

# **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ**

**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, INGENIERÍA Y MEDICINA  
PROGRAMA MULTIDISCIPLINARIO DE POSGRADO EN CIENCIAS  
AMBIENTALES**

**TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRA EN CIENCIAS AMBIENTALES**

**Análisis económico y de la sustentabilidad de la ganadería  
lechera periurbana en la ciudad de San Luis Potosí**

**PRESENTA:**

**MIRIAM LÓPEZ ANDRADE**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**DR. GREGORIO ÁLVAREZ FUENTES**

**ASESORES:**

**DR. JUAN CARLOS GARCÍA LÓPEZ**

**DR. CARLOS CONTRERAS SERVÍN**

**FECHA**

**2018**

**AGRADEZCO A CONACyT EL OTORGAMIENTO DE LA BECA-TESIS**

**Becaria No. 700857**

**LA MESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES RECIBE APOYO ATRAVÉS  
DEL PROGRAMA NACIONAL DE POSGRADOS DE CALIDAD (PNPC)**

## Agradecimientos

Al Dr. Gregorio Álvarez Fuentes por su sencillez, amabilidad y paciencia; por creer en mí, impulsarme, guiarme y compartirme de su sabiduría. Mi infinito agradecimiento y admiración para usted.

A la Dra. Mónica Elizama Ruíz Torres, por su amistad, disposición y por ser una importante guía en el desarrollo de este trabajo.

Gracias, Dr. Juan Carlos García López, Dr. Carlos Contreras Servín y Dr. Álvaro Gerardo Palacio Aponte, por su apoyo y asesoría en el desarrollo de este trabajo.

Al Dr. Ermias Kereab por su asesoría durante mi estancia en la Universidad de California en Davis.

A mis amigos y familiares por ser el motor que impulsa mi alma.

A Dios por todas sus bondades.

## Dedicatoria

Para mi amado esposo Joab Raziel Quintero Ruíz.

*“Sólo es grande en la vida quien sabe ser pequeño”.*

- *José Ángel Buesa.*

## ÍNDICE

<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	iv
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	vi
<b>Resumen</b> .....	vii
<b>Abstract</b> .....	viii
<b>Capítulo 1. Introducción</b> .....	1
<b>Objetivos</b> .....	2
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos .....	2
<b>Hipótesis</b> .....	3
<b>Capítulo 2. Revisión de Literatura</b> .....	4
Contexto lechero y ganadero.....	4
Sistemas de producción de leche en México.....	5
Sistema de producción especializado .....	8
Sistema de producción semiespecializado .....	8
Sistema de producción doble propósito.....	9
Sistema de producción familiar o de traspatio.....	10
Producción lechera en el estado de San Luis Potosí .....	12
Concepto de Sustentabilidad.....	13
Sustentabilidad en la ganadería lechera .....	15
Aspectos Económicos de la Ganadería Lechera de tipo Familiar .....	16
Eficiencia económica .....	16
Rentabilidad.....	18
Costos de producción .....	19
Clasificación de los Costos de Producción.....	20
Punto de equilibrio.....	21
Aspectos Ambientales de la Ganadería Lechera de tipo Familiar.....	22
Huella Hídrica.....	22
Huella hídrica en la ganadería lechera .....	23

Modelos matemáticos para el cálculo de los requerimientos de consumo de agua en ganado lechero .....	24
Aspectos Sociales de la Ganadería Lechera de tipo Familiar.....	25
<b>Capítulo 3. Materiales y métodos.....</b>	<b>26</b>
Descripción del área de estudio y situación geográfica .....	26
Municipio de Soledad de Graciano Sánchez. ....	27
Delegación Villa de Pozos. ....	27
Ganadería lechera de tipo familiar en el área de estudio .....	27
Colección de la información y diseño de la encuesta.....	28
Determinación del tamaño de la muestra.....	28
Colección de muestras de alimento .....	30
Estimación de los costos de producción.....	30
Dieta del ganado.....	31
Mano de obra .....	31
Depreciación de los activos .....	31
Estimación del punto de equilibrio .....	32
Cálculo de la huella hídrica azul en ganado lechero. ....	33
Análisis del aspecto social .....	34
Análisis estadístico de la información .....	35
<b>Capítulo 4. Resultados y discusión.....</b>	<b>37</b>
Características generales de los productores lecheros .....	37
Inventario ganadero .....	38
Producción de leche.....	40
Sistema de producción .....	41
Dieta del ganado.....	44
Forrajes .....	45
Concentrado comercial.....	47
Contenido de materia seca en los alimentos para el cálculo de la Huella Hídrica azul en ganado lechero de tipo familiar .....	48
Análisis económico.....	49
Ingresos .....	49
Costos de producción .....	50
Rentabilidad y punto de equilibrio.....	52

Huella hídrica azul.....	54
Análisis social.....	60
Asignación de actividades productivas .....	63
<b>Conclusiones</b> .....	65
<b>Bibliografía</b> .....	67

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Principales países productores de leche (SIAP, 2015). .....	5
Cuadro 2. Características básicas de los sistemas de producción lechera en México.....	7
Cuadro 3. Integración del costo de producción en unidades de producción de tipo familiar en México. ....	20
Cuadro 4. Clasificación de los costos de producción en sistemas de producción lechera en México. ....	21
Cuadro 5. Clasificación de la muestra por estratos económicos (ingresos brutos).....	30
Cuadro 6. Modelos matemáticos utilizados para determinar la Huella Hídrica azul en ganado lechero en la zona periurbana de la ciudad de San Luis Potosí.....	36
Cuadro 7. Características generales de los productores en la zona periurbana de San Luis Potosí. ....	38
Cuadro 8. Inventario ganadero en unidades de producción lechera de tipo familiar en la zona periurbana de la ciudad de San Luis Potosí. ....	39
Cuadro 9. Tenencia de la tierra por estrato en UPL de tipo familiar en la zona periurbana de San Luis Potosí.....	42
Cuadro 10. Análisis de infraestructura y/o equipo en las UPL de tipo familiar en la zona periurbana de San Luis Potosí. ....	43
Cuadro 11. Cantidad de alimento (kg) suministrado al ganado lechero de tipo familiar en la zona periurbana de la ciudad de San Luis Potosí.....	45
Cuadro 12. Composición del concentrado comercial ofrecido al ganado lechero en el área de estudio.....	47
Cuadro 13. Contenido de humedad en las muestras de alimento de las dietas de ganado lechero de tipo familiar en la zona periurbanas de la ciudad de San Luis Potosí.....	48
Cuadro 14. Ingresos brutos en UPL de tipo familiar en la zona periurbana de la ciudad de San Luis Potosí.....	49
Cuadro 15. Porcentaje de integración del Costo de Producción por concepto en UPL de tipo familiar en la zona periurbana de la ciudad de San Luis Potosí. ....	50
Cuadro 16. Integración de los costos variables y fijos en UPL de tipo familiar en el área periurbana de la ciudad de San Luis Potosí. ....	51
Cuadro 17. Rentabilidad y punto de equilibrio en UPL de tipo familiar en la zona periurbana de la ciudad de San Luis Potosí.....	53
Cuadro 18. Contenido de ceniza, proteína cruda, sodio y potasio en la dieta ofrecida al ganado lechero en la zona periurbana de la ciudad de San Luis Potosí. ....	55
Cuadro 19. Modelos que integraron el consumo de materia seca (MS) para estimar el consumo de agua por parte del ganado lechero, en las UPL en SLP. ....	57
Cuadro 20. Modelos que integraron rendimiento kg/ día/ vaca, para estimar el consumo de agua, en las UPL, en SLP.....	58
Cuadro 21. Modelos que integraron NaK, para estimar el consumo de agua, en las UPL, en SLP. ....	58

Cuadro 22. Modelos con mayor eficiencia en el cálculo de la Huella Hídrica azul en ganado lechero de tipo familiar en la zona periurbana de la ciudad de San Luis Potosí.....	59
Cuadro 23. Características generales de los productores en UPL de tipo familiar en la zona periurbana de la ciudad de San Luis Potosí. ....	60
Cuadro 24. Empleo de Mano de obra familiar y características de propiedad de tierras en UPL de tipo familiar en la zona periurbana de la ciudad de San Luis Potosí. ....	61
Cuadro 25. Asignaciones de actividades productivas por edad y género en las UPL de tipo familiar en San Luis Potosí. ....	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Contribución de los sistemas productivos en la producción nacional. ....	6
Figura 2. Distribución regional de la producción de leche por volumen producido (SAGARPA, 2000). ....	7
Figura 3. Principales entidades federativas con Sistemas de tipo familiar o de traspato, (SAGARPA, 2000).....	11
Figura 4. Representación esquemática de los elementos de la Huella Hídrica (Hoekstra, et al., 2011).....	22
Figura 5. Ubicación geográfica de UPL de tipo familiar en la zona periurbana de la ciudad de San Luis Potosí.....	26
Figura 6. “Muestras de alimentos de ganado lechero de tipo familiar, sometidas a proceso de deshidratación para la obtención de contenido de humedad y materia seca por ingrediente”. ....	33
Figura 7. “Ganado lechero raza Holstein, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, S.L.P., México, 2017”. Archivo de la autora.....	40
Figura 8. “Cultivo forrajero en terrenos de los productores lecheros en la zona periurbana de la Ciudad de San Luis Potosí, S.L.P., 2017”. Archivo de la autora.....	41
Figura 9. “Ganadería lechera en la zona periurbana de la ciudad de San Luis Potosí, S.L.P., México, 2017”. Archivo de la autora.....	46
Figura 10. “Hato lechero de tipo familiar en la zona periurbana de la ciudad de San Luis Potosí, S.L.P., 2017”. Archivo de la autora.....	54

## Resumen

La ganadería familiar representa más del 80% de las explotaciones agrícolas en América Latina, genera empleos y es la fuente de ingresos para los más pobres, además favorece la preservación de especies vegetales y animales endógenas de la región. El objetivo de la presente investigación fue analizar aspectos económicos, ambientales y sociales, como factores determinantes de la sustentabilidad, en unidades de producción lechera de tipo familiar (UPL) en la zona periurbana de la ciudad de San Luis Potosí, contemplando el municipio de Soledad de Graciano Sánchez y la delegación de Villa de Pozos, esta última perteneciente al municipio de San Luis Potosí. Se monitorearon 15 UPL seleccionadas a través de un muestreo no probabilístico denominado bola de nieve. La información fue obtenida por encuesta directa, muestreo de alimentos y visitas periódicas a los productores en sus fincas. El análisis económico se realizó a través de la determinación de ingresos, costos, utilidad neta y punto de equilibrio en las UPL. El análisis ambiental se determinó a través del cálculo de la huella hídrica azul, mientras que el aspecto social se realizó a través de un análisis sociodemográfico con datos generales de los productores como: género, edad, sexo, escolaridad, estado civil, número de hijos, años de experiencia, años de permanencia del hato, características de transferencia generacional de conocimientos tangibles e intangibles, costumbres, tradiciones, participación de los integrantes de la familia en los hatos, entre otros. Se determinó que la sustentabilidad económica de las UPL depende de que se considere a la mano de obra familiar (MOF) dentro de los análisis de costos, adicional, el grado de sustentabilidad social depende de los roles domésticos asignados a cada miembro según su género, y la exitosa transferencia generacional del total de los activos del sistema productivo.

**Palabras clave.** Sustentabilidad, análisis de costos, Huella Hídrica y transferencia generacional.

## Abstract

Small Scale livestock represents more than 80% of farms in Latin America, generates jobs and is the source of income for the poorest, and also contributes the preservation of plant and animal species that are endogenous to the region. The objective of the present investigation was to analyze economic, environmental and social sustainability of small scale milk production units (MPU) in the peri-urban area of San Luis Potosí city, in Soledad de Graciano Sánchez and Villa de Pozos, San Luis Potosí, México. 15 selected milk production units were monitored through a non-probabilistic sampling. The information was obtained by direct survey, food sampling and periodic visits to the producers in their farms. The economic analysis was carried out through the determination of income, costs, net profit and equilibrium point in the UPL. The environmental analysis was determined through the calculation of the blue water footprint, while the social aspect was made through a sociodemographic analysis with general data of the producers as: gender, age, sex, education, marital status, number of children, years of experience, years of permanence of the herd, characteristics of generational transfer of tangible and intangible knowledge, customs, traditions, participation of the members of the family in the herds, among others. It was determined that the economic sustainability of the UPLs depends on the consideration of the family workforce (MOF) within the cost analysis, additionally, the degree of social sustainability depends on the domestic roles assigned to each member according to their gender, and the successful generational transfer of the total assets of the productive system.

**Keywords.** Sustainability, cost analysis, water footprint and generational transfer.

## Capítulo 1. Introducción

La leche y sus derivados conforman una fuente nutrimental muy importante en la dieta del ser humano (Latham, 2002). El abasto y la producción de leche se ha convertido en una de las prioridades de diversas naciones alrededor del mundo (SE, 2012). En 2017 México ocupó el 8º lugar en la producción mundial de leche; con una producción de 12,465,000 litros de leche y el 6º lugar en importaciones de leche (polvo, líquida, evaporada, condensada, solidos lácteos, preparaciones y otros) con 50,000 toneladas (SIAP, 2017). La producción de leche en el país aporta el 18.5% del PIB en la industria alimentaria y el 0.6% del PIB nacional (INEGI, 2004).

El estado de San Luis Potosí se ubica en la posición 17 de importancia productiva lechera, posee un registro de más de 16,000 cabezas de ganado y su producción anual estimada es de 128.77 millones de litros (SIAP, 2016).

En la zona periurbana de la ciudad de San Luis Potosí, existe una ganadería de tipo familiar, que se caracteriza por la venta directa al consumidor, producción de forrajes y autoconsumo. La cercanía con las ciudades permite que la ganadería pueda apropiarse y utilizar subproductos agroindustriales y residuos alimenticios domésticos, además incrementa el valor comercial de los productos al evitar intermediarios (Santos-Barrios *et al.*, 2013). Sin embargo, debido a las reformas de políticas internas, a la carencia de apoyos que fomenten la cadena productiva y a su baja rentabilidad, los sistemas ganaderos periurbanos se han visto seriamente frenados en su desarrollo (Cesín *et al.*, 2007). La ganadería familiar periurbana en San Luis Potosí afronta diversos retos, el principal de ellos, incrementar su producción de manera sustentable (Tapia *et al.*, 2010).

Para FAO (2012), la ganadería familiar representa más del 80% de las explotaciones agrícolas en América Latina, provee de alimentos para las ciudades, genera empleos agrícolas y conforma una fuente de ingresos para los más pobres, crea redes de protección social y favorece la preservación de especies vegetales y animales endógenas de la región, sin embargo, se ha señalado que la producción pecuaria es

uno de los principales protagonistas de la problemática ambiental mundial (Steinfeld *et al.*, 2009), en este sentido, es necesario avanzar en los estudios que permitan comprender fenómenos como la relación entre la evaluación de la eficiencia en la utilización de los recursos en la cadena productiva de la ganadería lechera de tipo familiar y su importancia en la determinación su sustentabilidad. Por lo anterior, se plantean los siguientes objetivos e hipótesis:

## Objetivos

### Objetivo general

Analizar aspectos económicos, ambientales y sociales, que integran la cadena productiva de las unidades de producción lechera de tipo familiar establecidas en la zona periurbana de la ciudad de San Luis Potosí, para determinar su sustentabilidad.

### Objetivos específicos

- Calcular y analizar los costos de producción, la rentabilidad y el punto de equilibrio de las UPL para determinar su sustentabilidad económica.
- Realizar la estimación de los requerimientos de consumo directo de agua (huella hídrica azul) en ganado lechero de UPL de tipo familiar, como factor determinante de su sustentabilidad ambiental.
- Realizar un análisis sociodemográfico para determinar la importancia de la asignación y participación de roles domésticos y aspectos de traspaso generacional de conocimientos tangibles e intangibles en las UPL, para determinar su sustentabilidad social.

## Hipótesis

Los sistemas de producción lechera de tipo familiar establecidos en la zona periurbana de la ciudad de San Luis Potosí presentan características económicas, ambientales y sociales que los hacen sustentables debido a que sus dinámicas de producción, organización, distribución y comercialización les han permitido perdurar a través del tiempo.

## Capítulo 2. Revisión de Literatura

### Contexto lechero y ganadero

El constante crecimiento poblacional ha generado un incremento considerable en la demanda de alimentos de origen animal, en las últimas décadas, la leche y sus productos derivados, ha registrado en promedio un incremento del 70% (SE, 2012).

El consumo per cápita de leche y productos lácteos es mayor en países desarrollados, sin embargo, en países en desarrollo se ha presentado también un incremento en la demanda, con una tendencia mayormente acentuada en los países de Asia oriental y sudoriental, especialmente, en naciones con mayores índices de población como China, Indonesia y Vietnam, donde dicho incrementado ha sido atribuido principalmente al incremento en los ingresos económicos, a la urbanización y a algunos cambios en los regímenes alimentarios (FAO, 2017).

México ha sido considerado uno de los principales países productores de leche, en el año de 2015 ocupó la novena posición, aportando dos de cada cien litros del total de la producción mundial (Cuadro 1).

Durante el mismo periodo se importaron 259,479 toneladas de leche en polvo, lo que significó un incremento del 25.3% en comparación con las importaciones registradas durante el año 2014. Durante el mismo periodo, las necesidades de abasto de leche en polvo fueron de 490,980 toneladas, de las cuales el 53% fueron importadas. México es uno de los principales países importadores de leche en polvo, ocupó el segundo lugar con una participación del 7.9%, la primera posición fue ocupada por China con una aportación del 10.6%, mientras que la tercera posición la ocupó Indonesia con una participación del 6.2% del total de la producción mundial de éste producto. El principal exportador de leche en polvo es Estados Unidos, nueve de cada diez toneladas que han sido importadas proceden de esta nación (SIAP, 2015b). De acuerdo con Cesín (2011), los gobiernos extranjeros subsidian fuertemente su producción de lácteos, originando una infravaloración en los precios de los productos nacionales, aunado a reformas de políticas internas, a la carencia de subsidios que fomenten la cadena

productiva y a su baja rentabilidad, los sistemas ganaderos periurbanos se han visto seriamente frenados en su desarrollo (Cesín *et al.*, 2007).

Cuadro 1. Principales países productores de leche (SIAP, 2015).

País	Producción (miles de toneladas)
Unión Europea	151,750
India	146,500
Estados Unidos	94,710
China	39,100
Brasil	34,250
Rusia	29,500
Otros	28,139
Nueva Zelanda	21,675
<b>México</b>	<b>11,840</b>
Ucrania	11,470
Polonia	11,470
Argentina	10,700
Países Bajos	10,700

#### Sistemas de producción de leche en México.

La producción de leche en México es muy heterogénea desde el punto de vista tecnológico, agroecológico y socioeconómico, aunado a la variabilidad de condiciones climatológicas, a la influencia de costumbres y tradiciones adquieren características regionales propias de una población. Su distribución es igualmente heterogénea dado que en una misma región se pueden localizar sistemas productivos que van desde los tecnificados hasta los de subsistencia, identificándose cuatro principales sistemas de

producción: Especializado, semiespecializado, doble propósito y familiar o de traspatio (SAGARPA, 2015).

La siguiente gráfica muestra la contribución estimada por sistema productivo a la producción total nacional:

Producción nacional estimada para el año de 2017 fue de 11,804,875 millones de litros (SAGARPA, 2016).

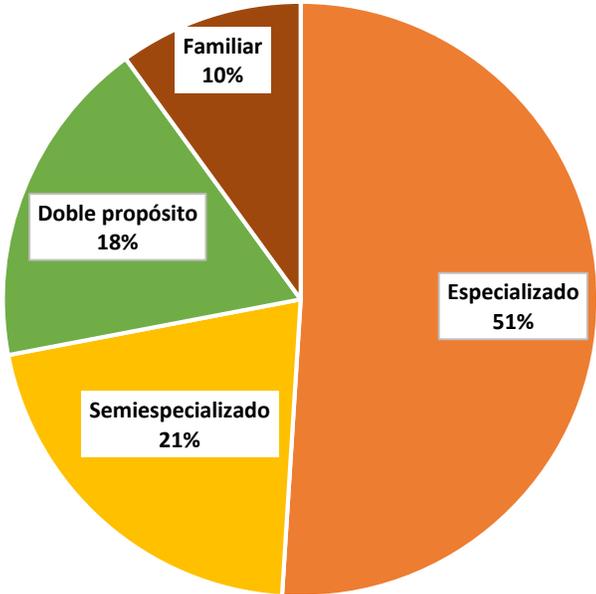


Figura 1. Contribución de los sistemas productivos en la producción nacional.

Las características generales de los distintos sistemas de producción lechera se presentan en el cuadro 2 y su distribución regional en función de su productividad hasta el año de 1998 se presenta en la figura 1 (SAGARPA, 2000).

Cuadro 2. Características básicas de los sistemas de producción lechera en México.

Sistema	Tamaño promedio del hato (Cabezas)	Lactancia (días)	Rendimiento (l/días)
Especializado	300 a 400	305	20 a 27
Semiespecializado	180 a 200	280 a 305	18 a 20
Doble propósito	30 a 40	120 a 180	3 a 9
Familiar	2 a 10	210 a 260	6 a 12

(SAGARPA, 2016).

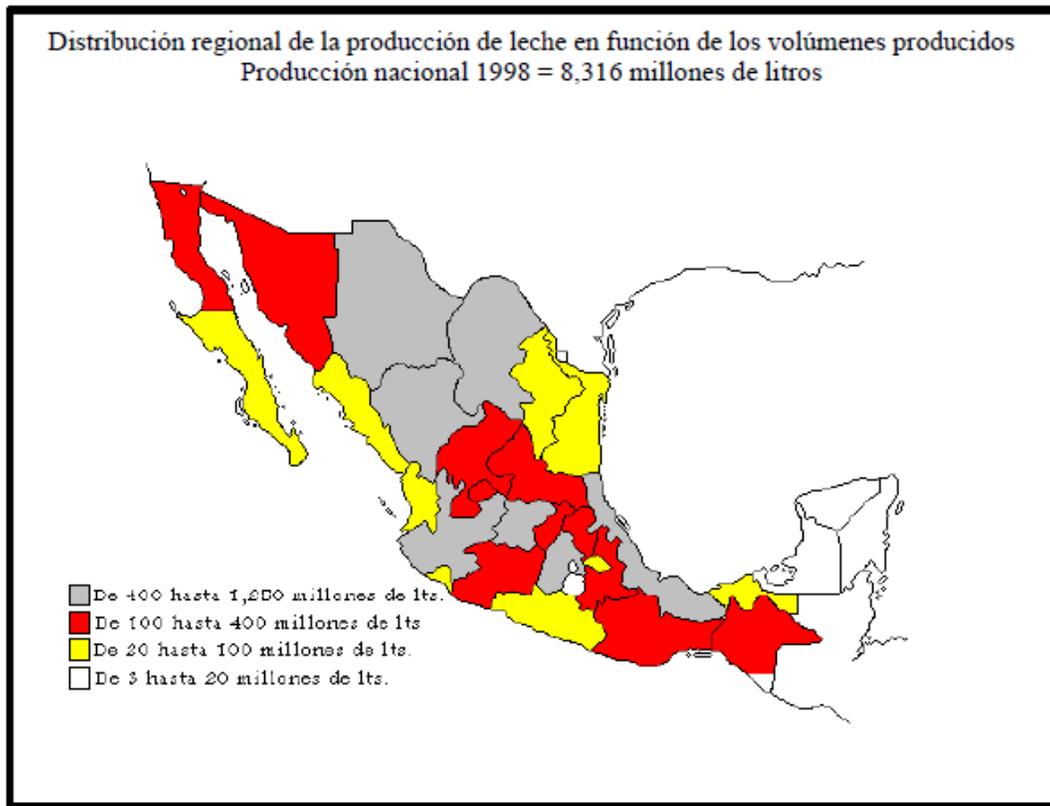


Figura 2. Distribución regional de la producción de leche por volumen producido (SAGARPA, 2000).

## Sistema de producción especializado

Este tipo de sistema se caracteriza por contar con ganado lechero especializado principalmente de raza Holstein, en menor grado Pardo Suizo Americano y Jersey, entre otras; cuenta con tecnología altamente especializada, el manejo del hato es predominantemente estabulado, realiza prácticas de medicina preventiva, reproducción y mejoramiento genético. La dieta del ganado se basa en alimentos balaceados y forrajes de corte. Las labores agrícolas como el cultivo de forrajes y la ordeña son mecanizadas. La producción se destina principalmente a plantas pasteurizadoras y transformadoras. En 2016, este sistema produjo 5,919 millones de litros y su aportación representó el 51% del total de la producción nacional (SAGARPA, 2016). Se desarrolla principalmente en el altiplano, en las zonas áridas y semiáridas del norte del país, siendo los principales productores los estados de Durango, Coahuila, Guanajuato, Jalisco, Aguascalientes, Chihuahua, Estado de México, San Luis Potosí, Hidalgo, Querétaro y Baja California (Figura 2); en orden de importancia, donde se ubican las cuencas laguneras más importantes, como la Comarca Lagunera (Coahuila y Durango), Los Altos (Jalisco), Rincón de Romos (Aguascalientes), Delicias y Cuauhtémoc (Chihuahua), Zumpango y Jilotepec (Estado de México), Tizayuca (Hidalgo), Colón y Villa del Marquez (Querétaro) y Mexicali (Baja California) entre otras (SAGARPA, 2000).

## Sistema de producción semiespecializado

Estos sistemas utilizan animales principalmente de raza Holstein y Pardo Suizo, sin alcanzar los niveles de producción y lactación de los sistemas especializados. El manejo del ganado es semiestabulado, en pequeñas extensiones de terreno; las instalaciones del hato son adaptadas para la explotación del ganado lechero. El ordeño se realiza manual, con ordeñadoras individuales o de pocas unidades, la gran mayoría

carece de equipo para enfriamiento y conservación del producto, por lo que se considera con un nivel intermedio de incorporación de tecnología en equipo e infraestructura. La dieta del ganado se constituye principalmente por pastoreo, se complementa con forrajes y concentrado comercial. Posee un cierto tipo de control productivo y programas de reproducción, incluyendo la inseminación artificial. Las principales entidades donde se desarrolla este sistema son Baja California Sur, Colima, Chihuahua, Ciudad de México, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Puebla, Sinaloa, Sonora, Tlaxcala y Zacatecas (SAGARPA, 2000).

### Sistema de producción doble propósito

Estos sistemas utilizan razas Cebuinas y sus cruzas con Suizo, Holstein y Simmental, su función zootécnica principal es producir carne o leche, dependiendo de la demanda del mercado. Los animales se manejan en forma extensiva, su alimentación se basa principalmente en el pastoreo con un mínimo de suplementación alimenticia y ocasionalmente se emplean subproductos agrícolas. Para la construcción de las instalaciones se utilizan materiales de la región. La ordeña se realiza generalmente de forma manual. Existe una amplia oportunidad de mejoramiento en las prácticas de medicina preventiva y reproductiva, mejoramiento genético y manejo de forrajes. La principal fuente de ingresos la constituye la venta de carne, sin embargo se han conformado paulatinamente explotaciones con carácter comercial de producción de leche. La leche se vende directamente al consumidor y a empresas industriales para la elaboración de queso. En épocas de mayor producción, las empresas se benefician al obtener un precio bajo derivado del incremento en la oferta (SAGARPA, 2000).

Este sistema produjo 2,089 millones de litros de leche en 2016, su aportación conforma el 18% del total de la producción nacional (SAGARPA, 2016). Aunque se ha señalado que estos sistemas productivos se desarrollan principalmente en zonas tropicales del país, también se encuentra en entidades con clima árido, semiárido, y templado. Los

estados con mayor número de vientres en producción son: Chiapas, Veracruz, Jalisco, Guerrero, Guanajuato, Tabasco, Zacatecas, Nayarit, San Luis Potosí y Tamaulipas. También se puede observar en Sinaloa, Coahuila, Oaxaca, Campeche, Puebla, Durango, Colima, Yucatán, Hidalgo, Quintana Roo, Morelos, Nuevo León Querétaro y Baja California Sur (SAGARPA, 2000).

### Sistema de producción familiar o de traspatio

Este sistema representa la tradición de la ganadería en México. Se desarrolla en pequeñas superficies de terreno, contiguos a las viviendas, por ello son denominados también de “traspatio”. El manejo se presenta en estabulado o en semiestabulado, dependiendo de las condiciones de cultivo. La raza del ganado es Holstein con algunos ejemplares de Suizo Americano y diferentes cruza. Ganado de buena calidad genética respecto a la producción láctea. Sus instalaciones son rudimentarias y con bajo nivel tecnológico, con ausencia de medicina preventiva o mejoramiento genético; se carece de registros de producción y el ordeño es predominantemente manual. La dieta del ganado se basa en pastoreo, forrajes comprados y/o producidos por el mismo productor. La producción es comercializada en la misma comunidad, a intermediarios y una pequeña parte es destinada para el autoconsumo. Este sistema se desarrolla predominantemente en los estados de Jalisco, México, Michoacan, Hidalgo, Sonora y en menor grado en Agascalientes, Baja California, Coahuila, Chihuahua, Ciudad de México, Durango y Nuevo León (Fig. 3) (SAGARPA, 2015).

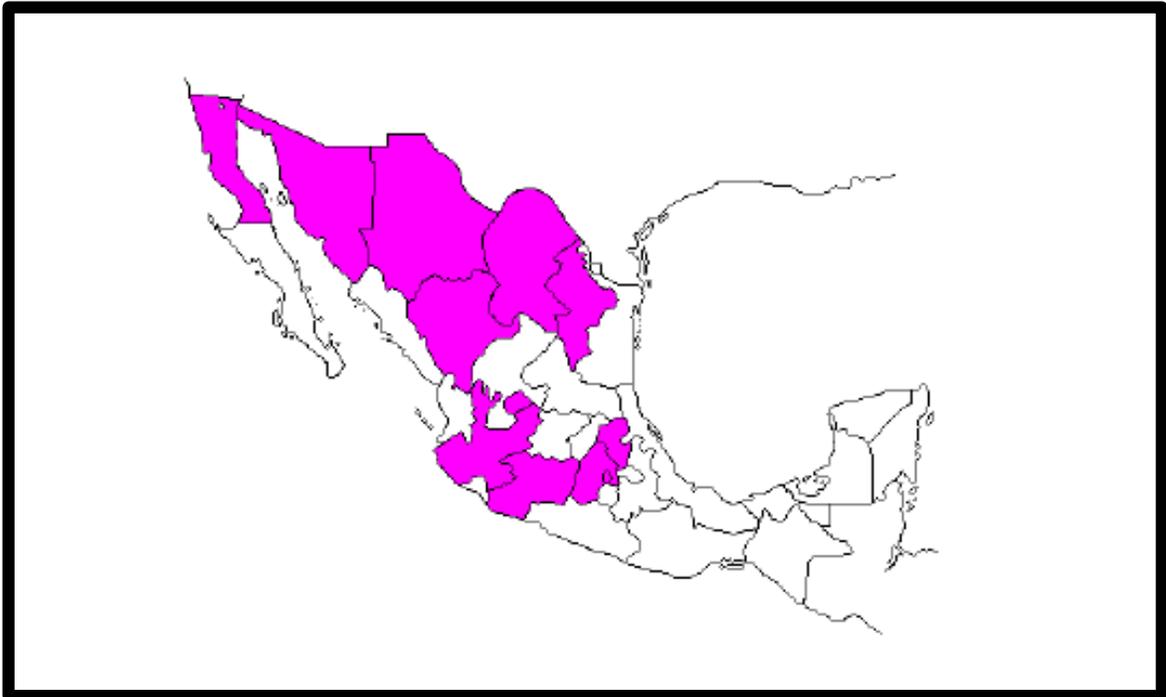


Figura 3. Principales entidades federativas con Sistemas de tipo familiar o de traspatio, (SAGARPA, 2000).

A pesar de que existen muchas características comunes, estos sistemas presentan gran heterogeneidad entre UPL respecto al uso de tecnología, organización técnicas de manejo, dimensión, así como en sus características económicas, productivas y respecto a los beneficios económicos o en especie que éstas aportan al presupuesto familiar (Escoto, F. y Vargas, A., 2000).

La importancia económica y social de estos sistemas productivos radica en que 35% de las UPL en México son de tipo familiar conformada por alrededor de 127 mil unidades productivas. En 2016, este sistema aportó el 10% del total de la producción nacional de leche, con 1,160 millones de litros (SAGARPA, 2016).

## Producción lechera en el estado de San Luis Potosí

El estado de San Luis Potosí se encuentra ubicado en la zona centro-occidente de México, tiene una extensión de 60 mil 983 kilómetros cuadrados, 3.1% de la superficie continental del país. La entidad se encuentra conformada por 58 municipios. El suelo potosino se distribuye en las provincias fisiográficas: Sierra Madre Oriental y Llanura Costera del Golfo. Posee características geográficas que propician el desarrollo de sistemas agrícolas y ganaderos. La superficie cultivada en la entidad representa el 3.1% de la superficie continental del país<sup>1</sup>. Los climas predominantes son seco y semiseco. La temperatura media anual oscila entre 10 y 26°C. Su precipitación total anual es de 200 a 3,500 mm (SAGARPA, 2011).

Durante el año de 2011, el estado registró una producción de 128.77 millones litros de leche, con 16,023 cabezas de ganado, por lo que se ha posicionado en el lugar número 17 de importancia en producción lechera nacional (SIAP, 2011).

El municipio de Soledad de Graciano Sánchez y la delegación de Pozos, esta última perteneciente al municipio de San Luis Potosí, conforman parte de la zona periurbana de la ciudad de San Luis Potosí. El sistema de producción lechera de tipo familiar representa el 85 % de los sistemas productivos establecidos en esta región y contribuye con el 13.81%, es decir 17.79 millones de litros (SIAP, 2011). De manera general, los productores de este sistema productivo, realizan de manera manual las principales actividades productivas como son: suministro del alimento, limpieza de instalaciones, ordeño, cultivo y cosecha de forrajes, entre otras; en la mayoría de los casos, las actividades son desarrolladas por los integrantes de la familia, la mano de obra contratada es mínima y en ocasiones nula.

El cultivo de forrajes se realiza en terrenos agrícolas que son propiedad de los productores, en algunos casos son prestados por familiares o amigos y en el menor de los casos éstos alquilados a bajo costo, las dimensiones de estos terrenos oscilan

---

<sup>1</sup> Este dato se contextualiza al considerar que la totalidad del territorio potosino se encuentra inmerso en regiones de tipo semiárida, árida, trópico seco, templada y trópico húmedo. SAGARPA (2011). Disponible en: <http://www.campopotosino.gob.mx/docs/Panorama%20Agroalimentario%20SLP.pdf>

entre tres a diecinueve hectáreas. Los cultivos son principalmente: alfalfa, maíz y avena. El maíz cultivado se destina para la elaboración de ensilados que forma parte de la dieta, complementada con concentrados comerciales y desperdicios industriales. La raza del ganado es predominantemente de tipo Holstein con algunos ejemplares de Pardo Suizo y diversas cruzas (SAGARPA, 2011).

La producción es comercializada directamente al consumidor y a través de intermediarios, en algunos casos es transformada en subproductos y una pequeña parte es destinada al autoconsumo.

### Concepto de Sustentabilidad

El concepto de desarrollo sustentable se definió por primera vez en el informe “Brundtland” (1987), desarrollado por la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo. Este se define como “el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades”. A partir de esta definición, el desarrollo sustentable se ha convertido en un paradigma que ha guiado los procesos generales de producción.

La sustentabilidad es un concepto holístico (Van Passel *et al.*, 2007), multidimensional (De Wit *et al.*, 1995; Gallego Carrera *et al.*, 2010) que se construye con tres esferas que se interrelacionan: económico, social y ambiental. Para Vilain *et al.*, (2008), cada actividad empresarial desarrollada sustentablemente debe ser económicamente viable, ecológicamente saludable y socialmente equitativa.

El desarrollo sustentable ofrece una visión innovadora, sin embargo, promoverlo, ponerlo en práctica, o ejecutarlo en procesos específicos se ha convertido en un desafío, ya que esta es una visión que requiere de diversos actores a la vez que conlleva la ruptura de ideas, modos de vida, así como la incorporación de valores; por otra parte, al pretender abordar distintos ámbitos como el ambiental, económico y social, surgen diversos problemas, iniciando con la postura, ya que en cada una de estas esferas hay ideologías que se han convertido en el modus de ejecución, lo que

ha derivado en enfoques, que muchas veces resultan contradictorios, los cuales se presentan a continuación:

### Ecologista

De acuerdo con diversos autores entre los que se encuentran Ramírez, Sánchez y García (2004), Bustillo-García y Martínez-Dávila (2008), entre otros, señalan que en este enfoque muchas veces se enfatizan los límites ecológicos, lo que supone la imposibilidad de un crecimiento continuo al haber recursos finitos, no resalta la solidaridad con las generaciones futuras, así como tampoco los aspectos distributivos entre las generaciones actuales. Se mantiene la idea de que los aumentos poblaciones y de consumo son la principal causa del deterioro ambiental y de los problemas de contaminación, por consiguiente la solución se ve simplificada en el crecimiento cero de la población; mientras que en la parte económica, se considera que esta solo puede crecer al margen de la capacidad de carga de los ecosistemas y/o de la cantidad de los recursos naturales.

### Económico

Respecto a esta esfera, Ramírez, *et al.* (2004), señalan que es necesario la generación de un “crecimiento inteligente”, el cual debe buscar una competitividad económica con una mejor gestión de la naturaleza y la biodiversidad, a la vez de una reducción en emisiones contaminantes. Este enfoque considera que el crecimiento económico es necesario para lograr la sustentabilidad, es decir la economía es el pilar de la conservación. Por su parte Bustillo-García y Martínez-Dávila (2008) indican que

### Social

De acuerdo con Flores Magón y Garduño (2009), la esfera social es crucial para el desarrollo sustentable, ya que de ella se generan las articulaciones para las interacciones entre las tres esferas de la sustentabilidad, sin embargo Foladori y

Tommasino (2000), señalan que el aspecto social ha sido reducido al tema de pobreza y tamaño de población, y no se profundiza lo suficiente, siendo simplemente como un puente para alcanzar la sustentabilidad ecológica.

### Sustentabilidad en la ganadería lechera

En procesos agropecuarios, diversas investigaciones han estudiado alternativas para incrementar la producción de manera sustentable, proponiendo alternativas para optimizar los procesos de obtención y manejo de insumos, mejorando la calidad alimentaria del ganado, entre otros aspectos (Espinosa García, J. A., Wiggins, S., González Orozco, A. T., & Aguilar Barradas, U., 2004; Arriaga-Jordan *et al.*, 2002).

La sustentabilidad representa un papel importante en el desarrollo de los sistemas productivos, se basa en tres funciones principalmente que son: producción de bienes y servicios, cuidado y gestión del ambiente y medio social de los productores (Francis, 1990). Diversos autores consideran que los sistemas agropecuarios sustentables son aquellos que tienen la capacidad de satisfacer, de manera continua en el tiempo, un conjunto de necesidades tales como: provisión de alimentos, protección del medio ambiente, viabilidad económica y aceptación social (Maserá *et al.*, 2000; Hansen, 1996).

De manera general, un sistema sustentable concede a las actuales generaciones obtener bienes y servicios para satisfacer sus necesidades permitiendo que las futuras generaciones puedan satisfacer sus necesidades del mismo medio; el carácter de sustentabilidad en estos sistemas les permite administrar el terreno y desarrollarse en un medio rural viable, reproducible, transferible y habitable (Landais, 1988; Zahm, 2008).

Para Fadul-Pacheco *et al.*, (2013) la sustentabilidad debe entenderse como una construcción social, dinámica y específica en función de las demandas de la ciudadanía, de su ámbito geográfico y condición productiva. La evaluación de la sustentabilidad debe fundamentarse en las dimensiones del concepto de manera integral, abarcando objetivos específicos como: protección del ecosistema y

regeneración de los recursos naturales; rentabilidad y estabilidad macroeconómica del sistema; equidad y cobertura de necesidades básicas, que alcanzan valores aceptables para el conjunto de la sociedad (Stoorougel et al., 2004 y Zahm, 2006).

La trascendencia del estudio de la ganadería lechera de tipo familiar en México desde una visión de sustentabilidad radica en su potencial para el logro del desarrollo sustentable.

Para Prospero-Bernal et al. (2013) los sistemas de producción de leche de pequeña escala (SPLPE) tienden a incrementar su nivel de sustentabilidad conforme adoptan innovaciones en las estrategias de alimentación con forrajes de calidad, lo que permite optimizar y lograr un uso eficiente de insumos producidos en la UPLPE y reducir la necesidad de alimentos comprados. El nivel de sostenibilidad de los SPLPE se ha visto reducido por un alza en el precio de los insumos agropecuarios. Además las estrategias de alimentación del ganado lechero de pequeña escala es un punto en el cual se puede incidir directamente para lograr aumentar su eficiencia económica mediante la innovación en la producción y uso de forrajes de calidad.

## Aspectos Económicos de la Ganadería Lechera de tipo Familiar

### Eficiencia económica

La eficiencia en un sistema productivo se refiere a la relación entre el aprovechamiento de los recursos para producir un bien, es decir, es el cociente entre un ingreso y un egreso; por tanto la eficiencia económica se incrementa al producir con el mínimo de recursos necesarios (Wadsworth, 1997; FAO, 1997).

Este concepto tiene una estrecha relación con el concepto de rendimiento y rentabilidad, debido a la naturaleza de económica ha sido utilizado para analizar sistemas comerciales de producción animal.

Actualmente los sistemas de producción alimentaria afronta el reto de satisfacer las demandas de una población en constante crecimiento y considerando que los recursos

naturales y ambientales son finitos, es apremiante integrar aspectos de sustentabilidad a las cadenas de producción.

André de O. Fernández *et al.* (2008) señalan la importancia de generar indicadores que integren aspectos cuantitativos y cualitativos, para la medición de la sustentabilidad en las cadenas de producción de alimentos.

La eficiencia económica es un factor comúnmente utilizada para determinante el tipo de sistema empleado en una empresa comercial. De tal manera que las leyes de la economía exigen que cada actividad económica genere una ganancia para que ésta sea sustentable. La producción de alimentos para el consumo humano no escapa a esta regla, por lo cual la agricultura requiere una prima para incentivar la continuidad de la producción. (Wadsworth, 1997; FAO, 1997).

El concepto de eficiencia económica se encuentra íntimamente ligado a la consideración de carácter descriptivo de cada empresa como son: estabilidad de la empresa, el nivel de riesgo, el crecimiento y desarrollo de la explotación y metas específicas impuestas por el dueño y/o los accionistas. En el caso de las empresas de tipo familiar han sido pocos los ganaderos que fijan metas y que realizan proyecciones del crecimiento y/o desarrollo que desean ver reflejado en sus hatos.

Los ingresos totales están integrados por las entradas de dinero provenientes de la venta de leche, en los casos donde la leche tiene un proceso de transformación tales como la producción de queso, crema y/o cualquier derivado, y en el caso que este ingreso sea nuevamente invertido para la producción de leche será considerado también como ingreso. También a tomar en cuenta los apoyos provenientes de programas gubernamentales de apoyo a la agroindustria y finalmente otros ingresos por la venta de vaquillas, becerros, vacas de desecho y toros.

El Capital de trabajo se encuentra integrado por las inversiones en especie como cabezas de ganado, terrenos, equipos, edificios, entre otros.

## Rentabilidad

El concepto de rentabilidad funge como un indicador de éxito en diversos sectores económicos y comerciales. La rentabilidad es la diferencia que existe entre las inversiones y la utilidad generada. Las utilidades son el resultado de una administración oportuna, una planeación integral de costos y gastos y en general cualquier medida tendiente a la obtención de utilidades. La rentabilidad se puede ver afectada de manera negativa, cuando se omite una planeación integral de costos y gastos se puede incurrir una pérdida (Domínguez, R. R. P., Martínez, J. A. S., Jordán, C. M. A., Castañeda, F. E. M., Juárez, N. C., Fuentes, G. Á., & Haro, J. H., 2014).

La rentabilidad es también concebida como una generalidad que se aplica a toda acción económica en la que se movilizan los medios, materiales, humanos y financieros con el fin de obtener ingresos por actividades productivas y por la acción de ofertar servicios (Domínguez *et al.*, 2014).

De manera general, la literatura especializada a nivel nacional e internacional ha señalado y demostrado que los factores de uso de mano obra familiar, producción de insumos, comercialización, y subsidios, tienen un impacto directo en la rentabilidad de los sistemas de producción lecheros de tipo familiar.

El uso de razones financieras como el Retorno Sobre la Inversión (ROI) permiten determinar una relación clara respecto el ingreso generado por la comercialización de productos y la los recursos, activos o inversiones utilizadas para producir. Su fórmula es la siguiente:

$$ROI = \frac{\text{Ingreso}}{\text{Inversión en activos.}}$$

De acuerdo con Cuevas (2001), el uso del costo original para los activos de planta permite obtener información más precisa de la rentabilidad de un sistema productivo,

no así el uso del valor neto en libros, debido a que este último declina con el tiempo y en dado caso una inversión con retornos similares en cada periodo podría evidenciar continuos incrementos en su retorno sobre inversión, sólo por la disminución de su base de activos, generando falsas impresiones en el incremento de los retornos. Los valores corrientes miden el costo de oportunidad de utilización de tales activos. Al determinar el ROI, la base para los activos de planta deberá ser un promedio del período, lo cual es consecuente con los ingresos obtenidos en el mismo periodo, por lo tanto, el período promedio utilizado para el ingreso y la inversión en activos.

### Costos de producción

El cálculo de los costos de producción permite medir el rendimiento de los factores productivos que los integran: materia prima (MP) mano de obra (MO), y gastos indirectos de fabricación (GIF); su análisis concede la oportunidad de reconocer las erogaciones que sustentan un proceso productivo, por tanto, la diferencia entre los ingresos totales y los costos de producción indicará la utilidad bruta obtenida en el periodo operativo (Zugarramurdi, 1998).

En la producción lechera, la clasificación de los costos de producción contempla diversos conceptos (Cuadro 3). El capital de trabajo, por ejemplo, se conforma por el inventario ganadero, la infraestructura, edificios y/o construcciones propiedad de los productores. Los GIF contemplan gastos como: medicina preventiva, mantenimiento, combustibles, entre otros. Por su parte, la mano de obra se constituye a través de la asignación de valor a los salarios de familiares y personal contratado de manera eventual.

En la producción lechera, considerar la depreciación de los activos fijos y semovientes es fundamental para tener una apreciación más real de los costos de producción. El factor de depreciación tiene una relación directa con el desgaste y la estimación de vida útil de los bienes materiales o inmateriales. (DOF, 2012).

Cuadro 3. Integración del costo de producción en unidades de producción de tipo familiar en México.

	Conceptos
Materia prima (MP)	Alimentación
Mano de obra directa (MOD)	Mano de obra familiar Mano de obra subcontratada
Gastos indirectos de fabricación (GIF)	Medicamentos Inseminación Luz Agua Mantenimiento Combustibles Depreciación

### Clasificación de los Costos de Producción

La clasificación de los costos de producción implica diversos criterios, considerando su impacto económico clasifican en directos e indirectos; respecto a su variabilidad se clasifican en fijos y variables. De manera general, la clasificación de un costo depende directamente de su variable independiente, por ejemplo: el nivel de actividad, productividad o producción obtenida durante un periodo determinado. Cabe señalar que un análisis de variabilidad de costos, debido a su naturaleza dinámica, los costos fijos no pueden ser considerados a largo plazo.

De manera general, los costos fijos (CF) no dependen del volumen de producción y contemplan las erogaciones a corto plazo, sin embargo, los costos variables (CV)

tienen una relación directa con los volúmenes de producción. Se denomina costo total a la suma de los costos fijos y los costos variables totales.

La clasificación de los costos de producción en los sistemas de producción lechera se presentan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Clasificación de los costos de producción en sistemas de producción lechera en México.

Costos Variables	Costos Fijos
Alimentos	Mano de obra indirecta
Mano de obra directa	Gasto Indirectos de Fabricación (GIF)
Vacunas y medicamentos	Gastos de administración
Materiales e insumos	Gastos de comercialización
Inseminación	Depreciación
Combustibles	Costos financieros
	Impuestos
	Seguro
	Mantenimiento

### Punto de equilibrio

El punto de equilibrio (PE) es el punto de actividad productiva donde los costos y los ingresos son equivalentes, por tanto, los sistemas productivos obtienen una utilidad igual a cero, es decir, no incurren en pérdidas pero tampoco en utilidades (Erosa, 1986; García *et al.*, 1995). La determinación del punto de equilibrio en las unidades de producción lechera de tipo familiar permite conocer las unidades mínimas a producir (litros) para recuperar la inversión en capital de los productores.

## Aspectos Ambientales de la Ganadería Lechera de tipo Familiar

### Huella Hídrica

De acuerdo con FAO; Earthscan (2011), el 70% del total de agua dulce extraída de acuíferos, arroyos y lagos alrededor del mundo es empleada en la agricultura. Debido al incremento poblacional, se pronostica que la producción mundial de productos alimentarios incremente un 70% para el año 2050, reflejando un impacto directo en los recursos hídricos.

La huella hídrica (HH) de un producto, empresa, persona, ciudad o país, se constituye del total de agua dulce destinada a la producción de productos y servicios de consumos. Para Hoekstra *et al.* (2011), el cálculo de huella hídrica es la suma del volumen de agua consumida y/o contaminada durante el proceso de producción de un producto determinado. La HH total se integra de tres elementos que son: HH azul, HH verde y HH gris (Figura 4).

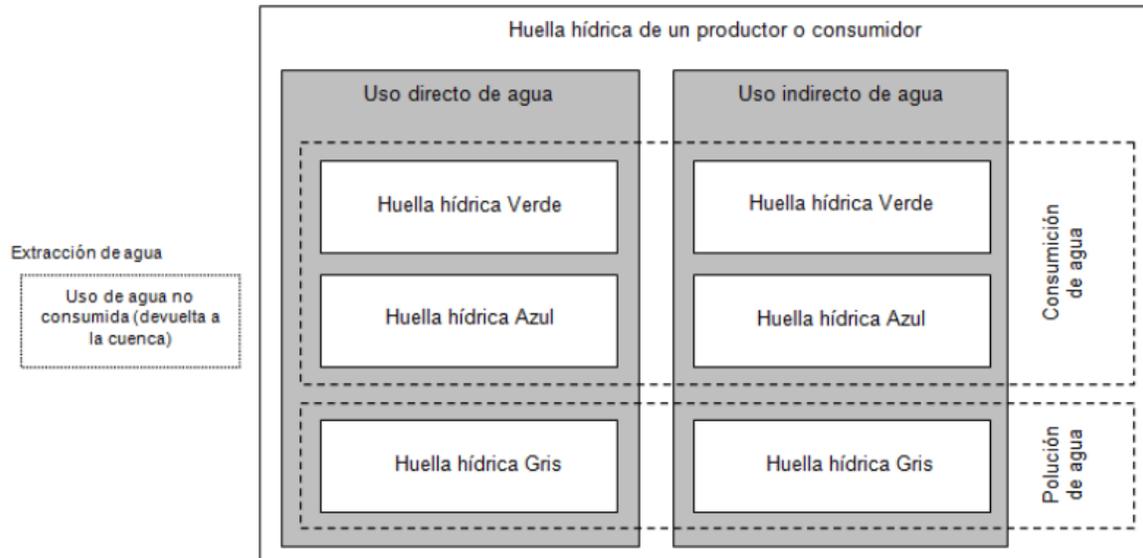


Figura 4. Representación esquemática de los elementos de la Huella Hídrica (Hoekstra, *et al.*, 2011).

De manera específica, se puede definir que la HH azul corresponde al volumen de agua consumida por evaporación e incorporación en un proceso productivo. Por su parte la HH gris, corresponde al volumen de agua necesaria para llevar la contaminación producida por un efluente a estándares de calidad ambiental establecidos por la norma. Finalmente la HH verde contabiliza el volumen de agua precipitada e incorporada a la capa de vegetación (Hoekstra, 2012)

De manera general, los pasos para la cuantificación y evaluación de la HH total son los siguientes (Hoekstra *et al.*, 2011):

1. Establecer alcances y objetivos
2. Cuantificación de la HH
3. Análisis de sostenibilidad de la HH
4. Respuesta de la HH

### Huella hídrica en la ganadería lechera

La producción ganadera es un factor clave en el incremento del consumo de agua; aproximadamente el 8% del consumo mundial se ha atribuido al desarrollo de actividades pecuarias (Steinfeld *et al.*, 2009).

En términos generales el proceso de producción de leche utiliza una gran cantidad de agua, tanto para producir los alimentos de los animales, para consumo directo de los mismos (Mekonnen y Hoekstra, 2011) además del agua empleada para la limpieza del equipo y edificios de los hatos.

Respecto a la producción de productos de origen animal, aproximadamente el 98% del volumen total de agua utilizada a nivel mundial es destinada a la producción de alimento para el ganado y apenas 1.1% es destinado al agua de bebida. Cabe señalar que el volumen de agua utilizada depende de los diferentes tipos de sistema

productivo, manejo de los predios, clima, suelo, tipos de cultivos, entre otros (Mekonnen y Hoekstra, 2011).

La huella hídrica se constituye como un indicador que permite cuantificar el agua utilizada en la producción de leche y carne (Chapagain y Hoekstra, 2003). En el caso específico de la producción de leche los resultados de esta evaluación pueden ayudar a gestionar el uso del recurso hídrico de manera eficiente.

### Modelos matemáticos para el cálculo de los requerimientos de consumo de agua en ganado lechero

Para Wadsworth; FAO (1997), el empleo de modelos facilita el análisis de los sistemas, aún cuando éstos sean complejos e integren muchos componentes. Por lo anterior, el trabajo de modelación constituye una actividad técnica que puede ser sencilla o compleja según el tipo de problema específico a analizarse. El uso de modelos cuantitativos aporta un panorama integrativo de las relaciones entre diferentes parámetros de producción y su impacto comparativo con el comportamiento biológico del sistema. Es decir, se pueden contabilizar los valores de mortalidad, fertilidad, crecimiento, carga animal, consumos, entre otros.

Los modelos matemáticos que predicen los requerimientos de agua de bebida directa por parte del ganado lecheros, también conocidos como consumo de agua libre (FWI por sus siglas en inglés), permiten comprender el suministro de agua necesarios para los animales. Algunos modelos matemáticos han sido desarrollados considerando las condiciones actuales en que se desarrollan los sistemas de producción lechera como: consumo de materia seca, electrolitos, macronutrientes, rendimiento de leche, peso del ganado, días en lactancia, temperatura promedio, entre otros (Appuhamy *et al.*, 2016).

## Aspectos Sociales de la Ganadería Lechera de tipo Familiar

La ganadería familiar representa más del 80% de las explotaciones agrícolas en América Latina, provee de alimentos para las ciudades, genera empleos agrícolas y es la fuente de ingresos para los más pobres, crea redes de protección social y favorece la preservación de especies vegetales y animales endógenas de la región (FAO, 2012).

De manera general, la ganadería lechera de tipo familiar en México, se constituye de familias con al menos cuatro generaciones dedicadas a la actividad ganadera, de tal manera que la transferencia generacional de los activos tangibles e intangibles que integran el sistema productivo, es un fenómeno crucial para su sustentabilidad social y permanencia a través de los años. Los aspectos de transferencia generacional se ven claramente reflejados en la asignación de roles y tareas asignadas a cada uno de los integrantes de la familia entre las que se pueden mencionar: alimentar al ganado, ordeño, venta del producto, cultivo de forrajes, acarreo del estiércol a campos de cultivo, y mantenimiento de la granja en general. Dichas actividades se encuentran impregnadas por diversos intereses, expectativas e identidades que permiten desarrollar de manera efectiva el proceso productivo. Este desarrollo constituye un ciclo de vida fuertemente sustentado por los lazos familiares y como una fuente de empleo permanente a los mismos (Voydanoff, 1987). Así mismo, la ganadería lechera de tipo familiar a través del autoconsumo del producto, brinda a los productores, la oportunidad de mejorar su calidad alimentaria, además generar ingresos económicos adicionales (FAO, 2000).

### Capítulo 3. Materiales y métodos

#### Descripción del área de estudio y situación geográfica

El estudio se realizó en la zona conurbada de la ciudad de San Luis Potosí, México. Dos localidades fueron seleccionadas, la primera fue Palma de la Cruz, en el municipio de Soledad de Graciano Sánchez, ubicado a 1,850 msnm, en las coordenadas 22°13'38" N y 100°52'16" O. La segunda, delegación de Villa de Pozos, SLP, ubicada a 1,860 msnm en las coordenadas 22° 5' 48" N y 100° 52' 33" O (INEGI, 2010). El clima predominante de la región es de tipo semiseco, con lluvias en verano (SAGARPA, 2011).

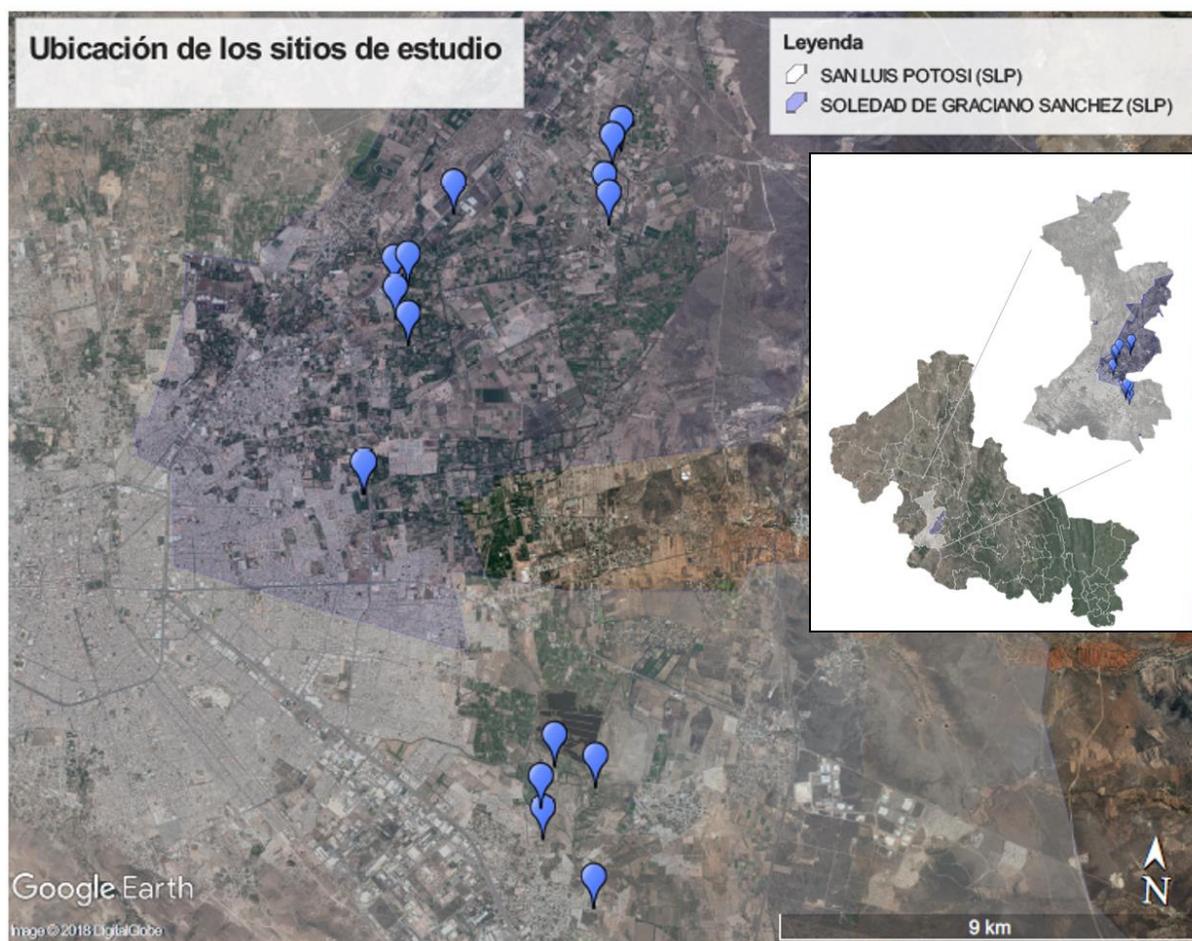


Figura 5. Ubicación geográfica de UPL de tipo familiar en la zona periurbana de la ciudad de San Luis Potosí.

### Municipio de Soledad de Graciano Sánchez.

Su distancia a la capital del estado es de 8 km aproximadamente, predomina el clima seco templado, con una franja al suroeste de clima semi-seco templado. La temperatura media anual es de 17.1°C, la temperatura cálida comprende los meses de marzo a octubre y el periodo frío es de noviembre a febrero. Su precipitación anual es de 362 mm (INAFED, 2016). Tiene una superficie total de 304.86 km<sup>2</sup>, representa un 0.46% del territorio estatal y en el censo de 2010 se registró una población total de 267,839 habitantes (INEGI, 2016).

### Delegación Villa de Pozos.

Esta delegación pertenece al municipio de San Luis Potosí. La temperatura media anual es de 16.8°C, la temperatura cálida comprende de marzo a octubre y el periodo frío de noviembre a febrero. Su precipitación anual es de 372.9 mm (INAFED, 2016). La superficie total del municipio es de 1,471.7 km<sup>2</sup> y representa el 2.38% del territorio estatal, en el censo del 2010 se registró una población de 772,604 habitantes (INEGI, 2016). Por su parte Villa de Pozos tiene como principales actividades las agropecuarias, industriales y comerciales, y posee aproximadamente 61 mil habitantes. Su distancia de la cabecera municipal es de 5 kilómetros aproximadamente. (INAFED, 2016).

### Ganadería lechera de tipo familiar en el área de estudio

Las explotaciones lecheras que conforman la población de la presente investigación son de tipo familiar, la mano de obra utilizada es principalmente de tipo familiar, el ordeño es mecanizado en la mayoría de los establos, la raza del ganado es predominantemente de tipo Holstein, los establos poseen entre 6 y 100 cabezas de ganado. La leche es vendida a pequeños productores artesanales de queso y yogurt, y una pequeña parte es destinada para autoconsumo y/o para venta directa al

consumidor. La alimentación del ganado consta de forraje (alfalfa y avena), concentrado comercial, ensilado de maíz y sales minerales. Algunos forrajes como: alfalfa, avena, salvado, maíz, entre otros, son cultivados por el productor en terrenos propios y/o alquilados, el agua de riego proviene de pozos ubicados en las mismas propiedades y de plantas tratadoras locales. El estiércol es usado como abono, y en ocasiones es utilizado como insumo para la elaboración de ladrillos.

### Colección de la información y diseño de la encuesta

La colección de datos se realizó por encuesta directa, muestreos y visitas periódicas a los productores en sus hatos. El diseño del cuestionario incluyó rubros relacionados con datos generales del productor, escolaridad, tamaño y permanencia del hato, infraestructura, raza predominante del ganado, reproducción, selección, comercialización, técnicas de manejo, participación de los integrantes de la familia en el proceso productivo, ingresos y egresos, producción diaria, peso estimado del ganado, entre otros.

### Determinación del tamaño de la muestra

La muestra se obtuvo por muestreo no probabilístico tipo *bola de nieve* que consiste en utilizar una cadena de referencias a partir de uno o dos actores clave (Mendieta, 2015). Se aplicaron encuestas y monitorearon 15 unidades de producción lechera (UPL), de tipo familiar, diez ubicadas en el municipio de Soledad de Graciano Sánchez y cinco en la delegación de Villa de Pozos.

Las características de la muestra determinantes para el análisis estadístico fueron: consumo de forrajes locales (alfalfa y avena) y ensilados de maíz; tamaño del hato de 3 a 50 vacas en ordeña, predominantemente de la raza Holstein, más reemplazos, ordeño mecanizado, uso de mano de obra familiar, comercialización a través de

intermediarios y venta directa al consumidor, autoconsumo y uso del estiércol como abono y/o como insumo para la elaboración de ladrillos.

La muestra se estratificó de acuerdo a los ingresos obtenidos durante el periodo de investigación, abarcando del mes de mayo a agosto del año 2016. La clasificación que permitió la estratificación de los hatos para su análisis se determinó considerando los ingresos mensuales brutos, utilizando la siguiente ecuación:

$$IBM = PTM * PVU$$

Dónde:

IBM = Ingreso mensual bruto

PM = Producción total, mensual

PVU = Precio de venta unitario

El ingreso bruto mensual se determinó integrando producción diaria (lt) por hato destinada para venta más litros destinados para autoconsumo y para alimentar terneros. El diseño de muestreo utilizado fue: muestreo estratificado con asignación de clases STURGES (Sturges, 1926), cuyo cálculo del tamaño de muestra se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$K = 1 + 3.322 (\text{Log})n$$

Donde:

K= Intervalo de clase

n= tamaño de la muestra

Obteniendo la asignación proporcional de clases para el análisis de la información considerando los ingresos brutos mensuales en cada UPL (cuadro 5).

Cuadro 5. Clasificación de la muestra por estratos económicos (ingresos brutos).

Estrato	<i>N</i>	Producción mensual (l)	Ingresos brutos (\$)	Tamaño (vacas productivas)
I	5	2,000 a 4,000	11,000 a 25,000	19.4 ± 12.34
II	5	4,001 a 8,000	25,001 a 48,000	25.4 ± 7.4
III	5	8,001 a 62,000	48,001 a 360,000	44.8 ± 26.4

n = Tamaño de la muestra

#### Colección de muestras de alimento

En cada UPL se obtuvieron muestras de los ingredientes que integraron la dieta del ganado, para determinar el consumo de materia seca por vaca en las UPL y el cálculo de la huella hídrica azul. Se obtuvo peso húmedo de cada ingrediente, posteriormente, las muestras fueron sometidas a calor constante de 60°C por un periodo de 24 horas continuas, al finalizar el proceso de deshidratación se obtuvo nuevamente el peso de cada muestra para determinar el contenido de humedad y materia seca (MS) por ingrediente (Figura 6).

#### Estimación de los costos de producción

Para determinar los costos de producción en cada hato, se obtuvieron muestras de los ingredientes que integraron la dieta del ganado, posteriormente se realizó el sondeo de precios actuales en el mercado para su valoración económica. El costo de producción de un litro de leche se obtuvo considerando las variables: materia prima, mano de obra y gastos indirectos de producción (Reyes, 2005). Se consideraron

también las inversiones a capital, así mismo se realizó un inventario ganadero, edificios e infraestructura de la granja.

### Dieta del ganado

El costo total de la dieta ofrecida al ganado se obtuvo con base en la información obtenida en las entrevistas y visitas periódicas a los productores en sus granjas, se obtuvo ración promedio diaria por ingrediente, el resultado se multiplicó por 30 días para obtener el costo mensual generado por compra de materia prima (MP).

### Mano de obra

El costo de mano de obra se obtuvo en función de las actividades realizadas por cada integrante de la familia, la ponderación económica fue asignada considerando el salario promedio diario que se otorga a los trabajadores del campo, que realizan actividades similares y que no conforman parte de la familia ganadera.

### Depreciación de los activos

La depreciación de los activos se determinó con base en los parámetros de depreciación de vida útil establecidos por el Consejo Nacional de Amortización Contable (CONAC, 2012). La depreciación del ganado se calculó considerando su valor original de compra el cual ascendió a \$15,000 y un valor de desecho de \$3,000 ambos valores representan un promedio asignado por los productores. La vida útil fue de 5 años. En el caso de las construcciones, se consideró el valor asignado por los productores, una vida útil de 20 años y un porcentaje de depreciación anual de 5%. Para el cálculo de la depreciación de maquinaria, se consideró el valor actualizado del bien, vida útil de 10 años y porcentaje de depreciación anual del 10%, mientras que

para la depreciación del equipo de transporte se consideraron una vida útil de cinco años y un porcentaje de depreciación anual de 20%.

### Estimación del punto de equilibrio

Una vez obtenidos los costos de producción se procedió al cálculo del punto de equilibrio donde el costo variable unitario se multiplicó por la producción de leche promedio y por el número de vacas, obteniendo el costo variable. El costo fijo unitario se multiplicó por el promedio de la producción de leche y por el promedio del número de vacas en producción. El precio de venta fue asignado por los intermediarios.

La ecuación que permitió determinar el punto de equilibrio fue la siguiente (Polimeni & Lopetegui, 1994):

$$PE = \frac{CF}{P - CVU}$$

Dónde:

PE= Punto de equilibrio

CF= Costos Fijos

P= Precio de venta unitario

CVU= Costo Variable Unitario

El Costo Variable Unitario (CVU) considera la producción de leche y el número de vacas promedio en cada hato.

El precio de venta (P) se encuentra determinado por el intermediario y en el menor de los casos por el mismo productor.

## Cálculo de la huella hídrica azul en ganado lechero.

Se obtuvieron muestras de los alimentos incluidos en la dieta ofrecida al ganado en el área de estudio, las cuales consistieron en alfalfa fresca, avena fresca y ensilados de maíz. Las muestras fueron sometidas a calor constante de 60°C durante 48 horas en un horno de aire forzado marca “Sel Lab”, se realizó un comparativo entre su peso previo y posterior a la deshidratación para obtener su contenido de materia seca (MS) (Figura 6).



Figura 6. “Muestras de alimentos de ganado lechero de tipo familiar, sometidas a proceso de deshidratación para la obtención de contenido de humedad y materia seca por ingrediente”.

Para realizar la estimación de la huella hídrica azul, se emplearon diez modelos matemáticos para determinar los requerimientos de consumo de agua por ganado lechero descritos en el cuadro 6. Cuatro de los modelos fueron desarrollados por la Universidad de California en Davis (UCD) (Appuhamy et al, 2016), los seis modelos restantes fueron desarrollados por diversos autores y publicados por el Consejo Nacional de Investigación de Washington (NRC, 2001). Los modelos matemáticos incluyen variables como ingesta diaria de MS, rendimiento diario de leche, contenido de ceniza, proteína, Na, K y temperatura del ambiente.

Se realizó una clasificación de los modelos considerando variables comunes que los integran. El primer grupo tiene la variable común de consumo de MS (modelos 1 a 4 en el cuadro 6) para el segundo grupo su variable común fue el rendimiento de leche en kg/día (modelos 5 a 7 en el cuadro 6) y finalmente el último grupo su variable común fue contenido de minerales Na y K (modelos 8 a 10 en el cuadro 6).

Los resultados fueron comparados estadísticamente a través de un análisis ANOVA entre los tres grupos de modelos matemáticos para evaluar su eficiencia en el cálculo de requerimiento de agua respecto del valor de referencia señalado en la literatura para consumo de agua en ganado lechero entre 82 a 110 litros vaca/día (NRC, 2001; Mayer 2004).

### Análisis del aspecto social

La ganadería lechera de tipo familiar desempeña un papel valioso en el desarrollo del sector rural debido a que brinda a las familias campesinas, la oportunidad de acceder a una mejor calidad de vida, generando autoempleo, remuneración diaria, mejorando su calidad alimentaria a través del autoconsumo.

El estudio social de la sustentabilidad, se realizó a través de un análisis sociodemográfico el cual consistió en la aplicación de encuestas directas a los productores en sus hatos para determinar para las características principales de los

productores lecheros como: genero, edad, sexo, escolaridad, estado civil, número de hijos, años de experiencia, cursos de actualización, años de permanencia del hato, características de transferencia generacional de conocimientos tangibles e intangibles, costumbres, tradiciones, participación de los integrantes de la familia en los hatos, actividades específicas de cada integrante, mano de obra contratada, entre otros.

### Análisis estadístico de la información

La información obtenida por estrato se comparó mediante un diseño completamente al azar. Se utilizó el PROC GLM de SAS (SAS 9.2), donde hubo diferencias estadísticas, se realizó una prueba de medias de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) (Steel and Torrie, 1999).

Cuadro 6. Modelos matemáticos utilizados para determinar la Huella Hídrica azul en ganado lechero en la zona periurbana de la ciudad de San Luis Potosí

AUTOR	ECUACIÓN
1 Appuhamy et al (2016) Eq. 1	$-68.8 + 2.89 \times \text{DMI} + 0.44 \times \text{DM}\% + 5.60 \times \text{Ash}\% + 1.81 \times \text{CP}\%$
2 Holter and Urban (1992)	$-32.4 + 2.47 \times \text{DMI} + .60 \times \text{Milk} + .62 \times \text{DM}\% + .091 \times \text{JD} - .00026 \times \text{JD}^2$
3 Stockdale and King, (1983)	$-9.37 + 2.30 \times \text{DMI} + .53 \times \text{DM}\%$
4 Little and Shaw (1978)	$12.3 + 2.15 \times \text{DMI} + 0.73 \times \text{Milk}$
5 Appuhamy et al (2016) Eq. 2	$-58.2 + 0.96 \times \text{Milk} + 0.45 \times \text{DM}\% + 6.21 \times \text{Ash}\% + 0.067 \times \text{BW}$
6 Castle and Thomas (1975)	$-15.3 + 2.53 \times \text{Milk} + 0.45 \times \text{DM}\%$
7 Dahlborn <i>et al.</i> (1998)	$14.3 + 1.28 \times \text{Milk} + 0.32 \times \text{DM}\%$
8 Appuhamy et al (2016) Eq. 3	$-91.1 + 2.93 \times \text{DMI} + 0.61 \times \text{DM}\% + 0.062 \times \text{NaK} + 2.49 \times \text{CP}\% + 0.76 \times \text{TMP}$
9 Appuhamy et al (2016) Eq. 4	$-60.2 + 1.43 \times \text{Milk} + 0.064 \times \text{NaK} + 0.83 \times \text{DM}\% + 0.54 \times \text{TMP} + 0.08 \times \text{DIM}$
10 Murphy <i>et al.</i> (1983)	$16.0 + 1.58 \times \text{DMI} + 0.90 \times \text{Milk} + 0.05 \times \text{NaI} + 1.20 \times \text{mnTMP}$

DMI (kg / d), BW (kg), Leche = producción de leche (l / d), DM% = MS% en la dieta, Ash% = ceniza en la dieta (% de MS), CP% = proteína cruda (% de MS), NaK = contenido de sodio y potasio en la dieta (mEq / kg de MS), NaI = ingesta de sodio (g / d), TMP = temperatura ambiente media diaria (° C), mnTMP = temperatura ambiente mínima diaria (° C), y JD = día juliano.

## Capítulo 4. Resultados y discusión

El área de estudio posee condiciones agroecológicas que favorecen el desarrollo de sistemas de producción lechera, los sistemas predominantes en este sitio son de tipo semiespecializado y familiar, estos últimos, se desarrollan en pequeñas superficies de terrenos en transición entre lo rural y lo urbano, en espacios potencialmente marginales, constantemente amenazados por el crecimiento urbano, obligados a competir por el uso de agua y suelo para la producción, sin embargo, su adaptabilidad y flexibilidad les han permitido subsistir a través del tiempo. En esta zona, las UPL de tipo familiar conforman una fuente de empleo permanente, así mismo, ofrecen la oportunidad de mejorar la calidad alimentaria de los productores a través del autoconsumo, por otra parte, la producción de forrajes propios, el uso de mano de obra familiar y la comercialización directa al consumidor final, reducen significativamente los costos de producción. Para Fuentes *et al.* (2004), la ganadería lechera familiar en México, se ha visto afectada por un creciente desplazamiento de las zonas urbanas que ejercen una fuerte demanda de recursos hídricos y suelos. Por su parte Espinosa *et al.* (2008), mencionan que los sistemas de producción de tipo familiar tienen alta participación en el inventario ganadero debido a su alta capacidad adaptativa a diferentes ambientes físicos.

### Características generales de los productores lecheros

En la zona periurbana de San Luis Potosí la unidad básica de organización social es la familia, con un promedio de nueve miembros por cada UPL. El 93% de las UPL tienen jefatura masculina, la edad media de los productores fue de 53 años y su nivel de escolaridad fue de 9 años cursados. La edad media de las productoras que son jefas de familia fue de 42 años y su nivel de escolaridad fue de 9 años cursados (Cuadro 6). Cabe señalar que la presencia de productores jóvenes es muy escasa o casi nula, debido a falta de interés en la actividad. Actualmente los jóvenes se

desempeñan como operativos en la industria, la minoría de ellos se encuentran estudiando. En todos los casos, los conocimientos de los productores fueron transferidos generacionalmente, con una experiencia de  $32.06 \pm 12.24$  años.

Cuadro 7. Características generales de los productores en la zona periurbana de San Luis Potosí.

	Estrato I	Estrato II	Estrato III	$\bar{Y}_{est} \pm \sqrt{Var(Yst)}$
Edad	50.5 $\pm$ 9.22	53.80 $\pm$ 9.00	54.8 $\pm$ 9.20	52.88 $\pm$ 8.74
Años de estudio	9.33 $\pm$ 3.83	8.80 $\pm$ 5.70	9.60 $\pm$ 2.51	9.25 $\pm$ 3.92
Años en la actividad	26.83 $\pm$ 8.54	38.00 $\pm$ 14.00	32.40 $\pm$ 13.35	32.06 $\pm$ 12.24

$\bar{Y}_{est} \pm \sqrt{Var(Yst)}$  = Media ponderada

### Inventario ganadero

La descripción general del inventario ganadero en el área de estudio se puede observar en el cuadro 8. La raza del ganado fue predominantemente de tipo Holstein, con algunos ejemplares de Pardo Suizo y diferentes cruza. Los productores calcularon de manera empírica el peso aproximado por vaca, en el conteo final se obtuvo un peso promedio de  $540 \pm 54.12$  kg por animal (Figura 7).

El tamaño del hato promedio correspondió a  $29.87 \pm 19.60$  vacas en periodo productivo y  $3.67 \pm 3.64$  vacas secas, la proporción de vacas secas, respecto del total de vacas en el hato fue de 15.2 %, por lo anterior se presenta una deficiencia en el control reproductivo del hato, como consecuencia, una gran parte de las vacas se encuentra en producción en un mismo periodo provocando periodos de baja producción y pérdidas para el productor.

Cuadro 8. Inventario ganadero en unidades de producción lechera de tipo familiar en la zona periurbana de la ciudad de San Luis Potosí.

	Estrato I	Estrato II	Estrato III	$\bar{Y}_{est} \pm \sqrt{Var(Yst)}$
Vacas en producción	19.40	25.40	44.80	29.87 ± 19.60
Vacas secas	4.40	4.80	1.80	3.67 ± 3.64
Vaquillas	2.80	6.60	5.60	11.60 ± 2.39
Becerras	6.60	10.60	17.60	0.93 ± 8.70
Sementales	1.20	0.80	0.80	0.93 ± 1.10
Producción (l/vaca/día)	10.92	11.41	20.11	14.15 ± 7.37
Producción (l/hato/día)	141.00	268.00	958.00	455.67 ± 546.20
Producción (l/hato/mes)	3,471.00	6,582.00	26,502.00	12,185.00 ± 15,492.91

$\bar{Y}_{est} \pm \sqrt{Var(Yst)}$  = Intervalo de confianza para la media poblacional

La relación entre vacas totales con las vaquillas fue de 15.21%, indicando una baja disposición de reemplazos de vientres por año, en promedio las vacas adultas se desechan después de seis o siete partos, por lo anterior, es necesaria la integración de vaquillas compradas, provenientes de otros hatos para mantener el nivel de producción y tamaño del hato.

Considerando la existencia de becerras y becerros, se determinó un promedio de parición anual del 36.06%, dato que es muy inferior para ganado Holstein estabulado (Álvarez *et al.*, 2004), como resultado, se detecta que existe un mal control en el manejo reproductivo del hato, lo anterior puede ser provocado debido a ineficiencia en la detección de estros, inseminaciones artificiales y/o uso de toros con problemas de fertilidad. La gran mayoría de los becerros son vendidos al nacer, permitiendo a los productores incrementar su liquidez económica, de tal manera que los ingresos obtenidos por este concepto, permiten a los productores hacer frente a las adversidades económicas propias de la actividad. Cabe señalar que de manera ocasional algunos becerros son seleccionados, por su calidad genética principalmente,

y son destinados para sementales. La proporción de sementales es de 1.10 por cada 100 vacas, distribuidos de manera irregular entre los hatos.

Al momento de recabar la información en el área de estudio, se determinó una población total analizada de 766 animales, de los cuales 75.46% fueron vacas, de estas 448 se encontraban en producción.

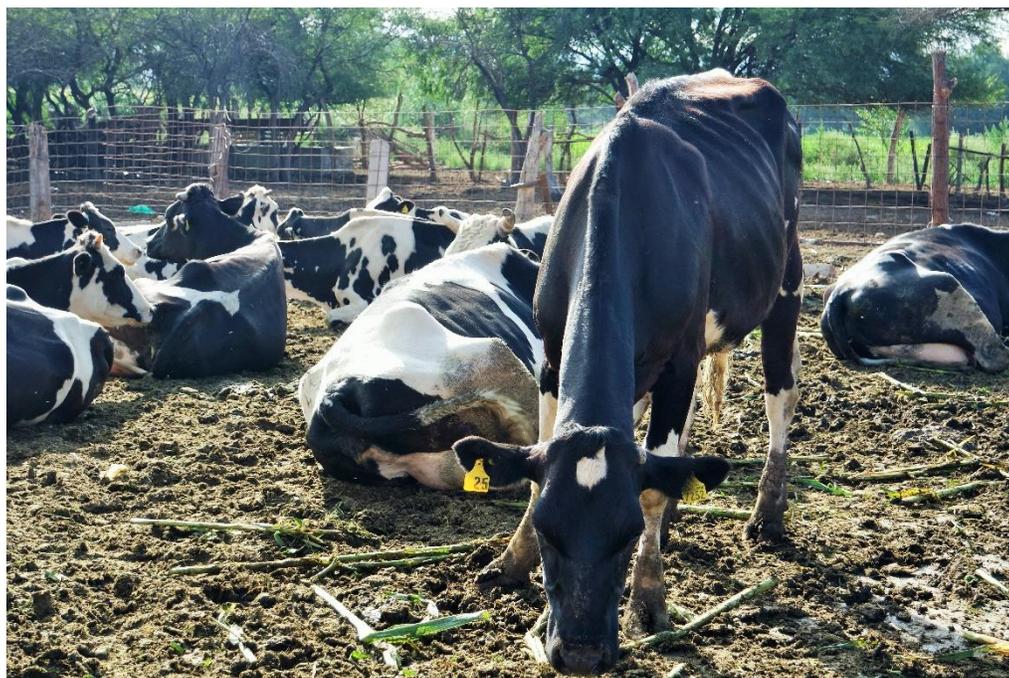


Figura 7. “Ganado lechero raza Holstein, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, S.L.P., México, 2017”. Archivo de la autora.

### Producción de leche

En el área de estudio el promedio de producción fue de  $445.67 \pm 546.20$  litros por hato al día, la producción por animal promedio fue de  $14.15 \pm 7.32$  litros diarios. En el análisis por estrato (Cuadro 8), se observó que el estrato III es el de mayor producción por animal al día con  $20.11 \pm 6.02$  litros. Del total de la producción, la mayor parte es

vendida a través de intermediarios, quienes la transforman en queso, crema y yogurt; una pequeña parte es vendida directamente al consumidor y en promedio  $5.37 \pm 2.62$  litros diarios son destinados para autoconsumo.

## Sistema de producción

### Propiedad de la tierra

En cuanto a la tenencia de la tierra, solo el 6.67% señalaron no contar con terreno propio, mientras que el resto de los productores son dueños de dichos terrenos (Figura 8).



Figura 8. “Cultivo forrajero en terrenos de los productores lecheros en la zona periurbana de la Ciudad de San Luis Potosí, S.L.P., 2017”. Archivo de la autora.

En el caso de los productores que no cuentan con terreno, estos tienen un acuerdo con el propietario en donde compensan el uso del terreno a cambio de un pago en especie, el cual consistente en alfalfa cultivada. De los productores que son dueños del predio donde se encuentran asentadas las UPL, el 7.14% rentan un terreno para

cultivo de forrajes, el resto de los productores son dueños de los terrenos donde cultivan el forraje (Cuadro 9).

De las 15 UPL analizadas, el 100% manifestó utilizar mano de obra familiar en las actividades generales de los hatos; también se observó uso de mano de obra contratada en los tres estratos, siendo el estrato III el que realiza mayor contratación de mano de obra con un 80%.

Cuadro 9. Tenencia de la tierra por estrato en UPL de tipo familiar en la zona periurbana de San Luis Potosí

	Estrato I	Estrato II	Estrato III
	(%)	(%)	(%)
Uso de MOD familiar	100	100	100
Uso de MOD contratada	40	40	80
Poseen tierras	80	100	100
Propiedad Privada	20	60	60
Ejidal	60	40	40
Renta	40	-	-

MOD= Mano de obra directa.

### Características de las instalaciones y equipo

En el análisis de las características observadas en la infraestructura, hubo diferencias muy marcadas entre las UPL, por ejemplo, quienes manifestaron poseer un trascabo retiraban continuamente el estiércol, por tanto sus instalaciones permanecían más limpias por más tiempo; por otro lado, hubo productores que vendían gran parte de su producción a empresas intermediarias y requerían mantener la leche a temperaturas adecuadas por periodos prolongados, por tal motivo recurrían al uso de tanques de enfriamiento (Cuadro 10).

Cuadro 10. Análisis de infraestructura y/o equipo en las UPL de tipo familiar en la zona periurbana de San Luis Potosí.

Instalación / equipo	Porcentaje que presenta la instalación / equipo	Observaciones
Tejado para sombra	60	Fabricados de lámina de aluminio
Tanque de enfriamiento	26.67	Capacidad de 1,000 galones
Ordeñadora	86.67	Estacionaria con un número de plazas entre una a cinco
Ensiladora	6.67	De uso compartido con otros productores lecheros
Vehículos de carga	20	Presentaron camionetas tipo pick up de modelos anteriores al año 2000
Trascabo	6.67	Usado para remoción de estiércol
Tractor	26.67	De uso compartido con otros productores lecheros
Pozos de agua	46.67	Propietario

Un elemento de suma importancia para la operación de las UPL, es la energía eléctrica. De los 15 productores analizados, el 6.67% no poseía suministro eléctrico. El restante señaló pagar en promedio \$233.33, sin embargo debido a las características de cada UPL, el consumo fue muy variado, en este sentido el pago más elevado por el consumo de energía eléctrica fue de \$500.00, mientras que el pago mínimo registrado fue de \$200.00 por mes.

La energía eléctrica en las UPL es utilizada para el uso de las ordeñadoras eléctricas, alumbrado del hato, y en su caso para las maquinas refrigerantes. En algunos casos, los hatos se encontraban en terrenos contiguos a las viviendas de los productores, por lo que el consumo de energía eléctrica correspondía a ambos sitios.

### Dieta del ganado

La dieta del ganado es un punto elemental en la producción lechera, a través de la alimentación, los animales obtienen la energía requerida para sus distintas funciones, mantenimiento, crecimiento, así como para la producción de leche. Diversos autores (Chilibroste, 1998; Sánchez y Soto, 1996; Bacab-Pérez y Solorio Sánchez, 2011) señalan que la importancia del consumo de materia seca (MS), determina la fluctuación en el nivel de producción de leche.

La composición de las dietas en el área de estudio se compone de forrajes como alfalfa fresca y henificada, avena fresca y henificada y ensilados de maíz; concentrado comercial, sales minerales y derivados de panadería. Algunos productores manifestaron integrar otros ingredientes a la dieta, de manera discontinua y poco frecuente se incluyeron: desperdicios de tortillería, maguey, lechuga, coliflor, entre otros.

El cuadro 11 muestra la integración y cantidad de alimento suministrado en la dieta del ganado en la zona de estudio. Observándose un suministro mayor de alfalfa fresca, alfalfa henificada, ensilado de maíz y concentrado comercial, los alimentos que fueron suministrados en menor cantidad fueron los derivados de panadería, avena fresca y henificada.

Cuadro 11. Cantidad de alimento (kg) suministrado al ganado lechero de tipo familiar en la zona periurbana de la ciudad de San Luis Potosí.

	Estrato	Estrato	Estrato	Cantidad (kg/día)		
	I	II	III	$\bar{Y}_{est} \pm \sqrt{Var(Yst)}$		
Alfalfa fresca	11.84	8.20	9.40	9.81	±	7.76
Alfalfa henificada	5.26	7.50	5.20	5.99	±	4.07
Ensilado de maíz	6.00	6.60	6.26	6.29	±	3.27
Concentrado comercial	5.10	7.52	5.99	6.20	±	2.91
Sales minerales	0.04	0.02	0.01	0.01	±	0.01
Derivado de panadería	0.60	0.00	1.04	0.55	±	1.16
Avena fresca	0.80	2.00	0.00	0.93	±	2.71
Avena henificada	0.00	0.00	1.00	0.33	±	1.29

$\bar{Y}_{est} \pm \sqrt{Var(Yst)}$  = Media ponderada

## Forrajes

El ganado de las UPL analizadas está en semiestabulación, el alimento se les ofrece a pie de pesebre en comederos de plástico, cemento y en ocasiones directamente del suelo que rodea las cercas (Figura 9). Los forrajes ofrecidos al ganado son alfalfa fresca y henificada, avena fresca y henificada y ensilado de maíz.

Parte de los forrajes son producidos en terrenos de cultivo de los propios productores. Únicamente el 13.33% de los productores produce todo el forraje que consume su ganado. El 6.66% compra todo el forraje que ofrece a su ganado, mientras que el resto de los productores además de cultivar sus propios forrajes, también complementan la demanda de este alimento, a través de la compra de forrajes frescos y henificados, principalmente en épocas de escasez de lluvia.

Cabe señalar que muy pocos de los productores pastorea a su ganado, esta tendencia cada vez es menor debido a la disminución de terrenos de pastoreo por crecimiento de la mancha urbana.



Figura 9. “Ganadería lechera en la zona periurbana de la ciudad de San Luis Potosí, S.L.P., México, 2017”. Archivo de la autora.

La cantidad de forraje ofrecida al ganado fue de 23.5 (kg/día) siendo la alfalfa fresca el forraje más utilizado por los productores, sin embargo su aporte de materia seca es muy bajo por lo que la alimentación es complementada con ensilado de maíz (Cuadro 11).

## Concentrado comercial

El alimento concentrado utilizado por los productores fue variado, su contenido general se puede observar en el cuadro 12. La cantidad de concentrado suministrado a las vacas en promedio fue de 6 kg/día por animal. El total de los productores entrevistados manifestó comprar el concentrado a través de intermediarios, el costo promedio de un bulto de 40kg fue de \$235.00. Debido su elevado costo, los productores en ocasiones lo suministran mezclado con subproductos derivados de la industria panadera que consiste en pan y galleta molidos y, debido a su alto contenido de grasa, aporte de materia seca y nutrientes, sin embargo, al integrarlo a la dieta, los productores buscan abatir costos suministrando un complemento alimenticio a un bajo costo.

Cuadro 12. Composición del concentrado comercial ofrecido al ganado lechero en el área de estudio.

Concepto	%
Proteína cruda	18.00
Grasa curda	03.00
Fibra	08.00
Cenizas	10.00
Humedad	12.00
ELN	49.00

ELN= Extracto libre de nitrógeno

## Contenido de materia seca en los alimentos para el cálculo de la Huella Hídrica azul en ganado lechero de tipo familiar

Se obtuvo que el concentrado comercial aporta la mayor cantidad de materia seca (MS) con 89.02 % mientras que los derivados de panadería aportaron la menor cantidad con apenas 31.22% de la dieta del ganado en el área de estudio (Cuadro 13)

En el área de estudio se determinó que la dieta ofrecida al ganado aporta  $17.41 \pm 3.79$  kg/día por animal de MS

Cuadro 13. Contenido de humedad en las muestras de alimento de las dietas de ganado lechero de tipo familiar en la zona periurbanas de la ciudad de San Luis Potosí.

	Humedad (%)
Alfalfa	77.67
Ensilado de maíz	71.26
Concentrado comercial	10.98
Avena	82.42
Panadería	68.38

La determinación de contenido de MS en los ingredientes de la dieta sirvió como base para la aplicación de modelos matemáticos en el cálculo de los requerimientos de consumo de agua en ganado lechero en el área de estudio.

## Análisis económico

### Ingresos

Los ingresos fueron contabilizados emperando dos perspectivas: flujo de efectivo y presupuesto económico (cuadro 14).

Cuadro 14. Ingresos brutos en UPL de tipo familiar en la zona periurbana de la ciudad de San Luis Potosí.

Ingreso	Flujo de efectivo			Presupuesto económico		
	Estrato I	Estrato II	Estrato III	Estrato I	Estrato II	Estrato III
Venta de leche	19,090.5	37,624.8	156,496.2	19,090.5	37,624.8	156,496.2
Otros ingresos						
Venta de becerros	1,322.75	1,041.50	1,500.00	1,322.75	1,041.50	1,500.00
Venta de cabezas	475.00	4,083.00	4,791.67	475.00	4,083.00	4,791.67
Productos derivados	2,000.00	2,500.00	5,000.00	2,000.00	2,500.00	5,000.00
Autocomsumo	-	-	-	697.50	1,170.00	675.00
Total del ingreso	22,888.25	45,249.30	167,787.87	23,585.75	46,419.30	168,462.87

La comercialización de leche en las fincas fue de manera directa al consumidor y a través de intermediarios, en algunos casos los productores realizan transformación del producto en derivados como: queso, yogurt y crema lo que permitió incrementar los ingresos, adicional la venta de cabezas, brinda a los productores la oportunidad de incrementar su flujo de efectivo permitiéndoles hacer frente a adversidades económicas. La valoración del autoconsumo permitió observar el beneficio en especie percibido por los productores, donde el estrato II presentó un mayor beneficio.

### Costos de producción

El costo de producción se integró a partir de los costos de materia prima, mano de obra directa (MOD) y gastos indirectos de fabricación (GIF) (Cuadro 15).

Cuadro 15. Porcentaje de integración del Costo de Producción por concepto en UPL de tipo familiar en la zona periurbana de la ciudad de San Luis Potosí.

	Estrato I	Estrato II	Estrato III
	(%)	(%)	(%)
Alimentación	69.99	74.11	83.89
MOD (familiar)	20.19	18.54	8.61
MOD (contratada)	1.54	3.78	4.91
Servicio veterinario	0.60	0.44	0.25
Medicamentos	0.64	0.44	0.29
Inseminación	0.25	0.31	0.08
Luz	0.10	0.31	0.43
Agua	0.49	0.20	0.08
Mantenimiento	2.52	2.07	2.67
Combustibles	0.68	0.78	0.80

MOD = Mano de obra directa

En los tres estratos el factor de mayor impacto lo conformó la alimentación con un 76.28%, cabe mencionar que la alimentación del ganado fue la mayor erogación realizada por los productores; la integración de MOD familiar en el estrato I fue mayor en comparación con los demás estratos, sin embargo la participación de MOD contratada tuvo un efecto contrario.

El análisis de costos variables y fijos se desarrolló desde dos perspectivas: flujo de efectivo y presupuesto económico (Cuadro 16).

Cuadro 16. Integración de los costos variables y fijos en UPL de tipo familiar en el área periurbana de la ciudad de San Luis Potosí.

MOD = Mano de obra directa.

	Flujo de efectivo			Presupuesto económico		
	Estrato I	Estrato II	Estrato III	Estrato I	Estrato II	Estrato III
Costos variables	16,519.75	30,990.88	92,508.40	16,519.75	30,990.88	92,508.40
MOD (Familiar)	-	-	-	8,000.00	12,520.00	8,400.00
MOD (Contratada)	1,800.00	1,880.00	2,840.00	1,800.00	1,880.00	2,840.00
Costos fijos	1,310.00	2,140.00	3,800.00	1,310.00	2,140.00	1,310.00
Depreciación	-	-	-	1,100.00	1,800.00	2,600.00
Costos totales	19,629.75	35,010.88	99,148.40	28,729.75	49,330.88	107,658.40
Utilidad o pérdida	3,258.50	8,238.42	68,639.47	-5,144.00	-4,911.58	60,804.47

El análisis económico reveló que la venta de leche de las UPL de tipo familiar en San Luis Potosí es rentable, siempre y cuando no se considere el valor de la MOD familiar. Contario, al integrar el valor económico de MOD el costo se incrementó generando pérdida. Para Posadas-Domínguez *et al.* (2014), la MOF (mano de obra familiar) es crucial para incrementar la competitividad de los sistemas productivos lecheros en el centro de México.

### Rentabilidad y punto de equilibrio

El punto de equilibrio (PE) es el punto de actividad productiva donde los costos y los ingresos son equivalentes, por tanto, los productores tienen una utilidad igual a cero, es decir, no incurren en pérdidas pero tampoco en utilidades.

Las UPL de tipo familiar en la zona periurbana de San Luis Potosí el punto de equilibrio es alcanzado con 5 vacas con una producción diaria promedio de 15 litros por vaca, el precio de venta unitario fue de \$5.72 MXN y la utilidad fue de \$1.10 MXN por litro vendido (cuadro 17). En promedio, los productores destinan 5.7 lt de leche por día para autoconsumo. De acuerdo con Álvarez-Fuentes *et al.* (2004), los sistemas de producción lechera de tipo familiar en el centro de México han subsistido a través del tiempo, debido a que sus indicadores económicos superan el punto de equilibrio, utilizando mano de obra familiar, y realizando comercialización directa del producto al consumidor final, además de que brindan a los productores la oportunidad de mejorar su calidad alimenticia a través del autoconsumo de la leche y sus derivados.

El aprovechamiento de ventajas competitivas como el uso de mano de obra familiar, producción de forrajes e insumos además del establecimiento de éstas en las zonas periurbanas le ha permitido adoptar diversas estrategias para disminuir costos de producción y a su vez incrementar su rentabilidad y competitividad sectorial (Domínguez, R. *et al.*, 2014).

Cuadro 17. Rentabilidad y punto de equilibrio en UPL de tipo familiar en la zona periurbana de la ciudad de San Luis Potosí.

	Estrato I	Estrato II	Estrato III	$\bar{Y}_{est} \pm \sqrt{Var(Yst)}$	
Costo fijo total	1,310.00	2,140.00	3,800.00	2,416.67 ±	1,035.19
Costo variable unitario	5.28	4.99	3.60	4.62 ±	0.73
Precio de venta unitario	5.50	5.74	5.92	5.72 ±	0.17
Utilidad (l/vendido)	0.22	0.75	2.32	1.10 ±	0.89
<b>Punto de equilibrio</b>					
Unidades a producir (l/mes)	5,954.55	2,853.33	1,637.93	2,196.97 ±	1,927.67
Unidades a producir (l/día)	198.49	95.11	54.60	73.23 ±	64.26
Vacas	13.23	6.34	3.64	4.88 ±	4.28

$\bar{Y}_{est} \pm \sqrt{Var(Yst)}$  = Media ponderada.

## Huella hídrica azul

En el área de estudio se observó que las UPL poseen bebederos suficientes para ofrecer agua al ganado, en promedio se tuvieron  $2.50 \pm 1.34$  por hato, los materiales de estos fueron: concreto y plástico (Figura 10).



Figura 10. “Hato lechero de tipo familiar en la zona periurbana de la ciudad de San Luis Potosí, S.L.P., 2017”. Archivo de la autora.

Se obtuvieron valores de producción promedio por vaca en el área de estudio de  $14.15 \pm 7.37$  (cuadro 8), contenido de materia seca (MS) en los alimentos: alfalfa aportó 22.33%, ensilados de maíz 28.74%, concentrado comercial 89.02%, avena 17.58% y residuos industriales de panadería 6.02% (cuadro 18) (FAO, 2012).

El peso promedio del ganado fue de  $540 \pm 54.12$  (kg/vaca), los días en lactancia fueron 305 días y la temperatura media anual en el área de estudio  $16.95^{\circ}\text{C}$ .

Cuadro 18. Contenido de ceniza, proteína cruda, sodio y potasio en la dieta ofrecida al ganado lechero en la zona periurbana de la ciudad de San Luis Potosí.

	Ceniza (% MS)	PC (% MS)	K (g/kg MS)	Na (g/kg MS)
Alfalfa fresca	12.00	21.00	22.40	0.50
Alfalfa henificada	12.00	18.00	25.60	0.20
Ensilado de maíz	3.00	7.00	10.90	0.10
Avena fresca	10.00	10.00	22.20	1.20
Avena henificada	9.00	9.00	14.70	2.00
Concentrado comercial	10.00	18.00	15.40	3.40
Derivado de panadería	2.00	9.00	2.70	6.80

PC= Proteína cruda.

Posteriormente se aplicaron modelos matemáticos desarrollados para predecir el consumo de agua en ganado lechero (Cuadro 6), cuatro de estos fueron desarrollados por la Universidad de California en Davis (UCD) (Appuhamy, 2016) y los 6 modelos restantes publicados por el Consejo Nacional de Investigación de Washington DC, EUA (NRC por sus siglas en inglés, 2001).

La aplicación de los modelos matemáticos se realizó en tres grupos, la integración de los grupos se asignó considerando variables comunes en su estructura, de tal forma que, el primer presenta las siguientes variables: consumo de MS (cuadro 19); producción de leche (cuadro 20) y el tercero consumo de Na y K (cuadro 21). Se realizó una prueba estadística de medias de Tukey que presentó deferencias estadísticas significativas en los tres grupos.

Considerando un valor de referencia promedio de 82 a 110 (l/día) de agua por día (NRC, 2001; Mayer *et al.*, 2004) se realizó un comparativo con los valores obtenidos en los diez modelos, determinando que los modelos desarrollados por la Universidad de California en Davis (UCD) (Appuhamy *et al.*, 2016) (cuadro 22), mostraron una mayor eficiencia en el cálculo de los requerimiento de agua en ganado lechero de tipo familiar en la zona periurbana de la ciudad de San Luis Potosí, donde se obtuvo un valor promedio de consumo de agua entre 78 y 91 (kg/d). Considerando el valor de rendimiento de 15 (kg/d) por cabeza de ganado se obtuvo un promedio de consumo de agua entre 5 y 6 (l/l) de agua por litro de leche producido en el área de estudio.

Se observó que la variación entre los resultados obtenidos dependió de las variables que integraron la estructura de cada modelo matemático, así mismo se determinó que los modelos publicados por NRC (2001) subestimaron los valores de requerimiento de agua por parte del ganado lechero en la zona periurbana de la ciudad de San Luis Potosí.

Cuadro 19. Modelos que integraron el consumo de materia seca (MS) para estimar el consumo de agua por parte del ganado lechero, en las UPL en SLP.

Autor	Modelo	Consumo de agua (l/d)
Appuhamy et al Eq. 1 (2016)	$-68.8 + 2.89 \times \text{DMI} + 0.44 \times \text{DM}\% + 5.60 \times \text{Ash}\% + 1.81 \times \text{CP}\%$	90.759 <sup>a</sup>
Little and Shaw (1978)	$12.3 + 2.15 \times \text{DMI} + 0.73 \times \text{Milk}$	60.439 <sup>b</sup>
Holter and Urban (1992)	$-32.4 + 2.47 \times \text{DMI} + .60 \times \text{Milk} + .62 \times \text{DM}\% + .091 \times \text{JD} - .00026 \times \text{JD}^2$	55.224 <sup>b</sup>
Stockdale and King, (1983)	$-9.37 + 2.30 \times \text{DMI} + .53 \times \text{DM}\%$	33.806 <sup>c</sup>

DMI (kg / d)=Consumo de materia seca; BW (kg)=Peso corporal; Leche = producción de leche (l / d); DM% = MS% en la dieta; Ash% = ceniza en la dieta (% de MS); CP% = proteína cruda (% de MS), NaK = contenido de sodio y potasio en la dieta (mEq / kg de MS); Na = ingesta de sodio (g / d); TMP = temperatura ambiente media diaria (° C); mnTMP = temperatura ambiente mínima diaria (° C) y JD = día juliano.

Cuadro 20. Modelos que integraron rendimiento kg/ día/ vaca, para estimar el consumo de agua, en las UPL, en SLP.

Autor	Modelo	Consumo de agua (l/d)
Appuhamy et al Eq. 2 (2016)	$-58.2 + 0.96 \times \text{Milk} + 0.45 \times \text{DM}\% + 6.21 \times \text{Ash}\% + 0.067 \times \text{BW}$	78.584 <sup>a</sup>
Castle and Thomas (1975)	$-15.3 + 2.53 \times \text{Milk} + 0.45 \times \text{DM}\%$	48.521 <sup>b</sup>
Dahlborn <i>et al.</i> (1998)	$14.3 + 1.28 \times \text{Milk} + 0.32 \times \text{DM}\%$	52.062 <sup>b</sup>

BW (kg)=Peso corporal; Leche = producción de leche (l / d); DM% = MS% en la dieta; Ash% = ceniza en la dieta (% de MS).

Cuadro 21. Modelos que integraron NaK, para estimar el consumo de agua, en las UPL, en SLP.

Autor	Modelo	Consumo de agua (l/d)
Appuhamy <i>et al.</i> Eq. 3 (2016)	$-91.1 + 2.93 \times \text{DMI} + 0.61 \times \text{DM}\% + 0.062 \times \text{NaK} + 2.49 \times \text{CP}\% + 0.76 \times \text{TMP}$	87.369 <sup>a</sup>
Appuhamy <i>et al.</i> Eq. 4 (2016)	$-60.2 + 1.43 \times \text{Milk} + 0.064 \times \text{NaK} + 0.83 \times \text{DM}\% + 0.54 \times \text{TMP} + 0.08 \times \text{DIM}$	58.897 <sup>b</sup>
Murphy <i>et al.</i> (1983)	$16.0 + 1.58 \times \text{DMI} + 0.90 \times \text{Milk} + 0.05 \times \text{NaI} + 1.20 \times \text{mnTMP}$	69.646 <sup>b</sup>

DMI (kg / d)=Consumo de materia seca; BW (kg)=Peso corporal; Leche = producción de leche (l / d); DM% = MS% en la dieta; Ash% = ceniza en la dieta (% de MS); CP% = proteína cruda (% de MS), NaK = contenido de sodio y potasio en la dieta (mEq / kg de MS); Na = ingesta de sodio (g / d); TMP = temperatura ambiente media diaria (° C); mnTMP = temperatura ambiente mínima diaria (° C).

Cuadro 22. Modelos con mayor eficiencia en el cálculo de la Huella Hídrica azul en ganado lechero de tipo familiar en la zona periurbana de la ciudad de San Luis Potosí

Autor	Modelo	Consumo (l/día)	Rendimiento (l/día)	Requerimiento (l/l)
Appuhamy <i>et al.</i> Eq. 1 (2016)	$-68.8 + 2.89 \times \text{DMI} + 0.44 \times \text{DM}\% + 5.60 \times \text{Ash}\% + 1.81 \times \text{CP}\%$	90.76	15	6.05
Appuhamy <i>et al.</i> Eq. 2 (2016)	$-58.2 + 0.96 \times \text{Milk} + 0.45 \times \text{DM}\% + 6.21 \times \text{Ash}\% + 0.067 \times \text{BW}$	78.58	15	5.24
Appuhamy <i>et al.</i> Eq. 3 (2016)	$-91.1 + 2.93 \times \text{DMI} + 0.61 \times \text{DM}\% + 0.062 \times \text{NaK} + 2.49 \times \text{CP}\% + 0.76 \times \text{TMP}$	87.37	15	5.82

DMI (kg / d)=Consumo de materia seca; BW (kg)=Peso corporal; Leche = producción de leche (l / d); DM% = MS% en la dieta; Ash% = ceniza en la dieta (% de MS); CP% = proteína cruda (% de MS), NaK = contenido de sodio y potasio en la dieta (mEq / kg de MS); Na = ingesta de sodio (g / d); TMP = temperatura ambiente media diaria (° C); mnTMP = temperatura ambiente mínima diaria (° C) y JD = día juliano.

## Análisis social

La edad promedio de los productores en el área de estudio fue de 53 años, su experiencia en la actividad lechera fue de 32 años y su escolaridad 9 años en promedio (cuadro 23).

Cuadro 23. Características generales de los productores en UPL de tipo familiar en la zona periurbana de la ciudad de San Luis Potosí.

	Estrato I		Estrato II		Estrato III		$\bar{Y}_{est} \pm \sqrt{Var(Yst)}$	
Edad	50.5	± 9.22	53.80	± 9.00	54.8	± 9.20	52.88	± 8.74
Años de estudio	9.33	± 3.83	8.80	± 5.70	9.60	± 2.51	9.25	± 3.92
Experiencia	26.83	± 8.54	38.00	± 14.00	32.40	± 13.35	32.06	± 12.24

$\bar{Y}_{est} \pm \sqrt{Var(Yst)}$  = Media ponderada

El 100% de las UPL analizadas emplean mano de obra familiar, con al menos cuatro generaciones dedicadas a la actividad ganadera, la posesión de las tierras en del 100% en los estratos II y III y del 80 % en el estrato I por lo que la transferencia generacional de todos los activos del sistema es un fenómeno crucial para la sustentabilidad social en la región, sobre todo si se considera que un productor mayor posee poco más de 50 años de experiencia productiva (cuadro 24). De acuerdo con Grubbström y Sooväli-Sepping (2012), las decisiones sobre la sucesión de las tierras para la agricultura son cruciales para la supervivencia de las UPL, y la posibilidad de mantener la tierra dentro de la familia. El 86 % de las UPL en la zona de estudio, consideran importante que sus hijos continúen con el sistema productivo, para preservar la inversión de capital presente en las UPL, y mientras la transferencia

generacional se lleva a término, los hijos colaboran con las tareas de alimentar al ganado, ordeño, venta del producto, cultivo de forrajes, acarreo del estiércol a campos de cultivo, y mantenimiento de la granja en general.

Cuadro 24. Empleo de Mano de obra familiar y características de propiedad de tierras en UPL de tipo familiar en la zona periurbana de la ciudad de San Luis Potosí.

	Estrato I	Estrato II	Estrato III
	(%)	(%)	(%)
Uso de MOD familiar	100	100	100
Uso de MOD contratada	40	40	80
Poseen tierras	80	100	100
Propiedad Privada	20	60	60
Ejidal	60	40	40
Renta	40	-	-

MOD = Mano de obra directa

Pinto-Correia *et al.* (2017) consideran que la sucesión generacional de las UPL se produce a través de una combinación más diversa de actividades productivas y de intereses de consumo; el 14% de las UPL analizadas prefieren que sus hijos tengan otras opciones de trabajo diferentes a la ganadería dado que en los mercados actuales se enfrenta dificultades para colocar los productos.

La transferencia generacional de las UPL se inicia con la enseñanza de las actividades productivas a los hijos, a través de su involucramiento en las labores de la granja, y finaliza en promedio a los 24 años, edad en que se independizan. Es en el traspaso y

en la vivienda donde los niños aprenden el “hacer” en el campo dado que se les enseña todo lo relacionado con las actividades productivas (Ruiz-Torres *et al.*, 2017).

En el área de estudio se observó que los productores dedican en promedio 42 horas de trabajo por semana. El 93% de los entrevistados poseen jefatura masculina, el 100% de los productores fueron nacidos en la entidad, poseen en promedio 3 hijos y el 86% de estos desea que sus hijos continúen con la actividad lechera, la edad promedio en que los hijos se independizan es a los 24 años.

## Asignación de actividades productivas

El jefe de familia es quien dirige el proceso de enseñanza dentro de las UPL. Este proceso de enseñanza-aprendizaje se basa en asignaciones de género y edad (cuadro 25).

Cuadro 25. Asignaciones de actividades productivas por edad y género en las UPL de tipo familiar en San Luis Potosí.

	<b>Actividades</b>
<b>Hombres</b>	Alimentar al ganado, ordeño de tipo mecanizado, venta del producto, cultivo de forrajes, limpieza del hato, reparación y mantenimiento de la granja, cuidado de la salud del ganado, inseminación, asistir partos
<b>Mujeres</b>	Alimentar al ganado, limpieza del corral y la casa, alimentación de la familia, cuidado de la salud de los integrantes de la familia
<b>Hijos varones</b>	Alimentar al ganado, ordeño de tipo mecanizado, venta del producto, cultivo de forrajes, acarreo del estiércol a campos de cultivo, reparación y mantenimiento de la granja y cuidado de la salud del ganado
<b>Hijas mujeres</b>	Alimentar al ganado, participación en la limpieza del corral, los utensilios de ordeña y la casa, apoyo en alimentación de la familia
<b>Ancianos Varones</b>	Dirigen las actividades productivas basados en sus experiencias, cuidado del ganado
<b>Ancianas Mujeres</b>	Apoyo en la limpieza del corral, la casa y utensilios para la ordeña, alimentación de la familia,

Para Fuenmayor y Paz (2006) el énfasis de la problemática del desarrollo sustentable se transfiere directamente del área ambiental a la social ya que al hablar de

satisfacción de necesidades innegablemente se involucran roles domésticos y de género.

## Conclusiones

Las UPL de tipo familiar son económica y socialmente sustentables porque son un elemento importante en el desarrollo rural local debido a que brindan una fuente de empleo a las familias, les permite obtener ingresos económicos y en especie que les permite mejorar su calidad de vida.

Las UPL de tipo familiar son adaptables y flexibles, estas características les han permitido subsistir a través del tiempo, sin embargo, existen diversos problemas que han generado un estancamiento en su desarrollo, escasos accesos a créditos para la inversión, incremento en los precios de insumos, escasos de agua e imposición del precio de venta por parte de los intermediarios.

El punto de equilibrio es alcanzado con 5 vacas con una producción de 15 litros (vaca/día) y su rentabilidad es de 1.10 por litro comercializado, sin embargo, los ingresos por venta de otros productos genera liquidez económica para hacer frente a adversidades económicas. Así mismo, la integración de MOF en los sistemas productivos de tipo familiar permite abatir costos e incrementar la rentabilidad de las UPL.

Los requerimientos de consumo de agua en ganado lechero de tipo familiar en el área de estudio fueron de 85.57 litros (cabeza/día) con un rendimiento de 15 litros (cabeza/día) y un promedio de 5.70 litros de agua por cada litro de leche producido; de acuerdo a lo registrado en estudios de similares, estas fincas poseen una buena eficiencia en el aprovechamiento del recurso hídrico.

El cálculo de la Huella Hídrica empleando modelos matemáticos para determinar los requerimientos de consumo de agua en los sistemas de producción ganadera de tipo familiar es una herramienta útil, confiable y de bajo costo para gestionar el consumo de agua en la producción de leche, sin embargo, es importante contar con datos de calidad a nivel UPL para su gestión, mitigación y para incrementar su eficiencia productiva.

Se requiere implementar medios de capacitación para los productores, sobre todo enfocados en el correcto registro y manejo del hato ganadero, de tal manera que, este nuevo conocimiento forme parte de la transferencia de los activos hacia los hijos, para lograr en el futuro sistemas productivos adaptados a las nuevas condiciones del mercado.

## Bibliografía

- Allen, R. G. (2006). Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos (56). Food & Agriculture Org.
- Álvarez Fuentes, G. (2001). *Rentabilidad y calidad de la alimentación de granjas lecheras en pequeña escala en el valle de México* (Tesis de maestría). Colegio de Postgraduados, Estado de México.
- Álvarez Fuentes, G.; Herrera Haro, J.G.; Barcena Gama, R.; Martínez Castañeda, F.E.; Hernández Garay, A.; y Pérez Pérez, J. (2004). Calidad de la alimentación y rentabilidad de granjas lecheras familiares del sur del valle de México. *Archivos de Zootecnia*, 53(201), 103-106. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/495/49520113.pdf>
- Augustin, M. A., Udabage, P., Juliano, P., & Clarke, P. T. (2013). Towards a more sustainable dairy industry: Integration across the farm–factory interface and the dairy factory of the future. *International Dairy Journal*, 31(1), 2-11.
- Bacab-Pérez, H. M., y Solorio-Sánchez, F. J. (2011). Oferta y consumo de forraje y producción de leche en ganado de doble propósito manejado en sistemas silvopastoriles en Tepalcatepec, Michoacán. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 13(3).
- Barsky, A. (2005). El periurbano productivo, un espacio en constante transformación. Introducción al estado del debate, con referencias al caso de Buenos Aires. *Scripta Nova*, 9(194), 36. Recuperado de [http://pdfhumanidades.com/sites/default/files/apuntes/Barsky\\_Periurbano%20productivo.pdf](http://pdfhumanidades.com/sites/default/files/apuntes/Barsky_Periurbano%20productivo.pdf)
- Carrera, D. G., & Mack, A. (2010). Sustainability assessment of energy technologies via social indicators: Results of a survey among European energy experts. *Energy policy*, 38(2), 1030-1039.

- Carvajal-Hernández, M., Valencia-Heredia, E. R., & Segura-Correa, J. C. (2002). Duración de la lactancia y producción de leche de vacas Holstein en el estado de Yucatán, México. *Revista Biomedica*, 13(1), 25-31.
- Cesín V.A., Aliphath F.M., Ramírez V.B., Herrera H.J.G., y Martínez C.D. 2007. Ganadería lechera familiar y producción de queso. Estudio en tres comunidades del municipio de Tetlatlahuca en el estado de Tlaxcala, México. *Técnica Pecuaria en México*, 45 (1): 61-67. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61345105> [29 de noviembre de 2017].
- Cesín-Vargas, A. (2014). La leche y los quesos artesanales en México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 11(2), 243-248.
- Chilibroste, P. (1998). Fuentes comunes de error en la alimentación del ganado lechero en pastoreo: Predicción del consumo. *Facultad de Agronomía. EEMAC. Paysandú*. 18p.
- CONAC (2012). *Consejo Nacional de Amortización Contable*. Parámetros de estimación de vida útil. Disponible en: <http://www.conac.gob.mx/>
- Cuevas Villegas, C. F. (2001). Medición del desempeño: retorno sobre inversión, ROI; ingreso residual, IR; valor económico agregado, EVA; análisis comparado. *Estudios Gerenciales*, 17(79), 13-22.
- De Wit, J., Oldenbroek, J. K., Van Keulen, H., & Zwart, D. (1995). Criteria for sustainable livestock production: a proposal for implementation. *Agriculture, ecosystems & environment*, 53(3), 219-229.
- Dlouhá, J., et al. (2013). Social learning indicators in sustainability- oriented regional learning networks. *Journal of Cleaner Production*, 49, 64-73.
- DOF (2012). *Diario oficial de la federación*. Parámetros de estimación de vida útil. Recuperado de: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5264340&fecha=15/08/2012](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5264340&fecha=15/08/2012)
- Domínguez, R. R. P., Martínez, J. A. S., Jordán, C. M. A., Castañeda, F. E. M., Juárez, N. C., Fuentes, G. Á., y Haro, J. H. (2014). Análisis de costos y estrategias

productivas en la lechería de pequeña escala en el periodo 2000–2012. *Contaduría y administración*, 59(2), 253-275.

Escoto, F. C., y Vargas, A. C. (2017). La pequeña lechería rural o urbana en México, y su papel en el amortiguamiento de la pobreza. *Revista Unellez de Ciencia y Tecnología*, 25, 72-85.

Espinosa García, J. A., Wiggins, S., González Orozco, A. T., y Aguilar Barradas, U. (2004). Sustentabilidad económica a nivel de empresa: aplicación a unidades familiares de producción de leche en México. *Técnica pecuaria en México*, 42(1), 55-70.

Espinosa Ortiz, V. E., Rivera Herrejón, G., y García Hernández, L. A. (2008). Los canales y márgenes de comercialización de la leche cruda producida en sistema familiar (estudio de caso). *Veterinaria México*, 39(1), 1-16.

Fadul Pacheco, L. (2011). *Evaluación de la sustentabilidad en sistemas de producción de leche en pequeña escala en el noroeste del estado de México en época de lluvias* (Tesis Doctoral). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México.

FAO (2000). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Mejorando la nutrición a través de huertos y granjas familiares. Manual de capacitación para trabajadores de campo en América Latina y el Caribe. Roma. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/V5290S/v5290s00.htm#TopOfPage>

FAO (2012). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Marco estratégico de mediano plazo de cooperación de la FAO en agricultura familiar en América Latina y El Caribe 2012-2015. Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/019/as169s/as169s.pdf>

- FAO (2012). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Earthscan. 2011. The state of the world's land and water resources for food and agriculture
- FAO (2016). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Carne, pescado, huevos, leche y productos derivados. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/006/W0073S/w0073s0x.htm>
- FAO (2017). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Producción y productos lácteos. Recuperado de: <http://www.fao.org/agriculture/dairy-gateway/leche-y-productos-lacteos/es/#.WUxAKIWGPIV>
- FAO (2017). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Producción y productos lácteos. Sistemas de producción y organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de: <http://www.fao.org/agriculture/dairy-gateway/produccion-lechera/sistemas-de-produccion/es/#.WdJYAluCzIU>
- Foladori, G. (2002). Avances y límites de la sustentabilidad social. *Economía, sociedad y territorio*, 3(12), 621-637. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/111/11112307.pdf>
- Francis, C. A., Flora, C. B., & King, L. D. (Eds.). (1990). *Sustainable agriculture in temperate zones*. John Wiley & Sons.
- Fuenmayor, J., y Paz, J. (2006). Desarrollo sustentable y sostenible a partir del proceso de descentralización en Venezuela: El caso de la Gobernación del Estado Carabobo. *Revista Venezolana de Gerencia*, 11(35), 420-452.
- Fuentes, G. Á., Haro, J. H., Gama, R. B., Castañeda, F. M., Garay, A. H., & Pérez, J. P. (2004). Calidad de la alimentación y rentabilidad de granjas lecheras familiares del sur del valle de México. *Archivos de zootecnia*, 53(201), 103-106.

- Grubbström, A., & Sooväli-Sepping, H. (2012). Estonian family farms in transition: a study of intangible assets and gender issues in generational succession. *Journal of Historical Geography*, 38(3), 329-339.
- Hansen, J. W. (1996). Is agricultural sustainability a useful concept?. *Agricultural systems*, 50(2), 117-143.
- Hoekstra, A. Y. (2012). The hidden water resource use behind meat and dairy. *Animal Frontiers*, 2(2), 3-8.
- Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M. & Mekonnen, M.M. (2011). *The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard*, Earthscan. London, UK. 224pages.
- Hugo, B. R. (2006). *Indicadores Financieros*. Ediciones Umbral, México.
- INAFED (2016). *Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal*. En: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM24sanluispotosi/index.html>
- INEGI (2015). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*, Catálogo de claves de entidades federativas, municipios y localidades. Disponible en:<http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/contenido.aspx?refnac=240280001>
- Jurgens, M. H. (2012). *Animal feeding and nutrition*. Kendall Hunt Publishing Company. 630 p.
- Karami, E., & Mansoorabadi, A. (2008). Sustainable agricultural attitudes and behaviors: a gender analysis of Iranian farmers. *Environment, development and sustainability*, 10(6), 883-898.
- Landais, É. (1998). Agriculture durable: les fondements d'un nouveau contrat social?. *Le Courrier de l'environnement de l'INRA*, 33(33), 5-22.
- Masera, O. (2000). *Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: el marco de evaluación MESMIS* (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma de Nayarit, México.

- Mendieta, G. (2015). Informantes y muestreo en investigación cualitativa. *Investigaciones Andina* 17(30), 1148-1150. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/2390/239035878001>
- Montemayor, P. S. (1984). *Historia de la ganadería en México* (Vol. 1). UNAM.
- Pinto-Correia, T. Almeida M. & González C. (2017). Transition from production to lifestyle farming: new management arrangements in Portuguese small farms. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 13(2), 136-146.
- Polimeni, R. S., y Lopetegui, G. E. R. (1994). *Contabilidad de costos*. McGraw-Hill.
- Posadas-Domínguez, R. R., Arriaga-Jordán, C. M., & Martínez-Castañeda, F. E. (2014). Contribution of family labour to the profitability and competitiveness of small-scale dairy production systems in central Mexico. *Tropical animal health and production*, 46(1), 235-240.
- Rasul, G., & Thapa, G. B. (2004). Sustainability of ecological and conventional agricultural systems in Bangladesh: an assessment based on environmental, economic and social perspectives. *Agricultural systems*, 79(3), 327-351.
- Revéret, J. P., Couture, J. M., & Parent, J. (2015). Socioeconomic LCA of milk production in Canada. In *Social Life Cycle Assessment* (pp. 25-69). Springer, Singapore.
- Reyes, E. (2005). *Contabilidad de costos/Cost Accounting. Vol. 2*. Editorial Limusa, México.
- Ríos, N., Lanuza, E., Gámez, B., Montoya, A., Díaz, A., Sepúlveda, C., & Ibrahim, M. (2013). Cálculo de la huella hídrica para producir un litro de leche en fincas ganaderas en Jinotega y Matiguás, Nicaragua. VII Congreso Latinoamericano de Sistemas Agroforestales para la producción pecuaria sustentable.
- Ruiz-Torres, M. E., Moctezuma-Pérez, S., Arriaga-Jordán, C. M., & Martínez-Castañeda, F. E. (2017). Espacios productivos y roles domésticos en granjas

de leche en pequeña escala en México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 14(3), 367-381.

SAGARPA (2000). *Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación*. Situación actual y perspectiva de la producción de leche de ganado bovino en México 1990 – 2000.

SAGARPA (2009). *Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación*. *Diseño de Estrategias de Mercado, Logísticas y de Adecuación de Productos para la Integración de la Alfalfa Mexicana en el Comercio Global de Forrajes*.

SAGARPA (2011). *Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación*. San Luis Potosí, Panorama Agroalimentario y Pesquero 2011. Disponible en: <http://www.campopotosino.gob.mx/docs/Panorama%20Agroalimentario%20SLP.pdf>

SAGARPA (2014). *Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación*. Sistema de producción de leche en granjas familiares. Fichas técnicas sobre actividades agrícolas, pecuarias y de traspatio. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Publicaciones/Paginas/FichasTecnicasAgricultoras.aspx>

SAGARPA (2016). *Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación*. Panorama de la leche en Mexico, diciembre 2016. Servicio de información agroalimentaria y pesquera (SIAP). Disponible en: [http://infosiap.siap.gob.mx/opt/boletlech/Brochure%20leche\\_Diciembre2016.pdf](http://infosiap.siap.gob.mx/opt/boletlech/Brochure%20leche_Diciembre2016.pdf)

SAGARPA. *Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación*. San Luis Potosí, Panorama Agroalimentario y Pesquero 2011. Disponible en:

<http://www.campopotosino.gob.mx/docs/Panorama%20Agroalimentario%20SLP.pdf>

Sánchez, J. M., y Soto, H. (1996). Estimación de la calidad nutricional de los forrajes del cantón de San Carlos. I. Materia seca y componentes celulares. *Revista Nutrición Animal Tropical*, 3(1), 3-18.

Santos- Barrios, L., Ruíz-Torres M. E., Sánchez, E., Perea-Peña, M., y Martínez-Castañeda, F. E. (2013). Los cerdos y la cultura. Patrones socioculturales involucrados en la cría de cerdo a pequeña escala en el Estado de México. Citado en Cavalloti, Beatriz *et al* [comps.], La ganadería en la Seguridad Alimentaria de las familias campesinas, México: UACH.

SE (2012). *Secretaría de Economía*. Análisis del sector lácteo en México. Disponible en:

[http://www.economia.gob.mx/files/comunidad\\_negocios/industria\\_comercio/informacionSectorial/analisis\\_sector\\_lacteo.pdf](http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/analisis_sector_lacteo.pdf).

SE (2012). *Secretaría de Economía*. Análisis del sector lácteo en México. Dirección General de Industrias Básicas. Disponible en: [http://www.economia.gob.mx/files/comunidad\\_negocios/industria\\_comercio/informacionSectorial/analisis\\_sector\\_lacteo.pdf](http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/analisis_sector_lacteo.pdf)

SIAP (2015). *Servicio de información agroalimentaria y pesquera*. Panorama de la lechería en México.

SIAP (2016). *Servicio de información agroalimentaria y pesquera*. Boletín de leche abril-junio 2016. Disponible en: [http://infosiap.siap.gob.mx/opt/boletlech/B\\_de\\_Leche\\_abril-junio\\_2016%20.pdf](http://infosiap.siap.gob.mx/opt/boletlech/B_de_Leche_abril-junio_2016%20.pdf)

SIAP (2017). *Servicio de información agroalimentaria y pesquera*. Boletín de leche de bovino enero-marzo 2017. Disponible en: [http://infosiap.siap.gob.mx/opt/boletlech/Boletin\\_Leche\\_enero-marzo\\_2017.pdf](http://infosiap.siap.gob.mx/opt/boletlech/Boletin_Leche_enero-marzo_2017.pdf)

SIAP (2017). *Servicio de información agroalimentaria y pesquera. Panorama de la lechería en México.* Disponible en: [http://infosiap.siap.gob.mx/opt/boletlech/B\\_leche\\_%20junio2017.pdf](http://infosiap.siap.gob.mx/opt/boletlech/B_leche_%20junio2017.pdf)

Steel, R. G., & Torrie, J. H. (1986). *Principles and procedures of statistics: a biometrical approach.* McGraw-Hill.

Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., & De Haan, C. (2009). *La larga sombra del ganado: Problemas ambientales y opciones.* FAO, Roma.

Stroorvogel J. J., Antle J. M., Crissman C. C. & Bowen W. (2004): The tradeoff analysis model: integrated bio-physical and economic modeling of agricultural production systems. *Agricultural Systems*, 80(1), 43-66.

Tapia, Z., Pérez, L., Márquez, O., Espinosa, E., y Castillo, D. (2010). Sustentabilidad socioeconómica de leche en pequeña escala: estudio de caso el municipio de Amecameca de Juárez, Estado de México, citado en: Cavalloti, *Beatriz et al.* [comps.], Los grandes retos para la ganadería: hambre, pobreza y crisis ambiental, México: UACH.

Vallance, S., Perkins, H. C., & Dixon, J. E. (2011). What is social sustainability? A clarification of concepts. *Geoforum*, 42(3), 342-348.

Voydanoff, P. P. (1987). *Work and family life.* Family studies text series. 6.

Wadsworth, J. (1997). *Análisis de sistemas de producción animal: las herramientas básicas.* Estudio FAO Producción y sanidad animal 140/2.

Zahm, F., Viaux, P., Vilain, L., Girardin, P., & Mouchet, C. (2008). Assessing farm sustainability with the IDEA method—from the concept of agriculture sustainability to case studies on farms. *Sustainable development*, 16(4), 271-281.