días abiertos, servicios por concepción, intervalo entre partos.
Organización para la producción	Presencia en la Sociedad de Producción Rural Productores Lecheros del Valle de Anáhuac y en el Programa "Soporte, Capacitación y Asistencia Técnica" de SAGARPA.
Apoyo gubernamental	Si reciben o no apoyos gubernamentales.
Análisis económico	Costo total, costo por litro de leche, utilidad mensual, utilidad mensual por vaca, utilidad por litro de leche de venta, precio de venta, utilidad por día, razón ingreso-egreso y salario familiar.
Calidad de vida	Material de su vivienda, bienes básicos: enseres domésticos; servicios básicos: teléfono fijo, agua entubada, drenaje, electricidad. Salario familiar.
Pago de agua	Facilidad con que disponen del agua.

sellado, los cuales se registraron en el formato correspondiente.

Manejo general del hato

Las prácticas de manejo general del hato se recabaron por medio de observación directa y preguntas establecidas. Se evaluaron prácticas de manejo como desparasitación, descorné, vacunación, vitamínado, consumo de sales minerales y acceso al agua.

Bienestar animal

Para establecer dicho indicador se tomaron medidas del área de cada uno de los establos, incluyendo el corral, los echaderos y asoleaderos, obteniendo la superficie de que dispone el hato (m²) y dividiendo entre el número de animales para obtener los metros cuadrados por animal.

Calidad de la leche cruda

Análisis físico-químico de la leche

Se tomaron muestras de leche a cada una de las vacas en producción que se colectaron en tubos Falcon estériles de 50 ml y se mantuvieron en recipiente térmico con refrigerante. El análisis de calidad fisicoquímica de la leche se realizó con el Milkoskope Julie C2 y tuvo una duración promedio de 1:30 min por muestra. El aparato proporcionó los resultados de seis parámetros: grasa, lactosa, proteína, densidad, sólidos no grasos y agua agregada, los cuales se capturaron en una hoja de cálculo en el software Microsoft Excel®. Una vez en la base de datos se verificó si la leche cumple o no con los parámetros físico químicos que establece la Norma Mexicana NMX-F-700-COFOCALEC-2004 del Consejo para el Fomento de la Calidad de la Leche y sus derivados (Cuadro 3).

Cuadro 3. Especificaciones fisicoquímicas establecidas por NMX-F-700-COFOCALEC-2004.

Grasa (g/l)	Proteína s (g/l)	Lactosa (g/l)	Densidad (g/ml)	Sólidos no grasos
Clase A $\geq 32 \geq 31$				
Clase B 31min	30,0 a 30,9	43 a 50	1,0295	83 min
Clase C 30 min 28,0 a 29,9				

Fuente: Norma Mexicana NMX-F-700-COFOCALEC-2004

Análisis bacteriológico

Se obtuvo una muestra de leche de las vacas de cada productor en tres ocasiones, una de ellas fue sin previo aviso, las siguientes dos, bajo aviso para la recolección de la muestra.

Bacterias mesófilas aerobias

Se obtuvo el dato empleando la metodología establecida por la Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994 de Bienes y servicios en su apartado sobre "Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa".

Bacterias coliformes totales

Se realizó bajo la determinación de los lineamientos de la Norma Oficial Mexicana NOM-113-SSSA1-1994, Bienes y servicios. "Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa" (Cuadro 4).

Manejo reproductivo

Por medio de preguntas establecidas y de registros llevados por los productores se obtuvo información del hato referente a días abiertos (fecha de parto a fecha en que se gesta la vaca), días en lactancia, días de gestación, número de servicios o inseminaciones, intervalos por parto y servicios por concepción; los datos se reportaron en un formato y posteriormente se analizaron para compararlos con las medias nacionales (Galina *et al.*, 2009).

Organización para la producción

Para dicho indicador se consideró que fueran miembros activos y participativos de alguna Asociación lechera y si recibían algún tipo de Programa Estatal. La información se obtuvo por

Cuadro 4. Especificaciones sanitarias según NMX-F-700-COFOCALEC-2004.

	Bacterias mesófilas aerobias (UFC/mL)	Bacterias coliformes totales (UFC/mL)
Clase 1	$\leq 100\ 000$	
Clase 2	101.000 a 300.000	
Clase 3	301.000 a 599.000	≤ 1000
Clase 4	600.000 a 1.200.000	

Fuente: Norma Mexicana NMX-F-700-COFOCALEC-2004

medio de una encuesta a productores para conocer si tenían acceso a asociaciones legalmente constituidas o bien a programas gubernamentales.

Apoyo gubernamental:

La información se obtuvo a través de una entrevista estructurada a los 12 productores e indagando en las bases de datos en los sitios web de Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA) (<http://www.aserca.gob.mx>) y en la página de SAGARPA (<http://www.sagarpa.gob.mx>).

Análisis económico

Por medio de entrevista y de los datos vaciados en los formatos, se obtuvo un compendio de datos referentes a registros de venta de leche, gastos mensuales, compra de fármacos y servicios médicos veterinarios, consumos de alimento, pagos semanales y mensuales: a trabajadores, maquinaria, labores, compras varios como: carretillas, cubetas, bioldos, diesel, gasolina; entre otros gastos.

Los datos se obtuvieron de manera periódica mediante visitas al productor. La información fue procesada en una base de hoja de cálculo en el software Microsoft Excel© para finalmente determinar el promedio del costo total de producción, costo por litro de leche, utilidad mensual, utilidad mensual por vaca, utilidad por litro vendido, precio de venta, utilidad por día, ingreso mensual y la razón ingreso/egreso. Bajo la metodología de Presupuesto por actividad (Espinosa, 2009).

Calidad de vida y pago de agua

La información se recabó a través de entrevistas semi estructuradas y observación participativa que permitieran conocer los bienes y servicios son de los productores: vivienda, bienes básicos, electricidad y teléfono, infraestructura que poseen para la obtención del agua

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de los agroecosistemas

La caracterización de los agroecosistemas de San Francisco Zentlalpan y la cabecera municipal de Amecameca de Juárez, estado de México se estableció de la siguiente manera:

Condiciones biofísicas

El municipio de Amecameca se encuentra en las faldas de la sierra Nevada, dentro de la provincia del eje volcánico y en la cuenca del río Moctezuma-Panuco. Sus coordenadas geográficas son longitud 98° 37' 34" y 98° 49' 10"; latitud 19° 11' 2". La altura sobre el nivel del mar es de 2420 metros en la cabecera municipal. Se ubica en la porción sur oriente del Estado de México, en la región III Texcoco. Los límites del municipio son: al norte, el municipio de Tlalmanalco; al este el Estado de Puebla; al sur, los municipios de Atlautla y Ozumba; y al oeste, los municipios de Ayapango y Juchitepec.

La temperatura media anual es de 14,1°C; el mes más frío es enero con 2,4 °C promedio, pero en febrero o diciembre la temperatura puede descender hasta 8 °C. El mes más caluroso es abril con 24 °C en promedio, pero la máxima temperatura extrema puede llegar hasta 34 °C en mayo o de 32 °C en octubre y diciembre. La precipitación anual es de 935,6 milímetros (mm), febrero es el mes más seco (6,2 mm), seguido por diciembre (6,5 mm) y marzo (7,0 mm). Julio es el más lluvioso (341 mm), le sigue agosto (338 mm) y junio (321,4 mm). (Plan de Desarrollo Municipal, 2006-2009).

Condiciones socio-económicas

La población en el municipio de Amecameca en el 2005 fue de 34.101 habitantes de acuerdo al Consejo Nacional de Población (CONAPO, 2005), de los cuales 16.372 conformaron la población masculina, mientras que la población femenina la integraron 17.729 personas. Según CONAPO (2005) el grado de marginación que reporta la delegación de Zentlalpan es bajo, mientras que en la cabecera municipal se reporta como grado de marginación muy bajo.

Condiciones tecnológicas

Sistema agrícola

Dentro del sistema agrícola se encuentra una gran producción de forrajes (temporal), como alfalfa (*Medicago sativa*), avena (*Avena sativa*), ebo (*Vicia sativa*), insumos que son empleados para consumo propio dentro de los establos. Otra actividad que realizan es la producción de maíz (*Zea mays*) para grano con la finalidad de su venta al público o bien para ensilado y proporcionarlo como forraje al ganado.

Sistema Pecuario

Amecameca y Zentlalpan cuenta con 743 vacas en producción integradas en 92 hatos de 8 a 63 animales más sus reemplazos (Documento interno SEDAGRO Ayapango, 2009). La raza de vacas de producción de leche predominante en la zona es Holstein en un 99%. En una mínima representación se encuentra las razas Suiza y criolla.

En la zona prevalece la lechería familiar, tal situación se afirma con lo encontrado en campo como es que el 83 % de las unidades de producción utilizan la fuerza de trabajo familiar, además de que consideran la actividad como primera fuente de ingresos en el 100% de los 12 productores encuestados. La tecnología que utilizan las unidades de producción son: inseminación artificial en un 100%; 80% de las vacas en producción son gestadas mediante esta tecnología; registros reproductivos el 100%, aunque ninguno posee registros productivos ni de gastos-ingresos.

La venta de leche es directa al quesero (quien transforma la leche a diversos quesos) en un 89,5%, para la venta directa al público, actividad llamada "litreo" se destina 3,06%. Para autoconsumo es de 2,64% y para el consumo a los becerros 4,8%.

La alimentación del ganado productor de leche está basada en forrajes como la avena, el rastrojo de maíz, el ensilado de maíz, pastoreo en praderas nativas y cultivadas en áreas propias, además de alimento concentrado al 18 % de PC (proteína cruda) marca Unión. En menor proporción se ofrece bagazo de cervecería y desperdicio de panadería.

Las prácticas más comunes fueron: la desparasitación, el sellado post ordeña, el suministro de sales minerales, mientras que el descorne, desinfección de la ubre, vacunación, amarre de cola y libre acceso al agua fueron las menos realizadas.

Obtención de indicadores a partir de los puntos críticos de los agroecosistemas

Siguiendo la Metodología MESMIS, los indicadores para la evaluación de la sustentabilidad se muestran en el cuadro 5.

Sanidad del hato:

Para determinar este indicador fue necesario evaluar tres características:

Mastitis

El cuadro 6 muestra 8,4 % en promedio de cuartos afectados con mastitis subclínica. En otros estudios como los reportados por Castillo (2008) y

Cuadro 5. Indicadores para la evaluación de la sustentabilidad del agroecosistemas según el punto crítico de acuerdo al criterio de diagnóstico.

Punto Crítico	Criterio de diagnóstico	Indicador
Calidad eficiente del sistema Intermediarismo	Eficiencia Rentabilidad	Calidad de leche Flujo económico Índice reproductivo
Organización sólida	Capacidad de cambio e innovación	Organización para la producción
Perdida o degradación de mantos acuíferos	Renovabilidad del uso de recursos	Pago de agua
Baja tecnificación y malas prácticas de explotación lechera		Sanidad del hato
Mejora de la dinámica familiar y personal	Disponibilidad de servicios	Calidad de vida
Alta dependencia de apoyos gubernamentales	Dependencia de insumos y factores externo	Apoyo Gubernamental

Cuadro 6. Prueba de mastitis y técnicas de higiene de las vacas en producción de los agroecosistemas en la Cabecera Municipal y la delegación San Francisco Zentlalpan, Municipio de Amecameca de Juárez, Estado de México.

Agrosistemas	Cuartos afectados (%)	Productores sellan ubre post-ordeña (%)	Prácticas de higiene (%)	Desinfección de ubre antes de ordeña (%)	Amarre de cola (%)
Zentlalpan	8,6	83,0	76,0	66,0	33,0
Cabecera M	8,2	66,0	83,0	33,0	33,0
Promedio	8,4	74,5	79,5	49,5	33,0

Owens *et al.* (2001) muestran hasta el 56,5% de cuartos afectados, Sargeant *et al.* (2001) reportaron el 36% de algún tipo de infección intramamaria en vacas adultas, Nickerson *et al.* (1995) observaron hasta un 29%, Myllys y Rautala (1995), un 27%, Zwald *et al.* (2006) registraron 16, 20 y 24%, Simianer *et al.* (1991), señalaron afectaciones del 8 al 12% y Eicker *et al.* (1996), obtuvieron un valor del 5%, lo que indica que la salud de las ubres de las vacas de los productores evaluados se encuentran mejor a los resultados reportados. Cumplen, en la totalidad de las unidades de producción, con la limpieza de la sala de ordeña y el lavado a la ubre de las vacas con agua simple, mientras que el sellado del pezón al término de la ordeña sólo lo realiza el 74,5% de los productores. Un aspecto a destacar es que la determinación de mastitis se realizó en la época de lluvias lo cual implicaría un elevado porcentaje en cuartos afectados por mastitis subclínica debido a las condiciones de higiene a causa del estiércol y de la humedad en ambiente, situación que no sucedió en estas unidades.

Pudiera ser que el bajo porcentaje de cuartos afectados se deba al uso deliberado de antibióticos para el tratamiento de mastitis clínica y subclínica al detectar cambios físicos en la leche.

Por otro lado, los productores realizan el 79,5% de las prácticas de higiene, siendo las más comunes la limpieza en la sala de ordeña, el lavado de ubre, sellado al término de la ordeña, aunque sólo el 49,5% realiza la desinfección de la ubre antes de la ordeña, el 33,0% de los productores cumplen con el amarre de cola antes de la ordeña. No realizar esta práctica puede afectar la calidad de la leche ya que la cola arroja estiércol al recipiente colector de leche si es que no está tapado.

Manejo general del hato

Se registró que realizan el 71,5% de las técnicas de manejo general del hato, coincidiendo en el vitaminado, suministro de sales minerales y desparasitación. La práctica de descorné solo la

realiza el 17% de las unidades de producción. Al no descornar a las vacas, éstas pueden golpearse entre ellas, por simple interacción social y lastimarse cualquier parte del cuerpo y en especial la ubre (Cuadro 7).

Sólo 58% de las unidades de producción vacunan a sus animales contra Brucelosis de manera anual, mientras que las demás unidades de producción participaron en la Campaña de Vacunación contra Brucelosis y Tuberculosis (Cuadro 7).

De igual manera, únicamente 50% de las unidades de producción mantienen a los animales con libre acceso al agua, el otro 50% les ofrece agua después de cada ordeña y al regresar del pastoreo, lo cual implicaría que las vacas tomen agua en un tiempo restringido y no cuando en realidad tienen sed, limitando sus necesidades fisiológicas al consumir un promedio de 90 litros de agua al día, lo que puede verse reflejado en la cantidad de leche producida por vaca (Cuadro 7).

Bienestar animal

El Cuadro 8 muestra que Zentlapan tiene 8,5 m² y la Cabecera Municipal 31,0 m² de superficie por vaca en establo, siendo que se considera adecuada una superficie de 2,5 m² en corral (IICA, 2009), además el 66% de las unidades de producción mostró que cuentan con echaderos asimismo de corrales y espacios donde tomar el sol, con lo que se concluye que tienen una buena superficie por animal dentro del establo. El área tomada en cuenta para la medición de

Cuadro 8. Superficie promedio por vaca por m² de los agroecosistemas en la Cabecera Municipal y la delegación San Francisco Zentlapan, Municipio de Amecameca de Juárez, Estado de México.

Agroecosistemas	Superficie promedio por vaca (m ²)
Zentlapan	8,5
Cabecera M	31,0
IICA 2009	2,5

Cuadro 7. Manejo general del hato de los agroecosistemas en la Cabecera Municipal y la delegación San Francisco Zentlapan, Municipio de Amecameca de Juárez, Estado de México.

	Vitaminado, suministro de sales minerales y desparasitación (%)	Descorné (%)	Vacunación (%)	Libre ascenso al agua (%)
Zentlapan	66,0	33	50	50
Cabecera M	77,0	16	66	50
Promedio	71,5	17	58	50

la superficie del corral fueron: la cama y los echaderos. Siendo que las unidades de producción no cuentan con áreas específicas para cada actividad, el espacio es utilizado para comer, ordeñar, parir, además de asoleaderos donde el animal convive socialmente con sus compañeros de establo y al mismo tiempo se benefician de tomar el sol. Por lo anterior se considera a las unidades de producción semi-estabuladas.

Al tener una superficie superior a la establecida en confinamiento, el animal no presenta cambios drásticos de conducta, reducen las peleas por espacio y con ello la salud del animal y de la ubre en especial se encuentran en buen espacio para una adecuada producción de leche.

Calidad de la leche cruda

Calidad fisicoquímica

Para la calidad de la leche se analizó la leche en su composición fisicoquímica y bacteriológica.

Grasa

Se observa que para el parámetro de grasa en leche, se supera lo establecido en la Norma Mexicana NMX-F-700-COFOCALEC-2004. Esto puede ser debido a que en la dieta está incluido el aporte de carbohidratos estructurales como la alfalfa, la avena y ensilado de maíz, lo cual produce una fermentación en el rumen originando la producción de ácido acético, el cual se considera precursor de ácidos grasos componentes de la grasa de la leche (Cuadro 9).

Bernal *et al.* (2007) encontraron que en zona Norte del Estado de México, el contenido de grasa en la leche fue de 37,3 g/L, mientras que para la zona Centro fue de 32,6 g/L; siendo que para el promedio de ambas zonas en un periodo similar al realizado en este trabajo, en época de lluvias, se encontró 36 g/L.

Cuadro 9. Calidad fisicoquímica de la leche de las vacas evaluadas de los agroecosistemas en la Cabecera Municipal y la delegación San Francisco Zentlalpan, Municipio de Amecameca de Juárez, Estado de México.

	Grasa (g/L)	Proteína (g/L)	Lactosa (g/L)	Sólidos no grasos (g/L)	Densidad (g/mL)	Agua agregada
COFOCALEC						
Agroecosistemas	Clase A ≥ 32	≥ 31	43 a 50	83 min	1,0295 min	No aplica
Zentlalpan	33,18	29,65	44,18	80,51	1,03	1,60
Cabecera M	34,90	29,69	44,09	80,35	1,027	1,14
Promedio	34,04	29,67	44,13	80,43	1,28	1,37

Proteínas

El contenido de proteínas en la leche analizada se centró para una calidad de leche Clase C (Cuadro 9), pudiendo ser que el suministro de alimento concentrado comercial no sea el adecuado para el aporte requerido por el animal. Esto es, debido a un bajo contenido de proteínas de sobre paso en la dieta disminuyendo así la cantidad de proteínas en la leche. Norma Mexicana NMX-F-700-COFOCALEC-2004.

Lactosa

Se encontró que la cantidad de lactosa en leche hace referencia a la genética de las vaca Holstein, siendo esta raza la que predomina en la zona (Cuadro 9).

Sólidos no grasos

Al verse disminuido la cantidad de proteínas en la leche se vio directamente afectada la cantidad de sólidos no grasos en la leche. Mostrándose una relación estrecha en la relación al contenido de proteínas obtenido (Cuadro 9).

Densidad

Presenta lo establecido por la Norma Mexicana NMX-F-700-COFOCALEC-2004, no sufrió alteración alguna debido a que no se consideró adulterada (Cuadro 9).

Agua agregada

La cantidad de agua agregada en la leche fue de 1,37 mL/L (Cuadro 9), lo que se podría explicar que al momento de enjuagar las cubetas recolectoras de leche, no se secaban completamente quedando un poco de agua en las paredes de la cubeta que al mezclarse con la leche se señala como agua agregada.

El queso les “castiga” el precio de la leche si ésta se encuentra adulterada con agua, por lo que los productores no le adicionan agua.

La conclusión para la calidad fisicoquímica de los agroecosistemas es que para grasa, lactosa y densidad por haber alcanzado lo establecido en la norma se cataloga en Clase A, mientras que para proteína en Clase C siendo así que no alcanza los parámetros establecidos para sólidos no grasos, se muestra agua agregada no siendo significativamente representativa para declararla adulterada.

Calidad bacteriológica

Bacterias mesófilas aerobias (BMA)

El conteo de Unidades Formadoras de Colonias por mL (UFC/ml) de BMA fue de 1.067.491 (Cuadro 10), lo que la clasifica en leche Clase 4 según las especificaciones sanitarias de la norma NMX-F-700-COFOCALEC-2004. Siendo que aún se encuentra dentro de lo establecido por la Norma. Aunque podría alcanzar una clasificación mejor, ya que los productores conocen y realizan ciertas prácticas de higiene de pre y post ordeño. Sin embargo sólo las realizan con especial cuidado cuando saben que serán evaluados, más no como rutina, tal situación se debe a que no reciben algún tipo de estímulo económico por la calidad de la leche, sino que la remuneración es por el volumen de leche producida.

Bacterias coliformes totales (BCT)

Para el conteo de BCT se encontró que superaron por mucho el límite establecido por la norma, siendo de 50.700 UFC/ml (Cuadro 10) mientras que la norma indica $\leq 1,000$ UFC/ml, lo que puede ser debido a que los productores no realizan las prácticas de ordeño de una manera adecuada, siendo que el primer aviso de recolección de la muestra de leche para su análisis bacteriológico, los conteos fueron inferiores.

En conclusión para la calidad bacteriológica es que en BMA, se cataloga en Clase 4, siendo que las bacterias mesófilas aerobias pueden ser patógenas o de fermentación, algunas de las cuales son benéficas para la elaboración de quesos, al darle un sabor característico y agradable en la degustación. norma NMX-F-700-COFOCALEC-2004.

Para bacterias coliformes se mostró que no tienen buenas prácticas de recolección de la leche, ya que las bacterias coliformes son propias del estiércol de la vaca o de humano, se encuentran en el ambiente por lo que la leche se contamina con facilidad con suciedad de estiércol o utensilios mal lavados.

Manejo reproductivo

Los sistemas de producción en la delegación de San Francisco Zentlalpan han desarrollado una actividad de sustento reproductivo basado en el apoyo de Médicos Veterinarios Zootecnistas y en ocasiones del conocimiento por costumbre que los dueños han venido utilizando. Esta delegación por tradición en el Municipio de Amecameca de Juárez es la que cuenta con un mayor porcentaje de producción lechera desarrollando parámetros que reproductivamente nos permiten observar que la rentabilidad en relación a la productividad a través de un manejo reproductivo adecuado han sido funcionales como lo refleja el cuadro siguiente.

Cuadro 10. Conteo de UFC/ml de células mesófilas y coliformes de la leche de las vacas evaluadas de los agroecosistemas en la Cabecera Municipal y la delegación San Francisco Zentlalpan, Municipio de Amecameca de Juárez, Estado de México

Agro-ecosistemas	Bacterias	
	Mesófilas aerobias (UFC/mL)	Coliformes totales (UFC/mL)
Zentlalpan	1.049.400	59.150
Cabecera M	1.085.583	42.250
Promedio	1.067.491	50.700

Cuadro 11. Promedios productivos de las vacas en producción de los agroecosistemas en la Cabecera Municipal y la delegación San Francisco Zentlalpan, Municipio de Amecameca de Juárez, Estado de México.

Agroecosistemas	Días abiertos	Número de servicios por concepción	Días en lactancia	Número de partos	Intervalo entre partos (meses)
Zentlalpan	144,9	2,1	365	2,5	13,9
Cabecera M	141,0	2,1	365	2,6	13,8
Promedio	142,5	2,1	365	2,5	13,8

Con base a lo anterior, López *et al.* (2009), menciona que los días abiertos pueden tener relación con la heredabilidad pero si se observa que el rango que maneja este autor va de 120 a 170 días, las vacas de las unidades de producción del agroecosistema de Zentlalpan se encuentran dentro de un límite tolerable en relación a la reproductividad.

Para el caso de los servicios por concepción Jara *et al.* (2009), habla de 1,7 a 2,8, lo que nos permite también evaluar a las unidades de producción dentro de un margen establecido idóneo, ya que la media nacional para producción de leche en servicios por concepción es de 2,0 (Galina *et al.*, 2009).

Respecto a los indicadores de parto y días en lactancia, con las condiciones de alimentación y manejo genético la probabilidad de fracaso por fallos reproductivos para este caso no existe ya que el sustento de estos indicadores nos permite reconocer que con las carencias que el sistema productivo pueda tener, el conjunto reproductivo es idóneo para la zona buscando una productividad constante sin fallas por alteraciones reproductivas, destacando que la media nacional para días en lactancia es de 340-360 días (Galina *et al.*, 2009).

En caso para el intervalo entre partos, Valle (2000) reporta que 12 a 13 meses entre partos es lo ideal para la producción lechera en vacas Holstein.

Organización para la producción

El 83% de los productores evaluados pertenecen en algún tipo de Asociación o Programa de Asistencia Técnica (Cuadro 12), siendo que los participantes pertenecen a la Sociedad de Producción Rural Productores Lecheros del Valle de Anáhuac informalmente conocida como Asociación de productores lecheros de Amecameca y pertenece al grupo "Soporte de Asistencia Técnica" impartida por Prestadores de Servicios Profesionales (PSP) por parte de SAGARPA.

Apoyos gubernamentales

Se expresó que el 100% de los productores han recibido como mínimo algún tipo de subsidio para su producción, siendo que el 66,5% de ellos recibieron como apoyo algún tipo de semilla de maíz blanco para temporal por parte del Programa de Apoyos Directos al Campo (PROCAMPO) en el periodo Primavera-Verano 2009. El 83% recibió beneficios del Programa para la adquisición de Activos Productivos Ganadero, apoyos de equipamiento y bovinos pie de cría (Cuadro 13). Ambos programas de apoyo son otorgados por Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA) por parte de SAGARPA.

Análisis económico

Se encontró en las unidades de producción una inversión promedio mensual de \$21.299,96 M.N. para la producción de leche, siendo la utilidad del 53%. El costo de producción por litro de leche fue de \$3,33 M.N., el precio de venta de \$4,75 siendo la utilidad por litro de leche de \$1,41 M.N. (Cuadro 13). Se observó que la utilidad por vaca mensualmente fue de \$594.77 M.N., mientras que la utilidad por trabajo familiar (UTF) al día fue de \$302,53 M.N. equivalente a 5,83 salarios mínimo considerado a \$51,95 M.N. (Cuadro 13) catalogado para el 2009 en la Zona C por la Comisión de Salarios Mínimos correspondiente al Municipio de Amecameca de Juárez, Estado de México.

Cuadro 12. Presencia en programas soporte, capacitación y asistencia técnica de los agroecosistemas en la Cabecera Municipal y la delegación San Francisco Zentlalpan, Municipio de Amecameca de Juárez, Estado de México

Agroecosistemas	Asociación o asistencia técnica (%)	Soporte de asistencia técnica (%)
Zentlalpan	83	66,0
Cabecera M	83	83,0
Promedio	83	74,5

Cuadro 13. Apoyos gubernamentales a los agroecosistemas en la Cabecera Municipal y la delegación San Francisco Zentlalpan, Municipio de Amecameca de Juárez, Estado de México.

Agroecosistemas	Subsidio para la producción (%)	Programa de apoyos directos al campo (PROCAMPO) (%)	Programa para la adquisición de activos productivos ganadero, equipamiento, pie de cría (%)
Zentlalpan	100	50,0	83
Cabecera M	100	83,0	83
Promedio	100	66,5	83

La razón ingreso-egreso fue de 1,43; esto es que por cada peso invertido en el agroecosistema, se recuperó ese peso además de una ganancia de \$0,43 M.N. Espinosa (2009) reportó que en el Municipio de Aculco en la zona Norte del Estado de México, la UTF fue de \$141, el costo de producción de \$4,09, teniendo una utilidad por litro de leche producido de \$0,41. Lo anterior reflejó que el nivel adquisitivo económico es considerado alto con respecto al grado de marginación bajo clasificado por CONAPO (2005), con un promedio de miembros por familia de 5,5 personas; alcanzando un promedio de 1,32 salarios mínimo por miembro de familia. Ante ello se puede afirmar que los productores, si obtienen ingresos por esta actividad.

Calidad de vida

El 91,5% de las viviendas de los productores participantes mostraron ser de material de concreto, el piso para el 66,5% de los productores fue de concreto mientras que para el otro 27,5% fue de loseta. El 89,4% de las habitaciones contaron con bienes básicos como refrigerador, lavadores, licuadora, televisor, además de tres o más cuartos recamaras por familia (Cuadro 15).

El 100% de los participantes cuenta con electricidad y teléfono fijo en casa, de los cuales el 83% también contaban con teléfono celular (Cuadro 15).

El 83% cuenta con agua potable entubada, el 8,5% con agua de pozo, la cual debe ser acarreada en

pipas hasta su domicilio y el 8,5% restante tiene que pagar pipa de agua para la obtención del vital líquido. Mientras que sólo el 66,5% de las unidades de producción cuenta con drenaje proporcionado por la administración de obras y servicios de la delegación (Cuadro 15). El porcentaje restante tiene improvisado un drenaje que desahoga en tierras de cultivo o bien es agua que queda encharcada dentro del establo.

Cuadro 15. Bienes y servicios de los productores lecheros de los agroecosistemas en la Cabecera Municipal y la delegación San Francisco Zentlalpan, Municipio de Amecameca de Juárez, Estado de México.

Bienes y servicios	Agroecosistemas		
	Zentlalpan	Cabecera M.	Promedio
Viviendas de concreto	100	83	91,5
Pisos de concreto	50	83	66,5
Pisos con loseta	50	5	27,5
Bienes Básicos †	95,8	83	89,4
Electricidad y teléfono	100	100	100
Teléfono celular	83	83	83
Agua entubada	66	100	83
Agua de pozo	17	0	8,5
Agua de pipa	17	0	8,5
Drenaje	50	83	66,5

† Bienes Básicos: Refrigerador, lavadora, licuadora, TV, además de tres o más cuartos por familia)

Cuadro 14. Promedios mensuales de utilidad y costos de producción en las unidades de producción de los agroecosistemas en la Cabecera Municipal y la delegación San Francisco Zentlalpan, Municipio de Amecameca de Juárez, Estado de México. Expresión en pesos mexicanos.

	Agroecosistemas		
	Zentlalpan	Cabecera M.	Promedio
Costo total (\$)	21.745,47	20.854,44	21.299,96
Egreso total (\$)	33.310,96	27.808,69	30.559,83
Utilidad (\$)	11.565,49	6.954,25	9.259,7
Utilidad por vaca (\$)	774,05	415,48	594,77
Costo por litro (\$)	3,43	3,23	3,33
Utilidad por litro (\$)	1,32	1,52	1,41
Precio de venta (\$)	4,75	4,75	4,75
Utilidad por día (\$)	378,61	226,44	302,53
Vacas promedio	14,94	16,73	15,84
Producción promedio por día	19,29	8,99	14,14
Salarios mínimos	7,29	4,36	5,83
Ingreso mensual (\$)	11.509,60	6.883,90	9.196,75
Razón ingreso/egreso	1,53	1,33	1,43

Pago de agua

Se observó que en la zona el 100% de las unidades de producción tiene acceso al agua, destaca que la mayoría toman el agua de la red municipal, mientras que el 17% se ven en la necesidad de comprar pipas de agua para abastecer de líquido.

El 91,5% de las unidades de producción contaban con agua potable suministrados por ODAPAS (Organismo Descentralizado Agua Potable y Saneamiento), pagando una cuota de \$240,00 M.N. anual Mientras que para el 8,5 % tenía que pagar quincenalmente una pipa de agua de \$750,00 M.N a una empresa privada para consumo de la familia y de las vacas.

CONCLUSIONES

Los agroecosistemas, muestran indicadores de sustentabilidad de peso como: Apoyo Gubernamental, Calidad de Vida y Análisis Económico. Lo que se refleja en una fuerte sustentabilidad económica.

Un indicador débil que presentan los agroecosistemas es la Calidad bacteriológica de la Leche, a pesar que cumple y permanece con alguna de las clasificaciones de los parámetros fisicoquímicos y sanitarios establecidos por la NMX-F-700-COFOCALEC-2004, excepto para bacterias coliformes, es decir, no es leche Clase A, por los resultados que presenta. Ello como consecuencia de un regular manejo sanitario del Hato.

Organización para la producción, ofrece un apoyo en el ámbito social y económico elevando la utilidad mensual al disminuir costos por el pago de servicios veterinarios, así como otros subsidios encaminados a la agricultura.

La obtención de recursos por parte de SAGARPA, brinda soporte financiero al otorgar activos productivos o materiales para equipamiento para fortalecer las unidades de producción. Condición que le da estabilidad a los agroecosistemas.

Los agroecosistemaa se muestran sustentable en el ámbito económico y social, estando relacionados, indicadores como: Organización para la producción, Apoyo gubernamental y Análisis Económico, de ahí que el indicador de calidad de vida, muestra resultados positivos.

Evaluar la sustentabilidad es una actividad de investigación muy compleja, debido a que se requiere de un análisis multidisciplinario. El agroecosistema resultó ser sustentable y unos aspectos y en otros no. Lo que ratifica que no se puede ser 100 % sustentable.

AGRADECIMIENTOS

Al financiamiento otorgado por la Universidad Autónoma del Estado de México, debido a que a través de proyecto “Evaluación de la sustentabilidad de la producción de leche en el municipio de Amecameca, México” con clave 2686/2008U.

LITERATURA CITADA

- Altieri, M. A. 1997. Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. Centro de Investigación, Educación y Desarrollo (CIED), Lima, Perú. 339 p.
- Altieri, M. A. y Nicholls, C. I. 2000. Agroecología, teoría y práctica para una agricultura sustentable. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. México D.F., México. 250 p.
- Castillo, J. H. 2008. Producción de leche, fertilidad y salud de la glándula mamaria en bovinos. Ideas Printing Group, S.A. de C. V. México, D.F.
- Consejo Nacional de Población (CONAPO). 2005. Censo de población. Disponible en: http://www.conapo.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=46&Itemid=205. Consultado abril de 2010.
- Conway, G. R. 1987. The properties of agroecosystems. *Agricultural Systems* 24: 95-117.
- Bernal, M. L.; G. M. Rojas, F. C. Vázquez, O. A. Espinoza, J. F. Estrada y O. O. Castelán. 2007. Determinación de la calidad fisicoquímica de la leche cruda producida en sistemas campesinos en dos regiones del Estado de México. *Vet. Méx.* 38 (4): 395- 407.
- Brunett P., L. 2004. Contribución a la evaluación de la sustentabilidad: estudio de casos de dos agroecosistemas de producción de leche del Valle de Toluca. Tesis Doctoral Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. México.

- Eicker, S. W.; Y. T. Gröhn and J. A. Hertl. 1996. The association between cumulative milk yield, days open, and days to first breeding in New York Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 79 (2): 235-241.
- Espinosa, A. E. 2009. La competitividad del sistema agroalimentario localizado productor de quesos tradicionales Tesis Doctoral en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Espinosa, A. E.; J. C. Arriaga, O. O. Castelán, P. F. Alonso y O. A. Espinoza. 2002. Análisis económico de la lechería campesina de la zona noroeste del estado de México frente al TLCAN. *In: Situación y perspectivas de la ganadería en México.* V. B. A. Cavallotti y M. V. H. Palacio (Eds). Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Espinoza Ortega, A.; E. Espinosa Ayala, J. Bastida López, T. Castañeda Martínez and C. M. Arriaga Jordán. 2007. Small-scale dairy farming in the highlands of central Mexico: technical, economic and social aspects and their impact on poverty. *Experimental Agriculture* 43 (2): 241-256.
- Galina, M. A.; V. J. Chávez, J. Pineda, J. D. Hummel, R. M. Ortiz and M. Delgado Pertiñez. 2009. Effect of Lactobacilli probiotic supplementation on blood glucose, insulin and NEFA performance of dairy cattle during late pregnancy and early lactation. *In: Ruminant physiology: Digestion, metabolism and effects of nutrition on reproduction and welfare.* Y. Chilliard, F. Glasser, Y. Faulconnier, F. Bocquier, I. Veissier and M. Doreau (Eds.). Wageningen Academic Publishers. Wageningen The Netherlands. p. 512-513.
- González, E. C. 2008. Indicadores de sustentabilidad para sistemas pecuarios. México. p. 1-9.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2005. Censo de población y vivienda. Disponible en línea: http://www.inegi.org.mx/lib/Olap/consulta/general_ver4/MDXQueryDatos.asp?#Regreso&c=. Consultado abril 2010.
- Jara Aguilar, D.; R. Rangel Santos y J. G. García Muñiz. 2004. Efecto del nivel de producción de leche, número y estación de parto sobre el reinicio de la actividad ovárica posparto en vacas Holstein. *Rev. Cient.* 14 (6): 548-558.
- López, O. R.; J. H. Castillo y H. H. Montaldo. 2009. Covarianzas genéticas y fenotípicas para días abiertos y características de la curva de lactancia en vacas Holstein en el norte de México. *Veterinaria México* 40 (4): 343-356.
- Masera, O.; M. Astier y S. López. 1999. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: El marco de evaluación MESMIS. México. Mundi-Prensa, Gira e Instituto de Ecología UNAM.
- Myllys, V. and H. Rautala. 1995. Characterization of clinical mastitis in primiparas Heifers. *J. Dairy Sci.* 78 (3): 538-545.
- Nickerson, S. C.; W. E. Owens and R. L. Boddie. 1995. Mastitis in dairy Heifer: initial studies on prevalence and control. *Dairy Sci.* 78 (7): 1607-1618.
- NMX-700-COFOCALEC-2004. Norma para leche cruda especificaciones fisicoquímicas y sanitarias. Disponible en línea: http://cofocalec.org.mx/docs/requerimientos_de_mejora_en_calidad_de_leche_cruda_en_mexico.pdf. Consultado agosto, 2009.
- Normas Oficiales Mexicanas (NOM). 1994. NOM-092-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.
- Normas Oficiales Mexicanas (NOM). 1994. NOM-113-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuanta de microorganismos coliformes totales en placa.
- Owens, W. E.; S. C. Nickerson, R. L. Boddie, G. M. Tomita and C. H. Ray. 2001. Prevalence of mastitis in dairy heifers and effectiveness of antibiotic therapy. *J. Dairy Sci.* 84 (4): 814-817.
- Plan de Desarrollo Municipal de Amecameca, de Juárez. 2006-2009. Disponible en: <http://www.amecameca.gob.mx/web/pdf/pdma.pdf>. Consultado septiembre, 2009.
- Sargeant, J. M., Leslie, J. E. Shirley, B.J. Pulkrabek, G.H. Lim. 2001. Sensitivity and specificity of somatic cell count and california mastitis test for identifying intramammary infection in early lactation. *J. Dairy Sci.* 84 (9): 2018-2024.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)-SIAP-

- Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). 1998-2008. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/index.php?idCat=108>. Consultado enero 2010.
- Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SEDAGRO). 2007. Encuesta proyecto integradora micro lecheros Izta-Popo en la Región Oriente. México. p. 1-13.
- Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SEDAGRO). 2009. Censo para productores lecheros. Relación de productores lecheros en el distrito XXVIII. Martínez Mendoza Eduardo.
- Simianer, H.; H. Solbu and L. R. Sachaeffer. 1991. Estimated genetic correlations between disease and yield traits in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 74 (12): 4358-4365.
- Spencer, D. S. C. and M. J. Swift. 1992. Sustainable agriculture: Definition and measurement. *In*: K. Mulongoy y D. S. C. Spencer (Eds.). *Biological nitrogen fixation and sustainability of tropical agriculture*. Wiley-Saice Co. Pub. p. 15-24.
- Wiggins, S.; R. Tzintzun, M. Ramírez, R. Ramírez, F. Ramírez, G. Ortiz, B. Piña, U. Aguilar, A. Espinoza, A. Pedraza, G. Rivera y C. Arriaga. 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. Editorial Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México. 65 p.
- Zwald, N. R.; K. A. Weigel, Y. M. Chang, R. D. Welper and J. S. Clay. 2006. Genetic analysis of clinical mastitis data from on-farm management software using threshold models. *J. Dairy Sci.* 89 (1): 330-336.