



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



TESIS

IMPACTO DEL NOPAL (*Opuntia ficus-indica*) SOBRE LA PRODUCCIÓN DE LECHE CRUDA Y PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS EN UN SISTEMA SEMI-INTENSIVO DE BOVINOS PRODUCTORES DE LECHE.

PRESENTA:

PMVZ. LIDIA RENDÓN GARCÍA.

Asesores

Doctor en Biotecnología de plantas. Juan José Valdez Alarcón.

Doctora en Ciencias Biológicas (Ciencias agrícolas). Rosa Elena Pérez Sánchez.

Co-Asesor

Maestro en ciencias en Desarrollo tecnológico en sistemas de producción animal en porcinos. Ruy Ortiz Rodríguez.

MORELIA, MICHOACAN, OCTUBRE DE 2013.



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



TESIS

IMPACTO DEL NOPAL (*Opuntia ficus-indica*) SOBRE LA PRODUCCIÓN DE LECHE CRUDA Y PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS EN UN SISTEMA SEMI-INTENSIVO DE BOVINOS PRODUCTORES DE LECHE.

PRESENTA:

PMVZ. LIDIA RENDÓN GARCÍA.

Asesores

Dr. Juan José Valdez Alarcón

Dra. Rosa Elena Pérez Sánchez

Co-Asesor

MC. Ruy Ortiz Rodríguez

MORELIA, MICHOACAN, OCTUBRE 2013.

INDICE

	Pág.
Resumen	2
1. Introducción	3
2. Antecedentes	5
2.1 La producción de leche en el estado de Michoacán.	5
2.2 Sistemas semi-intensivos de producción de leche.	7
2.3 Problemática del sector lechero en las zonas rurales.	8
2.4 La alimentación y su importancia en los componentes físicos y químicos de la leche.	10
2.5 <i>Opuntia ficus-indica</i> como forraje en la alimentación del ganado bovino lechero.	12
3. Planteamiento del problema.	15
4. Hipótesis.	16
5. Objetivos	16
6. Material y métodos.	17
7. Resultados y discusión.	20
8. Conclusión.	29
9. Bibliografía.	30

RESUMEN

El objetivo fue determinar el impacto del nopal *Opuntia ficus-indica* como complemento de la dieta del ganado bovino lechero sobre la producción de leche, así como las propiedades físico-químicas de ésta, en un sistema semi-intensivo de producción de leche. Para ello, se formaron dos grupos (G): G1 o tratamiento (n=5 vacas), el cual se alimentó durante un periodo de 29 días, con una dieta complementada con nopal (15 kg). G2 o testigo (n= 5 vacas), el cual se alimentó con la dieta convencional. La producción láctea/vaca se midió diariamente y durante los 29 días. EL análisis de la producción de leche (PL) se realizó bajo la metodología de Modelos Mixtos con Mediciones Repetidas. Las diferencias estadísticas entre grupos se obtuvieron mediante el método de Medias de Mínimos Cuadrados (LsMeans; SAS 2000). Para las propiedades físico-químicas de la leche se tomaron muestras por vaca de cada tratamiento diariamente, las cuales se evaluaron por medio de espectroscopia ultrasónica (LactiCheck®) y la información se analizó con la metodología de los Modelos Lineales Generalizados. Se encontró un efecto sobre la PL de: G*día ($p < 0.0001$) y de las covariables número de parto y días de lactancia ($p < 0.0001$), en cuanto al número de parto se obtuvieron los valores de los estimadores de la regresión, los cuales fueron para β_0 de 8.2064 y β_1 de 0.497 ($p < .001$); es decir, por cada parto más que tiene la vaca, la PL se incrementa en 0.497 litros; valores obtenidos tanto de G1 como de G2, en lo que respecta a la covariable días de lactancia se encontró que por cada día de lactancia que pasó la producción de leche sufrió un decremento de 0.010 litros/vaca/día ($\beta_1 = -0.010$; $p < 0.001$) . Los promedios de producción de leche para G1 y G2 fueron de 9.799 y 8.785 l de leche/vaca/día, respectivamente. En relación a las propiedades físico-químicas se encontró que los promedios fueron estadísticamente iguales ($p > 0.05$) entre grupos. De acuerdo con los resultados obtenidos en ésta investigación se concluye que el uso del nopal (*Opuntia ficus-*

indica) como complemento en la dieta de bovinos productores de leche es una alternativa viable durante la época de estiaje, debido a que ésta cactácea aumenta la producción de leche por vaca por día, además de que no afecta las propiedades físico-químicas de la leche.

1. INTRODUCCION

En México los sistemas de producción bovina en zonas rurales se han caracterizado por ser de tipo extensiva, con poca o nula tecnificación y su alimentación se basa en el pastoreo; mismo escenario que presenta la ganadería del Estado de Michoacán con sistemas de producción de bovinos productores de leche de tipo familiar (Macedo, *et al.* 2006). En general, los sistemas de producción de bovinos de leche a escala familiar están conformados de 2 a 20 vacas/unidad de producción, con 1 a 12 vacas en producción; cuyo rendimiento promedio/vaca/hato oscilan en los 9/kg/vaca/día (Molina, 2006). El resultado de estas características se refleja en la eficiencia de este tipo de sistema, el cual oscila entre \$12.6 hasta los \$84.52 pesos de márgenes de utilidad, lo que equivaldría a una ganancia diaria por jornalero de \$0.28 hasta \$1.85 salarios mínimos (González, *et al.* 2007). Monto que les limita a cubrir las necesidades básicas de las familias.

Por su parte García *et al* (2005), determinan que la infraestructura tecnológica y disponibilidad de alimento en diferentes épocas del año es lo que limitan la participación de la producción de los sistemas a escala semiintensiva en los sectores comerciales, por lo que en el mejor de los casos quedan relegados al comercio local donde desarrollan la actividad y encuentran un mercado para su producto. Por ello, los problemas fundamentales que impiden el desarrollo de la industria ganadera es la oferta de los insumos, problemática que se acentúa en aquellas regiones rurales con climas áridos y semiáridos; donde se presenta una marcada temporada de estiaje y en consecuencia las dietas de ganado criado bajo pastoreo están sujetas a frecuentes fluctuaciones tanto en cantidad como en calidad (Pérez, et al. 2010). Ante el problema de la falta del forraje en épocas de estiaje, algunos productores han intentado recurrir a la utilización de forrajes autóctonos tales como la especie del género *Opuntia* (Marroquín 1964; Medina *et al* 2006), pues se ha observado que incrementa la producción de leche (López, *et al*. 2007). Además, el nopal forrajero (*Opuntia ficus-indica*), se caracteriza por ser un forraje fresco, succulento, palatable y susceptible de explotarse durante todo el año (Carranza, 2001). Por lo antes expuesto, se realizó la presente investigación con el objetivo de evaluar el nopal (*Opuntia ficus-indica*) como complemento en la dieta de bovinos productores de leche y establecer su efecto sobre la producción láctea/vaca/día, así como el efecto sobre las propiedades físico-químicas de la leche. Todo ello, en un sistema semi-intensivo de producción de bovinos productores de leche.

2. ANTECEDENTES

2.1 La producción de leche en el estado de Michoacán

En Michoacán se cuenta con 62,545 productores ganaderos, con una edad y escolaridad promedio 56.6 años y 3.6 años respectivamente. La superficie que ocupan las Unidades de Producción Ganadera (UPG) es de aproximadamente 2´972,570 hectáreas, de las cuales el 85% son dedicadas a la ganadería, el 14% a la agricultura y el 1% restante a otras actividades. El promedio general de las unidades de producción ganadera es de 47.5 has, constituidas por 2.46 predios en promedio. En cuanto al número de cabezas, la media estatal es de 25.6 cabezas por UPG (Sánchez, *et al*, 2006). Las cifras anteriores destacan que gran parte de la ganadería del Estado está desarrollada por pequeñas unidades de producción, operadas por población principalmente campesina donde la ganadería constituye parte de su sistema de economía familiar y base sociocultural.

Un aspecto clave en la supervivencia de los diversos sistemas de producción de bovinos productores de leche es la cadena productiva de este producto (leche cruda); la cual está constituida por aproximadamente 70,000 empresas en la actividad primaria y más de 11,000 en la actividad industrial, generando aproximadamente 400,000 mil empleos permanentes (INEGI, 2002). El valor de la

producción primaria de leche para 2003 fue de 31,531 millones de pesos que representa el 22% del valor total de la producción ganadera nacional (SAGARPA, 2004).

En relación a la producción de lácteos, esta es la industria de alimentos más importante; desde el punto de vista del valor de la producción, ascendiendo a 72,671 millones de pesos para 2004, seguida por todas las industrias cárnicas (sacrificio, empaque y embutidos) cuyo valor fue de 30, 736 millones de pesos. Aun cuando la producción de leche en el país ha aumentado en los últimos años a una tasa de crecimiento superior al de la población, el país sigue siendo deficitario, ya que en el periodo 1994 a 2003 se importó en promedio 170.7 miles de toneladas anuales de leche en polvo (FAOSTAT, 2004).

Por otro lado, el estado de Michoacán pasó del décimo al decimosegundo lugar en la producción nacional de leche en el periodo de 1944 a 2003, participando en el último año con el 3.2% de la producción nacional. En cuanto al valor de la producción, Michoacán ocupó, en 2003, a nivel nacional el lugar decimoprimer, con una participación del 3.3% (SIACON, 2004). Mientras que el valor de la producción de ganado bovino en el año 2003 en el estado ascendió a 1, 194.2 millones de pesos, la producción de leche de bovino fue de 1, 052.9 millones de pesos y la producción de forrajes fue de 833.3 millones de pesos, en conjunto estos tres productos integran el 15.8% del valor total de la producción

agropecuaria del estado de Michoacán (SIACON 2004). Con relación al valor total de la producción pecuaria del estado, la producción de ganado bovino y leche de bovino equivalen al 54.3% del valor total.

2.2 Sistemas semi-intensivos de producción de leche.

Los sistemas semi-intensivos de producción de leche están formados por sistemas productivos de tipo campesino, dirigidos a aprovechar los recursos de familias rurales: mano de obra, cultivos forrajeros, y uso de residuos de cosecha producidos en sus parcelas, con un reducido uso de insumos comprados y poca inversión en infraestructura (SIACON, 2004). Estos sistemas se basan en el manejo de ganado en condiciones de estabulación o semiestabulación, empleando gran parte de la mano de obra familiar, en instalaciones muy cercanas a la vivienda de la familia.

Las razas de ganado empleados comúnmente son: Holstein y cruza con otras razas principalmente Pardo Suizo. La reproducción es por monta natural y en menor grado por inseminación artificial. La alimentación del ganado es basada en pastoreo o mediante el suministro de forrajes, por lo general producido en la propia empresa. En algunas regiones los esquilmos agrícolas constituyen la base de la alimentación. Los ranchos con este tipo de sistema producen leche a bajo

costo, pero sus niveles de rendimiento productivo son inferiores y presentan precios unitarios más bajos. Los principales estados que presentan este sistema de producción son: Jalisco, Michoacán, Chihuahua, Puebla, Estado de México e Hidalgo (Lara, et al., 2003).

2.3 Problemática del sector lechero en las zonas rurales.

La industria de la leche en el país se consolidó hasta los años cuarenta, debido al desarrollo industrial y a la expansión del mercado interno. Durante el periodo de 1950 a 1970 se efectuó un proceso de integración de la actividad lechera, dando como resultado el surgimiento de algunas de las pasteurizadoras e industrializadoras de lácteos más importantes, las cuales actualmente se encuentran ubicadas en regiones favorecedoras del producto en nuestro país, tales como la Región Lagunera (SAGARPA, 2010).

Por otra parte, México tiene problemas estructurales cada vez más grandes en producción de leche y la producción nacional no satisface las necesidades del mercado interno; no satisface las necesidades de consumo y la industria, por lo tanto, esto repercute en el saldo de la balanza comercial y en el futuro de las acciones del gobierno para suministrar proteína a la población de bajos ingresos. Los avances alcanzados en la tecnificación de la producción lechera, la aplicación de técnicas en el manejo de ganado con mejores características productivas y el

equipamiento de las explotaciones, ha permitido el crecimiento de la producción de leche de bovino, aparejado a lo anterior, se enfrentó un mercado más estable, con una mayor demanda de leche y sus derivados, especialmente hacia el segundo semestre del 2004 (SIAP, 2010).

Otro factor que posibilitó el crecimiento de la producción en el país fue la consolidación y expansión de empresas lecheras y de organizaciones de productores integrados, que han incrementado su participación en el mercado de productos terminados, lo que representa mejores ingresos para sus asociados, al ser partícipes del valor agregado generado en el proceso de transformación (SAGARPA, 2010). La propia heterogeneidad de los sistemas de producción conlleva a que una parte del sector productivo primario continúe enfrentando problemas de comercialización y rentabilidad, que los orilla a la reducción de sus hatos e inclusive a su retiro de la producción. Dentro de éste grupo de productores se ubican los de sistemas de producción de tipo familiar o de traspatio, el cual no reúne las condiciones de calidad exigidos por la industria, además de que no obtiene una productividad adecuada en sus establos, debido a los elevados costos de producción.

Lo anterior marca una posición contradictoria, ya que aunque se observó una demanda creciente por leche fluida de producción nacional y el crecimiento de precio, éste no fue lo suficientemente alto para cubrir los costos de éste grupo de productores, a lo que se aunó el castigo en la cotización por la leche cruda, al ser entregada con deficientes parámetros de calidad (SIAP, 2010).

2.4 La alimentación y su importancia en los componentes físicos y químicos de la leche.

La leche es un líquido blanquecino segregado por las hembras del ganado vacuno a través de las glándulas mamarias, libre de calostro sin adulteraciones o alteraciones, y que el hombre obtiene a través del ordeño higiénico durante la etapa de lactancia, su importancia se basa en un alto valor nutritivo debido a que sus componentes se encuentran en forma y proporción adecuada (CODEX ALIMENTARIO, 2002). Los parámetros ideales de las propiedades físicas y químicas que la componen, de acuerdo a la NMX-F-700-COFOCALEC-2004 y a los parámetros que marca la raza Holstein, son los siguientes: Grasa 2.8g/l mínimo, proteína, 2.8g/l mínimo, punto crioscópico -0.515 y -0.536, lactosa 4.87%, sólidos no grasos 8.86%, sólidos totales 12.26%.

Sin embargo, existe una gran diversidad de factores que determinan la concentración de cada uno de los componentes de los sólidos totales de la leche, factores que pueden agruparse en endógenos (raza, biotipo, edad, etapa de lactancia, estado nutricional interno) y exógenos (medio ambiente en que está el animal, que involucra clima, nutrición, alimentación, manejo zootécnico, manejo sanitario, etc.) (Dickinson, 1982).

En cuanto a la alimentación, ésta puede afectar significativamente tanto el volumen como la concentración de nutrientes en la leche (Schlimme *et al*, 2002). Durante la primera fase de lactancia y hasta el término la mayor parte de los nutrientes de la leche provienen de la movilización de reservas de los tejidos de depósito (adiposo y muscular) lo cual sumado a la reducción del consumo por

efectos de la gestación previa, provoca balances negativos tanto de energía como de proteínas. Durante esta fase, como el consumo es limitado, se puede lograr un mayor impacto en los sólidos, utilizando concentrados tanto energéticos como proteicos y dentro de estos, con un alto porcentaje de proteína sobrepasante (Schlimme *et al*, 2002). Durante la segunda y tercera etapa, es donde más se puede lograr modificar las concentraciones de sólidos totales, con manejo alimenticio adecuado. Es necesario tener en cuenta que el consumo se ha restablecido a su nivel normal, las relaciones hormonales han cambiado y por lo tanto una parte de los flujos de nutrientes empiezan a derivarse hacia los tejidos de depósito (Schlimme *et al*, 2002).

En estas fases el manejo nutricional y alimenticio cobra importancia ya que permite mantener una mejor persistencia de la lactancia y aumentar los contenidos de grasa y secundariamente proteína. El manejo nutricional durante el período seco y de parto tiene una gran influencia sobre el volumen y concentración de nutrientes en la primera fase de lactancia, justamente por las altas movilizaciones de reservas que se producen en esa fase. Por ello, la condición corporal que debe alcanzar la vaca en los 60 días post seca debe ser la adecuada, pero no alta, ya que provocaría cetonemia en la primera fase de lactancia y habría una baja significativa de la proteína láctea (NRC, 2001).

De tal forma que la producción y composición de la leche puede ser modificada con el manejo nutricional, el cual permite modificar las concentraciones de grasa y en menor grado las de proteína. En lo que respecta al contenido de grasa se

puede modificar mediante una adecuada relación forraje 53%/concentrado 47% en la dieta (NRC, 2001).

Por otro lado, experimentos realizados por Ortiz 2010 han determinado que la alimentación con *Opuntia ficus-indica* en vacas lecheras incrementa la producción de leche, (López *et al.*, 2007) y mejora la calidad de la mantequilla en términos de consistencia y vida de almacén (González *et al.*, 1998, citados por López *et al.*, 2007; García *et al.*, 2005). Por lo que *Opuntia ficus-indica* puede ser una alternativa en la alimentación del ganado de leche.

2.5 *Opuntia ficus-indica* como forraje en la alimentación del ganado bovino lechero.

El nopal (*Opuntia ficus indica*) se caracteriza por ser un forraje fresco, succulento, de buena palatabilidad y susceptible de explotarse durante todo el año (Carranza, 2001). Estudios bromatológicos han demostrado que el nopal es un alimento que suministra 2.25 Mcal/kg, lo que lo hace un alimento energético, esto en comparación con otros forrajes como el heno de alfalfa (2.52 Mcal/kg) o el rastrojo de maíz (1.69 Mcal/kg). En cuanto a proteína cruda (PC) el nopal aporta un 3.5% y contenidos minerales como el Calcio 2.01% y fósforo 0.11% (cuadro 1). Además una digestibilidad *in situ* del 68%, un 47% de fibra detergente neutra (FDN) y un 16% de fibra detergente acida -FDA- (Medina *et al.*, 2006).

Cuadro 1. Composición química de los cladodios de nopal, heno de alfalfa y rastrojo de maíz usados como suplemento alimenticio.

Componente	Unidad	Heno de alfalfa ¹	Rastrojo de maíz ²	Cladodios de nopal ¹
Materia seca MS	%	93.06	86.5	15.04
Materia orgánica MO	%	88.75	84.4	90.00
Proteína cruda PC	%	18.86	4.5	3.51
Energía metabolizable EM	Mcal/kg	2.52	1.69	2.25
Calcio	%	1.68	0.50	2.01
Fosforo	%	0.29	0.08	0.11

Fuente: Azócar y Rojo, 1991¹ y Maynar 1989²

Por otro lado en lo que respecta a la producción de las vacas complementadas con nopal, Pérez *et al.* (2010) determinaron que con la complementación de nopal en la dieta de las vacas la producción se incrementó de 7.084 a 10.864 l para posteriormente sufrir un decremento conforme las vacas se acercaban a los 305 días de lactación. De tal modo, que estos resultados demuestran la importancia del nopal, como complemento de la dieta de bovinos productores de leche, durante la época de estiaje, ya que apunta hacia la posibilidad de que el efecto de esta planta incrementa la producción (López *et al.*, 2007). Sin embargo, Medina *et al.* (2006) señala que en la dieta del ganado, el nopal debe ser combinado con otros ingredientes debido al pobre contenido de proteína y fósforo, a pesar de ser rico en carbohidratos y calcio.

Además de lo citado en el párrafo anterior, es necesario considerar un elemento importante dentro de la alimentación del ganado, sobre todo en vacas lecheras, el cual está relacionado con la materia seca y la producción de leche (Hoffman *et al.*,

2007). Por lo que, aparte de los componentes nutricionales y sus propiedades antibacterianas de *Opuntia*, se requiere conocer el consumo diario de ésta planta por los bovinos productores de leche. Fuentes (1992) establece que este oscila entre 20 y 40 kg/cabeza; y se estima que éste consumo provee el 4.5% de la energía total requerida para la lactancia, 12.2% de las proteínas, 46% de la fibra cruda, 15% del fósforo y 100% del calcio comparado con los requerimientos recomendados (NRC, 1984). Sin embargo, el consumo de opuntia bajo condiciones de sequía extrema puede alcanzar hasta 90 kg. Mientras que durante la estación lluviosa, el consumo de nopal puede decrecer si existe pasto u otros forrajes (Maynard 1989). Por su parte, López *et al.* (2007) determinó que en el ganado estabulado, el consumo de nopal varía ampliamente (de 15 a 95 kg/día) dependiendo de la disponibilidad de otros forrajes.

De acuerdo con los antecedentes antes expuestos, el uso de *Opuntia ficus-indica* en combinación con otros productos agrícolas en las zonas rurales del estado de Michoacán, puede ser una alternativa viable en los sistemas de ganado vacuno para aumentar la producción de la leche cruda.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los últimos años la producción de leche de bovino en México ha sufrido una crisis económica, así como altibajos en los precios de leche, debido al incremento del precio de los insumos, lo que conlleva a un déficit de producción de leche. Aunado a ello, el principal problema que limita el desarrollo del sector lácteo en las zonas rurales del país es la falta de disponibilidad de forrajes de calidad en las diferentes épocas del año, principalmente en época de estiaje, cuya consecuencia se manifiesta en una ineficiente productividad del ganado, así como leche de baja calidad e incremento en los costos de producción. Por ello, es necesario buscar alternativas que contrarresten el problema de falta de forrajes de calidad en la época de estiaje y una de ellas podría ser el uso del nopal *Opuntia ficus-indica* como complemento en la dieta, ya que las investigaciones en torno a la utilización de ésta cactácea como complemento de las dietas de bovinos productores de leche muestran resultados positivos en relación al aumento en la producción de leche/vaca/día durante la época de estiaje.

4. Hipótesis

El uso del nopal *Opuntia ficus-indica* como complemento en la dieta de ganado bovino lechero incrementa la producción de leche y altera la composición físico-química de la leche cruda.

5. Objetivo

Determinar el efecto del nopal *Opuntia ficus-indica* como complemento de la dieta del ganado bovino lechero sobre la producción de leche, así como las propiedades físico-químicas de ésta, en un sistema de producción de tipo semiintensivo durante la época comprendida entre finales de lluvia-inicio de estiaje.

6. MATERIAL Y METODOS

6.1 Material

El estudio se realizó en el sector de bovinos de la Facultad de Agrobiología “Presidente Juárez”, la cual está localizada en Uruapan Michoacán. La extensión territorial del Municipio de Uruapan, Michoacán, es de 830.28 kilómetros cuadrados, representando estos el 1.46% del total de la superficie estatal. La temperatura media anual es de 19 °C con clima templado y abundantes lluvias durante el verano (Pérez *et al.*, 2010).

Para la determinación de la producción, así como el análisis físico-químico se utilizaron 10 vacas del establo de la Facultad de Agrobiología Presidente Juárez-UMSNH; cuyo genotipo es Holstein y con un número de partos entre 5 y 8. La producción promedio de leche es de 12 l/vaca/día; en dos ordeños (5:00 am y 13:00 pm). La alimentación de las vacas en la época de lluvias se basa en pastoreo (pasto nativo) y se suplementa con concentrado para vacas en lactación, 4 kg/vaca/día. Mientras que en la época de estiaje se basa en ensilado de maíz (3% del peso de la vaca) y concentrado para vacas en lactación (4 kg/vaca/día).

6.2 Métodos

Para determinar la producción de la leche, se formaron dos grupos: G1 o tratamiento (n =5 vacas), el cual se alimentó durante la época de lluvias con una dieta complementada con nopal. G2 o testigo (n= 5 vacas), el cual se alimentó durante la época finales de lluvias-inicio de época de estiaje sin alterar la forma implementada en el sistema (cuadro 2). Las vacas recibieron la dieta una sola vez por día (9.8 kg por día de Materia seca, a las 9h de la mañana), durante 15 días antes del inicio del trabajo experimental como periodo de adaptación (cuadro 3).

Cuadro 2. Dieta para el G1 en época de lluvia

Ingrediente	MS (Kg)	MS (%)	Fresco (Kg)
Salvado	2.0	89	2.24
Sorgo grano concentrado	0.5	88	0.56
Pasto nativo	1.0	88	1.13
Pasto nativo	7.0	32.4	21.60
<i>Opuntia ficus-indica</i>	2.03	13.36	15.19
Melaza	0.9	75	1.20
Kg TOTALES/DIA	13.4*		41.95

Cuadro 3. Dieta para el G2 en época de lluvia

Insumos	MS (Kg)	MS (%)	Fresco (Kg)
Salvado	2.0	89	2.24
Sorgo grano concentrado	0.5	88	0.56
Pasto nativo	1.0	88	1.13
Pasto nativo	5	32.4	15.43
Melaza	0.9	75	1.20
Maralfalfa	4	17.6	22.72
Kg TOTALES/DIA	13.4*		43.31

*=18% de proteína cruda (Cambio de dieta de acuerdo a los insumos presentes en el momento del experimento, con un contenido de MS de acuerdo a lo establecido por Gasque (2008) 2.6% /PV + 186 g de MS adicional por kg de leche producida o 2.2% /PV + 200 g x kg de leche/día).

El nopal se ofreció fresco, en trozos de 3 x 3 cm aproximadamente y con no más de 7 días de haberse cosechado. Se realizó un análisis bromatológico para la dieta complementada con nopal y sin nopal. La producción y calidad de la leche se midió en ambos grupos todos los días; dos veces por día (sin alterar los horarios establecidos en el rancho experimental), durante un periodo de 4 semanas post-.adaptación a la dieta.

Análisis estadístico: Para la producción de leche se construyó una base de datos para ser analizada estadísticamente mediante la metodología de Modelos Mixtos con Mediciones Repetidas (SAS, 2000). Las diferencias estadísticas entre grupos se obtuvieron mediante el método de Medias de Mínimos Cuadrados (LsMeans; SAS 2000). Con respecto a las propiedades físico-químicas éstas se analizaron por medio de espectroscopia ultrasónica (Lacti-check®) y la información se analizó con la metodología de los Modelos Lineales Generalizados (SAS, 2000).

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados se encontró que la producción de leche fue afectada por la interacción grupo*día ($p < 0.0001$) y por las covariables número de partos ($p < 0.0001$) y días de lactación ($p < 0.0001$) (Cuadro 4). Ortiz (2010), al realizar un experimento en dietas complementadas con nopal encontró un efecto estadístico ($p < 0.001$) con el grupo y la interacción periodo de lactación*grupo; factores que concuerdan con los resultados obtenidos en esta investigación. Sin embargo, Ortiz (2010) no encontró efecto de la covariable número de parto sobre la producción de leche, como se observó en los resultados de la presente investigación.

Cuadro 4. Análisis de efectos fijos para producción de leche.

F de V	Gl	Valor de F	Pr > F
Grupo*Día	57	3.52	< .0001
Número de parto	1	251.57	< .0001
Días de lactancia	1	33.95	< .0001

Efecto de la Interacción grupo*día sobre PL. Se encontró un efecto estadístico significativo ($p < .0001$) de la interacción grupo*día sobre la producción de leche. De acuerdo con los valores del Cuadro 5, se pudo establecer que existieron diferencias de acuerdo a los días del monitoreo dentro del mismo grupo y entre grupos (Cuadro 5).

.Cuadro 5. Medias de mínimos cuadrados para producción de leche (litros), de acuerdo a la interacción grupo*día.

Días de monitoreo	G1 Con nopal		G2 Sin nopal	
	Promedio	E.E	Promedio	E.E
1	9.442 ^{a1}	0.350	9.414 ^{a1}	0.348
2	8.148 ^{bc1}	0.349	8.824 ^{ac1}	0.348
3	8.136 ^{bc1}	0.349	8.273 ^{bc1}	0.348
4	8.304 ^{bc1}	0.349	8.503 ^{ac1}	0.348
5	8.992 ^{ab1}	0.349	8.413 ^{bc1}	0.348
6	9.500 ^{abe1}	0.349	9.083 ^{ae1}	0.348
7	9.928 ^{ad1}	0.349	8.993 ^{ae2}	0.348
8	9.775 ^{ad1}	0.349	9.123 ^{ae1}	0.348
9	9.803 ^{ad1}	0.349	9.172 ^{ae1}	0.348
10	9.631 ^{ad1}	0.349	9.202 ^{ae1}	0.348
11	9.919 ^{ad1}	0.349	8.872 ^{ae2}	0.348
12	9.887 ^{ad1}	0.348	9.142 ^{ae1}	0.348
13	9.795 ^{ad1}	0.348	8.572 ^{ae2}	0.348
14	9.963 ^{ad1}	0.348	9.042 ^{ae1}	0.348
15	9.691 ^{ad1}	0.348	8.691 ^{ae2}	0.348
16	9.398 ^{ad1}	0.348	8.301 ^{ae2}	0.348
17	9.726 ^{ad1}	0.348	8.551 ^{ae2}	0.348
18	10.134 ^{adf1}	0.348	9.021 ^{ae2}	0.349
19	10.142 ^{adf1}	0.348	8.891 ^{ae2}	0.349
20	10.670 ^{bdj1}	0.348	9.301 ^{adf2}	0.349
21	10.558 ^{bdj1}	0.348	9.410 ^{adf2}	0.349
22	10.086 ^{adj1}	0.348	8.800 ^{aef2}	0.349
23	10.593 ^{bdj1}	0.348	8.970 ^{aef2}	0.349
24	9.921 ^{ade1}	0.348	9.140 ^{aef1}	0.349
25	10.029 ^{ade1}	0.348	9.330 ^{adf1}	0.349
26	9.697 ^{adj1}	0.348	8.520 ^{af2}	0.350
27	10.005 ^{ade1}	0.348	8.869 ^{af2}	0.350
28	9.473 ^{adj1}	0.348	8.499 ^{af2}	0.350
29	10.241 ^{ade1}	0.348	8.454 ^{bcef2}	0.349

^{a, b}, =Diferencias estadísticas (p>0.05) dentro del grupo.

^{1, 2}= Diferencias estadísticas (p > 0.05) entre grupos.

De acuerdo con los valores consignados en el Cuadro 5 y en la Figura 1, se pudo observar que las vacas de G1 mostraron un mayor comportamiento a partir del día 18 hasta el día 29 de monitoreo; cuyos valores de producción láctea/día oscilaron entre 10.134 y 10. 533 litros/vaca/día. Ello a diferencia de G2 donde la producción se mantiene constante pero con una menor producción que el G1 (8.854 a 9.410

litros/vaca/día). De esta manera se pudo constatar que la producción del G2 (8.881litros/vaca/día en promedio) fue menor ($p<0.05$) que G1 (10.110 litros/vaca/día en promedio) a partir del día 15 de monitoreo hasta el día 23; y del día 26 hasta el día 29 de monitoreo, con 9.854 y 8.585 litros/vaca/día en promedio para G1 y G2 respectivamente.

Santini *et al.* (1994), señalan que un cambio en la dieta de las vacas requiere de un período de adaptación, en el cual ocurre un ajuste de la población microbiana ruminal ante un cambio de textura y estructura de la nueva ración; mientras se lleva a cabo éste período, la flora ruminal no asimila adecuadamente el nopal lo cual repercute directamente en la producción de leche. Factor que pudiera explicar el porqué de la disminución de la leche durante los primeros 6 días de tratamiento tanto en G1 como en G2 (Cuadro 5 y Figura 1).

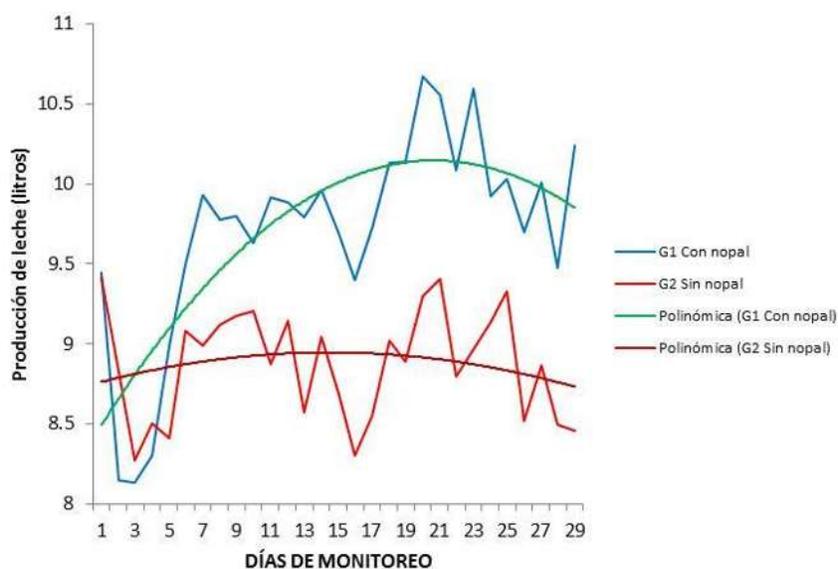


Figura 1. Producción de leche de vacas complementadas y sin complementación de nopal en la dieta.

En la figura 1 se observa el aumento de la producción conforme transcurrieron los días post-tratamiento en G1, ello en comparación con G2. Éste mejor comportamiento en producción de leche observado en G1 posiblemente se deba al uso del nopal (*Opuntia ficus-indica*) como complemento de la dieta, pues *Opuntia* contiene mucílago; mismo que está compuesto por polisacáridos (Roblero, 2000) y éstos aportan una gran cantidad de azúcares que son utilizados por el rumiante como energía. La “eficiencia” de la energía se refleja en la producción de metano y de ácidos grasos volátiles (AGV). Además los carbohidratos son una fuente de energía para los microorganismos del rumen (Zavaleta, 1976; Relling y Mattioli, 2003).

En cuanto a la energía, Medina (2006) estableció que el nopal es un alimento energético, ya que aporta 2.25 Mcal/kg, esto en comparación con el rastrojo de maíz (1.69 Mcal/kg). Éste aporte energético del nopal fue evaluado por Bem Salem *et al.* (2005) quienes establecieron (en cabras) que el uso de *Opuntia* en la dieta, como fuente de energía, incrementa la producción de leche.

Ahora bien, en lo que concierne a la síntesis AGV's éstos suministran entre el 60 y 80% de los requerimientos energéticos del rumiante, mismos que son absorbidos y metabolizados en la mucosa ruminal (Cunningham, 1999; Relling y Mattioli, 2003; Gasque, 2008). En lo que respecta al ácido propiónico, el aumento en la producción molar de éste ácido (propiónico) generalmente se traduce en

ganancia de peso y aumento en la producción de leche (Zavaleta, 1976). Así, este ácido es oxidado hasta CO_2 y, a energía; al entrar al ciclo de Krebs bajo la forma de succinil-CoA (Ruíz, 2011). Wattiaux (2011) determinó que al haber mayor cantidad de ácido propiónico se obtiene mayor producción de glucosa en hígado, misma que afecta, positivamente, la cantidad de lactosa y la disponibilidad de esta determina la producción de leche; ya que dicho azúcar actúa como una válvula que regula la cantidad de agua que se arrastra dentro del alvéolo y por lo tanto, el volumen de leche producido.

Efecto Número de parto sobre la PL. Al respecto se encontró que el número de parto de la vaca afectó ($p < 0.0001$) la PL. De acuerdo con los estimadores de la regresión se obtuvo que β_0 fue de 8.2064 y β_1 de 0.497 ($p < .001$); es decir, por cada parto más que tiene la vaca, la PL se incrementa en 0.497 litros; valores obtenidos tanto de G1 como de G2 (Cuadro 6). Por lo que se obtuvieron los estimadores β_0 y β_1 para cada uno de los grupos para establecer el impacto del número de parto sobre la PL (Cuadro 6).

Cuadro 6. Estimadores para la regresión lineal para la producción de leche de acuerdo con el número de parto y al grupo.

Grupo	Estimadores			
	β_0	Pr < F	β_1	Pr < F
G1 (Con Nopal)	7.031	< .001	0.139	< .001
G2 (Sin Nopal)	7.941	< .001	0.573	< .001
G1 y G2	8.206	< .001	0.497	< .001

De acuerdo con el Cuadro 6, se observa que el β_1 de G2 fue mayor (0.573) en comparación con el β_1 de G1 (0.139). Esto puede significar que la complementación con Opuntia en la dieta de las vacas provoca una menor dependencia del efecto del número de partos sobre la PL.

Val-Arreola *et al.* (2004) y García-Muñiz *et al.* (2007) establecen que la producción de leche se incrementa conforme aumenta el número de parto. Así, las novillas que paren a los dos años de edad todavía están creciendo y parte de los nutrientes que consumen lo usan para ello, en comparación con vacas de mayor edad; las cuales destinan parte de sus nutrientes para mantenimiento y para la producción de leche, dándole prioridad a ésta última (García-Muñiz *et al.*, 2007). En síntesis se ha demostrado el efecto del número de parto sobre PL. Lo cual concuerda con los resultados de ésta investigación, aun y cuando en G1 el efecto del número de parto sobre la PL sea menor que en G2. Posiblemente esto fue debido a lo que anteriormente se discutió: que el uso de Opuntia en la dieta, como fuente de energía, incrementa la producción de leche e hipotéticamente ello contribuyo en la menor dependencia del número de parto sobre la producción de leche, pues el promedio de partos fue de 3.0 ± 1.4 para G1 y de 3.0 ± 1.5 para G2.

Efecto de los Días de lactancia sobre la PL: Se encontró que los días de lactancia afectaron ($p < 0.0001$) la PL. Resultado que concuerda con García-Muñiz *et al.* (2007), quienes establecen que el incremento o decremento depende de los

días de lactancia. No obstante, en esta investigación se encontró que por cada día de lactancia que pasó la producción de leche sufrió un decremento de 0.010 litros/vaca/día ($\beta_1 = -0.010$; $p < .001$), éste valor se obtuvo con la información de ambos grupos analizados (Cuadro 7). Y para establecer el efecto de los días de lactancia por grupo se obtuvieron los valores β_0 y β_1 tanto para G1 como para G2 (Cuadro 7).

Cuadro 7. Estimadores para la regresión lineal para la producción de leche de acuerdo con los días de lactación y al grupo.

Grupo	Estimadores			
	β_0	Pr < F	β_1	Pr < F
G1 (Con Nopal)	7.031	< .001	0.021	< .001
G2 (Sin Nopal)	7.941	< .001	-0.010	< .001
G1 y G2	8.206	< .001	-0.010	< .001

De acuerdo con el Cuadro 7, se observa que el β_1 del G2 fue negativo (-0.010; $p < .001$), en comparación con el β_1 de G1 (0.021; $p < .001$). Al respecto Moreno *et al.* (2011) encontraron que conforme avanzan los días de lactación la PL tiende a incrementarse y se mantiene constante entre los días 98 a 182 y decrece la PL conforme se acercan a los 305 días de producción láctea.

García-Muñiz *et al.* (2007) encontraron que el pico de producción se alcanza en el día 60 y la PL decrece en el día 100. En lo referente a los días de lactación, el G1 inicio su monitoreo en el día 89 de lactancia y el G2 en el día 87, por lo que ambos

grupos estaban en su pico de producción y al final del monitoreo se encontraban en el día 118 para G1 y para G2 en el día 116 de lactancia; lo que para García-Muñoz *et al.* (2007) estos grupos estarían dentro del decremento de PL, lo cual concordaría con el resultado de β_1 del G2, más no así con el resultado del β_1 del G1 (Cuadro 7). El resultado de G1 pudo deberse al consumo de Opuntia por las vacas de dicho grupo.

Por último, Stefanon (2002) establecieron que la producción de leche por célula aumenta significativamente a partir del pico de la lactancia y tiende a ser constante durante la lactación. El aumento de leche podría deberse a la continua diferenciación celular más que al aumento de su número. Mientras que la disminución de leche, después del pico de producción, probablemente sea debido a la pérdida del número de células secretorias y no a una pérdida de la actividad secretoria. La pérdida en número de células secretorias es debida a la tasa de muerte celular por apoptosis en la ubre.

Propiedades Fisicoquímicas de la leche cruda.

En lo referente a las propiedades fisicoquímicas tales como: grasa, sólidos no grasos, densidad, agua, punto de congelación, proteína y lactosa (Cuadro 8) no se encontró efecto del grupo sobre estas ($p > 0.05$).

Cuadro 8. Medias de mínimos cuadrados para las propiedades fisicoquímicas de la leche.

Propiedad	Grupo 1 con nopal		Grupo 2 sin nopal	
	Promedio	E.E	Promedio	E.E
Grasa	3.9 ¹	0.313	3.8 ¹	0.313
Sólidos no grasos	8.3 ¹	0.192	8.1 ¹	0.192
Densidad	1.0 ¹	0.995	1.0 ¹	0.995
Agua	1.2 ¹	0.377	1.1 ¹	0.377
Punto de congelación	-0.5 ¹	0.012	-0.5 ¹	0.012
Proteína	3.1 ¹	0.114	3.0 ¹	0.069
Lactosa	4.5 ¹	0.114	4.3 ¹	0.114

De acuerdo con el cuadro 8, se pudo establecer que los promedios de las propiedades fisicoquímicas entre grupos son estadísticamente iguales. Lo cual indica que el uso de *Opuntia ficus indica* como complemento en la dieta de los bovinos productores de leche no afecta a las propiedades fisicoquímicas de la leche. Resultados que concuerdan con Martínez *et al.* (2008), pues no encontraron un efecto sobre éstas propiedades en leche de cabras alimentadas con cactácea.

Las propiedades fisicoquímicas como; lactosa (4.5), densidad (1.030), punto de congelación (-.530), grasa (3.2), proteína (2.8 a 3.1), se encuentran dentro del rango establecido por la Norma Oficial Mexicana-155-SCFI-2003, NMX-F-700-COFOCALEC-2004 y dentro de lo establecido para la raza Holstein (De los Reyes *et al* 2010).

8. CONCLUSION

- ❖ El uso del nopal *Opuntia ficus-indica* como complemento en la dieta de bovinos productores de leche es una alternativa viable durante la época de estiaje, debido a que ésta cactácea aumenta la producción de leche por vaca por día, además de no afectar las propiedades fisicoquímicas de la leche.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Azócar, P. y Rojo. H. 1991. Uso de cladodios de tuna (*Opuntia ficus-indica*) como complemento forrajero estival de cabras en lactancia en reemplazo de heno de alfalfa. Avances en producción animal, p. 173-182.
- Ben Salem H, Abdouli H, Nefzaoui A, El-Mastouri A, Ben-Salem L. 2005. Nutritive value, behaviour, and growth of Barbarine lambs fed on oldman saltbush (*Atriplex nummularia* L) and supplemented or not with barley grains or spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* f. *inermis*) pads. Small Rumin Res. 59:229-237.
- Carranza, S.J.A. 2001. Caracterización morfológica de cladodios de *opuntia spp.* Del campo experimental de la Uruza. U. A. CH. Tesis profesional. Chapingo. Mex. Pp 82.
- Cunningham, J.G. 1999. Fisiología Veterinaria. Ed. McGRAW-HILL, D.F. México, p. 338-350.
- De los Reyes G, Medina S. B, Coca V. R. 2010. Calidad de la leche cruda. Primer foro sobre ganadería lechera en la zona alta de Veracruz.
- Dickinson B.1982. Ganado lechero, principios, prácticas, problemas y beneficios. Interamericana, p. 245.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2004.
- Fuentes, R. J. M. 1992. Feeding cactus pear to dairy cattle in northern México. Third Annual Texas Prickly Pear Council.Kingsville, Texas.
- García, M. J. G, Mariscal A. D. V, Caldera N. M. A. 2007.Variables relacionadas con la producción de leche de ganado holstein en agroempresas familiares con diferente nivel tecnológico.
- 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 p.

- Gasque, G.R. 2008. Enciclopedia Bovina. Primera Edición. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. U.N.A.M. D.F. México. p. 423-426.
- Gill, M., Thornley, J. H. M., Black, J. L., Uldham, J. D. y Beever, D. E. 1984 Br. J. nutrición. Valoración de alimentos para rumiantes en cebo: sistema Americano NRC.
- Gonzalez C.F. G. LLamas I. y Bonilla J. A. 1998. Utilización del nopal como sustituto parcial de alfalfa en dietas para vacas lecheras. Tec. Pec. México 36:73-81.
- Gonzalez, J.C., Ayala, A. and Gutierrez, E. 2007. Chemical composition of tree species with forage potential from the region of Tierra Caliente, Michoacán, México. Cuban Journal of Agricultural Science 41(1):81-86.
- Hoffman K.M. Lundberg L.M. Bauman Randy D. Shaver y Francisco E. 2007. Digestibilidad *in vitro* del FDN (fibra detergente neutro): el debate de 30 vs 48 horas. Focuson Forage– Vol. 5: No. 16.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2002.
- Lara C. D. J. F. Mora. F. M. A. Martínez D. G. García D. J. M. Omaña S. Gallegos S. 2003. Competitividad y ventajas comparativas de los sistemas de producción de leche en el Estado de Jalisco.
- La comisión del CODEX ALIMENTARIUS, FAO, Y LA OMS, 2002.
- López G.J.J. Fuentes R.J.M. y Rodríguez G.A. 2007. Producción y uso de *Opuntia* como forraje en el centro-norte de México. Departamento de agricultura. Depósito de documentos de la FAO.
- Macedo A, Gutiérrez E y Salas G. 2006. Efecto de suplementación con bloques multinutricionales de melaza urea en vacas anéstricas en Carácuaro, Michoacán. Livestock Research for Rural Development. 18:11.
- Martínez R. J. R. Díaz G. M. O. Ochoa C. M. A. Castañeda B. V. J. Torres H. G. Urrutia. M. J. 2008. Suplementación con nopal (*Opuntia ficus indica*), número de parto y etapa de lactancia en la producción de leche y de cuajada en cabras nubia. Facultad de agronomía, Universidad Autónoma

- de San Luis potosí; Programa de ganadería, c.p; campo experimental san luis, Instituto nacional de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias.
- Marroquín J. S. 1964. Estudio ecológico y dasonómico de las zonas áridas del norte de México. I.N.I.F. México,DF. p 166.
- Medina, M.R., Tirado G.E., Mejía H. I., Camarillo S.I. y Cruz, V.C. 2006. Digestibilidad *in situ* de dietas con harina de nopal deshidratado conteniendo un preparado de enzimas fibrolíticas exógenas. Pesq. Agropec. Bras, Brasíla.
- 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.
- Moreno G. A. Ortíz. R. R. Herrera A. G. Carrión G. M. Montañez. S. J. L. Álvarez B. D. Pérez S. R. E. 2011. Caracterización y modelación esquemática de un sistema de producción de bovinos productores de leche, a escala familiar de la Ciénega de Chapala, México. Asociación latinoamericana de producción animal, Sociedad chilena de producción animal.
- NOM-155-SCFI-2003. Leches, fórmula láctea y producto lácteo combinado- Denominación, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba.
- NMX-F-700 COFOCALEC-2004-Sistema producto leche-Alimento lácteo- Leche cruda de vaca- Especificaciones Fisico-Químicas, sanitarias y métodos de prueba.
- Ortíz S. Y. 2010. Efecto del nopal *Opuntia ficus-indica* como complemento de la dieta de ganado bovino lechero sobre la producción láctea en un sistema semi-intensivo. Tesis de licenciatura. Facultad de medicina veterinaria y zootecnia, Morelia, Michoacán. México.
- Pérez S.R.E. García S.P.A. Ángel P.M.E. Valdez J.J. Ramos B. Ortiz R.R. y Ramírez G. 2010. Producción de la leche provenientes de vacas Holstein bajo una dieta complementada con nopal (*Opuntia ficus-indica*). Morelia Michoacán, México.

- Roblero A. Medina L. Brito E. Torrestiana B. 2000. Efecto del CaCl_2 en las propiedades morfológicas y reológicas del mucílago del nopal (*Opuntia ficus-indica*). Unidad de investigación y desarrollo en alimentos, Instituto tecnológico de Veracruz, Depto. De alimentos y biotecnología. UNAM.
- Relling A. E y Mattioli G.A. 2003. Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes. Facultad de Ciencias Veterinarias .U.N.L.P. p. 44-60.
- Ruíz G. C. 2011. Ciclo de Krebs.
- Sánchez R. G y Sánchez V. A 2006. La ganadería bovina del estado de Michoacán. 1^{er}ed. Fundación PRODUCE Michoacán, A.C. 1, 43,69-75 p.
- SAS 2000.Statistical Analysis System. Institute Inc. North Caroline.USA.
- Santini F. J.Elizalde I. C. 1994. Suplementación de vacunos. Cuaderno de Actualización Técnica 53:10-16. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria E.E.A. Balcarce.
- Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. 2010. Perspectiva del sector de leche de bovino.
- Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. 2004.
- Schlimme E. Buchheim W. 2002. La leche y sus componentes: propiedades químicas y físicas.
- Servicio de información agroalimentaria y pesquera. 2010.
- Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta. 2004.
- Stefanon . 2002. Mammary adoptions and lactation persistency in dairy animals. Dairy res.
- Val-Arreola, D.,E, Kebreab, D, Dijkstra, and J. France. 2004. Study of the lactacion curve in dairy cattle on farms in central México, J. Dairy Sci. 87:3789-3799.
- Wattiaux M. A. 2011.Secreción de leche por la ubre de una vaca lechera. Instituto de Babcock.
- Zavaleta de L.E. 1976. Los ácidos grasos volátiles, fuente de energía en los rumiantes. Departamento de nutrición y bioquímica. Facultad de medicina veterinaria y zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciencia Veterinaria Vol. 1:223-240.

