



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN
PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
UNIDAD MICHOACÁN**



**EFFECTO DEL NOPAL (*Opuntia-ficus-indica*) EN LA DIETA DE GANADO LECHERO
SOBRE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LECHE CRUDA EN LA REGIÓN
CIÉNEGA DE CHAPALA**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS EN:
PRODUCCIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE**

PRESENTA

ALEJANDRO MORENO GARCIA

DIRECTORES DE TESIS:

DR. GUILLERMO HERRERA ARREOLA
M.C. MARIO CARRION GUTIERREZ

ASESORES:

DRA. ROSA ELENA PÉREZ SÁNCHEZ
DRA. DIOSELINA ÁLVAREZ BERNAL

Jiquilpan, Michoacán, México. Febrero de 2012



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de Jiquilpan, Mich; siendo las 13:00 horas del día 24 del mes de Enero del 2012 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CIIDIR – MICH. para examinar la tesis titulada:

“Efecto del nopal (Opuntia-ficus-indica) en la dieta de ganado lechero sobre la producción y calidad de leche cruda en la región Ciénaga de Chapala”.

Presentada por el alumno:

MORENO

Apellido paterno

GARCÍA

Apellido materno

ALEJANDRO

Nombre(s)

Con registro:

B	0	9	1	4	0	0
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de:

Maestría en Ciencias en Producción Agrícola Sustentable

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

Directores de tesis

DR. GUILLERMO HERRERA
ARREOLA

M.C. MARIO CARRIÓN GUTIÉRREZ

DRA. DIOSELINA ÁLVAREZ-BERNAL

DRA. ROSA ELENA PÉREZ
SÁNCHEZ

M.C. REBECA FLORES MAGALLÓN



SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA
Instituto Politécnico Nacional
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE
INVESTIGACIÓN PARA EL
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
CIIDIR - IPN - U. MICH.

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE
PROFESORES

DR. GUILLERMO HERRERA ARREOLA

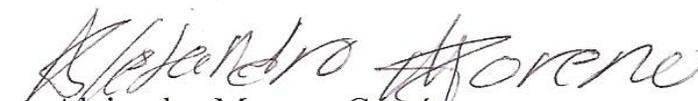


INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de Jiquilpan de Juárez Michoacán el día 31 del mes Enero el año 2012 el (la) que suscribe Alejandro Moreno García alumno (a) del Programa de Maestría en Ciencias en Producción Agrícola Sustentable con número de registro B091400, adscrito a CIIDIR IPN Unidad Michoacán, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de Dr. Guillermo Herrera Arreola y cede los derechos del trabajo intitulado Efecto del Nopal (*Opuntia-ficus-indica*) en la Dieta de Ganado sobre la Producción y Calidad de Leche Cruda en la Región Ciénega de Chapala, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección moreno1985_3@hotmail.com, gherrera_a@yahoo.com.mx Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.


Alejandro Moreno García

Nombre y firma

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. JUSTIFICACIÓN.....	14
3. HIPÓTESIS	15
3.1 Hipótesis para la caracterización del sistema familiar	15
3.2 Hipótesis sobre el efecto del nopal como complemento en la dieta de bovinos.....	15
4. OBJETIVOS.....	16
4.1 Objetivo general para la caracterización del sistema.....	16
4.2 Objetivo general para el efecto del nopal como complemento en la dieta de bovinos	16
4.3 Objetivos particulares	16
5. MATERIAL Y MÉTODOS	17
5.1 Animales:	17
5.2 Superficie Agrícola:	17
5.3 Caracterización y Modelación del Sistema (SFBPL).....	17
5.4 Análisis del efecto de la complementación del nopal (<i>Opuntia ficus-indica</i>) en la dieta de los bovinos sobre la producción y calidad de la leche cruda:	19
5.5 Análisis bacteriológico de la leche cruda (LC):	20
5.6 Análisis físico-químico de la leche cruda:	21
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
6.1 CARACTERIZACIÓN Y MODELACIÓN DEL SISTEMA FAMILIAR BOVINOS PRODUCTORES DE LECHE.....	22
6.1.1 Modelación de caja negra del sistema:	22
6.1.2 Conceptualización de los componentes que comprenden un sistema familiar bovinos productores de leche en la región Ciénega de Chapala	28
6.1.2.1 Componente agrícola del SFBPL	29
6.1.2.2 Componente Animal del SFBPL:	30
6.1.2.3 Componente Tecnológico para la Producción Animal del SFBPL:	36
6.1.3 Salidas del sistema SFBPL.....	37
6.1.4 Consideraciones generales sobre el sistema:	39

6.2 EFECTO DEL NOPAL (<i>OPUNTIA FICUS-INDICA</i>) SOBRE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LECHE EN ÉPOCA DE ESTIAJE.....	39
6.2.1 Efecto del nopal (<i>opuntia ficus-indica</i>) sobre la producción de leche en época	39
6.2.2 Efecto del nopal sobre la calidad microbiana de leche cruda en época de estiaje.....	42
6.3 EFECTO DE LA MASTITIS SUBCLÍNICA SOBRE LA PRODUCCIÓN DE LA LECHE.....	45
6.4 EFECTO DEL NOPAL SOBRE LA CALIDAD FÍSICA Y QUÍMICA DE LECHE CRUDA EN ÉPOCA DE ESTIAJE.....	46
7. CONCLUSIONES.....	48
8. BIBLIOGRAFÍA.....	49

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Taxonomía del genero <i>Opuntia</i>	5
Cuadro 2. Análisis bromatológico de géneros, especies y variedades de <i>Opuntia</i>	7
Cuadro 3.	24
Matriz para la determinación de fortalezas y debilidades de los principales elementos de la estructura y manejo del hato del sistema de bovinos de leche a escala familiar.	24
Cuadro 4.	26
Matriz para la determinación de fortalezas y debilidades de los principales elementos del factor humano y económico del sistema familiar bovinos productores de leche.	26
Cuadro 5.	28
Matriz para la determinación de fortalezas y debilidades de los principales elementos Agrícolas del sistema familiar bovinos productores de leche.	28
Cuadro 6.	31
Producción en kg. de leche, % de vacas, y turno de ordeña, y total/día.	31
Cuadro 7.	32
Estructura de partos del hato y producción láctea del SFBPL en la región Ciénega de Chapala, México.	32
Cuadro 8. Parámetros ideales para vacas Holstein	36
Cuadro 9.	37
Estimación del costo de producción (kg de leche) e ingreso por día del SFBPL en la Región Ciénega de Chapala, México.....	37
Cuadro 10.	40
Medias de mínimos cuadrados para producción de leche de acuerdo al grupo, época y periodo de lactación.	40
Cuadro 11.	42
Medias de mínimos cuadrados para Mesófitas aerobias (UFC/ml) en leche cruda de acuerdo al Grupo, periodo y época tratamiento	42
Cuadro 12.	47
Medias de mínimos cuadrados en calidad físico-química de leche cruda de acuerdo a tratamiento.	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	23
Modelo de caja negra para esquematizar el sistema familiar de bovinos productores de leche (SFBPL) en la región Ciénega de Chapala, México.	23
Figura 2.	30
Modelo esquemático del sistema familiar bovinos productores de leche (SFBPL) en la región Ciénega de Chapala, México.	30

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1.	34
Curva de lactación ajustada a 305 días en el SFBPL en la región Ciénega de Chapala, México.	34
Gráfica 2.	35
Producción de leche (kg/ semana) SFBPL en la región Ciénega de Chapala, México.	35
Gráfica 3.	41
Producción láctea (medias de mínimos cuadrados) G1 sin complementación de nopal y G2 complementadas con nopal de acuerdo al periodo de lactación y a la época del año.	41
Gráfica 4. Porcentaje de mastitis de acuerdo al grupo y al periodo.	43
Gráfica 5.	46
Producción de leche de acuerdo a presencia de mastitis por grupo.	46

AGRADECIMIENTOS

Al INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL por haberme dado la oportunidad de formar parte de la institución, además de otorgarme las herramientas necesarias durante el tiempo de mi preparación académica, del mismo modo el apoyo de las becas institucional, PIFI y de movilidad para concluir los objetivos del trabajo de investigación.

A mis directores y asesores de tesis Dr. Guillermo Herrera Arreola, M.C. Mario Carrón Gutiérrez, Dra. Rosa Elena Pérez Sánchez y Dra. Dioselina Álvarez Bernal, por brindarme sus conocimientos para la conclusión de mis estudios.

A mi amigo, profesor y asesor Ruy Ortiz por todo su tiempo, ayuda y conocimientos brindados, por tener la paciencia para soportar las aberraciones realizadas, mil gracias no hay precio que cubra los conocimientos otorgados.

A mis padres Mario Moreno y María Luisa García por darme la vida, fuerza y amor cuando lo necesite, gracias les doy de corazón.

A mis hermanos Guadalupe, Mario, Luis Adrian y Karina Moreno por su cariño y amor además de ser mis mejores amigos, gracias.

A mi novia Maribel por su cariño y amor cuando lo necesite estando presente todo este tiempo.

A mi tío Martin Moreno, por contar con su apoyo y confianza.

A mis amigos (Hugo Barrera, Hugo Salazar, Pedro Alcántara, Gildardo García, Edgar Mora, Alejandro Guzmán, Rebeca Flores, Minerva Núñez) por estar ellos cuando lo necesite durante todo este tiempo.

A mis amigas las secretarias (Guadalupe Arce y Beky) por su gran labor en el CIIDIR-IPN-MICH. y ayuda otorgada todo este tiempo.

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue establecer el efecto de la complementación del nopal (*Opuntia Ficus-indica*) en la dieta del ganado bovino lechero sobre la producción y calidad de leche en un sistema de lechería familiar. La investigación se realizó en un sistema familiar bovinos productores de leche (SFBPL), localizado en la comunidad de Abadiano, Municipio de Jiquilpan, Michoacán, México. El sistema contaba con un inventario de 25 vacas (Holstein) en producción. La alimentación del ganado se basa principalmente en esquilmos agrícolas, pasto nativo y concentrado (20% de PC). Para establecer el efecto de la complementación con nopal en la dieta de los bovinos productores de leche, primeramente se caracterizó y modeló esquemáticamente al SFBPL. Para ello, se recopiló información sobre los aspectos técnicos y productivos que determinan el funcionamiento del sistema; incluyendo, los antecedentes generales de la explotación. Para el análisis de la producción y calidad (microbiológica y físico-química) de la leche, proveniente de vacas alimentadas con nopal, se utilizaron 12 de 25 vacas inventariadas en el sistema; con 1 a 6 partos. Estas vacas fueron divididas en dos grupos (G); G1 (n=6), grupo con alimentación convencional del sistema: esquilmos agrícolas, 7 kg/vaca/día; pasto nativo, *ad libitum* y concentrado (20% de PC), 5 kg/vaca/día. G2 (n=6), grupo sometido a una dieta complementada con nopal: 7 kg/vaca/día; pasto nativo, *ad libitum*, concentrado (20% de PC), 5 kg/vaca/día y nopal, 12 kg/vaca/día. Esta dieta fue suministrada durante 90 días (inicio del estiaje). La producción de leche (PL) se midió, en ambos grupos, cada 7 días por un período de 180 días (fin de la época de lluvias e inicio de la época de estiaje). El análisis estadístico para la PL se realizó mediante los Modelos de Efectos Fijos con mediciones repetidas. Para el análisis bacteriológico de la leche cruda (LC), se muestreo cada 7 días (n=24 muestras/Grupo). Cada muestra se preparó para su análisis bajo los criterios de la NOM-092-SSA1-1994 y NOM-113-SSA1-1994 y se determinó las UFC/ml de bacterias mesófilas aerobias y organismos coliformes totales. El análisis estadístico para las UFC/ml fue a través de Modelos Lineales Generalizados (GLM). Para la determinación de calidad físico-química de LC se utilizaron 24 muestras/Grupo en las cuales se determinó: proteína, grasa, sólidos no grasos y acidez. El análisis estadístico para la calidad físico-química de LC fue mediante GLM. En la caracterización del SFBPL se encontró ineficiencia en la PL: 3,416 kg de leche en 305 días ($P < 0.05$), ausencia de elementos administrativos y nula asimilación de tecnología. Se encontró efecto de la dieta complementada con nopal ($P < 0.001$): 10.289 y 11.345 kg/vaca/día, para G1 y G2, respectivamente; promedios estadísticamente diferentes ($P < 0.05$). En lo referente a la UFC/ml de mesófilas aerobias se encontró 4.081 ± 0.131 en G1 y en G2, 3.901 ± 0.110 ; promedios estadísticamente iguales ($P > 0.05$). Para coliformes totales, el promedio para G1 fue de 3.625 ± 0.110 y para G2, 3.373 ± 0.110 UFC/ml; promedios estadísticamente iguales ($P > 0.05$). Se encontró que la calidad físico-química de LC fue diferente ($P < 0.05$) en ambos grupos: los valores fueron; 3.24 y 3.13% de proteína, para G1 y G2, respectivamente; grasa 3.69 y 3.32%, para G1 y G2, respectivamente; sólidos no grasos 8.64% en G1 y 8.38% para G2. Se concluye que el SFBPL no cuenta con prácticas para la salud de la ubre, lo que genera mastitis y disminución en productividad y calidad de LC. Aun así, el uso de nopal (*Opuntia-ficus-indica*) como complemento de la dieta de bovinos productores de leche aumenta la PL, pero no modifica las cuentas bacterianas (mesófilas aerobias y Coliformes totales), sin embargo, si disminuye la cantidad (%) de los valores físico-químicos de LC, pero estos se encuentra dentro de lo establecido por la norma oficial mexicana. Por lo que para aspectos de PL el uso de nopal como complemento en la dieta es una alternativa forrajera en época de estiaje.

ABSTRACT

The aim of this work was to establish the complementation of the nopal (*Opuntia ficus-indica*) in the diet of bovine cattle over the production and quality of the milk in a familiar milking system. The investigation was made in a dairy cattle family system (DCFS) found in the community of Abadiano, Municipio de Jiquilpan, Michoacán, Mexico. The system counted with 25 cows (Holstein) in production. The diet of the bovine cattle is based in waste of agriculture production, grass and concentrated (20% of PC), schematic characterization and modeling this system was used to establish the effect of the milking bovine cattle diet complementation with the nopal. We obtain information about techniques and productivity aspects that determine the performance of system, including general antecedents about exploitation. For production and quality analysis (microbiological and physical-chemical) of milk from cows with nopal in the diet, we use 12 of 25 inventoried cows in the system, with one to six births. The cows was divided in two groups (G), G1 (n=6), group with conventional diet Agriculture wastes) 7kg/cow/day, native grass, *ad libitum* and concentrated (20% of PC), 5kg/cow/day. G2 (n=6), group with nopal complementation: 7 kg/cow/day, native grass *ad libitum*, concentrated (20% of PC), 5kg/cow/day and nopal 12 kg/cow/day. This diet was used for 90 days (onset of drought). Milk production was measurement in both groups every seven days for 180 days (end of rainy season and onset of drought). Statistic analysis for PL it done with fixed effects models with repeated measures. Bacteriologic analysis of raw milk (RM), we sampling every seven days (n= 24 samples/group) each sample was prepared for the criteria of NOM-110 SSA and NOM-113-SSA and we determine the Unit former colonies (UFC/ml) of aerobic mesophilic and total coliforms bacteria. Statistic analysis for UFC/ml and physical-chemical of raw milk was for general liners models (GLM). 24 samples/group for physical-chemical of raw milk we used for analyze protein, fat, non-fat solids and acidity. Characterization of system result in an efficiency in the milk production (MP) 3,416 kg of milk in 305 days ($P < 0.05$), absence management elements and non technological assimilation. We find an effect of complementation diet with nopal ($P < 0.01$): 10.289 and 11.345 kg/cow/day, for G1 and G2, respectively, means are different significant ($P < 0.05$). Aerobic mesophilic bacteria (UFC/ml) we found 4.081 ± 0.131 in G1 and G2, 3.901 ± 0.110 , means are equal ($P > 0.05$), total coliforms the mean for G1 was 3.625 ± 0.110 and G2 3.373 ± 0.110 UFC/ml; means are no significant ($P > 0.05$). Physical-chemical quality of RM was different ($P < 0.05$) in both groups, values was 3.24 y 3.13 % for protein, for G1 and G2 respectively, fat 3.69 and 3.32% for G1 and G2 respectively; non fat solids 8.64% G1 and 8.38% for G2. We conclude DCFS do not have practices for udder health, which cause mastitis and decrease productivity and quality of RM. The use of nopal (*Opuntia-ficus-indica*) as complementation of bovine cattle milking producers increase the MP, nevertheless, it do not modified bacteria counter (aerobic mesophilic and total coliforms), furthermore, decreases quantity of values for physical-chemical of RM but in the official standard values. Nopal would be an alternative in diet as complementation during dry season.

1. INTRODUCCIÓN

El sistema de producción familiar se encuentra presente en la mayor parte del territorio nacional. En este sistema la explotación del ganado está condicionada a pequeñas superficies de terreno, en donde se ubican por lo general las viviendas de los productores y sus familias, por lo que también se le denomina “sistema de traspatio”. Las unidades de producción pueden ser de tipo estabulado o semi-estabulado, de acuerdo con las condiciones del campo de cultivo (SAGARPA, 2000; Molina, 2006). El nivel tecnológico en el sistema familiar es rudimentario y no proporcionan confort a los animales. Además, los productores no realizan prácticas reproductivas, de medicina preventiva o mejoramiento genético, carecen de registros para el control y manipulación de los eventos reproductivos y productivos (SAGARPA, 2004). Las unidades de producción son manejadas en promedio por familias de cinco miembros (Jiménez *et al.*, 2008).

La alimentación en el sistema familiar se basa en el pastoreo o en el suministro de forrajes y esquilmos provenientes de los cultivos que produce el mismo productor en su unidad de producción agrícola (SAGARPA 2004; Molina, 2006). No obstante, Jiménez *et al.* (2008) encontró que la alimentación de la vacas en producción varía con la época del año y con el sistema de confinamiento; el 63% mantienen su ganado semi-estabulado y el resto en estabulación total. En relación a la época de lluvias (mayo - septiembre), la alimentación se basa en alimento balanceado, maíz (*Zea mays*), salvado, rastrojo de maíz o sorgo (*Sorghum vulgare*), complementado con el pastoreo de gramas nativas, forrajes verdes como alfalfa (*medicago sativa*), bállico anual (*rye grass*) y trébol (*Trifolium spp*). Mientras que en la época de secas o estiaje (octubre-abril), el alimento se basa en esquilmos agrícolas (rastrojo de maíz o sorgo), pacas de avena y avena molida; esto en el mejor de los casos y de acuerdo a los ingresos del productor (Molina, 2006).

Los hatos en el sistema familiar están conformados de 2 a 20 vacas, los cuales presentan de 1 a 12 vacas en producción; el genotipo utilizado en este tipo de sistemas es principalmente un híbrido originado de las razas Holstein y Pardo Suizo (Sánchez y Sánchez, 2005). Lo que tal vez determine los rendimientos promedio/vaca/hato; mismos que oscilan en 9 litros, producción que se acerca al promedio nacional. Este tipo de sistemas contribuyó en el año 2000 con el 30% de la producción total de leche y estaba conformado por solo el 23% de los vientres inventariados a nivel nacional (García *et al.*, 2005). Sin embargo, para el 2004 el sistema familiar solo contribuyó con el 9.8% del total de la leche producida en el país; en comparación con el sistema semi-especializado y el especializado mismos que aportaron 21.3 y 50.6% del total de la producción (SAGARPA, 2004).

En los últimos años se ha observado una tendencia en la disminución de la producción lechera familiar en el país, cuyas causas incluyen: problemas en la tenencia de la tierra, políticas de fomento hacia el productor, altos costos de producción, baja calidad de la leche (García *et al.*, 2005; Espinoza *et al.*, 2002) y poca integración a las cadenas productivas. El conjunto de estos factores, asociados a la concentración y centralización de la producción a gran escala, limitan la participación de la producción familiar en los sectores comerciales, por lo que en el mejor de los casos estos quedan relegados al comercio local, donde desarrollan la actividad y encuentran un mercado para su producto (García *et al.*, 2005). Aun y cuando las evidencias apuntan a una menor participación de los sistemas familiares en la producción de leche, existe un total de 62,545 familias que se dedican a la ganadería en Michoacán, aprovechando 2'451,855 hectáreas, lo que equivale a 2.9 veces la superficie ocupada por la agricultura en el estado. Donde el tamaño promedio de las unidades de producción es de 47.5 hectáreas con un tamaño medio de hato de 26 cabezas. Por su parte en la ciénega de Chapala, existen 5,636 productores, que representan el 9% de dicha actividad (Sánchez y Sánchez, 2005).

En Michoacán no solo se ha cuantificado a la ganadería, también se ha analizado la capacidad de los ganaderos del estado para adaptar sus sistemas de producción a la gran diversidad fisiográfica y climática; por ejemplo, existen zonas donde no existe vocación agrícola para el éxito de la ganadería, para la producción de leche, como sería el caso de Tierra Caliente, región en la cual prevalecen los sistemas de producción de doble propósito. Caso contrario es la región de la Ciénega de Chapala, cuyas condiciones climáticas han permitido la formación de una cuenca de lechería “familiar”. De aquí que la eficiencia de la ganadería no solo radica en su número y adaptabilidad a las diversas zonas geográficas, sino también por ser la actividad que genera más empleos permanentes en el sector agropecuario en el estado, pues genera el equivalente al 8.6% de empleos fijos, lo que equivale al 37.3% de la población económicamente activa del sector primario del estado (INEGI, 2005).

Todas las características referidas en los párrafos anteriores determinan que los sistemas de lechería familiar responden, de forma general, a la estructura socioeconómica de las zonas rurales del país. Por ello, aprovechan los recursos de familias campesinas: mano de obra de tipo familiar, esquilmos agrícolas producto de sus parcelas, uso de pastos nativos y, en menor medida, insumos comerciales para la alimentación del ganado; No obstante, en lo referente a la alimentación del ganado, se ha reportado que existe una proporción baja de sistemas que cuentan con pastos mejorados, como parte de las estrategias de alimentación del ganado. Tal como ocurre en la “Ciénega de Chápala”; pero ello solo se presenta en el 7% de las unidades productivas a nivel familiar, en contraste con el 93% de las praderas con pastos nativos presentes en dichas unidades de producción (Sánchez y Sánchez 2005). La mayor proporción de pastos introducidos, en relación a la superficie total de los predios ganaderos, se presenta en los municipios de Briseñas, Jacona (50%) y Chavinda ($\geq 30\%$). Por otro lado, se ha documentado que a diferencias de los sistemas familiares de las zonas rurales del estado, en la Ciénega de Chápala, el 71% de este tipo de sistemas utilizan alimento balanceado, pero aun siguen utilizando esquilmos agrícolas como base de la alimentación del ganado.

En cuanto a la rentabilidad de los sistemas de lechería familiar de la Ciénega de Chapala, esta se evaluó tomando como base cuatro escalas de producción: a) empresas de menos de 20 vacas en el hato; b) de 20 a 50 vacas en el hato; c) de 50 a 100 vacas en el hato y, d) de más de 100 vacas en el hato. Se encontró que existe una fuerte correlación entre la escala o tamaño de las empresas lecheras y la participación del costo de alimentación en el costo total de producción. A medida que crece el número de vacas en los hatos los costos de alimentación tienden a incrementarse, variando de un 71 a 81% en las empresas de menos de 20 vacas, de más de 100 vacas, respectivamente. De aquí que el principal insumo que limita la rentabilidad de la empresa es el alimento concentrado. Ello en comparación con el impacto de los esquilmos en los costos de producción, pues este impacto oscila entre 9 y 23%. Por lo que los sistemas con menos de 50 vacas producen a bajo costo (Sánchez y Sánchez, 2005).

Aun y cuando existe un limitado número de sistemas de lechería familiar que invierten en insumos para la alimentación de su ganado, el resto sigue esquemas tradicionales en la alimentación del ganado, lo que origina la fluctuación en cantidad y calidad de los insumos suministrados, sobre todo en la época de estiaje. Por ello, una alternativa es complementar las dietas de las vacas con forrajes de bajo impacto económico y con valor nutricional, tal como lo es el nopal. Esta planta pertenece al género “*Opuntia*” de la familia de las “Cactaceae” (Cuadro 1). Las especies del género *Opuntia* crecen generalmente en las planicies áridas del centro y norte de México en diferentes climas, no obstante, es en las zonas semiáridas donde existe la más amplia variación, por lo que algunos botánicos consideran a éstas como el centro de origen de los nopales. Habitan en bosque tropical caducifolio, matorral xerófilo y bosque espinoso, paredes de cañadas, pastizal, vegetación secundaria, cerca de cultivos de maíz y vegetación sabanoide (González *et al.*, 2001).

El género *Opuntia* en México está presente en cinco subgéneros, diecisiete series y ciento cuatro especies, de las cuales: quince se utilizan para forraje, cinco para fruta y dos para verdura (Bravo, 1978). Existen tres regiones cubiertas con opuntias en el Norte de México (Marroquin *et al.*, 1964). No obstante, López y Elizondo (1990), establecieron cuatro regiones nopaleras en el país: zona centro-sur, zona del altiplano, zona norte y zona costera del Golfo de México; mismas que son explotadas para forraje y fruto o ambas.

Cuadro 1. Taxonomía del genero *Opuntia*

Reino	Vegetal
Sub Reino	Embryophita
División	Angiospermae
Clase	Dicotyledonea
Subclase	Dialipetalas
Orden	<i>Opuntiales</i>
Familia	Cactaceae
Subfamilia	Opuntioideae
Tribu	<i>Opuntiae</i>
Género	<i>Opuntia</i>

Fuente: citado por Ríos y Quintana 2004

La distribución de las principales especies del nopal forrajero, de acuerdo a Elizondo *et al.* (1987), es la siguiente:

O. leucotricha, es la especie más ampliamente distribuida en la región zona del altiplano. Las poblaciones de esta especie han sido severamente afectadas por el crecimiento continuo del área cultivada con maíz y frijol.

O. streptacantha, esta especie se encuentra en grandes extensiones de los estados de Zacatecas y San Luis Potosí, y en menor extensión en Aguascalientes, Durango, Jalisco y Guanajuato. No obstante, la zona del Altiplano está seriamente amenazada por la desertificación, por lo que se encuentran en riesgo las poblaciones de esta especie.

O. robusta, crece en asociación con *O. leucotricha* y *O. streptacantha*. Se distribuye ampliamente en los estados de Zacatecas, San Luis Potosí, Guanajuato, Aguascalientes y Jalisco. Dado que esta especie está localizada en los estados mencionados, en el párrafo anterior, esté afectada posiblemente por la misma problemática de deforestación y desertificación.

O. cantabrigiensis, se encuentra ampliamente distribuida a en los estados de Nuevo León, Coahuila, Zacatecas, San Luis Potosí, Hidalgo, Aguascalientes, Durango, Jalisco, Querétaro y Guanajuato. Se usa principalmente para alimentar caprinos.

O. rastrera, se distribuye en los estados de Coahuila, Nuevo León, Zacatecas, San Luis Potosí, Durango y Aguascalientes. Crece bien en un amplio rango de tipos de suelo y es ampliamente usado como forraje para vacas lecheras

O. lindheimeri, se extiende sobre los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas. Esta especie tiene cuatro variedades importantes, todas ampliamente apreciadas como forraje: *aciculata*, *major*, *phaeacantha*, *lindheimeri*, *subarmata* y *tricolor*.

O. engelmannii, se encuentra al noreste de Zacatecas y al suroeste de Coahuila y es utilizado para alimentar cabras y ovejas principalmente.

O. imbricata, también conocido como nopal coyonoxtle, xoconoxtle, cardenche o choya. Exhibe una gran variabilidad y se encuentra ampliamente distribuido en los estados de Coahuila, Zacatecas, San Luis Potosí, Chihuahua, Aguascalientes, Durango, Jalisco y Guanajuato. Es una planta invasora típica de pastizales con manejo deficiente. Usado como forraje de cabras y ovejas después de chamuscar las espinas *in situ*.

O. microdasys, es usado como forraje bajo condiciones de sequía extrema en la parte sur de Coahuila, norte de San Luis Potosí y Zacatecas.

O. violacea (nopal morado), crece en suelos profundos arcillosos de Chihuahua, Noroeste de Coahuila y este de Durango reconocido precisamente por el color morado de sus cladodios. Su calidad forrajera es pobre.

Para el estado de Michoacán se reportan las siguientes especies de opuntia: *O. atropes*, *O. bensonii*, *O. decumbens*, *O. fuliginosa*, *O. jaliscana*, *O. joconostle*, *O. karwinskiana*, *O. pubescens*, *O. robusta*, *O. tomentosa* y *O. wilcoxii*. De acuerdo con Scheinvar (1995), el nombre “*Opuntia*” viene de un antiguo pueblo griego en la región de Leocrid, Beocia: *Opus*, u *Opuntia*, en donde Tournefort (botánico francés), encontró una planta con espinas que le recordó a la *Opuntia* americana, que incluye 11 subgéneros: *Opuntia*, *Consolea*, *Austrocylindropuntia*, *Brasilopuntia*, *Corynopuntia*, *Cilindropuntia*, *Grusonia*, *Marenopuntia*, *Nopalea*, *Stenopuntia* y *Tephrocactus* (Guzmán *et al.*, 2003).

Morfológicamente se observa, en el nopal, sus tallos en forma de raquetas; conocidas también como cládios o pencas, mismas que están llenas de agua que se encuentra retenida en un entramado de carbohidratos llamados mucílagos. Otra característica de esta planta son las espinas en sus pencas. El tipo y la cantidad de espinas en los nopales es muy variable y depende de las condiciones del medio en que viva. Los nopales tienen unas estructuras a partir de las cuales desarrollan más pencas, raíces o flores llamadas areolas, características de las cactáceas, los frutos de esta planta son conocidos como tunas (Ríos y Quintana, 2004).

El nopal utilizado con fines forrajeros, posee pocas cualidades nutritivas. Por ello se recurre a esta cactácea en la alimentación del ganado durante la época de estiaje. Aunque si bien, el mayor consumo del nopal es por el hombre, utilizando los cladodios como verdura y consume su fruto (tuna) (González *et al.*, 2001) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Análisis bromatológico de géneros, especies y variedades de *Opuntia*

Especie	MS	MO	PC	GC	Fibra	Ceniza	ELN	Autor
<i>Rastrera</i>	14.41	59.89	2.78	0.76	6.18	40.11	43.23	Palomo, 1963
	11.86	68.46	4.78	1.09	3.71	31.54	58.87	Palomo, 1963
<i>Cantabrigiensis</i>								
<i>Lindelheimeri</i>	11.57	74.51	4.15	1.03	3.02	25.5	66.25	Palomo, 1963
<i>Robusta</i>	10.38	81.41	4.43	1.73	17.63	18.59	57.61	Palomo, 1963
<i>ficus-indica</i>	11.29	86.93	3.81	1.38	7.62	13.07	74.13	Bauer y Flores, 1969
<i>Nopalea spp</i>	10.69	73.79	8.98	1.51	17.21	26.21	50.7	Griffiths y Hare, 1906

MS=materia seca; MO=materia orgánica; PC=proteína cruda; GC=grasa cruda; ELN=Extracto libre de Nitrógeno.
Fuente: Vázquez *et al.* (2008)

En el Cuadro 2, se observa que *Nopalea spp* posee los contenidos más altos de PC (8.98%) en comparación con *ficus-indica* (3.81%). No obstante, esta última posee mayor cantidad de MS (11.29%), MO (86.93%) y ELN (74.13%) que *Nopalea spp*. La calidad del forraje que producen las especies silvestres, es comparable con las especies cultivadas. En general el nopal se considera como forraje de emergencia o de mantenimiento puesto que el contenido de proteína cruda no es tan alta como la de otros forrajes (Vázquez *et al.*, 2007). La calidad del nopal forrajero difiere entre las especies, pero en promedio se puede indicar que el contenido de MO es 84%, la digestibilidad de la MO es de 78.9%, PC oscila entre 4.1 y 14%, la fibra detergente neutro es del 23.8%, la fibra detergente ácido de 14.7% y el contenido de MS es del 9.1% (Guevara *et al.*, 2003; Fuentes, 2003). De acuerdo con Gutiérrez (2007), los valores de proteína y energía del nopal hacen necesario, para mantener la productividad de los animales, utilizarlo como complemento alimenticio dentro de la ración de los animales, más no como forraje único.

En la actualidad, la sequía recurrente asociada con la escasez de otros alimentos para el consumo animal, ha incrementado la demanda de forraje de *Opuntia*. No obstante, la productividad de los cultivos de esta cactácea es relativamente baja e inestable; fuertemente dependiente del clima y de las condiciones de manejo. Además, los rendimientos varían de 25 a 125 ton/ha, dependiendo de la especie, el vigor de las plantas, el clima, la fertilidad del suelo y el sistema de manejo. A partir de estos rendimientos, se asume que el 75-80% de la masa aérea es usualmente cosechada para la alimentación del ganado (Mondragón, 1999). No obstante que existen varios sistemas de producción de nopal -desde replantación de nopaleras silvestres hasta producción intensiva-, los programas gubernamentales enfocados a la recuperación de nopaleras severamente deterioradas han fallado, debido a la complejidad de los sistemas de producción implicados: las plantaciones son usualmente establecidas en tierras marginales y con un manejo deficiente. Factores estos que contribuyeron en el fracaso de estos programas (López, 1977; Medina, *et al.*, 1990).

Históricamente, las investigaciones en torno al uso del nopal en la producción animal han reportado beneficios, tanto para la producción como en los costos de alimentación (López, *et al.* 2001; Martínez y Lara, 2003). Estos elementos hacen del nopal un alimento alternativo en la producción animal. Flores (1977), predijo (mediante la modelación con regresión lineal) un incremento de 2 a 3 veces el peso corporal de ovejas alimentadas con *Opuntia* y suplementadas con heno de alfalfa, remolacha y maíz ensilado. Terblanche, *et al.*, (1971) analizo el efecto de una dieta basada exclusivamente en *Opuntia* sobre el peso de borregos Merino usando nopal fresco (10% de MS), seco (27% de MS) y cladodios deshidratados (87.9% de MS). Encontrado una mayor expresión en el peso vivo de los borregos cuando fueron sometidos a una alimentación exclusiva con cladodios. Por otra parte, en un estudio realizado por Fuentes (1991), en siete sitios de Coahuila, con 685 animales en libre pastoreo y suplementados con rastrojo de maíz, melaza y urea fueron alimentadas con 10 a 20 kg de nopal chamuscado. La ganancia diaria de peso varió de 0.1 a 0.6 kg. *Opuntia* proveyó 7.8% de la energía total de mantenimiento, 20.6% de la proteína, 50% del fósforo y 100% de los requerimientos del calcio recomendados por el NRC (1984).

Del mismo modo, las áreas suburbanas del Norte de México tienen como práctica común la inclusión de *Opuntia* en la dieta regular de las vacas lecheras, pues existe la creencia de que la suplementación con *Opuntia* incrementa no solo la producción de leche, sino que mejora la calidad de la mantequilla -en términos de consistencia- y vida de anaquel, así como también imparte un atractivo color “dorado” al producto final. Por el contrario, González *et al.* (1998) reportó que la producción de leche de vacas Holstein decreció con el incremento de *Opuntia* en la dieta, por lo que recomiendan usarlo solamente del 20 al 30% en base seca y suplementar con heno de alfalfa, avena o sorgo para obtener un balance positivo entre los costos de producción y las ganancias. Por último, en los agostaderos del Norte de México se ha proporcionado nopal forrajero al ganado tanto en pastoreo, como en estabulación; sobre todo cuando el nopal es el único forraje disponible para alimentar al ganado, convirtiéndose en alimento de subsistencia.

En cuanto a la calidad de la leche y sus subproductos, es un hecho que la leche al interior de la cisterna (órgano de depósito de almacenamiento de leche de la vaca), es estéril. Sin embargo, una vez realizado el ordeño, ésta es susceptible de contaminarse con altas cargas bacterianas -parte de estas pueden ser patógenas- provenientes del suelo y estiércol presente en las ubres de las vacas (Magariños, 2000). Esto es importante para la seguridad alimentaria, debido a la inocuidad de los alimentos es uno de los conceptos claves en este sentido; puesto que los pequeños productores, que obtienen leche de sus propios animales, la utilizan para consumo familiar y para la fabricación de quesos frescos artesanales destinados ya sea a la venta o para autoconsumo, conformando de esta forma un mercado desprotegido, informal y prácticamente sin controles sanitarios (Garcés *et al.*, 2005).

En torno a la inocuidad de la leche cruda, Ortiz *et al.*, (2011a) que reportó en la leche proveniente de vacas complementadas con nopal (*Opuntia ficus-indica*) se registró 1.6 UFC/ml (\log_{10}) de bacterias mesófilas aerobias (BMA), en comparación con 3.7 UFC/ml (\log_{10}) de BMA encontradas en leche cruda proveniente de vacas sin complementación de nopal en la dieta; promedios estadísticamente diferentes ($P < 0.05$). En relación a las UFC/ml para organismos coliformes totales (OCT) en leche cruda, proveniente de vacas que recibieron una dieta complementada con nopal (*Opuntia ficus-indica*) se encontró un promedio de 2.2 UFC/ml (\log_{10}), en comparación con 3.5 UFC/ml (\log_{10}) en la leche cruda proveniente de vacas sin complementación de nopal; ambos promedios estadísticamente diferentes ($P < 0.05$). En conclusión, la leche cruda derivada de vacas alimentadas con nopal presentó una mejora en la calidad microbiológica en lo que respecta a UFC/ml de BMA y OCT (Ortiz *et al.*, 2011a).

Ortiz *et al.*, (2011b) en un estudio exploratorio observaron que para el caso de BMA se redujo el conteo de UFC/ml ($P < 0.05$) cuando se puso en contacto directo nopal molido y epidermis de nopal con leche cruda; 5.8 y 5.9 UFC/ml (\log_{10}), respectivamente, ello en comparación con el uso de mucilago de nopal y el testigo: 6.3 y 7.1 UFC/ml (\log_{10}).

Respecto al promedio de OCT (UFC/ml \log_{10}), el contacto directo de nopal molido y epidermis de nopal con la leche cruda produjo un menor conteo de OCT ($P < 0.05$) en comparación con el testigo: 5.7, 6.1 y 6.7 UFC/ml (\log_{10}), respectivamente. En conclusión estos investigadores establecieron que para aspectos de calidad de la leche cruda la aplicación directa de los componentes del nopal como la epidermis del nopal o el nopal molido en proporciones de 0.5 y 1.0% sobre el volumen de leche (100 ml) pueden ser una alternativa viable para mejorar la calidad de esta; pues disminuyen las UFC/ml de BMA a cantidades tales que cumplen con los estándares de calidad para la norma oficial Mexicana, más no así para las UFC/ml de OCT.

Otro aspecto a considerar en la calidad de la leche, es la composición físico-químico de esta, es decir, el contenido de proteína, grasa, acidez, densidad, sólidos no grasos, entre otras variables más. Así, la calidad de la leche cruda está determinada no solo por las cuantas bacterianas, sino que intervienen el potencial genético de la vaca y la alimentación. En relación a esta última, se considera al alimento que consume este animal como un factor que produce, con relativa rapidez, los cambios en composición de la leche y el rendimiento; aunque la relación entre la alimentación y la composición de la leche es compleja (Minakowski, 1993; Lach y Podkówka, 2000). Litwińczuk y Szulcde (2001), Dhiman y Satter (1997), encontraron cambios en la concentración de grasa láctea cuando alimentaron vacas Holstein con diferentes forrajes. En comparación con Tobia *et al.*, (2004) quien encontró que la inclusión de ensilaje de soya no afectó ($P > 0.05$) el contenido de sólidos totales ni la grasa de la leche, pero sí afectó ($P < 0.05$) el porcentaje de proteína en la leche. Para Bernal *et al.*, (2007) existen otros factores que también pudieran afectar la composición de la leche y estos tienen que ver con las estrategias de alimentación del ganado y las condiciones en las diferentes épocas del año (secas y lluvias).

Actualmente, las estrategias nutricionales y su transferencia en los sistemas pecuarios, implican un análisis integral y para ello una herramienta de utilidad es el uso de la

metodología de la teoría general de sistemas (TGS), pues esta provee de una visión integral en la solución de problemas agropecuarios (Bertalanffy, 1976; Ortiz y Ortega, 2001; Juárez Caratachea *et al.*, 2008). El concepto de sistema de manera sintética refiere a todas aquellas estructuras que están conformadas por dos o más elementos en compleja organización y que interactúan entre sí para obtener un resultado definido; así mismo, un sistema no es afectado directamente por la magnitud de sus propios productos y tiene una delimitación específica que considera a todos los mecanismos de retroalimentación participantes (Spedding, 1988; Ortiz y Ortega, 2001). En sentido abstracto, los sistemas de producción animal están compuestos por tres componentes: el hombre, el animal y la tecnología (Van Gigch, 1998). Por lo que se busca considerar el componente social, el cual se ve involucrado en los sistemas de producción animal, aspecto que no puede estar separado del análisis. Así, el componente humano se ubica en dos niveles:

- a) Endógeno, es el que involucra cuatro tipos de insumos (tierra, mano de obra, capital y manejo).
- b) Exógeno, el cual considera aquellas entidades sociales, económicas y políticas presentes y que escapan del control de los individuos.

Además, se debe tomar en cuenta las directrices antes señaladas, dado que se considera que los sistemas de producción pecuaria están determinados por un elemento técnico, el cual puede estar presente en dos ámbitos: el físico (asociado a las alternativas para modificar el ambiente) y el biológico (asociado con el conocimiento generado para el control y manipulación de los ciclos biológicos) (Gilbert *et al.*, 1980).

Un aspecto relevante dentro del enfoque metodológico de la TGS es que los sistemas de producción animal no son capaces de tener vida propia, autoregulada e independiente del hombre, por ello y de forma general es posible encontrar las siguientes categorías: I) sistema de producción *ideal*: el hombre manipula y controla las diferentes procesos de producción animal; II) sistema de producción *ordinario*; donde el sistema se le impone al

hombre, independientemente de todos los deseos de éste para manipularlo o transformarlo y, III) sistema de producción en *paralelo*; el sistema se presenta de forma indiferenciada: hombre y sistema de producción llevan existencias paralelas pero de forma simbiótica (Luhmann, 1990; Juárez-Caratachea *et al.*, 2008). De acuerdo con estas categorías y a las investigaciones sobre los sistemas familiares bovinos productores de leche, se puede considerar a estos sistemas, como sistemas en paralelo; es decir, sistemas que conviven con el hombre en una relación de simbiosis y donde su dinámica propia sólo se ve afectada por factores del medio ambiente, tales como clima, economía y enfermedades.

Por otra parte, las características propias de los sistemas de producción animal del tipo familiar dificultan su estudio, pues el control en los diferentes eventos biológicos es prácticamente nulo; por lo tanto, se debe tomar estas consideraciones al caracterizar al sistema a escala familiar. Para ello se puede trabajar bajo dos esquemas de organización: el primero toma un enfoque “suave” de *caja negra*, en donde se obtiene los factores que pueden condicionar el funcionamiento del sistema; en el segundo esquema se considera un enfoque con mayor formalidad en donde la información recabada se integra considerando los criterios de: i) homogeneidad interna con respecto a una propiedad del sistema; ii) interdependencia relativa de los componentes del sistema; iii) disciplinas afines como base para descomponer el sistema, el uso de este criterio hace necesario tener en mente que los diversos colaboradores del trabajo de caracterización deberán recibir retroalimentación de información entre ellos mismos o de otros grupos afines y, iv) división de los sistemas en función de la validación; es decir, evaluación a través de una hipótesis previamente establecida, con la cual es conveniente realizar evaluaciones parciales previas a la síntesis total, con el propósito de identificar inconsistencias que sesguen la percepción de la realidad (Goodall, 1976., citado por Juárez-Caratechea *et al.*, 2008). Por lo anteriormente expuesto, y ante las sequías recurrentes en diversas zonas rurales -del estado y del país-, es necesario investigar el efecto de nopal forrajero como complemento de las dietas para los bovinos productores de leche, durante la época de estiaje, sobre la producción y calidad de la leche cruda; en aquellas zonas donde el nopal está presente o donde se pueda cultivar.

2. JUSTIFICACIÓN

La época seca o de estiaje provoca escasez de alimento de calidad para el ganado, lo que a su vez tiene un impacto en los costos de alimentación, puesto que es necesario adquirir, durante esta época, forrajes y sus subproductos para la alimentación del ganado. Esta situación afecta mayormente a los sistemas de producción familiar ubicados en las zonas rurales, donde dicha época tiene un impacto ambiental mayor. Aunado a lo anterior, se encuentran las condiciones económicas de los sistemas familiares, mismas que dificultan invertir en forrajes de calidad. Por ello, los productores de estos sistemas están obligados a aprovechar los recursos de la familia, tales como: cultivos forrajeros y residuos de cosecha producidos en sus parcelas; más el pastoreo en aéreas comunitarias destinadas para ese propósito. A esto se suma la tendencia en la disminución de la producción láctea en la época de estiaje, lo que genera un menor ingreso/familia o unidad de producción. Esta disminución en la producción de leche se asocia principalmente al pobre valor nutritivo y bajo nivel energético de los insumos ofrecidos al ganado durante la época de estiaje.

En relación a la región de la Ciénega de Chapala, las condiciones climáticas de esta zona han permitido la formación de una cuenca de lechería “familiar,” puesto que la ganadería se adaptado a las diversas zonas geográficas de la cuenca lechera y ha logrado ser una de las actividades que genera más empleos permanentes en el sector agropecuario en el estado. No obstante, los productores de la cuenca de la Ciénega de Chapala no son ajenos a los problemas inherentes a la alimentación del ganado, pues se ha reportado la existencia de una baja proporción de sistemas a nivel familiar que cuentan con pastos mejorados (7%), ello comparado con la gran mayoría (93%) de unidades de producción a escala familiar que aun dependen, para la alimentación de su ganado, de las praderas nativas presentes en dicha región. Aspecto que genera variabilidad en la cantidad y calidad de forrajes en época de estiaje. Ante esta problemática se justifica determinar el impacto del uso del nopal como complemento de las dietas de los bovinos productores de leche sobre la producción y calidad de la leche cruda durante la época de estiaje.

3. HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis para la caracterización del sistema familiar

- El sistema familiar bovinos productores de leche es ineficiente, poco productivo y económicamente no rentable, pues opera bajo esquemas tradicionales donde prevalece la obtención del máximo beneficio a través de poca o nula inversión de tiempo, dinero y tecnología.

3.2 Hipótesis sobre el efecto del nopal como complemento en la dieta de bovinos

- La utilización del nopal (*Opuntia-ficus-indica*) como complemento de la dieta del ganado bovino Holstein incrementa la cantidad de leche cruda en época de estiaje en un sistema de lechería familiar.
- La utilización del nopal (*Opuntia-ficus-indica*) como complemento de la dieta del ganado bovino Holstein disminuye las cuentas bacterianas de mesófilas aerobias y coliformes totales de leche cruda en época de estiaje en un sistema de lechería familiar.
- La utilización del nopal (*Opuntia-ficus-indica*) como complemento de la dieta del ganado bovino Holstein no altera la composición físico-química de la leche cruda en época de estiaje en un sistema de lechería familiar.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general para la caracterización del sistema

- Caracterizar y modelar esquemáticamente el sistema familiar bovinos productores de leche en la región Ciénega de Chapala, Michoacán., México.

4.2 Objetivo general para el efecto del nopal como complemento en la dieta de bovinos

- Establecer el efecto de la complementación del nopal en dieta de ganado bovino lechero sobre la producción y calidad de leche en época de estiaje de un sistema de lechería familiar.

4.3 Objetivos particulares

- Cuantificar el incremento en la producción láctea con el uso del nopal como complemento en la dieta proveniente de vacas con y sin complementación de nopal en la dieta.
- Determinar la calidad sanitaria de leche cruda entera provenientes de vacas con y sin complementación de nopal en la dieta
- Determinar la calidad físico-química de leche cruda proveniente de vacas con y sin complementación de nopal en la dieta.

5. MATERIAL Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en un sistema familiar bovinos productores de leche (SFBPL) perteneciente a la zona de la Ciénega de Chapala. Este sistema está localizado en la comunidad de Abadiano, Municipio de Jiquilpan, Michoacán., el cual se encuentra al noroeste del estado, en las coordenadas 19°59' de latitud norte y 102°43' de longitud oeste, a una altura de 1,550 metros sobre el nivel del mar, cuenta con una superficie de 242.13 km² y representa un 0.41% del total del estado con una precipitación pluvial anual de 826 mm y temperaturas que oscilan de 10.4 a 25.4 ° C (INEGI 2005).

5.1 Animales: El sistema cuenta con un inventario de 51 animales de la raza Holstein, la estructura del hato es de 25 vacas en producción con 1 a 6 de partos; 8 vaquillas; 17 becerras y un semental.

5.2 Superficie Agrícola: el sistema analizado posee 28.5 hectáreas bajo el régimen de pequeña propiedad; de estas, 28 hectáreas se destinan para pastoreo (pradera nativa) y 0.5 hectáreas para el cultivo de Maralfalfa (*Pennisetum sp*).

5.3 Caracterización y Modelación del Sistema (SFBPL): Para efectos de la caracterización y modelación esquemática del sistema familiar bovinos productores de leche (SFBPL), se realizó una entrevista con el productor en donde se le consultó sobre la mayoría de los aspectos técnicos y productivos que determinan el funcionamiento de su explotación bovina. Además se incluyeron los antecedentes generales de la explotación.

Dentro de la caracterización, se determinó medir la producción de leche/vaca utilizando solo una proporción de las vacas en producción, misma que se obtuvo a partir de un muestreo aleatorio simple (Segura y Honhold, 2000). Esta estratificación se realizó debido a que durante la entrevista con el productor se pudo constatar que existía rechazo por parte de éste por toda actividad que “parezca” tediosa y rutinaria, como lo es la medición diaria de la producción de leche/vaca/día. Además, la medición y registro de leche/vaca/día –dos

ordeños/día- “le implica desatender actividades agrícolas importantes”. Por lo que solo accedió a realizar el pesaje cada 7 días y con solo el 50% de las vacas en producción y por un periodo de 180 días.

Para la modelación de la producción de leche del sistema se ajusto la producción de cada vaca analizada a 305 días; utilizando para ello la modelación no lineal, bajo el siguiente modelo:

$$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1(T) + \beta_2(T^2) + \beta_3(T^3)$$

Donde:

\hat{Y} = producción de leche en el día de control

β_0 = Intercepto

β_1 = constante de inicio y acenso de la producción

β_2 = constante de incremento durante el pico y estabilidad de la producción

β_3 = constante decreciente de la producción

T = día correspondiente a la medición de la producción en expresión lineal, cuadrático y cubico

La curva a 305 días obtenida con el anterior modelo se comparó con la curva de lactación a 305 días para vacas Holstein, misma que se obtuvo a través de la metodología de Ali y Schaeffer (1987; citado por Cervantes *et al.*, 2006), mediante el siguiente modelo:

$$Y(t) = a + b [t/305] - 19.60 [t/305] + 8.70 \ln 305/t - e [\ln 305/t]^2$$

Donde:

$Y(t)$ = Producción de leche en el día de control

a, b = constantes para el inicio y acenso de la producción; $a = 4.70$ y $b = 19.42$

c, d = constantes para el pico y estabilidad de la producción; $a = 19.60$ y $d = 8.70$

\ln = logaritmo natural

e = constante decreciente de la producción; $e = 2.16$

T = día correspondiente a la medición de la producción

Una vez obtenido el ajuste a 305 días de lactación de cada vaca analizada, se elaboró una base de dato con dicha información, misma que se proceso para su análisis estadístico bajo la metodología de modelos mixtos con mediciones repetidas en el tiempo, tomando para ello una estructura de covarianza simétrica y utilizando como efecto vaca (periodo/época) y para la determinación de las diferencias estadísticas ($P < 0.05$) se utilizo la metodología de medias de mínimos cuadrados (LsMeans, siglas en ingles) (Herrera y Barreras, 2000).

5.4 Análisis del efecto de la complementación del nopal (*Opuntia ficus-indica*) en la dieta de los bovinos sobre la producción y calidad de la leche cruda: Para el análisis de la producción y calidad de la leche se utilizaron 12 de 25 vacas inventariadas en el sistema. Las 12 vacas seleccionadas, de 1 a 6 partos, se dividieron en dos grupos (G); **G1** (n=6), vacas alimentadas convencionalmente de acuerdo a la época dentro del sistema: **Época de lluvias:** pastoreo (pasto nativo) *ad libitum*; esquilmos de maíz, 7 kg/vaca/día y suplementación con concentrado (20% de proteína) para vacas en lactación, 5 kg/vaca/día. **Época de estiaje:** esquilmos de maíz, 7 kg/vaca/día, más concentrado (20% de proteína) para vacas en lactación, 5 kg/vaca/día. **G2** (n=6), vacas que se sometieron a dos tratamientos (T) para establecer la diferencia entre época y complementación con nopal: **T1**, dieta convencional dentro del sistema durante **la época de lluvias** (septiembre-noviembre), lo que equivale en el presente trabajo a 90 días de monitoreo: pastoreo (pasto nativo) *ad libitum*; esquilmos de maíz, 7kg/vaca/día, más concentrado (20% de proteína) para vacas en lactación, 5 kg/vaca/día. **T2**, dieta para **época de estiaje** (diciembre-febrero): esquilmos de maíz, 7 kg/vaca/día; suplementado con concentrado (20% de proteína) para vacas en lactación, 5 kg/vaca/día, más complementación de nopal (*Opuntia-ficus-indica*), 12 kg/día/vaca. El nopal se ofreció en trozos de aproximadamente de 5x15 cm independiente del grosor del cladodio y con no más de 15 días de haberse cosechado.

La información obtenida (producción de leche/vaca/día) de ambos grupos se analizó estadísticamente mediante la metodología de Modelos de Efectos Fijos con mediciones repetidas en el tiempo; tomando para ello, una estructura de covarianza simétrica y utilizando como efecto vaca (periodo*Grupo*época). Para la determinación de diferencias estadísticas ($P < 0.05$) se utilizó la metodología de LsMeans (Herrera y Barreras, 2000).

5.5 Análisis bacteriológico de la leche cruda (LC): Para el análisis bacteriológico se recolectaron las muestras de LC inmediatamente después de que se homogenizó la leche de cada grupo. El total de muestras obtenidas por grupo fue de 24; puesto que se obtuvo una muestra/grupo (100 ml) cada 7 días durante 6 meses. Las muestras de LC se recolectaron en bolsas nuevas de polietileno a 4 °C, mismas que fueron etiquetadas para su identificación. El total de muestras fueron procesadas en el Laboratorio de Microbiología del CIIDIR-IPN- Unidad Michoacán. La preparación y análisis de las muestras se realizaron bajo los criterios establecidos en las normas oficiales mexicanas: NOM-092-SSA1-1994, en la cual se establece el procedimiento para método para cuenta en placa de bacterias aerobias de productos alimenticios; NOM-113-SSA1-1994, la cual determina el método microbiológico para calcular el número de microorganismos Coliformes totales presentes en productos alimenticios por medio de la técnica de cuenta en placa y NMX-F-700-COFOCALEC-2004, misma que establece la determinación de la calidad de LC a partir del número de bacterias mesófilas aerobias totales presentes.

Los datos obtenidos fueron transformados a \log_{10} , para su análisis estadístico mediante la metodología de los modelos lineales generalizados (GLM, siglas en inglés). Las diferencias estadísticas ($P < 0.05$) entre grupos se obtuvieron mediante LsMeans (Herrera y Barreras, 2000).

5.6 Análisis físico-químico de la leche cruda: Las muestras de LC para el análisis físico-químico se recolectaron una vez que se homogenizó la leche de cada grupo. El total de muestras obtenidas por grupo fue de 24; puestos que se obtuvo una muestra/grupo (100 ml) cada 7 días durante 6 meses. Las muestras de LC se recolectaron en bolsas nuevas de polietileno a 4 °C; mismas que fueron etiquetadas para su identificación. Las muestras fueron procesadas en el Centro de acopio de LICONSA, ubicado en el Municipio de Venustiano Carranza, Michoacán. Para la determinación de la calidad física y química de la LC se utilizó un analizador de LC (Milkscan FT 120®), el cual determina P, GS, SNG y pH. Para analizar el punto de congelación de la LC se utilizaron 2.0 a 2.5 ml de LC; para este análisis se requirió de un lector de punto de congelación (Cryostar®). La información se analizó mediante la metodología de los GLM y las diferencias estadísticas ($P < 0.05$) entre grupos se obtuvieron mediante LsMeans (Herrera y Barreras, 2000).

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

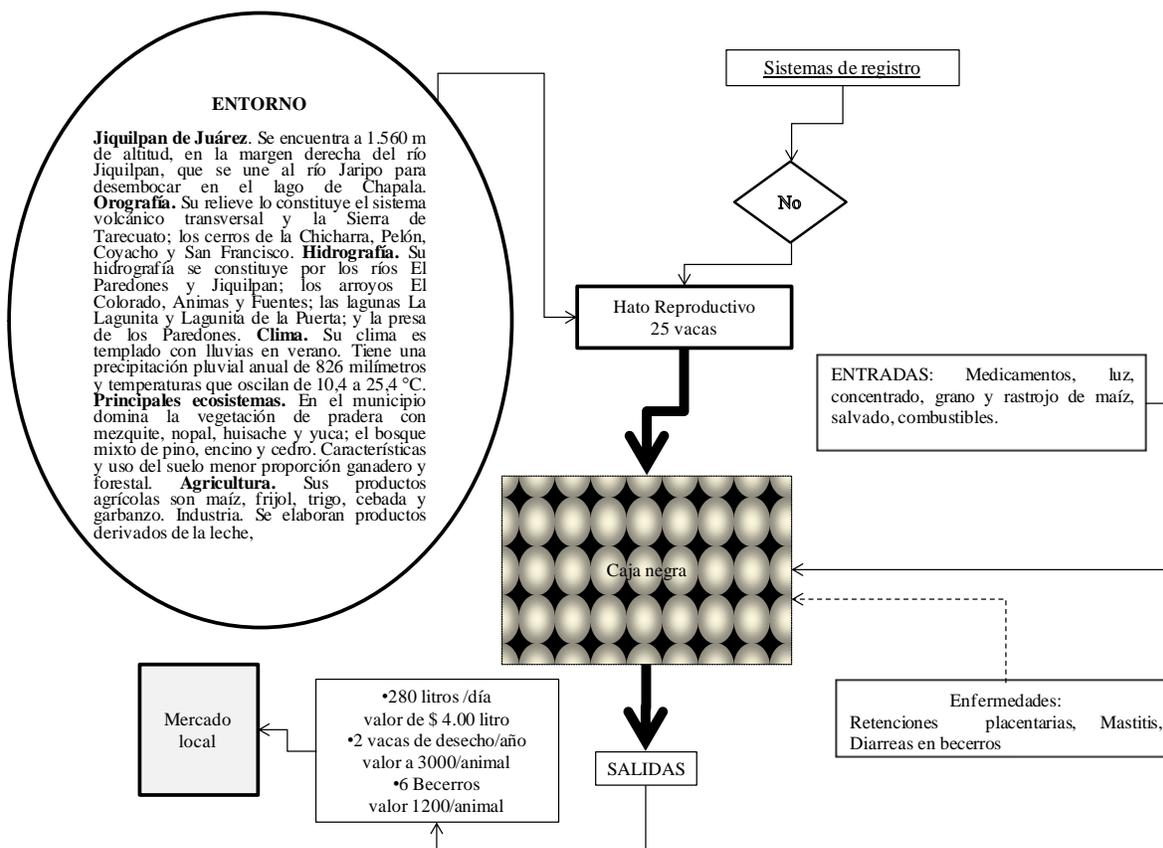
6.1 CARACTERIZACIÓN Y MODELACIÓN DEL SISTEMA FAMILIAR BOVINOS PRODUCTORES DE LECHE.

Las características propias del sistema familiar bovinos productores de leche (SFBPL) analizado dificultaron su estudio, pues el control de los diferentes eventos biológicos fue prácticamente nulo; por lo tanto, se utilizaron los postulados de Goodall (1976; citado por Juárez-Caratachea *et al.*, 2008) para caracterizar al sistema familiar bajo dos esquemas de organización: el primero toma un enfoque de *caja negra*, en donde se obtiene los factores que pueden condicionar el funcionamiento del sistema; en el segundo esquema se considera un enfoque con mayor formalidad en donde la información recabada se integra considerando los criterios de: i) homogeneidad interna con respecto a una propiedad del sistema; ii) interdependencia relativa de los componentes del sistema; iii) disciplinas afines como base para descomponer el sistema.

6.1.1 Modelación de caja negra del sistema: En base a la teoría general de sistemas, los sistemas se crean, operan y producen en función de las características de su contexto, puesto que este determina en gran medida los insumos, la especie y genotipo de animales presentes en el sistema, las estrategias de producción, la tecnología y la inversión económica; aspectos estos que supeditan el objetivo y metas del propio sistema (Ortiz y Ortega, 2001). Respecto al contexto de la cuenca lechera de la Ciénega de Chapala, esta se localiza en la zona noroeste del Estado de Michoacán en los límites con el estado de Jalisco. Los climas dominantes son el cálido sub-húmedo y templado sub-húmedo (INEGI 2005).

El Municipio de Jiquilpan, Michoacán, cuenta con 144 ganaderos con un inventario total de 16, 666 bovinos, esta ganadería se caracteriza por una alta producción de leche cuyo genotipo es Holstein, cruza Holstein-Cebú, cruza Cebú-Suizo, y ganado criollo, además, en la cuenca se ubica un número muy importante de industrias lácteas de leche fluida, quesos y dulces, sin embargo el principal destino de la leche producida es la industria de quesos. En esta región los sistemas de bovinos productores de leche son eminentemente de lechería familiar, con uso intensivo de alimento concentrado, así como el aprovechamiento de rastrojos y otros esquilmos (Sánchez y Sánchez 2005). De acuerdo con lo anterior se puede determinar que el contexto para el sistema familiar bovinos productores de leche (SFBPL) analizado no fue el principal factor limitante para su desarrollo (Figura 1).

Figura 1. Modelo de caja negra para esquematizar el sistema familiar de bovinos productores de leche (SFBPL) en la región Ciénega de Chapala, México.



En lo referente al modelo de *caja negra* (entrada-salida), y partiendo de la visión diagramática, se observan las interrelaciones de sus componentes; aunque si bien no proporcione una visión completa, se pueden identificar características propias de un sistema complejo: a) comportamiento colectivo de los componentes, b) auto-organización operacional para reaccionar ante estímulos externos y c) mantener un equilibrio constante ante su entorno para su supervivencia, puesto que la reproducción del sistema está determinada no por el entorno del sistema, sino por las fuerzas intrínsecas de los «*motivos*» del hombre (Luhmann, 1998; Juárez-Caratachea, *et al.*, 2008).

A partir del modelo de caja negra se puede establecer que el SFBPL estuvo supeditado por las debilidades, tanto de los componentes como en la operación del propio sistema, mismas que no estuvieron asociadas exclusivamente con el contexto del SFBPL (Cuadros 3, 4 y 6).

Cuadro 3. Matriz para la determinación de fortalezas y debilidades de los principales elementos de la estructura y manejo del hato del sistema de bovinos de leche a escala familiar.

Elementos de interés	Descripción	Autor	Fortaleza	Debilidad
Tamaño del hato	Este tipo de sistemas está conformado de 2 a 20 vacas, con 1 a 12 vacas en producción	(Molina, 2006).		√
Estructura del hato	De manera general se tiene un 40% de vacas en producción, 20% de vaquillas, 13% becerras, 12% novillonas, 5% becerros y 10% entre novillos, toretes y sementales	Sánchez y Sánchez (2005)		√
Manejo reproductivo	Monta natural y ocasionalmente inseminación artificial	García <i>et al.</i> , (2007)		√
Parámetros de producción del hato	El rendimiento promedio/vaca/hato oscilan en los nueve litros diarios, los cuales no están alejados del promedio nacional	Pérez <i>et al.</i> (2010)		√
Estrategias alimenticias utilizadas	La alimentación del hato está basada en el pastoreo o en el suministro de forrajes y esquilmos, provenientes de los cultivos que produce el mismo productor	(SAGARPA 2004; Molina, 2006). Sánchez (2005)		√
Insumos alimenticios utilizados	Concentrado, alfalfa, esquilmos agrícolas, pastoreo en agostadero (lluvias)	García <i>et al.</i> , (2007)	√	

De acuerdo al Cuadro 3, el principal responsable de la ineficiencia del sistema analizado (SFBPL) es el factor humano, pues este no posee una estructura cultural que le permita entender y asimilar los paquetes tecnológicos, mínimos necesarios, para el control y manipulación de los eventos biológicos inherente a la producción de leche. Aunado a ello, el productor carece de una visión administrativa que opere en torno a la eficiencia de su sistema. Entendiendo que la eficiencia está determinada por la capacidad y habilidad para lograr determinados objetivos y metas, con la menor inversión de tiempo, esfuerzos y recursos; lo cual debe conducir al crecimiento y al éxito de la empresa, pues la eficiencia, también se traduce en rentabilidad. Sin embargo, la ausencia de objetivos y metas, la descapitalización, el uso de tecnologías obsoletas y los procesos mal estructurados son las características de las empresas mexicanas (González, *et al.*, 2003).

Lo referido en el párrafo anterior concuerda con lo encontrado en el sistema analizado, pues la ineficiencia de este sistema no sólo se limita por la ausencia de objetivos y metas o por el tamaño del hato (Cuadro 3), sino que además estuvo determinada por otros aspectos tales como: a) escolaridad del productor, b) organización de la producción, c) fuentes de ingreso y d) diversificación de las actividades económicas del productor.

En los sistemas de lechería familiar el componente humano (Cuadro 4) está constituido por el jefe de familia y 4 ± 1 dependientes (Molina, 2006); indicador que concuerda con lo encontrado en el SFBPL analizado, 3 dependientes/productor. Sánchez y Sánchez (2005), establecen que en la región Ciénega de Chápala la edad promedio de los ganaderos es de 58.8 años, con estudios de primaria (3.8 años de escolaridad), aspecto que no concuerda con la tipología del productor del SFBPL analizado: la edad del productor fue de 33 años y nivel básico de escolaridad. Sin embargo, concuerda con Molina *et al.*, (2008), quien encontró que el 61.1% de los productores son analfabetas y cuentan con hato de entre 10-20 vacas en producción, el 29.1% realizaron estudios de primaria y el resto (9.6%) cuenta con secundaria o más.

Cuadro 4. Matriz para la determinación de fortalezas y debilidades de los principales elementos del factor humano y económico del sistema familiar bovinos productores de leche.

Elementos de interés	Descripción	Autor	Fortaleza	Debilidad
Estructura familiar	El promedio de dependientes/Productor de 4.0±1.0 personas en el sistema.	Molina <i>et al.</i> , (2008)	√	
Nivel de estudios	Estudios de primaria (3.8 años de escolaridad)	Sánchez y Sánchez (2005)		√
Organización de la producción	No hay integración vertical, ni valor agregado en la transformación y comercialización de la leche y sus derivados.	SAGARPA (2005)		√
Distribución y necesidades de la mano de obra	Mano de obra de tipo familiar, lo que podría estar relacionado con bajos costos operativos. El jefe de familia constituye la principal mano de obra para la realización de las actividades culturales y pecuarias.	FIRA (1997) (Sandoval 2001)	√	
Fuentes de ingreso	La eficiencia de los sistemas de producción va de los \$12.6 hasta los \$84.52 pesos de márgenes de utilidad para los sistemas familiares, lo que equivaldría a una ganancia diaria por jornalero de \$0.28 hasta \$1.85 salarios mínimos.	González <i>et al.</i> , (2007).		√
Actividades económicas	60.1% de los productores únicamente tienen como actividad económica el ganado. El resto (36.9%) tienen otra actividad económica aparte de de la ganadera	Molina <i>et al.</i> ,(2008)		√
Canales de comercialización	El comercio de la leche se realiza directamente entre el productor y el acopiador (botero) o entre el productor y los consumidores.	Eyssautier (1995)	√	

En el sistema analizado el factor escolaridad del productor puede ser un factor limitante en la adopción de nuevas tecnologías. Aspecto que puede ser contrastado con las acciones del productor; éste intentó mejorar el SFBPL mediante asesorías (2008-2009) de la Fundación Produce Michoacán A.C., sobre aspectos de calidad de leche y agenda técnica (toma de decisiones a través del uso de registros reproductivos y productivos). El resultado fue la ausencia de la adopción del paquete tecnológico por el hecho de “no ver un beneficio económico” y solo implementó algunas prácticas de alimentación y reproductivas por ser menos tediosas.

En relación a la organización de la producción, se pudo observar que no hay integración vertical ni valor agregado en la transformación y comercialización de la leche y sus derivados en el SFBPL. Aspectos que concuerdan con SAGARPA (2004). En lo referente a la mano de obra, en el SFBPL se constató que el productor (jefe de familia) es la única fuente de mano de obra, pues realiza la mayor parte de las actividades culturales y pecuarias (Sandoval, 2001) (Cuadro 4).

Por otro lado Sánchez y Sánchez (2005), hace referencia de que el promedio de tierra en la lechería a pequeña escala o familiar es de 49.4 has; 45 has son dedicadas a la ganadería y sólo el 3.3 has del total de las hectáreas se destinan a la agricultura. Sin embargo, el SFBPL solo cuenta con 28 hectáreas de pradera nativa (Cuadro 5). Val-Arreola (1998) y Tena-Martínez (1999), hacen referencia que los principales cultivos de siembra son la alfalfa, maíz, avena y sorgo como recursos forrajeros. No obstante, en el SFBPL el único recurso forrajero es ½ hectárea de maralfalfa (*Pennisetum sp*).

Por último se encontró que el SFBPL tiene las siguientes salidas: i) la venta de leche, 190 a 280 kg/día a \$4.00 pesos/Kg; ii) venta de vacas de desecho, dos animales/año con un valor aproximado de \$3,000.00 c/u y, iii) crías machos, 6 becerros cuyo valor oscila entre

\$1,200.00 pesos/animal. Todos estos productos del sistema se venden en el mercado local (Figura 1).

6.1.2 Conceptualización de los componentes que comprenden un sistema familiar bovinos productores de leche en la región Ciénega de Chapala: Para la conceptualización de los componentes se tomó en cuenta los resultados obtenidos en el SFBPL en la región de la Ciénega de Chapala, así como la información de otras investigaciones realizadas sobre lechería a escala familiar. Con ambas fuentes, se logró recomponer la Figura 1. Partiendo del principio de que los componentes del sistema mantienen una estructura jerárquica e independiente pero compatible con otros (Juárez-Caratachea, *et al.*, 2008).

Una vez delimitado el SFBPL, se puede señalar que una de las concepciones a las cuales se les da muy poca importancia en la producción animal, son los *motivos* del hombre para crear, mantener y reproducir dichos sistemas. (Figura 2). Los motivos del hombre en la producción animal, de forma general, son de orden económico y no como una fuente de empleo, como subjetivamente se ha intentado establecer (Ortiz y Ortega, 2001). Luhmann (1990), determinó que los motivos y el grado de *Conocimiento* [sobre la *Biología*] del componente animal son los responsables de la cantidad y calidad de las Tecnologías presentes en los sistemas.

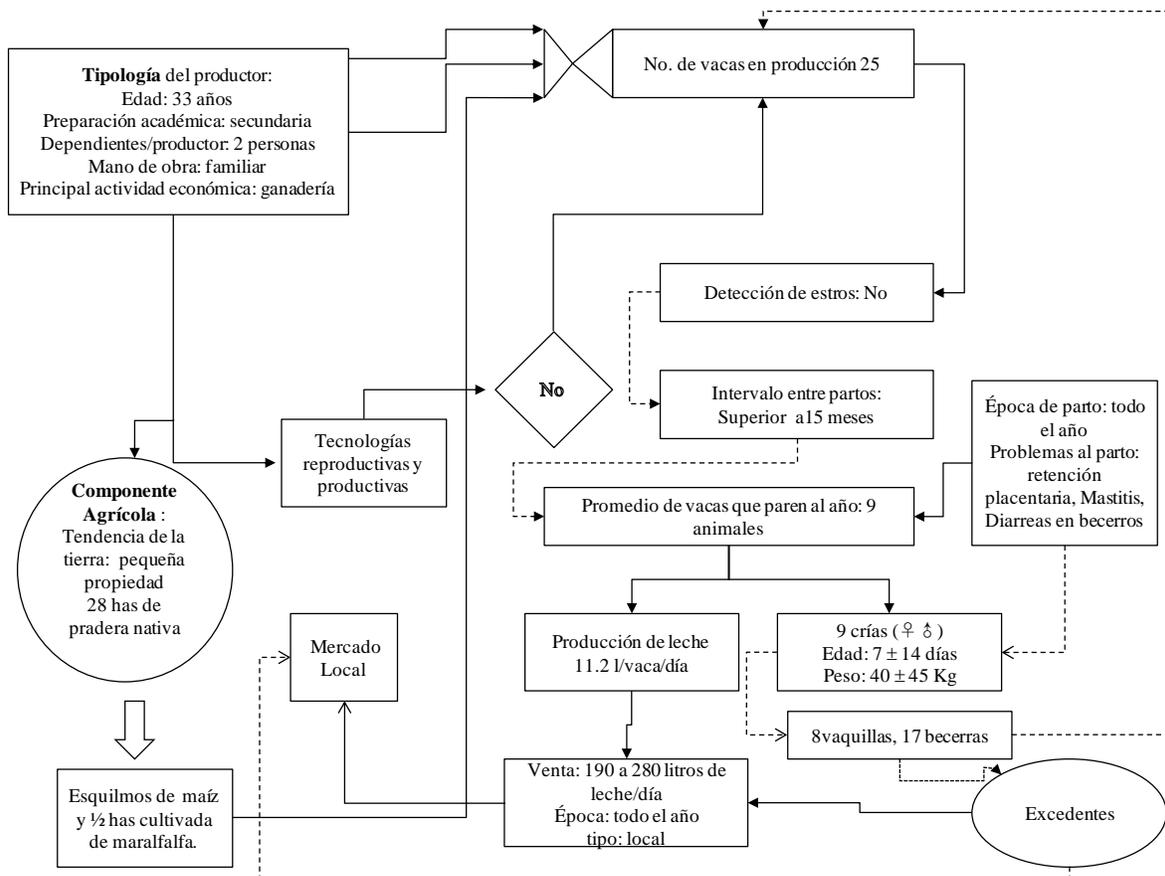
Cuadro 5. Matriz para la determinación de fortalezas y debilidades de los principales elementos Agrícolas del sistema familiar bovinos productores de leche.

Elementos de interés	Descripción	Autor y año	Fortaleza	Debilidad
Superficie de tierra de labor (ha)	El promedio de tierra son de 49.4 has; 45 has son dedicadas a la ganadería. 3.3 del total de las hectáreas se destinan a la agricultura y .3 has a otros fines.	Sánchez y Sánchez (2005)		√
Cultivos producidos	Los principales cultivos son alfalfa, maíz, avena y sorgo como recursos forrajeros	Val-Arreola (1998) Tena-Martínez (1999).	√	
Productividad agrícola	Maíz 1,864 a 10,000 kg/Ha y Sorgo 2,181 a 8,000 kg/ha		√	

Dado que, el conocimiento es fundamental para los aspectos biológicos, tecnológicos y la operación exitosa del propio sistema. González *et al.*, (2003), determinaron que sin un adecuado conocimiento de las metodologías de la planeación, organización, dirección y control, las empresas no pueden funcionar exitosamente, lograr las metas y objetivos propuestos; mucho menos, ser rentables y competitivos. En síntesis, el sistema se crea y responde de acuerdo a la propia idiosincrasia del productor, lo que hace que cada sistema, aun y cuando se encuadre en la categoría de sistema familiar, este tiene características propias y distintivas que le permiten mantenerse y reproducirse (sea o no rentable). Este mismo principio determina las características de cada uno de los elementos que componen al sistema, tal como se aborda a continuación.

6.1.2.1 Componente agrícola del SFBPL: El SFBPL cuenta con 28 hectáreas de pradera nativa y solo media hectárea cultivada con maralfalfa (*Pennisetum sp*) para la alimentación de 25 vacas en producción, lo cual no concuerda con el estudio realizado por Val-Arreola (1998) y Tena-Martínez (1999) que establecen que los sistemas campesinos de producción en pequeña escala, se caracterizan por sus principales cultivos, los cuales se fundamentan en la siembra de alfalfa, maíz, avena y sorgo como recursos forrajeros. Val-Arreola, *et al.*, (2005), establecen que los sistemas campesinos de producción a pequeña escala presentan problemas durante la época de estiaje, debido al pobre valor nutritivo, bajo nivel energético, altos valores de fibra, baja digestibilidad, deficiencias proteicas y minerales de los pastos y esquilmos agrícolas (Shimada, 2003). Bajo estas consideraciones, el componente agrícola del SFBPL no es capaz de brindar el autoabastecimiento de los principales insumos forrajeros para la producción de leche, lo que origina una dependencia del mercado por este tipo de insumos.

Figura 2. Modelo esquemático del sistema familiar bovino productores de leche (SFBPL) en la región Ciénega de Chapala, México.



6.1.2.2 Componente Animal del SFBPL: En lo referente al componente animal del sistema analizado, éste cuenta con un inventario de 51 animales de la raza Holstein. La estructura del hato es de 25 vacas en producción (49%), 8 vaquillas (15.6%), 17 becerras (33.3%) y un semental (1.9%). La conformación de dicho hato, no coincide con lo establecido por Sánchez y Sánchez (2005): “en la Ciénega de Chapala” la estructura de hato esta con formada por 40 % en vacas en producción, 20% vaquillas, 13% becerras, 12% novillonas, 5% becerros y 10% de novillos, toretes y sementales”.

De acuerdo con los resultados del monitoreo de la producción de leche (180 días) en el sistema analizado se encontró un promedio de 11.2 kg/vaca/día. No obstante, el 57% de las vacas, producen al día de 8-12 litros y solo el 1% de las vacas expresan el potencial genético de la raza: 20 y 24 litros/vaca/día. Estos resultados concuerdan con Castro *et al.*, (2001), quienes reportaron que en los estados de Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Puebla y Querétaro, el 69% de los sistemas familiares la producción de leche por vaca/día fue de 11.4 litros (Cuadro 6).

En relación al genotipo del hato analizado (Holstein o Frisona), este es el más productivo de todas las razas lecheras. El promedio de producción en Holanda es de 7,300 kg y, para los de alto registro, 8,700 kg. En los EE.UU. se estima que el promedio nacional a edad adulta es de 11,313 kg por lactación de 305 días, encontrándose fácilmente hatos con promedio en el rango de los 10 a 12,000 kg/lactación. El promedio canadiense es 10% menor, quizá por las duras condiciones climáticas de ese país (Gasque, 2008). Potencial biológico que no se vio reflejado en el SFBPL, pues se calculó una producción de 3,416 kg en una lactancia de 305 días.

Cuadro 6. Producción en kg. de leche, % de vacas, y turno de ordeña, y total/día.

Producción (kg)	Ordeña matutina	Ordeña vespertina	Ordeña día (Total)	
	% vacas	% vacas	Producción (kg)	% vacas
2.0 a 4.0	9.22	42.90	4-8	16.6
4.1 a 6.0	45.05	46.53	8.1-12	57.3
6.1 a 8.0	37.17	8.58	12.1-16	24.1
8.1 a 10.0	7.57	1.65	16.1-20	1.0
10.1 a 12.0	0.33	0.33	20.1-24	1.0
12.1 a 14.0	0.66	--	--	--

Referente a la estructura de número de partos de la vacas del SFBPL, se encontró que el mayor porcentaje de vacas se concentró en los partos 1 (25%) y 5 (25%). Lo que determinó una estructura de partos en el SFBPL de la siguiente manera: 33.3% de vacas primerizas (1-2 partos), 50% de vacas multíparas (3-5 partos) y 16.6% de vacas con 6 partos. En relación a la producción de leche, las vacas del 1^{er}, 5^o y 6^o parto fue similar ($P > 0.05$) pero mayor ($P < 0.05$) a las vacas de 2^o, 3^o y 4^o parto (Cuadro 7).

Cuadro 7. Estructura de partos del hato y producción láctea del SFBPL en la región Ciénega de Chapala, México.

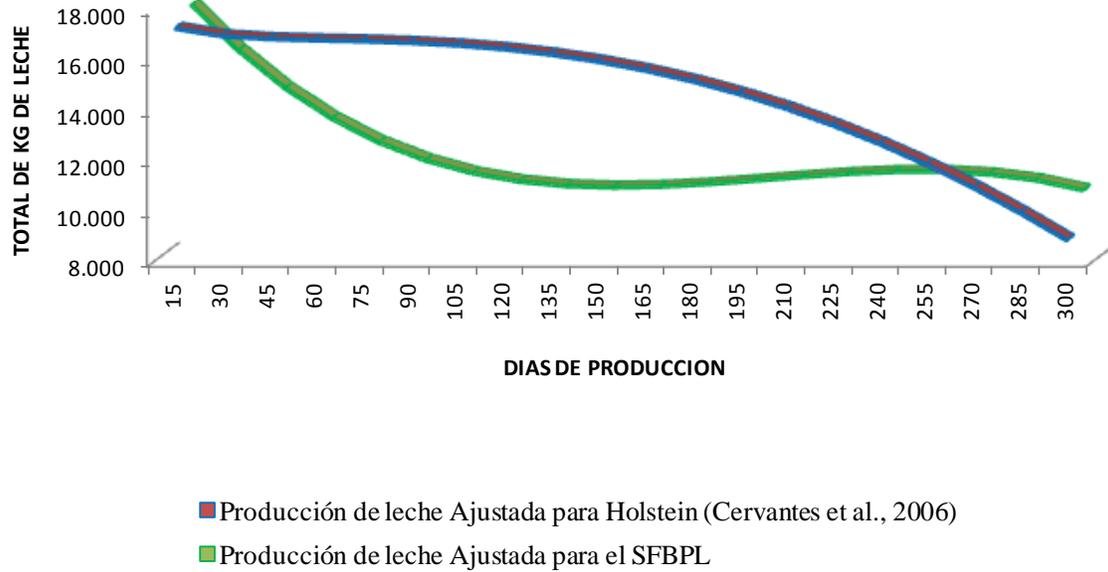
Número de Partos	% vacas	Producción láctea		
		Mañana	Tarde	Total
1	25	6.046 ^a	4.712 ^a	10.846 ^a
2	8.33	5.937 ^a	4.680 ^{ac}	10.688 ^b
3	8.33	4.489 ^b	3.315 ^b	7.943 ^c
4	16.67	5.823 ^a	4.198 ^b	10.124 ^b
5	25	7.046 ^c	5.294 ^c	12.354 ^a
6	16.67	6.135 ^a	5.237 ^d	11.452 ^a

Los resultados que se presentan en el Cuadro 7, no concuerdan con Val-Arreola *et al.*, (2004) y García-Muñiz *et al.*, (2007), quienes observaron una mayor producción de leche por lactancia conforme aumenta el número de parto. Una posible explicación en la baja producción de leche en el 2^o, 3^o y 4^o parto es la deficiente alimentación y/o una inadecuada selección genética de los remplazos. Con respecto a la alimentación, está se basa principalmente en 7 kg de esquilmos agrícolas/vaca/día y 5 kg de concentrado (20% de proteína cruda)/vaca/día. Estas cantidades de alimento se ofrecen sin tomar en cuenta la clasificación de la producción de las vacas: altas, medias y bajas. Por último, en los aspectos de selección genética de los remplazos, se observó que el productor carece de elementos y asesoría para realizar esta actividad, lo que pudo ocasionar la variabilidad de la producción de acuerdo al número de partos de las vacas.

Otro elemento a considerar en la variabilidad de la producción de leche, en el SFBPL, fue la curva ajustada a 305 días de lactación de las vacas en el sistema. Al respecto se pudo observar que la curva de lactación ajustada no corresponde a una curva normal de producción, puesto que esta comenzó a decrecer a partir del día 30 de lactación (15.9 kilos), llegando a su mínima expresión (10.5 kilos) en el día 150, para posteriormente incrementarse la producción a partir del día 195 (10.8 kilos) hasta el día 270 (11.0 kilos).

Para el análisis de la curva de lactancia ajustada a 305 días para Holstein, Cervantes *et al.*, (2006) aplicó el modelo de regresión de Ali y Schaeffer (1987). Mientras que para el caso de la construcción de la curva ajustada del sistema analizado se utilizó un modelo no lineal para la estimación de β_0 , β_1 , β_2 y β_3 cuyos valores fueron: 19.915 ($P < 0.001$); -0.156 ($P < 0.001$); 0.0008 ($P < 0.001$) y 0.000001 ($P < 0.001$), respectivamente. Con respecto a la curva obtenida con este procedimiento, se ha establecido que una curva normal de lactación tiene cuatro fases: la primera fase está representada por el inicio de la lactación y corresponde a los dos primeros meses postparto; la segunda fase, está determinada en el tercer mes postparto y prácticamente se representa por un pico de lactación donde se alcanza su máxima producción; la tercera fase corresponde a la producción entre el cuarto y séptimo mes de lactación, también denominada como la lactación media, donde ya la producción tiende a decrecer; por último la cuarta fase o fase de secado correspondientes del octavo al decimo mes de lactación.

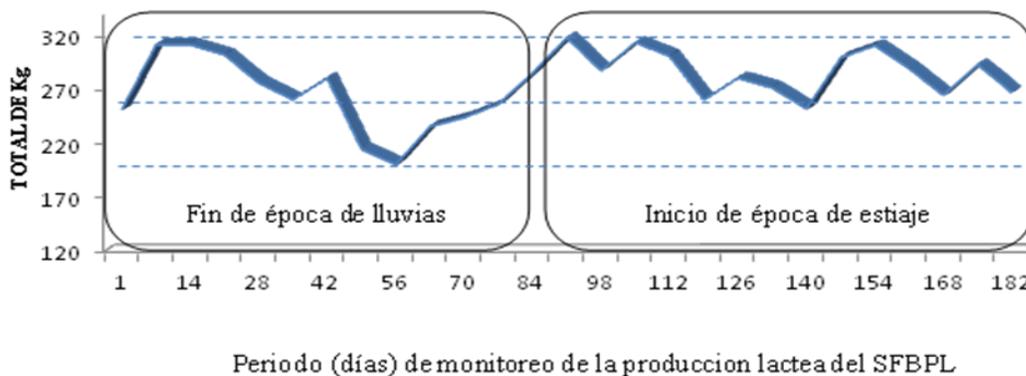
Gráfica 1. Curva de lactación ajustada a 305 días en el SFBPL en la región Ciénega de Chapala, México.



Es evidente que la curva de lactación obtenida en el sistema analizado no se corresponde a una curva normal de lactación, pues esta se encontró invertida; manifestando un decremento a partir del primer mes de lactación e intentando recuperarse a partir del séptimo mes de lactación (Gráfica 1). Así mismo, se pudo determinar que la curva de lactación del sistema analizado estuvo afectada por el número de parto ($P < 0.001$), más no por factores tales como estado fisiológico, gestante o no gestante ($P > 0.05$) o época, final de época de lluvias o inicio de época de estiaje ($P > 0.05$), lo que sugiere el efecto de deficientes prácticas nutricionales o prácticas de higiene durante el ordeño incluso a factores inherentes al potencial genético del hato; es decir, que el ganado analizado no posee mérito genético para la producción de leche.

Con respecto al monitoreo de producción láctea del SFBPL, este se realizó durante un periodo de 180 días y abarcó 84 días del final de la época de lluvias y 98 días del inicio de la época de lluvias (Gráfica 2). En este análisis se pudo observar un decremento de la producción de leche a partir del día 14 de medición, presentando una producción crítica en el día 56 de medición de la época de lluvias. Posteriormente la producción sufre un incremento entre los días 70 y 90 del monitoreo. Para el día 98 y hasta el día 182, del periodo de inicio de época de estiaje, la producción aunque variable se mantiene entre los 251 y 311 kg de leche/día.

Gráfica 2 Producción de leche (kg/ semana) SFBPL en la región Ciénega de Chapala, México.



Para Espinoza *et al.*, (2007) el final de la época de lluvias (octubre) se acentúa la escases del pasto nativo y por lo regular, sólo hay esquilmos agrícolas para pastorear. Condiciones que originan una deficiente alimentación en el ganado y como consecuencia una disminución de la producción. Por el contrario, en noviembre-diciembre los productores ya han cosechado y cuentan con suficiente maíz y rastrojo almacenado para complementar la alimentación de los animales, lo que se refleja en un incremento de la producción de leche/día.

6.1.2.3 Componente Tecnológico para la Producción Animal del SFBPL: El SFBPL prácticamente no cuenta con registros, así como tecnologías para el control y manipulación de los eventos reproductivos y productivos. En cuanto al manejo reproductivo, no monitorean la presentación de estros de las vacas, pues utilizan monta natural, dejando de lado el uso de técnicas de reproducción asistida (inseminación artificial, trasplante de embriones). No realizan el diagnóstico de gestación, lo que genera más de 100 días abiertos, por lo que el intervalo entre partos es mayor a 12 meses. Ello origina a su vez, lactaciones superiores a 305 días. Estos resultados sobrepasan los estándares ideales para obtener la eficiencia reproductiva del hato (Cuadro 8).

Cuadro 8. Parámetros ideales para vacas Holstein

Variable	Parámetro ideal
Lactancia	305 días.
Intervalo entre partos	11.5 a 12.5 meses.
Edad al Primer parto	24 a 25 meses
Días abiertos	85 a 100 días.

Fuente: Gasque, 2008

En lo referente a técnicas nutricionales, estas ya se han mencionado con anterioridad por lo cual se puede establecer que existen deficiencias en este tipo técnicas tales como: a) ausencia en la división del hato de acuerdo a su producción; altas, medias y bajas productoras; b) establecimiento de raciones acorde a la productividad de las vacas; c) uso de praderas mejoradas; d) complementación de las dietas en época de escasas de forraje, entre otras técnicas más.

El SFBPL cuenta con una ordeñadora mecánica en línea, con capacidad de 4 animales por grupo. Sin embargo en esta área no existen prácticas de higiene para la salud de la ubre y como consecuencia se presentan problemas de mastitis que generan una disminución en la calidad y productividad láctea, aspecto que incrementa los costos de producción, debido al uso medicamentos y a la deficiencia productiva. Al respectó los ganaderos clasificados como “no rentables”, se ubican en las categorías de tecnología intermedia o tradicional, sus características son: no emplean alfalfa para alimentar el ganado; no están organizados para producir su alimento balanceado, pueden o no usar la inseminación artificial. Difieren de los rentables en que: el ordeño es manual, poseen menos de 15 vacas en ordeña y menos de 12 ha para cultivo.

6.1.3 Salidas del sistema SFBPL: Para establecer si las salidas del sistema corresponden con la rentabilidad del propio sistema se analizó el costo de producción de leche/día, pues este producto es el principal componente de los ingresos diarios del sistema (Cuadro 9).

Cuadro 9. Estimación del costo de producción (kg de leche) e ingreso por día del SFBPL en la Región Ciénega de Chapala, México.

Concepto	Precio unitario	Consumo vaca/día	Consumo resto* del hato/día	Gasto total/hato
Concentrado	\$3.38/kg	5kg	--	\$422.50
Rastrojo con maíz	\$1.80/kg	7kg	--	\$315.00
Rastrojo sin maíz	\$1.20	--	11.5 kg	\$345.00
Maralfalfa	\$.30/kg	10.6kg	--	\$79.50
Gasolina	\$9.08/L	.094L	.094L	\$42.67
Medicamentos		\$0.32	\$0.32	\$16.00
Total				\$1,220.67
Producción/día				280 L
Costo de producción/L				\$4.35
Precio de venta/L	\$4.00		Ingreso bruto/día	\$1,120.00
			Ingreso neto/día	-\$100.67

*=becerras, vaquillas y semental; el consumo es un promedio aproximado/animal

De acuerdo con el cuadro 10, el costo de producción de un litro de leche en el sistema fue de \$4.35 (Moneda Nacional) costo que no permite la rentabilidad del sistema, pues existió un déficit de \$100.67/día. Este resultado pudo deberse a dos factores: I) el centro de acopio no está pagando un precio justo/litro de leche y II) el potencial genético del hato del sistema no se expresa.

Con respecto al punto uno, cabe señalar que en el 2007 el programa de Ordeña por Contrato (Fundación Produce Michoacán) otorgaba un estímulo a los lecheros de 40 centavos por litro que vendan a las procesadoras, siempre y cuando el precio de compra sea igual o mayor al pagado por LICONSA (\$4.00/kg)¹, Mientras que en el 2011, los productores de Puebla México estiman un aumento en el precio de la leche, de lo contrario corren el riesgo de que un buen porcentaje de productores dejen esta actividad, pues para el mes abril del 2011 el precio/kg de leche cruda era de \$4.50 pesos². Por lo tanto con el precio anterior mencionado el productor estaría ganado solo 15 centavos/kg lo que le generaría una ganancia neta de tan solo \$42 pesos/día, que sería menos del salario mínimo.

Con respecto al punto dos (potencial genético del hato) el representante de los productores de leche señaló que las vacas conocidas como "criollas" en promedio producen de 10 a 12 kg diarios, mientras que las mejoradas genéticamente producen lo doble, es decir, de 20 a 24 kg. Por otra parte en una estudio realizado por García *et al.*, (2007) en sistemas de lechería familiar en los altos de Jalisco, donde los hatos están conformados con 25-42 vacas en producción con un promedio de 19-26 kg/vaca/día; con una alimentación basada en el uso de concentrado, esquilmos agrícolas y el pastoreo en agostadero. Por lo que si SPBLF

¹ Sanchez H. 2007. Michoacán: Ordeña por Contrato, sólo para unos cuantos [en línea] http://www.inforural.com.mx/noticias.php?&id_rubrique=213&id_article=14195 [consulta 11/05/11]

² Contreras N. 2011. Puebla: Pega crisis a los ganaderos; baja a 4 pesos litro de leche [en línea] <http://www.oem.com.mx/elsoldepuebla/notas/n1622348.htm> [consulta 11/05/11]

analizado alcanzara el parámetro de 19 kg/día/vaca, su ingreso neto seria de \$680/día aun y cuando le pagaran a \$4.00/kg.

6.1.4 Consideraciones generales sobre el sistema: El mejoramiento del sistema ofrece elecciones muy delimitadas, debido a que el principal responsable de la ineficiencia del sistema analizado (SFBPL) es el factor humano, pues dentro de los motivos de crear y operar el sistema no se contempló el uso de la aplicación de tecnologías administrativas (objetivos y metas), reproductivas, productivas y de salud de la ubre; aunado a ello, el productor no tiene interés para entender y asimilar los paquetes tecnológicos mínimos necesarios para el control y manipulación de los eventos biológicos inherente a la producción de leche. Por lo tanto, mejorar el sistema analizado implica un cambio en la forma tradicional de operar este sistema *-obtener el máximo beneficio con la menor inversión posible, de tiempo y dinero-*.

6.2 EFECTO DEL NOPAL (*OPUNTIA FICUS-INDICA*) SOBRE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LECHE EN ÉPOCA DE ESTIAJE

6.2.1 Efecto del nopal (*opuntia ficus-indica*) sobre la producción de leche en época

Se encontró que la producción láctea (PL) fue afectada por el grupo ($P < 0.001$); el G1 (sin complemento de nopal) produjo en promedio 10.289 kg/vaca/día, mientras que en el G2 (complementado con nopal) el promedio fue de 11.345 kg/vaca/día, ambos promedios estadísticamente diferentes ($P < 0.05$). González (1998) y Ortiz *et al.* (2011) encontraron un comportamiento similar al de la presente investigación; reportando una mayor PL en vacas complementadas con *Opuntia-ficus-indica*, en comparación con la producción de vacas sin complementación de nopal, 8.529 y 7.440 lts/vaca/día, respectivamente (Ortiz *et al.*, 2011).

En lo referente al efecto de la interacción grupo*época sobre PL, se encontró que durante la época de estiaje, el G2 mostró una mayor producción ($P < 0.001$) en comparación con G1: 11.284 y 9.833 kg/vaca/día, respectivamente (Cuadro 10).

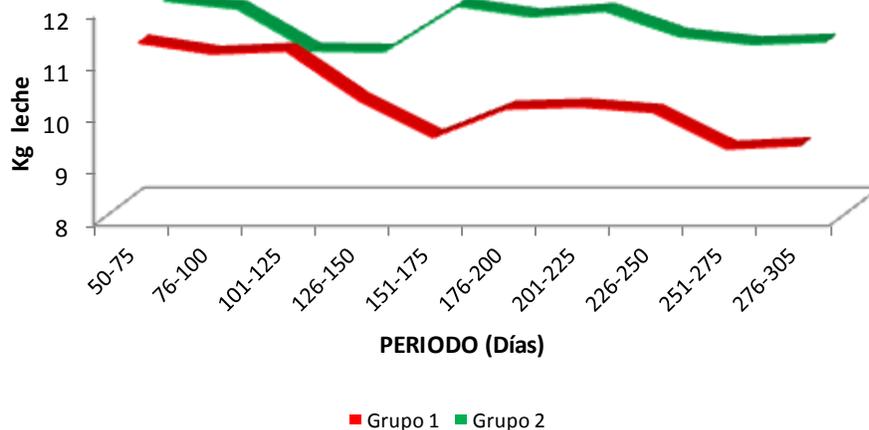
Cuadro 10. Medias de mínimos cuadrados para producción de leche de acuerdo al grupo, época y periodo de lactación.

PERIODOS (días)	Época	Grupo 1		Grupo 2	
		Promedio (kg)	E.E	Promedio (kg)	E.E.
50-75	Lluvias	11.40 ^{a1}	0.47	11.85 ^{a1}	0.47
76-100		11.19 ^{a1}	0.47	11.69 ^{a1}	0.47
101-125		11.25 ^{a1}	0.54	10.88 ^{a1}	0.54
151-175		10.29 ^{ab1}	0.47	10.86 ^{a1}	0.47
176-200		9.57 ^{b1}	0.54	11.74 ^{a2}	0.54
201-225*	Estiaje	10.13 ^{ab1}	0.47	11.54 ^{a2}	0.47
226-250*		10.17 ^{ab1}	0.47	11.65 ^{a2}	0.47
251-275*		10.06 ^{ab1}	0.54	11.16 ^{a2}	0.54
276-300*		9.36 ^{b1}	0.47	11.00 ^{a2}	0.47
300 a mas*		9.43 ^{b1}	0.42	11.06 ^{a2}	0.42

*complementación con nopal en el Grupo 2 ^{a,b}= Diferencias estadísticas ($P < 0.05$) dentro de columna
^{1,2}= Diferencias estadísticas ($P < 0.05$) dentro de fila

De acuerdo a los valores del Cuadro 10 y Gráfico 3, se puede establecer que el G1 (sin complementación de nopal), durante los periodos 50–75 hasta 176-200 días de producción en época de lluvias, la producción decreció de 11.40 a 9.57 kg/vaca/día. No obstante, el G2 (con complementación de nopal) en los mismos periodos y época, logró mantener una producción entre 11.85 y 11.74 kg/vaca/día.

Gráfica 3. Producción láctea (medias de mínimos cuadrados) G1 sin complementación de nopal y G2 complementadas con nopal de acuerdo al periodo de lactación y a la época del año.



En lo que respecta a la época de estiaje, el G1 durante los periodos de 201-225 hasta 300 días o más, produjo de 10.13 a 9.43 kg de leche/vaca/día, ello en comparación con G2 (11.54 a 11.06 kg de leche/vaca/día) dentro de los mismos periodos y época. Resultados que concuerda con Pérez *et al.*, (2010), quienes reportan que en la época de estiaje -periodo de complementación de nopal en la dieta de las vacas- se incrementó la PL, ello en comparación con la época de lluvias (periodo sin complementación de nopal). Le Houérou (1994), determinaron el nopal es utilizado de emergencia durante épocas de extrema sequía, como un alimento de ganado, aunque no determinan su impacto en la productividad del ganado. Ortiz *et al.*, (2011), establecen que la PL, con el uso de *Opuntia- ficus-indica* durante la época de estiaje, se incrementó en 2.840 lts/vaca/día en promedio ($P > 0.05$), respecto a la PL obtenida en época de lluvias. Por lo tanto, los resultados obtenidos en la presente investigación y la de los investigadores citados anteriormente muestran la utilidad del nopal como complemento en la dieta en época de estiaje al aumentar la producción láctea y abatir la escasez de forraje en esta época.

6.2.2 Efecto del nopal sobre la calidad microbiana de leche cruda en época de estiaje

Se encontró que el promedio general de bacterias mesófilas aerobias (BMA) fue de 4.1 ± 0.1 unidades formadoras de colonias (UFC/ml \log_{10}) para el G1 y de 3.9 ± 0.1 UFC/ml en el G2, ambos promedios fueron estadísticamente iguales ($P > 0.05$). Del mismo modo cuando se analizaron los resultados de la interacción periodo*época, los resultados demostraron la ausencia del efecto del nopal como complemento de la dieta de los bovinos sobre las UFC/ml de BMA (Cuadro 11). Resultados que no concuerdan con los encontrados por Ortiz et al. (2011), ellos encontraron un promedio 1.6 UFC/ml en leche cruda (LC) proveniente de vacas complementadas con nopal y de 3.7 UFC/ml en LC proveniente de vacas que no recibieron complementación de nopal; ambos promedios estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

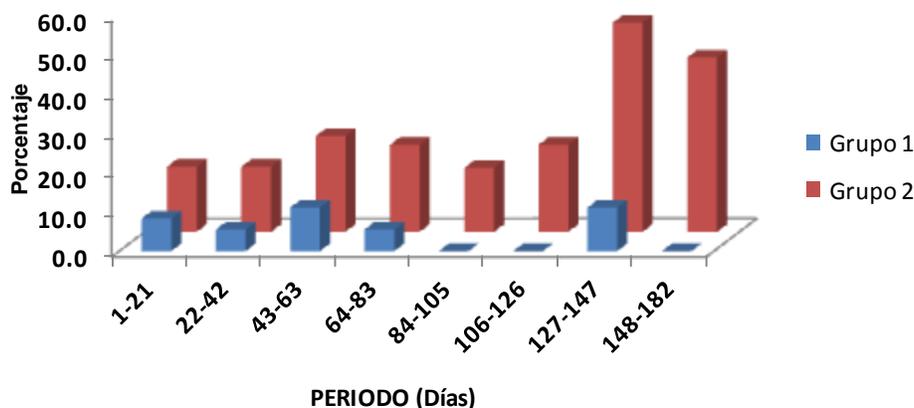
Cuadro 11. Medias de mínimos cuadrados para Mesófitas aerobias (UFC/ml) en leche cruda de acuerdo al Grupo, periodo y época tratamiento

Periodo	Época	Promedio(\log_{10})	E.E	Promedio(\log_{10})	E.E
1	Lluvias	4.1 ^{a1}	0.38	4.3 ^{a1}	0.38
2		4.0 ^{a1}	0.38	3.7 ^{ab1}	0.38
3		4.3 ^{a1}	0.38	3.1 ^{b1}	0.38
4		4.3 ^{a1}	0.38	4.2 ^{a1}	0.38
5		3.5 ^{ab1}	0.38	3.7 ^{ab1}	0.38
6		3.3 ^{b1}	0.38	3.0 ^{b1}	0.38
7	Estiaje	4.3 ^{a1}	0.38	4.4 ^{a1}	0.38
8		4.7 ^{ac1}	0.29	4.5 ^{a1}	0.29

a,b,c = diferencias estadísticas ($P < 0.05$) dentro de columna.

Esta diferencia en los resultados de esta investigación -en torno al efecto del nopal sobre las cuantas bacterianas de BMA- y los de los investigadores anteriormente citados posiblemente se debió a la presencia de mastitis subclínica dentro de ambos grupos analizados (Gráfica 4).

Gráfica 4. Porcentaje de mastitis de acuerdo al grupo y al periodo.



La mastitis subclínica no muestran ninguna señal obvia de la enfermedad; pero, a menudo presenta una disminución en la producción y un aumento en el contenido de bacterias en la leche (Bedolla, 2004; Hansen *et al.*, 2004; Hillerton y Berry, 2005). Lo que podría evidenciar que el nopal como complemento de las dietas de bovinos disminuya las cargas bacterianas por acción bacteriostática, pero ello no implica que el nopal posea acciones bactericidas, puesto que Ortiz *et al.*, (2011b), observaron que el contacto directo, de diferentes partes del nopal, con la LC disminuyó ($P > 0.05$) la cuanta bacteriana para BMA (\log_{10}) en comparación con el testigo (LC sin inclusión de nopal); 5.8 y 7.1 UFC/ml, respectivamente.

De acuerdo con la Gráfica 4, se puede establecer una tendencia hacia un aumento en el porcentaje de mastitis en G2 (vacas complementadas con nopal) durante los dos últimos periodos de la complementación con *Opuntia ficus-indica*, ello podría reflejar el pobre manejo de las técnicas del cuidado de la ubre. Aspecto que concuerda con los hallazgos

encontrados en la caracterización y modelación del sistema analizado (pág. 37) “En relación a la tecnología utilizada para el ordeño del SFBPL se pudo observar que [...] en esta área no existen prácticas de higiene para la salud de la ubre y como consecuencia los problemas de mastitis genera una disminución en la calidad y productividad de la LC...”.

Por último, en lo referente a los valores del Cuadro 11, aun y cuando no se encontró efecto del nopal sobre la disminución de UFC/ml de BMA estos estuvieron dentro de los parámetros de calidad de LC de acuerdo a la NMX-F-700-COFOCALEC-2004, quien establece el número de BMA debe ser menor a $6.1 \log_{10}$ para catalogar a la LC como apta para consumo y procesamiento de productos lácteos.

Por otra parte, los resultados obtenidos para organismos coliformes totales (\log_{10}), el promedio para G1 fue de 3.6 ± 0.1 y 3.4 ± 0.1 UFC/ml para el G2; ambos promedios fueron estadísticamente iguales ($P > 0.05$). Resultados que no concuerdan con Ortiz *et al.*, (2011) quienes obtienen resultados para coliformes totales en promedio de 2.2 UFC/ml para vacas con complementación de nopal, en comparación con 3.5 UFC/ml en LC proveniente de vacas sin complementación con nopal; ambos promedios fueron estadísticamente diferentes ($P < 0.05$). Del mismo modo, Ortiz *et al.*, (2011b) observaron una disminución ($P < 0.05$) en el conteo de coliformes totales (\log_{10}) al exponer a contacto directo la LC con nopal molido, epidermis de nopal y mucilago de nopal: 5.7, 6.1 y 6.3 UFC/ml, respectivamente. Estos promedios fueron iguales ($P > 0.05$) entre sí, pero diferentes ($P < 0.05$) al testigo (6.7 UFC/ml). Estas diferencias entre los resultados de esta investigación con lo reportado por Ortiz *et al.*, (2011 y 2011b), posiblemente se deban a la presencia de mastitis en las vacas de ambos grupo, aspecto que anteriormente fue discutido.

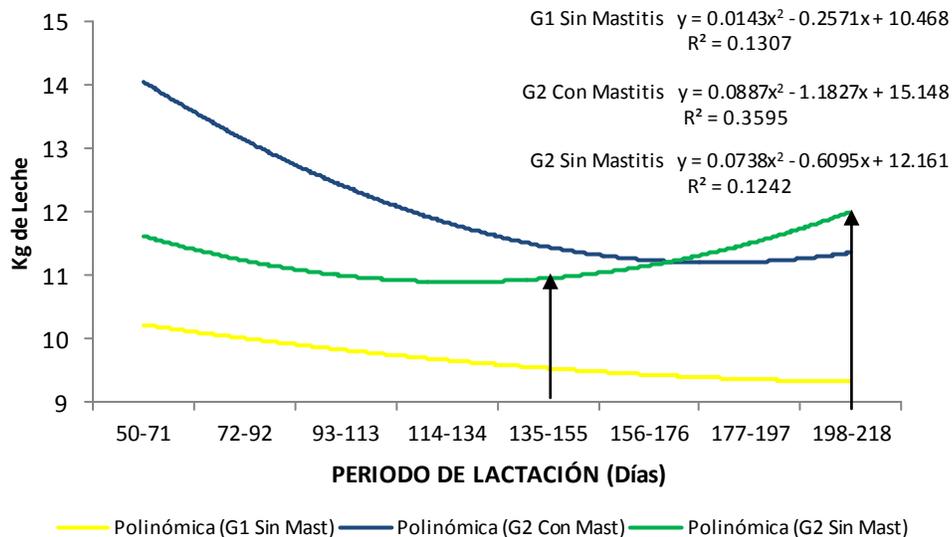
En relación a los resultados de la interacción periodo*época, estos demostraron la ausencia del efecto del nopal como complemento de la dieta de los bovinos sobre las UFC/ml de coliformes totales cuando se analizaron entre grupos y los valores obtenidos determinaron que la LC de ambos grupos no cumplen con la especificaciones de la NMX-F-700-COFOCALEC-2004, pues esta norma establece que la LC no debe de presentar un valor mayor a 2.0 log₁₀; valor inferior al encontrado en los grupos analizados.

Romero (2004) determinó que los microorganismos contaminantes de leche cruda se originan principalmente en: 1) infecciones de la ubre o conducto del pezón; 2) exterior de la ubre y ambiente; 3) manejo de la leche y equipo de almacenamiento. Sin olvidar que la edad, la etapa de lactancia, la estación del año, variación de temperatura ambiental durante el día, variaciones de condiciones climáticas, son factores que predisponen la presencia y aumento de bacterias en LC.

6.3 EFECTO DE LA MASTITIS SUBCLÍNICA SOBRE LA PRODUCCIÓN DE LA LECHE

Al analizar el afectó de la mastitis subclínica sobre la producción de leche (Gráfica 5) se observó que el G1 -sin complementación con nopal- mostró una disminución en la producción láctea, esto en comparación al G2 -complementado con nopal y con presencia de mastitis. Lo que concuerda con Barker *et al.* (1998), Heringstad *et al.*, (2000) y Rabello *et al.*, (2005); ellos encontraron que la mastitis disminuye la producción láctea y altera la composición de la misma. Los resultados de producción de leche en las vacas del G2 -complementadas con nopal- muestran un aumento en la producción aun y cuanto este grupo fue afectados por la mastitis durante los periodo analizados, ello en comparación al G1.

Gráfica 5. Producción de leche de acuerdo a presencia de mastitis por grupo.



De acuerdo a los resultados consignados en la Gráfica 5, se puede observar el efecto de la complementación del nopal (periodos 135-155 al 198-218 días de lactación) sobre la PL, cuando las vacas complementadas con nopal no presentaron mastitis subclínica. Ello a diferencias de la PL de las vacas sin complementación y de las vacas complementadas con nopal y con presencia de mastitis subclínica, resultados que concordarían con lo reportado por Ortiz *et al.*, (2011), en torno al efecto positivo de la complementación de nopal en la dieta de los bovinos productores de leche sobre la PL durante la época de estiaje.

6.4 EFECTO DEL NOPAL SOBRE LA CALIDAD FÍSICA Y QUÍMICA DE LECHE CRUDA EN ÉPOCA DE ESTIAJE.

De acuerdo con los valores de la calidad físico-química de leche cruda, el G1 fue diferente al G2 ($P < 0.05$), con respecto a los porcentajes de proteína (P), grasa (GS) y sólidos no grasos (SNG) de la LC (Cuadro 12), con valores de P de 3.24 y 3.13%; los contenidos de GS fueron de 3.69 y 3.32%; SNG de 8.64 y 8.38 %; todos los valores para G1 y G2, respectivamente. Datos que concuerdan con los establecidos por la NMX-F-700-COFOCALEC-2004 donde los parámetros de calidad para P son 3.0%, 3.5% de GS y

crioscopia (Crs) de 536 siendo el G1 el que presenta mejores parámetros de calidad en comparación con G2; ambos grupos están dentro de los parámetros de localidad establecido por la norma. Sin embargo el G2 complementado con nopal fue el que presento una disminución en GS que se encuentra por debajo de lo establecido por dicha norma.

Cuadro 12. Medias de mínimos cuadrados en calidad físico-química de leche cruda de acuerdo a tratamiento.

Grupo	P	E.E.	GS	E.E.	Ac	E.E.	SNG	E.E.	Crs	E.E.
G 1	3.24 ^a	0.02	3.69 ^a	0.08	13.32 ^a	0.10	8.64 ^a	0.04	547.51 ^a	2.21
G 2	3.13 ^b	0.02	3.32 ^b	0.07	13.22 ^a	0.10	8.38 ^b	0.04	541.37 ^a	2.15

a,b = diferencias estadísticas (P<0.05) dentro de columna. (P) proteína, (GS) grasa, (Ac) acidez, (SNG) sólidos no grasos, (crs) crioscopia.

Con respecto a los resultados de la calidad físico-química de la leche cruda (Cuadro 12), LICONSA (2007) establece parámetros de calidad para LC como sigue: GS 3.0%, P 3.0%, Crs 560.0 y acidez 13.00 mínima y 16.0 máxima. Por lo que los resultados obtenidos en ambos grupos se encuentran dentro de lo establecido por LICONSA.

Cervantes *et al.*, (2001) indican que en lechería familiar, el contenido promedio de grasa es de 3.4 %. Sin embargo, habría que establecer que existe una alta correlación negativa entre la PL y la cantidad de GS presente en la misma. Así, cuando la PL aumenta, la cantidad de GS disminuye. Posiblemente, el uso de nopal contribuyo en la disminución en este indicador. Puesto que los resultados demuestran el incremento de la PL en las vacas complementadas con nopal (*Opuntia ficus-indica*).

7. CONCLUSIONES

El mejoramiento del sistema analizado ofrece elecciones muy delimitadas, pues el principal responsable de la ineficiencia del sistema es el factor humano al operar al sistema sin la aplicación de tecnologías administrativas (objetivos y metas), reproductivas, productivas y de salud de la ubre. Por lo que mejorar el sistema implica un cambio en la forma tradicional de operar al sistema *-obtener el máximo beneficio con la menor inversión posible, de tiempo y dinero-*.

El nopal como complemento de la dieta de bovinos productores de leche incrementa la producción de leche durante la época de estiaje. Pero no mejora la calidad bacteriológica de la leche cruda. No obstante, el recuento de bacterias mesófilas aerobias se mantuvo por debajo de lo permitido por la norma oficial mexicana, más no así para organismos coliformes totales. Un factor que pudo evitar el efecto positivo de la dieta complementada con nopal sobre el recuento de bacterias mesófilas aerobias y organismos coliformes totales, fue la presencia de mastitis subclínica, en ambos grupos, durante todo el periodo de estudio. En relación a la calidad físico-química de leche cruda, se encontraron cambios en la composición de la leche obtenida de vacas alimentadas con una dieta complementada con nopal con respecto a los porcentajes de proteína, grasa y sólidos no grasos, con respecto al grupo de vacas alimentadas sin complemento de nopal en la dieta. Sin embargo los valores físico-químicos de la leche cruda de ambos grupos se encontraron dentro de lo establecido por la norma NMX-F-700-COFOCALEC-2004 y para los parámetros de calidad establecidos por LICONSA. Por lo que para aspectos de PL y calidad físico-química de la leche cruda el uso de nopal como complemento en la dieta es una alternativa forrajera en época de estiaje.

8. BIBLIOGRAFÍA

Ali, T.E. y Schaeffer, L.R. 1987. Accounting for covariances among test day milk yields in dairy cows. *Can. J. Anim. Sci.* 67: 637-642.

Barker, R. M. y Yang, T. J. 1998. Chemotactic Activities in Nonmastitic and Mastitic Mammary Secretions: Presence of Interleukin-8 in Mastitic but Not Nonmastitic Secretions. *Clinical and Diagnostic Laboratory Immunology.* 5:82-8.

Bedolla, C.C. 2004a. Mastitis Bovina. Cuatro Vientos. No 41. Febrero-Marzo. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. pp. 24-26.

Bernal, M.R.L, Rojas, G.A.M, Vázquez, F.C, Espinoza, O.A, Estrada, F.J y Castelán, A.O. 2007. Determinación de la calidad físico-química de leche cruda producida en sistemas campesinos en dos regiones del estado de México. *Revista de revistas científicas de América latina y Caribe, España y Portugal. Veterinaria México universidad nacional autónoma de México Distrito Federal.* vol 38 num.004 395-407.

Bertalanffy, L.V. 1976. Fundamentos, Desarrollo, y Aplicaciones; Teoría General de los Sistemas. Ed. Fondo de Cultura Económica. México D.F. 13-64 pp.

Bravo, H. 1978. Las cactáceas de México. Universidad Nacional Autónoma de México, Vol. 1, 2da. Edición. Editorial Universitaria, México. 30-40p

Castro, L.C.J, Sánchez, G.R, Iruegas, L.F.E y Saucedo, G.L. 2001. Tendencias y oportunidades de desarrollo de la red leche en México. *FIRA Boletín Informativo.* Volumen XXXIII. Núm. 317. 9a. Época. Año XXX. Septiembre. México, D.F.

Cervantes, E. F.; Santoyo, C. H.; Álvarez, M. A. 2001. Lechería Familiar. Factores de éxito para el negocio. México DF: Ed. Plaza y Valdez, S A de C V.

Cervantes P, Fernández L y Ponce P. 2006 Caracterización de las curvas de lactancias en producción y composición láctea, de las principales razas y cruza existentes en el trópico mexicano Rev. Salud Animal. Vol. 28 No. 2: 90-95.

Dhimant., Satter L. 1997. Yield response of dairy cows fed with different proportions of alfalfa silage and corn silage. Journal of Dairy Science 80: 2069-2082.

Elizondo, E. J., J.J. López y G. J. Dueñez A. 1987. El género *Opuntia* (Tournefort) Miller y su distribución en el estado de Coahuila. 2a. Reunión Nacional sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Instituto de Biología. UNAM. México.

Espinoza, O. V., López, D. C., García, B. G., Gómez, G. L., Velásquez, P. P., y Rivera, H. G. 2002. Márgenes de comercialización de la lecha cruda producida en sistema familiar. Revista Científica 12 (Suplemento 2), Octubre: 650-654.

Espinosa, O.V.E, Riveram, H.G y García, H.L.A. 2007. Utilidades Económicas Generadas por la Lechería Familiar. Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente. Vol. 7 núm. 14

Eyssautier de la M 1995. Elementos Básicos de Mercadotecnia. 2ª ed. Trillas. México, D.F 101 – 114 pp.

Felker, P. 1995. Forage and fodder production and utilization. p.144-154, in: G. Barbera, P. Inglese & E. Pimienta-Barrios (eds) Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear. *FAO Plant Production and Protection Paper*, 132.

Flores, V.C.A. 1977. El nopal como forraje. Tesis profesional UACH, México. 179 pp.

Fuentes R., J.M., L. Jiménez C., L. Suárez G., M. E. Torres S., M. Murillo M., López, G. J.J. y B. Ortiz R. 2003. Evaluación nutricional de cuatro especies de nopal (*Opuntia spp*) forrajero. Resultados de Proyectos de Investigación 2003, Dirección de Investigación, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, México. pp. 483-488.

Fuentes, R.J. M. 1991. A survey of the feeding practices, costs and production of dairy and beef cattle in northern México. *In:* Proc. 2nd Annual Texas Prickly Pear Council. Kingsville, TX.

Gallardo, N.J.L., Villamar, A. L y E. Olivera C. 2004. Situación actual de la producción de leche de bovino en México. *Claridades agropecuarias.* No 136. 3,4 pp.

Garcés R., Brito C., Cabello, M., Orellana A., Brandl. E. y López J.L. 2005. Determinación de la calidad microbiológica de la leche cruda y del queso artesanal elaborado en una cooperativa de campesinas en una zona del centro-sur de Chile. *Revista de tecnología e higiene de los alimentos* 366: 62-69pp.

García, H.L.A, Aguilar, V.A, Luévano, G.A. y Cabral, M.A. 2005. La globalización productiva y comercial de la leche y sus derivados. *Articulación de la ganadería intensiva lechera de la Comarca Lagunera.* Plaza y Valdés editores, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, México, 278 pp.

García-Muñoz J G, Mariscal-Aguayo D V, Caldera-Navarrete N A, Ramírez-Valverde R, Estrella-Quintero H y Núñez-Domínguez R 2007 Variables relacionadas con la producción de leche de ganado Holstein en agroempresas familiares con Diferente nivel tecnológico. *INTERCIENCIA VOL. 32 N° 12*

Gasques, G. R. 2008. *Enciclopedia Bovina.* 1^{er} Ed. Editorial FMVZ-UNAM. México. 22,231, 234,250pp.

Gilbert, E. H. Normand, D.W. and Winch, F.E. 1980. An overview of farming systems research. *In:* Farming system research: a critical appraisal. Paper No. 6. Department of Agricultural Economics, Michigan State University. East Lansing, Michigan 48824.

González A., M. E. Riojas y H. J. Arreola. 2001. El género *Opuntia* en Jalisco, Guía de campo. Universidad de Guadalajara, Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. Guadalajara, Jal. México. Pp.135

González, C. F., G. Llamas L. y J. Bonilla A.1998. Utilización del nopal como sustituto parcial de alfalfa en dietas para vacas lecheras. Tec. Pecuaria en México.36:73-81.

González, J.C; Ayala, A. and Gutiérrez, E. 2007. Chemical composition of tree species with forage potential from the region of Tierra Caliente, Michoacan, Mexico. Cuban Journal of Agricultural Science 41(1):81-86.

González, L., Díaz, N.; Ruíz, G. 1994. Sistema de producción lechera en pequeña empresa de nivel familiar en el municipio de Teoloyucan , Estado de México. En Memorias de 1er. Congreso Internacional de Investigación en Sistemas de Producción Agropecuarios. Universidad Autónoma Metropolitana. México, 90 pp.

Gonzalez, S.F, Brunet, I.I, Chagolla, F.M.A, Flores, R.B 2003. Diseño de Empresas de Orden Mundial, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, primera edición Morelia Michoacán México 1-6 PP.

Goodall, W. D. 1976. The hierarchical approach to model building M 10-21. In: Arnold G W and De Wit C T (editors) Waneningen Centre for Agricultural Publishing and Documentation. 107 p.

Gutiérrez O., E. 2007. Manejo de Dietas a base de nopal. En: Aréchiga F., C.F., J.I. Aguilera S., R.D. Valdez C., F. Blanco M., J. Urista T., M. Reveles H. y F. Rubio Aguirre. (Eds.). El Nopal en al producción animal Ed. Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas, Zac., México. pp. 95-115.

Guevara, J.C., J. H. S. Colomer, J.H.S, Juárez M.C. and Estevez O.R. 2003. *Opuntia ellisiana*: cold hardiness, above-ground biomass production and nutritional quality in the Mendoza` plain, Argentina. J. Prof Assn Cactus Development

(www.jpacd.org), 5: 55-64

Guzmán U., Arias S., P. Dávila 2003. Catálogo de cactáceas mexicanas, Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, primera edición Pp. 174, 175, 181, 183,190, 192, 195.

Hansen, P.J. ; Soto, P. y Natzke, R.P. 2004. Mastitis and Fertility in Cattle-Possible Involvement of Inflammation or Immune Activation in Embryonic Mortality. American Journal of Reproductive Immunology. 51: 294-301.

Heringstad, B., Klemetsdal, G., Ruane, J. 2000. Selection for mastitis resistance in dairy cattle: a review with focus on the situation in the Nordic countries. Livestock Production Science. 64:95-106.

Herrera, H. J.G y Barrera, S. A. 2000. Manual De Procedimientos De Análisis Estadístico De Experimentos Pecuarios, Edición Acarga De José Ángel Martínez Sifuentes México D.F 89-90 pp.

Hillerton, J.E., y Berry, E.A. 2005. A review. Treating Mastitis in The Cow-a Tradition or an Archaism. Journal of Applied Microbiology. 98: 1250-1255.

INEGI 2005. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA Y GEOGRAFIA, Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Jiquilpan, Michoacán de Ocampo.

Jiménez Jiménez R A, Alonso Pesado F, García Hernández L A, Dávalos Flores J L, Espinosa Ortiz V y Ducoing Watty A 2008. Persistencia de la lechería familiar en el municipio de Maravatío Michoacán. *Volume 20, Article #153*. Retrieved October 15, 2008, from <http://www.lrrd.org/lrrd20/10/jime20153.htm>.

Juárez-Caratachea A, Ortiz-Rodríguez R, Pérez-Sánchez R E, Gutiérrez-Vázquez E y Val-Arreola, D. 2008. Caracterización y modelación del sistema de producción avícola familiar. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 20, Article #25. Retrieved May 23, 2008, from <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd20/2/juar20025.htm>.

Lach Z., Podkówka W., 2000. Wydajność i skład chemiczny mleka krów żywionych w systemie PMR [Yield and chemical composition of cow milk in PMR feeding system]. *Zesz. Nauk. Przegł. Hod.* 51, 109-118 [in Polish].

Le Houérou, H.N. 1994. Drought tolerant and water-efficient fodder shrubs (DTFS), their role as a “drought insurance” in the agricultural development of arid and semiarid zones in southern Africa. Report to the Water Research Commission of South Africa. Pretoria, South Africa. 139 p.

Litwińczuk Z., Litwińczuk A., 2001. Możliwości modyfikacji składu chemicznego mleka w aspekcie wymagań konsumentów i potrzeb przemysłu mleczarskiego [Possibilities of modification in chemical composition of milk in response to consumer requirements and dairy industry needs]. *Zesz. Nauk. Przegł. Hod.* 59, 39-45 [in Polish].

Livestock Research Institute (ILRI), Addis Ababa, Ethiopia. 133p.

López, J.J. y Elizondo, J.L. 1990. Conocimiento y aprovechamiento del nopal en México. *Memorias de la 3a Reunión Nacional y Primera Internacional sobre el Conocimiento y aprovechamiento del Nopal*. UAAAN, Saltillo, Coah., México.

López, G. J. J. 1977. Descripción y transformación del ecosistema *Opuntia streptacantha* Lemaire. Tesis de M.C. Depto. Ciencia Animal. UAAAN. Saltillo México.

López, G., J. J., J. M. Rodríguez F., and A. Rodríguez G. 2001. Production and use of opuntia as forage in northern Mexico In: Mondragón J., C., and Pérez G. (Eds.) *Cactus (Opuntia spp.) as forage* FAO Plant Production and Protection Paper 169. Rome, Italy.

López, J.J. y Elizondo, J.L. 1990. Conocimiento y aprovechamiento del nopal en México. Memorias de la 3a Reunión Nacional y Primera Internacional sobre el Conocimiento y aprovechamiento del Nopal. UAAAN, Saltillo, Coah., México.

López-García, J.J., Fuentes-Rodríguez J.M. y R.A. Rodríguez. 2001. Production and use of opuntia as forage in northern Mexico. En Mondragón-Jacobo, C. y Pérez-González, S. (Editores). Cactus (*Opuntia spp.*) as forage. FAO Plant Production and Protection Paper 169.pp 29-36.

Lushmann N 1990. Sociedad y sistema: la ambición de la teoría. Ediciones Paidós Ibérica, S. A. Barcelona, España. pp. 9-29.

Lushmann, N. 1998. Sociología del riesgo: El caso especial de la alta tecnología. Triana editores. Universidad Iberoamericana. México, D.F. pp. 127-146.

Magariños H. 2000. Contaminación de la leche. En: Producción higiénica de la leche cruda. Una guía para la pequeña y mediana empresa. 1ª ed. Guatemala, Guatemala: Producción y Servicios Incorporados S.A. pp 14-16

Marroquín, S. G. Boruja L. R., Velázquez C. y J. A. de la Cruz. C. 1964. Estudio dasonómico de las zonas áridas del Norte de México. Pub. Especial 2. INIF. México. Pp. 116.

Martínez B., O.U. y G.J. Lara G. 2003. Potencial productivo de áreas de temporal en el estado de Coahuila una propuesta de conversión productiva. Publicación Especial No.1 Campo Experimental Saltillo-INIFAP, Saltillo, Coahuila. México.

Martínez L. J.R., R. E. Vázquez A., E. Gutiérrez O. E. Olivares S., J. A. Vidales C., R. D. Valdez C., M de los A. Peña y R. López C. 2009. Calidad nutricional y rendimiento de nopal forrajero abonados orgánicamente. XXX Ciclo de Seminarios de Posgrado e Investigación. División de Estudios de Posgrado e Investigación. Facultad de Agronomía. UANL. p. 69-74.

Minakowski D., 1993. Żywienie krów a skład i jakość mleka [Cows feeding vs. composition and quality of milk]. *Przeegl. Hod.* 4, 6-11 [in Polish].

Molina M V M 2006. Caracterización de los Sistemas de Producción de Ganado Bovino en Tierra Caliente del Estado de Michoacán. Tesis de Maestría. División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-UMSNH. Morelia, Michoacán. México.

Molina, M.V.M, Gutiérrez, V.E, Herrera, C.J, Gómez, R.B, Ortiz, R. R, y Santos, F. J.A 2008. Caracterización Y Modelación De Los Sistemas de Producción Bovina En Tierra Caliente Michoacán, Bovinos productores de carne *Livestock Research for Rural Development* 20 (12).

Mondragón, J. C. 1999. Preliminary genetic studies on cactus pear (*Opuntia* spp, Cactaceae) germplasm from Central México. Ph. D. Diss. Purdue University. West Lafayette, Indiana.

Muñoz G. V., Morales R. A. y Blanco G. H. 1997. Experiencias de la comisión para el desarrollo agropecuario del estado de Aguascalientes en el establecimiento, manejo y producción de nopal forrajero en Aguascalientes. VII Congreso Nacional y V Congreso Internacional: Conocimiento y aprovechamiento del nopal. Monterrey N.L. 15-19 de septiembre.

NMX-F-700-COFOCALEC-2004, Sistema producto leche – Alimentos - Lácteos – Leche cruda de vaca – Especificaciones fisicoquímicas, sanitarias y métodos de prueba. www.cofocalec.org.mx/internaproductos.php

NOM-092-SSA1 1994. Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994. Bienes y servicios Método para cuenta en placa de baterías aerobias en placa. Secretaria de salud.

NOM-113-SSA 1994. Norma Oficial Mexicana NOM-113-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa. Secretaria de salud. México.

NRC. 1984. Nutrient requirements of beef cattle. Washington D.C. National Academy Press.

Rabello, R. F., Souza, C. R. V. M., Duarte, R. S., Lopes, R. M. M., Teixeira, L. M. y Castro, A. C. D. 2005. Characterization of *Staphylococcus aureus* Isolates Recovered from Bovine Mastitis in Rio de Janeiro, Brazil. J. Dairy Sci. 88:3211–321.

Ríos, R. J. y V. Quintana, M., 2004. Manejo general del cultivo del nopal. Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas. Colegio de posgraduados.

Romero, A. T. 2004. Situación actual de la mastitis en México. Dpto. Producción Animal, FMVZ-UNAM. México D. F. pp.122-134.

Ortiz, R.R., Valdez, A.J.J., García, S. P.A., y Pérez, S.R.E 2011(a). Producción Y Calidad Microbiologica De La Leche Cruda Y Del Queso Fresco Provenientes De Vacas Holstein Bajo Una Dieta Complementada Con Nopal (*Opuntia ficus-indica*). African Journal of Microbiology Research.

Ortiz, R. R., García, G.R.A., Valdez, A.J.J., Lara, C.Ma.B.N., y Pérez, S.R.E 2011(b). Efecto De La Adición De Nopal (*Opuntia ficus-indica*) A La Leche Cruda Sobre Cuentas Bacterianas: *Mesófilas aerobias* y *Coliforme*. African Journal of Microbiology Research.

SAGARPA (2000) Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Situación actual y perspectivas de la producción de leche de ganado bovino en México 1990-2000. Dirección General de Ganadería. México. www.sagarpa.gob.mx/Dgg/FTP/sitlech99.pdf.

SAGARPA (2004) 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. <http://www.sagarpa.gob.mx> consultado en junio 2004.

Sánchez, R.G Y A. Sánchez V., 2005. La ganadería bovina del estado de Michoacán. Fundación PRODUCE Michoacán, A.C. primera edición. Pp. 1, 43,69-75

Sandoval, P. 2001. Participación de los hijos de productores en el proceso de toma de decisión productiva familiar. Relación con la enseñanza no formal y las pautas de sucesión de la tierra: estudio de caso en Santa Fe (Argentina). Revista FAVE 15: 77-91
http://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8180/publicaciones/bitstream/1/295/1/fave-v15_n1_p77-91.pdf

Scheinvar, L. 1995. Taxonomy of utilized opuntias. In: G. Barbera, P. Inglese and E. Pimienta B. Agroecology, cultivation and uses of cactus pear. FAO Plant Production and Protection Paper 132. Rome, Italy.

Segura, J. C. y Honhold, N. 2000. Métodos de muestreo para la producción y la salud animal. Serie: Textos didácticos 4. Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán, México. 131-132 pp.

Shimada, M. A. 2003. Nutrición animal. Ed. Trillas S.A. México, D.F. 320-323 pp.

Spedding CRW 1988. An introduction to agricultural systems. 2^a ed. Elsevier Applied Science.

Tena-Martínez, M. 1999. Estudio Epizootiológico de la Mastitis en Hatos Lecheros en Sistemas de Explotación Familiar. In: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. División de Estudios de Postgrado, p. 91. Tarímbaro: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Terblanche, I.L., Mulder, A.M. y Rossouw, J.W. 1971. The influence of moisture content on the dry matter intake and digestibility of spineless cactus. *Agro-animalia*, 3(2): 73-77pp.

Tobia, C, Rojas, A, Villalobos, E, Soto, H y Uribe, L. 2004. Proceso fermentativo y valor nutricional del ensilaje de soya (*Glycine mas L. Merr.*) con *Lactobacillus brevis* 3 y melaza de caña. *Agronomía Costarricense*. 28 (1):17-25.

UAAAN, 2011. Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Consultado 20 de Junio de 2011. <http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg/estudio/sitlech99.pdf>

Val-Arreola, D. 1998. Maximización del margen de los ingresos sobre el costo de alimentación en explotaciones lecheras a pequeña escala. In: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. División de Postgrado, p. 111. Morelia: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Val-Arreola, D. Krebeab, E. Mills, J. y France, J. 2005. Analysis of feeding strategies for small-scales dairy systems in central Mexico using linear programming. *Journal of Animal and Feed Sciences* 14: 607-624pp.

Val-Arreola D, Kebreab E, Dijkstra J, France J (2004) Study of the lactation curve in dai ry cattle on farms in Central Mexico. *J. Dair y Sci.* 87: 3789-3799pp.

Van Gigch, J. 1998. Teoría general de sistemas 3da ed. Editorial Trillas. México. 581 p.

Vázquez A., R.E, R. D. Valdez C., E. Gutiérrez O. y F. Blanco M. 2007. Caracterización e identificación de nopal forrajero en el norte de México. Memorias del VI Simposium Taller Producción y Aprovechamiento del Nopal en el Noreste de México. 7 y 8 de diciembre de 2007, Marín, N.L. México.