



**Universidad Michoacana De San Nicolás de Hidalgo.**

**Facultad de medicina veterinaria y zootecnia.**

**TESIS.**

**Efecto de diferentes niveles de inclusión de nopal  
(*Opuntia ficus-indica*) en la dieta de vacas Holstein sobre  
la producción de leche en época de estiaje**

**PRESENTA.**

**P.MVZ JOSÉ LUIS MENDOZA ORTIZ**

**Para Obtener El Título De  
Médico Veterinario Zootecnista**

**ASESORES:**

**Dr. Juan José Valdez Alarcón  
Dra. Rosa Elena Pérez Sánchez**

**CO-ASESOR**

**MC. Ruy Ortiz Rodríguez**

**Morelia, Michoacán. Noviembre 2012.**





**Universidad Michoacana De San Nicolás de Hidalgo.**

**Facultad de medicina veterinaria y zootecnia.**

**TESIS.**

**Efecto de diferentes niveles de inclusión de nopal  
(*Opuntia ficus-indica*) en la dieta de vacas Holstein sobre  
la producción de leche en época de estiaje**

**PRESENTA.**

**P.MVZ JOSÉ LUIS MENDOZA ORTIZ**

**Para obtener el título de**

**Médico Veterinario Zootecnista**

**Morelia, Michoacán. Noviembre 2012.**





**Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo**  
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia



**Aprobación de Impresión del Trabajo**

Morelia, Michoacán, a 22 de Octubre de 2012

**C. MC. ORLANDO ARTURO VALLEJO FIGUEROA**

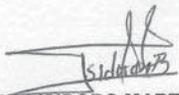
Director de la FMVZ-UMSNH

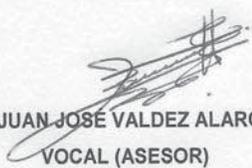
**P R E S E N T E .**

Por este conducto hacemos de su conocimiento que la tesis titulada: **"EFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE INCLUSIÓN DE NOPAL (*Opuntia ficus-indica*) EN LA DIETA DE VACAS HOLSTEIN SOBRE LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN ÉPOCA DE ESTIAJE"**, forma parte del proyecto de investigación *"Efecto del nivel de inclusión del nopal (opuntia Ficus-indica) en la dieta de bovinos productores de leche y su efecto en la producción y calidad de la leche y sus subproductos"*, aprobado por el Consejo de la Investigación Científica como parte del Programa de Investigación 2011, desarrollada por el P. MVZ. **JOSÉ LUIS MENDOZA ORTIZ**, dirigida por el asesor **DR. JUAN JOSÉ VALDEZ ALARCÓN**, fue **revisada y aprobada** por esta mesa sinodal, conforme a las normas de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

**ATENTAMENTE**

  
**MC. JOSÉ ANTONIO LUNA DELGADO**  
PRESIDENTE

  
**MC. ISIDORO MARTÍNEZ BEIZA**  
VOCAL

  
**DR. JUAN JOSÉ VALDEZ ALARCÓN**  
VOCAL (ASESOR)

**www.vetzoo.umich.mx**

## **DEDICATORIA.**

A mis padres José Francisco Mendoza Gutiérrez y María Guadalupe Ortiz García, por todo el amor y cariño que me han brindado, así como su apoyo incondicional, por darme todo lo que está a su alcance para el logro de mis aspiraciones, por su firmeza, para nunca perder la esperanza y porque son las personas que más quiero en la vida. Este trabajo y este esfuerzo es para ustedes Los quiero.

A mis hermanos Miriam y Francisco, por ser mi fuente de inspiración para seguirme superando y por todo el apoyo incondicional que he recibido de ustedes para lograr mis metas. Gracias hermanos.

A mis abuelitos Francisco Mendoza, Ana María Gutiérrez, Agapita Ortiz y Jesús García, por ser mi mayor motivación en esta vida. Los quiero.

A mi tío Jaime Alberto Mendoza Gutiérrez, por su apoyo y motivación para siempre seguir adelante en cualquier adversidad, por estar siempre ahí en los momentos difíciles y enseñarme el valor de la vida. Gracias tío.

A mis tíos José Manuel, Juan Carlos, Lolita, Miguel, Kina, pitilla, Juan, por su apoyo y motivación para seguir adelante.

A mi cuñado Juan por su apoyo para seguirme formando como estudiante.

## Índice de contenidos.

	Paginas.
Resumen.	
1. Introducción.	2
2. Antecedentes.	5
2.1 Importancia de la producción de leche de bovinos en México.	5
2.2.- Los sistemas de producción de bovinos productores de leche en México.	7
2.2.1 El sistema de producción de leche de bovinos a escala familiar.	8
2.3 Efecto de estiaje sobre la alimentación de los bovinos productores de leche.	11
2.4 Factores que limitan la producción de leche de bovino.	14
2.4.1 Composición química de la leche de los bovinos.	14
2.4.2 Cambios en la composición química de la leche debido a la alimentación del ganado.	15
2.4.3 Cambios en la producción de la leche debido a la alimentación del ganado.	16
2.4.4 Cambios en la producción de leche de bovinos debido a factores climáticos.	17
2.4.5 Cambios en la producción de leche de bovinos debido a la edad de las vacas (numero de parto).	18
2.5 Uso del nopal forrajero en la alimentación de los bovinos	19

productores de leche en época de estiaje.

3. Planteamiento del problema.	22
4. Hipótesis.	23
5. Objetivo general.	23
5.1 Objetivos particulares.	23
6. Material y métodos.	24
7. Resultados y discusión.	27
8. Conclusiones.	33
9. Bibliografía	34

## Índice de figuras

	Paginas
Figura 1. Producción de leche de bovinos en México.	5
Figura 2. Producción promedio/día de leche de acuerdo a la inclusión de nopal ( <i>Opuntia ficus-indica</i> ) a la dieta y a la semana.	31

## Índice de tablas

	Pagina
Tabla 1. Dieta para bovinos productores de leche en época de estiaje de acuerdo al nivel de inclusión de nopal forrajero ( <i>Opuntia ficus-indica</i> ).	25
Tabla 2. Medidas de mínimos cuadrados de producción de leche (Kg) de acuerdo al nivel de inclusión de nopal en la dieta de vacas Holstein.	27

## RESUMEN

Se evaluó el impacto de tres niveles de inclusión de nopal (*Opuntia ficus-indica*) a las dietas de vacas Holstein sobre la producción láctea (PL). Se utilizaron 8 vacas Holstein, con un promedio de  $65.3 \pm 21.3$  días de lactación; 6 vacas se sometieron a un diseño de cuadro latino repetido (3x3), cada vaca recibió 3 dietas con diferente nivel de inclusión de nopal de manera aleatoria. Cada dieta fue suministrada durante 7 días por dos días de descanso; los niveles de inclusión de nopal en las dietas fueron: 10, 20 y 30 Kg d<sup>-1</sup>. Las 2 vacas restantes formaron el tratamiento testigo (0.0 Kg d<sup>-1</sup> de nopal). El nopal se ofreció fresco (trozos de 5 x 5 cm). La PL se midió diariamente durante 25 días. La información se analizó mediante la metodología de Modelos Mixtos con mediciones repetidas. La inclusión de 10 y 20 kg d<sup>-1</sup> de nopal produjo en promedio 13.394 y 13.103 kg de leche/día, respectivamente; ambos tratamientos fueron estadísticamente iguales entre sí ( $P > 0.05$ ) pero diferentes ( $P < 0.05$ ) a la inclusión de 0.0 y 30 kg d<sup>-1</sup> de nopal; cuya PL fue de 9.595 y 12.294 kg de leche/día. La inclusión de 30 kg d<sup>-1</sup> de nopal provoca una disminución de 0.900 kg de leche/día en comparación con la inclusión de 10 y 20 kg d<sup>-1</sup> de nopal. La inclusión de 10 kg d<sup>-1</sup> de nopal a la dieta de las vacas Holstein explotadas en zonas rurales con estiaje prolongado es la mejor opción.

## 1. INTRODUCCION

Durante la época de estiaje en las zonas rurales de México, los sistemas de bovinos productores de leche se enfrentan a fluctuaciones frecuentes en la cantidad y la calidad de los forrajes (Ortega *et al.*, 2010). Espinosa *et al.* (2007), establecieron que en la época de estiaje la escases del pasto nativo se acentúa y por lo regular sólo hay disponibilidad de esquilmos agrícolas para pastoreo. Reveles *et al.*, (2010) determinó que este factor (estiaje prolongado) inciden en el comportamiento productivo de los hatos. Por ello, los productores han recurrido a la utilización de forrajes autóctonos en la alimentación del ganado, como es el caso del nopal (*Opuntia* spp), debido esencialmente a que en México se localizan 61 géneros de los 92 que existen en América del Norte y esto lo ubica como centro de diversidad (Bravo, 1978). Del mismo modo, en la parte norte y centro de México, el nopal para forraje ocupa una área del 15.8% de la superficie total; por ello su uso en la alimentación animal durante la época de estiaje y por ser un forraje fresco, palatable y susceptible de explotarse durante todo el año (Carranza, 2001; Flores, 2004; Ramírez *et al.*, 2007).

Medina *et al.* (2006), determinaron que *Opuntia ficus-indica* se caracteriza por presentar una elevada concentración de carbohidratos solubles y calcio, digestibilidad *in situ* a 48 horas de 68%, 47% de fibra detergente neutra (FDN) y 16% de fibra detergente ácida (FDA). Además, las investigaciones referentes a la

utilización del nopal en la dieta de vacas productoras de leche, sugieren la posibilidad de que el efecto de esta planta sea incrementar la producción láctea (López *et al.*, 2007). Ortiz *et al.* (2010), determinaron que la producción de leche se incrementó de 7.084 a 10.864 kg/día en vacas cuya dieta fue complementada con *Opuntia ficus-indica*. Así mismo, Ortiz *et al.* (2012) evaluaron el impacto de la complementación del nopal (12 kg d<sup>-1</sup>) en la dieta de ganado vacuno en época de estiaje sobre la producción de leche y concluyen que el uso de nopal en la alimentación del ganado es una alternativa viable, pues aumenta la producción de leche.

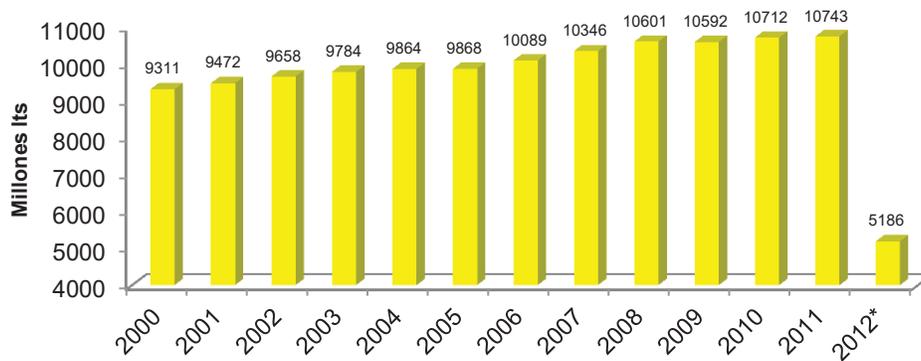
Por otra parte, González *et al.*, (1998) establecieron que para evitar efectos detrimentales en la producción de leche en vacas Holstein y que reciben una complementación de *Opuntia* spp en la dieta es recomendable usar de 20 a 30% de nopal en base seca y suplementar con heno de alfalfa, avena o sorgo. Fuentes (1991), establece que el consumo de nopal oscila entre 20 y 40 kg/cabeza/día. Estimando que este 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* spp 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 (López *et al.*, 2007).

Ante estas evidencias se puede establecer que aún no se encuentra determinada la cantidad ideal de nopal en la dietas de bovinos, durante la época de estiaje, para una óptima expresión de la producción láctea. Por este motivo, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el impacto de la inclusión (10, 20 y 30 kg d<sup>-1</sup>) de nopal (*Opuntia ficus-indica*) en la dieta de vacas Holstein sobre la producción de leche, durante la época de estiaje.

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1 IMPORTANCIA DE LA PRODUCCIÓN DE LECHE DE BOVINOS EN MÉXICO.

La producción de leche de bovinos representa la quinta parte (\$53,029,602.00) del valor total de la producción nacional pecuaria (\$264,244,618.00), siendo la tercera en importancia y superando a la producción de cerdo (\$37,738,565.00) y huevo (\$32,505,819.00). El crecimiento de la producción primaria, a pesar de ser importante y mostrar índices superiores al crecimiento de la población, no son suficientes para abastecer a una industria que ha logrado una transformación profunda, obtenida en base a calidad y desarrollo de nuevos productos. Estos cambios han representado de igual forma perturbaciones que han modificado el entorno en el cual se mueven las empresas. La estabilidad de la economía mexicana de los últimos lustros ha permitido un crecimiento de la producción de leche, que si bien es importante, es insuficiente para disminuir la brecha entre producción y consumo (CANILEC, 2012).



\* Enero a junio 2012

Fuente: SAGARPA (2012)

La producción de leche en México ha tenido un crecimiento en los últimos años del 10.3%, lo que hace que en términos monetarios esta actividad sea equivalente al 22% del valor total del sector pecuario. El incremento de la producción lechera en México de manera competitiva solo es posible estableciendo polos de desarrollo para tal fin, siendo las zonas tropicales las que cuentan con recursos naturales autosuficientes para hacerla de manera competitiva. Puesto que en el altiplano central la disponibilidad de agua es muy restringida, limitando la producción forrajera en forma eficiente. Aun y cuando se insiste en apoyar el incremento de la producción a pesar de estos factores en la región (Altiplano central) que hacen que esta zona no sea competitiva para la producción de leche (CANILEC, 2012).

LACTODATA (2011), establece que en México la producción de leche de vaca proporciona ingresos adicionales al productor, mejora su alimentación y permite el empleo de mano de obra familiar. No obstante estas características se incrementan o decrecen en relación a la época del año; puesto que en julio y octubre es cuando se reporta la mayor producción; pues corresponden a la temporada de lluvias en las zonas semi-templadas del país y en consecuencia, a la mayor disponibilidad de pastos. Por lo contrario, la producción de leche tiende a bajar en temporada de calor: finales de primavera y hasta el fin del verano; acentuándose más la ineficiente producción en las zonas áridas y semiáridas de México (FUPROCAM, 2009).

## **2.2 LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE BOVINOS PRODUCTORES DE LECHE EN MÉXICO.**

Un aspecto importante dentro de la producción de leche de bovino es la tipología de los diversos sistemas presentes en el país. Así mismo, los sistemas de bovinos productores de leche se determinan por el nivel tecnológico: especializado, semi-especializado, doble propósito y el familiar o de traspatio. El primero aporta 50.6% de la producción total de leche, por su parte el de doble propósito aporta el 18.3%; el nivel-semi especializado sólo produce 21.3%; mientras que el sistema familiar aporta 9.8% del total de la leche producida. Este sistema es el más afectado durante la época de estiaje (Villamar y Olivera, 2005); puesto que el manejo alimenticio y el uso de praderas nativas, solo están disponibles en época de lluvias siendo este uno de los factores que tiene mayor incidencia en la producción de leche (Hazard, 1990).

Aun y cuando en el país existen diversos sistemas de producción de leche de bovino, el sistema de producción familiar está 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” (SAGARPA, 2000; Molina, 2006). El sistema de producción de traspatio ha demostrado ser sustentable (Espinosa *et al.*, 2004).

## **2.2.1 EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE LECHE DE BOVINOS A ESCALA FAMILIAR.**

En las zonas rurales de México, 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). Estas unidades de producción son manejadas por los miembros de la familia (Jiménez *et al.*, 2008). El nivel tecnológico en estos sistemas se considera como bajo, puesto que, las instalaciones y equipo son rudimentarios 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). El genotipo de los animales del sistema es por lo general híbrido, principalmente de la raza Holstein y en menor proporción Holstein puro, Pardo Suizo Americano y sus cruzas (SAGARPA, 2000; Molina, 2006).

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 (Sánchez y Sánchez 2005). Los rendimientos promedio/vaca/hato oscilan en 9 kg de leche/día; 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; mientras que el sistema semi-especializado aportó el 21.3% y el especializado el 50.6% (SAGARPA, 2004).

En los últimos años se ha observado una tendencia en la disminución de la producción de leche a escala familiar en el país, cuyas causas incluyen: problemas en la tenencia de la tierra, políticas de fomento hacia el productor,

inseguridad, altos costos de producción, poco o nulo control de higiene durante el proceso del ordeño para asegurar la calidad de la leche (García *et al.*, 2005) y poca integración a las cadenas productivas (Espinosa, *et al.*, 2002). El conjunto de estos factores, asociados a las tendencias de concentración y centralización de la producción intensiva a gran escala, limitan la participación de la producción familiar 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 (García, *et al.*, 2005).

Para el año 2005, la tendencia indicaba una menor participación de los sistemas familiares en la producción de leche en el estado de Michoacán. No obstante, el censo ganadero registró a un total de 62,545 familias que se dedicaban a la ganadería, aprovechando 2'451,855 hectáreas, lo que equivale a 2.9 veces la superficie ocupada por la agricultura en el estado. El tamaño promedio de las unidades de producción fue de 47.5 hectáreas con un tamaño medio de hato de 26 cabezas (Sánchez y Sánchez, 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, uso de

insumos comerciales para la alimentación del ganado; así como poca o nula inversión en infraestructura. No obstante, en lo referente a la alimentación del ganado, Sánchez y Sánchez (2005) determinaron que existe una proporción baja de sistemas que cuentan con pastos mejorados, como parte de las estrategias de alimentación del ganado.

### **2.3 EFECTO DEL ESTIAJE SOBRE LA ALIMENTACIÓN DE LOS BOVINOS PRODUCTORES DE LECHE**

La alimentación animal es uno de los factores primordiales que influye en el costo de producción, sobre todo en épocas de estiaje, en donde hay menor disponibilidad de forraje como en las zonas áridas y semiáridas, mismas que representan en su conjunto el 66.2% de la superficie total del territorio nacional (Flores y Reveles, 2010). El estiaje se presenta generalmente durante los meses de octubre a mayo, lo cual deriva en un déficit en la cantidad y calidad de forraje para la alimentación del ganado durante esta época del año. Este hecho impide cubrir los requerimientos nutricionales de animales en producción e incluso en mantenimiento. Ante esta situación, el ganadero opta por trasladar sus animales a otras zonas de pastoreo, vender ganado a bajo precio -previo al estiaje-, utilizar el sobrepastoreo de praderas nativas, comprar pacas de esquilmos agrícolas a precios elevados, rentar praderas inducidas o simplemente no hacer nada,

esperando que sus animales sobrevivan de la mejor manera al estiaje (FUPROCAM, 2009).

Ante la problemática señalada en el párrafo anterior, los productores de ganado del Norte de México han proporcionado nopal a sus animales como una alternativa de complemento alimenticio durante la época de estiaje, ya sea en pastoreo libre o estabulado. El nopal constituye un buen alimento que proporciona agua e hidratos de carbono al rumiante. Este es un forraje complementario, que se puede utilizar de emergencia, especialmente en épocas de intensa sequía, cuando escasean o no son costeables otros forrajes. Por eso en la producción de leche, representa un recurso importante por su volumen de consumo (Vásquez, *et al.*, 2007). Dicha cactácea es un alimento succulento para los rumiantes, por su riqueza en agua y su aporte significativo de calcio (Ca), potasio (K) y magnesio (Mg). Posee altos niveles de carbohidratos y un elevado coeficiente de digestibilidad de materia seca (MS). Por otro lado, posee 10 a 14% de MS; 4.0 a 6.0% de proteína bruta y 26.8% de fibra detergente neutro (Bezerra, 2002).

García *et al.* (2005) determinó que al complementar la dieta de los bovinos con *Opuntia ficus-indica*, se incrementa no solo la producción de leche, sino que mejora la calidad y vida de almacén de los subproductos lácteos. Lo que concuerda con las nuevas investigaciones en donde se ha demostrado que la utilización del nopal (*Opuntia ficus-indica*) en la complementación de dietas para

bovinos productores de leche es una alternativa viable para evitar los efectos detrimentales en la época de estiaje (Ortiz *et al.*, 2010). Así mismo, se ha corroborado un aumento sobre la producción láctea utilizando  $12 \text{ kg}^{-1}$  de nopal en base fresca como complemento de la dieta de los bovinos durante esta época y en sistemas familiares (Ortiz *et al.*, 2012).

Por su parte, González *et al.* (1998) establecieron que para evitar efectos detrimentales en la producción de leche de vacas Holstein y que reciben una complementación de *Opuntia ficus-indica* en la dieta es recomendable usar de 20 a 30% de nopal en base seca y suplementar con heno de alfalfa, avena o sorgo; puesto que estos alimentos proporcionan un mayor aporte proteico (15.9, 9.8 y 8.9% de Proteína Cruda (PC), respectivamente) en comparación al pobre contenido de PC (3-5%) y fósforo (0.11%) que proporciona el nopal (Medina *et al.*, 2006). Fuentes (1991), estableció que el consumo/día oscila entre 20 y 40 kg/cabeza; estimando que este 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).

Se ha demostrado que el consumo de nopal bajo condiciones de sequía extrema puede alcanzar hasta 90 kg/cabeza. Mientras que durante la estación lluviosa, el consumo puede decrecer si existe pasto u otros forrajes. No obstante, bajo

condiciones de producción establecida, el consumo de nopal varía ampliamente (de 15 a 95 kg d<sup>-1</sup>) dependiendo de la disponibilidad de otros forrajes (López *et al.*, 2007).

Ante estas evidencias se puede establecer que aún no se encuentra determinada la cantidad ideal de nopal como complemento de las dietas de bovinos productores de leche, para una óptima expresión de producción láctea.

## **2.4 FACTORES QUE LIMITAN LA PRODUCCIÓN DE LECHE DE BOVINOS**

En los bovinos productores de leche, la producción láctea inicia después del parto. Por lo tanto, en su acepción más general, la leche de la vaca es el alimento primordial (segregado por la glándula mamaria) para nutrir a su cría durante su primera fase de vida. No obstante, desde tiempos ancestrales el hombre ha utilizado la leche de vaca, oveja y cabra para su alimentación debido a su composición; innovando así, la producción láctea para consumo humano (Zavala, 2005).

**2.4.1 Composición química de la leche de los bovinos:** La composición de la leche de los bovinos contiene del 77 al 80% de agua, por lo tanto posee de 10 a

13% de sólidos totales, mismos que están compuestos entre 3.0 y 3.5% de grasa, 3.0 a 3.5% de proteína y 4.0 a 6.0 % de carbohidratos. La composición de estos elementos son afectados en gran parte por factores tanto endógenos como exógenos, los cuales determinan su constitución química así como sus características físicas. Sin embargo, estos factores son poco controlables, aun y cuando en el caso de la nutrición y alimentación sea factible lograr efectos significativos en la producción como en la calidad de la leche, puesto que tanto la calidad y la producción láctea dependen de la disposición de nutrientes en la circulación sanguínea (Manterola, 2012)

**2.4.2 Cambios en la composición química de la leche debido a la alimentación del ganado:** Los cambios en la constitución de la dieta constituye la vía más efectiva y rápida para alterar la composición química de la leche. Gallardo (2006) determino que el cambio de la relación entre forraje y concentrado de la dieta puede modificar la concentración de grasa butirosa en un rango tan amplio como de un 2.0 a un 4.0%. En otros casos, la concentración total de proteína puede permanecer constante pero con alteraciones importantes en la relación entre la caseína (proteína verdadera) y el nitrógeno no-proteico. De la misma forma, pueden suceder cambios sustanciales en la composición de los ácidos grasos sin ningún cambio aparente en el porcentaje total de grasa de la leche. Por otro lado, se ha encontrado una baja respuesta de las dietas frente a cambios en la concentración de proteína láctea, lo que bien podría explicarse en parte, por la

baja eficiencia de conversión del nitrógeno dietario en proteínas a nivel de la glándula mamaria, que sería del orden del 25 al 30%.

**2.4.3 Cambios en la producción de la leche debido a la alimentación del ganado:** Con respecto a los sistemas basados en pastoreo existen dos factores que limitan la producción de leche, como lo es el bajo consumo de materia seca (MS) y un alto contenido de proteína altamente degradable en el rumen (PDR) en relación a los carbohidratos no estructurales (CNE) contenidos en el forraje. En consecuencia dicha alimentación presenta una pobre captura del N proveniente de la pradera por parte de los microorganismos ruminales (Mella, 2012).

El suministro de forrajes con valores altos de proteína cruda como parte de la dieta del ganado productor de leche incrementan la excreción de Nitrógeno por la orina, con el consecuente gasto energético por parte del animal lo que ocasiona una disminución de la producción láctea. Por lo general los forrajes ricos en proteína contienen un bajo contenido de carbohidratos fermentables, los cuales no cubren las necesidades de la vaca en producción (Mella, 2012).

Un aspecto importante a considerar en el suministro de forrajes para la alimentación del ganado productor de leche es el nivel de fibra efectiva de las praderas, puesto que este puede ser muy bajo, particularmente en primavera y

otoño, teniendo poca capacidad para estimular una adecuada rumia y salivación; por lo tanto, la producción de leche puede verse afectada de manera negativa. Asimismo, durante la época de estiaje la escases de forraje y el pobre aporte nutricional de este, no satisfacen los requerimientos nutricionales de los bovinos, aun y cuando estos poseen grandes cantidades de fibra, provocan un déficit en la producción de leche, disminución del porcentaje de grasa y una baja condición corporal (CC) en el animal (Mella, 2012).

#### **2.4.4 Cambios en la producción de la leche de bovinos debido a factores**

**climáticos:** Las condiciones climáticas alteran de manera indirecta la producción de leche. Puesto que la precipitación alta y la duración solar diaria constante, favorecen la producción de forraje durante algunas estaciones del año. En cambio cuando el ambiente favorece la presentación de enfermedades o la proliferación de parásitos internos y externos provocan una disminución de la producción láctea (WingChing *et al.*, 2008).

Las altas temperaturas afectan los mecanismos de termorregulación animal (evaporación, conducción, convección y radiación), provocando lo que se conoce como estrés calórico, el cual afecta de forma negativa la producción de leche y la reproducción de los bovinos. La afectación de la zona de confort o termoneutralidad (5-25°C) del ganado bovino, altera el consumo de alimento y en consecuencia se afectan las concentraciones hormonales, el metabolismo y la producción láctea (WingChing *et al.*, 2008).

**2.4.5 Cambios en la producción de la leche de bovinos debido a la edad de las vacas (número de partos):** El número de partos de la vaca, es otro de los aspectos que modifica significativamente la producción de leche. Por lo general, la producción de leche sufre un incremento consecutivo hasta llegar a la tercera lactancia o tercer parto y es en este momento donde se obtiene el mayor volumen lácteo, para posteriormente comenzar a decrecer gradualmente haciéndose más acentuada a partir de la séptima lactancia (Pérez y Gómez, 2005).

El acenso de productividad con cada parto, se debe tanto al aumento de condición corporal así como también a un mayor desarrollo del tejido secretor de la glándula mamaria (Pérez y Gómez, 2005). Vacaro (1995), reporta diferencia altamente significativa ( $P < 0.01$ ), en la producción de leche, debido al efecto del número de partos. Las vacas de primer parto mostraron desventaja de un 12% en comparación con la producción de las adultas o multíparas. De igual forma, Da Silva (1998), encontró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en la producción de leche, entre las vacas de primer parto y las de varios partos, ya que en las de primer parto, la producción de leche fue menor que en las de varios partos. Las diferencias en la producción láctea de acuerdo al número de parto posiblemente se deban al incremento en el desarrollo y tamaño corporal de las vacas, con menos de tres partos, lo que afecta la capacidad de la vaca para captar suficientes nutrientes y canalizarlos hacia el mantenimiento y crecimiento corporal y la síntesis de leche.

## 2.5 USO DEL NOPAL FORRAJERO EN LA ALIMENTACIÓN DE LOS BOVINOS PRODUCTORES DE LECHE EN ÉPOCA DE ESTIAJE.

El nopal forrajero es una planta muy atractiva como alimento para el ganado, particularmente por su alta eficiencia al convertir agua en biomasa, y por su contenido de energía digestible. Este es útil no sólo porque sobrevive a las sequías, sino también porque es más eficiente que muchas gramíneas o pastos forrajeros de hoja ancha durante la época estiaje. La importancia forrajera del nopal para la alimentación del ganado radica en que durante los períodos de sequía o invierno, este permanece verde. Además, las variedades preferidas para la producción de forraje son aquellas que no poseen espinas, debido a su facilidad de manejo y proceso, ya que con estas especies se evita el chamusque de la nopalera cuando se alimenta al ganado (Gutiérrez *et al.*, 2008).

Las ventajas de la *Opuntia ficus-indica* incluyen alta producción de biomasa, buena palatabilidad y valor nutritivo, perennifolios, resistencia a sequía y adaptación al suelo. Este tiene altos contenidos de ceniza (260 g/kg MS) y agua (926 g/kg peso fresco), pero bajos contenidos de proteína cruda (58 g/kg MS) y fibra detergente neutra (185 g NDF por kg MS). Por otro lado, debido al alto contenido de agua del nopal, los animales alimentados con dietas complementarias a base de este reducen substancialmente el consumo de agua potable al incrementar los niveles de consumo de *Opuntia ficus-indica* (Azocar, 2003).

En relación al efecto del nopal sobre la producción láctea del ganado bovino, Ortiz *et al* (2010) determino que al utilizar *Opuntia ficus-indica*, durante el periodo de estiaje, con niveles de inclusión de 12 kg/día/vaca en dietas complementarias para bovinos raza Holstein, incremento el volumen de producción láctea, a 10.864 kg durante el periodo de 225 días, con respecto a 7.084 kg en el lapso de 175 días de lactancia. Estos resultados sugieren que el nopal como complemento de la dieta de bovinos durante la época de estiaje es una alternativa viable para evitar los efectos detrimentales sobre la producción láctea en dicha época.

Por otro lado, se demostró que al administrar nopal a razón de 12 kg d<sup>-1</sup> en complementación de dietas para bovinos productores de leche, no solo aumenta la producción láctea, sino que también, sus derivados son de calidad organoléptica en cuanto a consistencia, olor, textura y rendimiento de queso fresco. Así mismo, la dieta con *Opuntia ficus-indica*, mejora los subproductos de leche con respecto a la coherencia y la vida de almacenamiento en comparación con los obtenidos a partir de leche proveniente de bovinos sin inclusión de nopal en su alimentación. Estos resultados destacan la importancia del nopal en la complementación de la dieta en los productores de leche de ganado durante la época de estiaje (Ortiz *et al.*, 2012).

Wanderley *et al.* (2001) señala que en la alimentación de bovinos productores de leche, se utiliza nopal picado directamente en comedero utilizando dietas con 36% nopal, 64% ensilado de maíz y 1 kg de concentrado para cada tres litros de leche en vacas Holstein, donde el 60% de la dieta es suministrada durante la tarde después del ordeño, bajo condiciones semiáridas, y en un periodo después de presentar pico de lactación. Esta práctica genera una producción promedio de 26.5 kg d<sup>-1</sup> de leche/vaca.

Nefzaoui y Ben Salem (2003) determinaron que las vacas Jersey alimentadas con nopal y suplementadas con 1 kg de concentrado/día, registraron un consumo de 50.6 kg d<sup>-1</sup> de nopal fresco. Mientras que detectaron que cuando las vacas consumen voluntariamente el nopal alcanzan a consumir de 60 a 117 kg d<sup>-1</sup>, siempre y cuando el alimento sea únicamente de nopal. Sin embargo Kock (2003), estableció que el ganado vacuno no puede consumir más de 40 kg d<sup>-1</sup>. Puesto que en algunos casos el nopal causa un efecto laxante en los animales, debido al aumento de la velocidad de paso ruminal; aspecto que se puede corregir, utilizando en la dieta forrajes fibrosos.

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La eficiencia en los sistemas de bovinos productores de leche, es influenciado por una gran variedad de factores entre los cuales se encuentran los ambientales y dentro de estos, la alimentación durante de la época de estiaje afecta de forma significativa la productividad de los bovinos productores de leche; lo que origina una notoria disminución en la rentabilidad del sistema. Este aspecto - productividad y rentabilidad- afecta principalmente a los pequeños y medianos productores en las zonas rurales con estiaje prolongado. Ante esta problemática se ha optado por incluir en la dieta de los bovinos, en las zonas rurales del país, forrajes autóctonos que complementen la dieta del ganado y disminuyan los efectos negativos en la producción durante dicha época. Una opción que ha tendido éxito es la complementación de las dietas con nopal forrajero. Sin embargo, no se ha determinado la cantidad óptima para complementar las dietas de los bovinos productores de leche. Por ello, es importante investigar el efecto de varios niveles de inclusión de *Opuntia ficus-indica* en la dieta de vacas Holstein en época de estiaje.

#### **4. HIPOTESIS**

Existe una relación dosis-respuesta entre los niveles de inclusión de nopal (*Opuntia ficus-indica*) en la dieta de bovinos productores de leche y la producción lechera durante la época de estiaje. Por lo tanto, la complementación de la dieta con 30 kg d<sup>-1</sup> de nopal forrajero provoca una mejor respuesta en comparación con los demás tratamientos.

#### **5. OBJETIVO GENERAL**

Determinar el nivel óptimo de inclusión de nopal (*Opuntia ficus-indica*) en las dietas de vacas Holstein productoras de leche en un sistema semi-intensivo de producción de bovinos de leche en la región de Uruapan Michoacán, durante la época de estiaje.

##### **5.1 OBJETIVOS PARTICULARES.**

1. Determinar la producción láctea con niveles de inclusión de nopal (*Opuntia ficus-indica*) en base fresca de 10, 20 y 30 kg d<sup>-1</sup> en la dieta, de vacas Holstein durante la época de estiaje.
2. Comparar los niveles de inclusión de 10, 20 y 30 kg d<sup>-1</sup> de nopal en base fresca en la dieta de vacas Holstein sobre la producción láctea durante la época de estiaje.

## 6. MATERIALES Y METODOS

La investigación se realizó en el sector de bovinos productores de leche, ubicado el Rancho Experimental de la Facultad de Agrobiología “Presidente Juárez” de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, localizada en Uruapan Michoacán, México. Esta cuenta con climas cálido sub- húmedo, semicálido y templado húmedo; con temperaturas que oscilan entre los 12.2- 27.0°C y una precipitación pluvial anual de 1,479 mm (Servicio Meteorológico Nacional, 2000).

Para el logro de los objetivos de este trabajo se evaluó la producción láctea de 8 vacas de la raza Holstein, sometidas a cuatro niveles de inclusión de nopal como complemento de la dieta (Tabla 1) durante la época de estiaje. La edad de las vacas osciló entre 1 a 5 partos, con  $481.275 \pm 50.796$  kg de peso vivo,  $13.225 \pm 1.858$  kg d<sup>-1</sup> de leche/vaca, un promedio de  $65.3 \pm 21.3$  días de lactancia; las cuales fueron ordeñadas dos veces al día (5:00 y 13:00 hrs).

El diseño experimental que se utilizó fue un cuadro latino doble; en el cual cada vaca recibió de manera aleatoria y por 7 días cada uno de los siguientes tratamientos: T1= testigo 0 kg d<sup>-1</sup> de inclusión de nopal, T2= inclusión de 10 kg d<sup>-1</sup> de nopal, T3= inclusión de 20 kg d<sup>-1</sup> de nopal T4= inclusión de 30 kg d<sup>-1</sup> de nopal. El nopal se ofreció fresco, en trozos de 5 x 5 cm aproximadamente y con no más

de 7 días de haberse cosechado. Se efectuó el diagnóstico de mastitis a las vacas mediante la prueba de California. La producción láctea se midió todos los días, durante los 25 días del experimento.

Tabla 1. Dietas para bovinos productores de leche en época de estiaje de cuerdo al nivel de inclusión de nopal forrajero (*Opuntia ficus-indica*)

Dieta con 0 kg de inclusión de Nopal para época de Estiaje (T1)							
Insumos.	MS	PC	EM	Ca	P	FC	BH
Ensilaje-Maíz	8	672	18.48	27.2	15.2	2584	27.586
Salvado	1.9	324.9	5.073	2.47	26.22	214.7	2.134
Maíz molido	1	100	3.11	0.3	3.1	20	1.123
Melaza	0.9	52.2	2.484	10.71	9	0	1.2
Nopal	0	0	0	0	0	0	0
Concentrado	0.5	100	1.25	75	100	0	0.555
Total	12.3	1249.1	30.397	115.68	153.52	2818.7	32.6
Dieta con 10kg de inclusión de Nopal para época de Estiaje (T2)							
Insumos.	MS	PC	EM	Ca	P	FC	BH
Ensilaje-Maíz	6	504	13.9	20.4	11.4	1938	20.7
Salvado	1.2	205	3.2	1.56	16.6	136	1.35
Maíz molido	2	200	6.22	0.6	6.2	40	2.25
Melaza	0.9	52.2	2.48	10.7	9	0	1.2
Nopal	1.5	93.6	3.75	40.5	2.55	150	10
Concentrado	0.8	160	2	120	160	0	0.89
Total	12	1215	31.5	194	206	2264	36.4
Dieta con 20kg de inclusión de Nopal para época de Estiaje (T3)							
Insumos.	MS	PC	EM	Ca	P	FC	BH
Ensilaje-Maíz	4.5	378	10.4	15.3	8.55	1454	15.5
Salvado	1.9	325	5.07	2.47	26.2	215	2.13
Maíz molido	0.8	80	2.49	0.24	2.48	16	0.9
Melaza	0.9	52.2	2.48	10.7	9	0	1.2
Nopal	3	188	7.5	81	5.1	300	20
Concentrado	1	200	2.5	150	200	0	1.11
Total	12	1223	30.4	260	251	1985	40.9
Dieta con 30kg de inclusión de Nopal para época de Estiaje (T4)							
Insumos.	MS	PC	EM	Ca	P	FC	BH
Ensilaje-Maíz	3	252	6.93	10.2	5.7	969	10.345
Salvado	1.9	324.9	5.073	2.47	26.22	214.7	2.1348
Maíz molido	1	100	3.11	0.3	3.1	20	1.1236
Melaza	0.9	52.2	2.484	10.71	9	0	1.2
Nopal	4.5	280.8	11.25	121.5	7.65	450	30
Concentrado	1	200	2.5	150	200	0	1.1111
Total	12.3	1209.9	31.347	295.18	251.67	1653.7	45.914

Con la información obtenida se elaboró una base de datos para su análisis estadístico mediante la metodología de Modelos de efectos fijos con mediciones repetidas (SAS, 2000). Las diferencias estadísticas entre tratamientos se obtuvieron mediante el método de medias de mínimos cuadrados (SAS, 2000). El modelo utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + S_j + (TS)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Producción de leche

$\mu$  = Media general

$T_i$  = Efecto fijo del  $i$ ésimo tratamiento con  $i = 0, 10, 20, \text{ y } 30 \text{ kg d}^{-1}$  de nopal en base fresca

$S_j$  = Efecto fijo del de la  $j$ ésima semana con  $j = 1, 2 \text{ y } 3$

$(TS)_{ij}$  = Efecto de la interacción tratamiento\*semana

$\varepsilon_{ijk}$  = Error (NID  $\sim 0, \delta^2$ )

## 7. RESULTADOS Y DISCUSION.

Se encontró que la complementación de la dieta con nopal en niveles de 10, 20 o 30 Kg d<sup>-1</sup> en base fresca incrementa ( $P < 0.05$ ) la producción láctea (PL), en comparación con el tratamiento 0.0 Kg d<sup>-1</sup> nopal (Tabla 2). Resultado que concuerda con López et al. (2007), Pérez et al. (2010) y Ortiz et al. (2012), quienes determinaron que la utilización de *Opuntia ficus-indica* como complemento en la dieta para bovinos productores de leche incrementa la PL durante el periodo de estiaje.

Tabla 2. Medias de mínimos cuadrados de producción de leche (Kg) de acuerdo al nivel de inclusión de nopal d<sup>-1</sup> en la dieta de vacas Holstein

Tratamiento	Promedio (kg/día)	E.E
0.0 kg d <sup>-1</sup>	9.595 <sup>a</sup>	0.167
10 kg d <sup>-1</sup>	13.394 <sup>b</sup>	0.201
20 kg d <sup>-1</sup>	13.103 <sup>b</sup>	0.181
30 kg d <sup>-1</sup>	12.294 <sup>c</sup>	0.186

<sup>a, b</sup> = Diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ).

De acuerdo con los resultados consignados en la Tabla 2, se puede establecer que la inclusión de 10 ó 20 kg d<sup>-1</sup> de nopal incrementaron la PL: 13.394 y 13.103 kg d<sup>-1</sup>, respectivamente, ello en comparación a la PL obtenida cuando en las dietas se complementó con 0.0 y 30 kg d<sup>-1</sup>. López (2010) determino que el uso de *Opuntia ficus-indica* con niveles de inclusión de 18 y 27 kg d<sup>-1</sup> de materia fresca (MF) como complemento de la dieta, produjeron 21 a 24 kg d<sup>-1</sup> de leche,

respectivamente. Sin embargo, cuando el consumo de nopal se incrementa por arriba de 27 kg d<sup>-1</sup> de MF la PL decrece. Esto sugiere que el incremento de inclusión de nopal en la dieta para bovinos productores de leche tiene una relación inversa con respecto a la PL. Aspecto que concuerda con los resultados obtenidos con la dieta en donde se incluyó 30 kg d<sup>-1</sup> de nopal en base fresca.

El efecto de detrimento de la PL cuando las vacas recibieron la dieta con inclusión de 30 kg d<sup>-1</sup> de nopal en comparación con la producción de vacas que recibieron en la dieta inclusiones de 10 y 20 kg d<sup>-1</sup> de nopal, concuerda con González *et al.* (1998), quienes determinaron que a mayor proporción de nopal en la dieta disminuye la PL en el ganado Holstein, por lo que se recomiendan suplementar las dietas con heno de alfalfa, avena o sorgo. Al respecto, Azocar (2003) establece que al suministrar alfalfa y complementar con 34% de *Opuntia ficus-indica* a la dieta de los bovinos productores de leche se estimula la PL, atribuyendo dicho efecto al contenido de agua del nopal.

Santos *et al.* (1990) y Magalhães *et al.* (2004) obtuvieron una PL promedio de 12 kg vaca/día cuando incluyeron en la dieta 58.4 ó 45.3 kg MF d<sup>-1</sup> de nopal. Mazuca *et al.* (1995) y Romero *et al.* (2005), establecieron que conforme se incrementa la inclusión de nopal en la dieta de bovinos disminuye el tiempo de rumia, puesto que la estructura física del nopal en MF se caracteriza por ser un forraje voluminoso (Gutiérrez *et al.*, 2008); lo cual puede tener un efecto negativo sobre la

digestibilidad de la dieta y la absorción de ácidos grasos volátiles (AGV) (Bach, 2005).

Shimada, (2003) determinó que los alimentos con altos contenidos de agua, tal es el caso del nopal (85 a 90% de agua), posiblemente afectan la motilidad retículo-ruminal y los patrones de fermentación ruminal (Relling y Mattioli, 2003). Luna y Urrutia (2008) observaron que el consumo de grandes cantidades de nopal suele tener un efecto laxante por su relación calcio/fosforo (2.01 y 0.11%, respectivamente). Tanto el efecto laxante como el desequilibrio entre Ca y P, probablemente puede provocar una disminución de la absorción de los nutrientes de la dieta a nivel intestinal (Shimada, 2003); lo que genera a su vez una disminución en la producción de leche.

Bajo el mismo contexto, posiblemente la utilización de 30 kg d<sup>-1</sup> de inclusión nopal a la dieta de vacas en lactancia, tiende a afectar la digestibilidad de la fibra, debido a que los carbohidratos solubles de los cladodios deprimen las bacterias con actividad celulolítica del rumen. Por lo tanto, provoca una disminución en la síntesis de glucosa utilizada por las bacterias ruminales para su metabolismo y en consecuencia afecta tanto la producción como la absorción de AGV, limitando su transformación en energía y glucosa, cuya consecuencia es la disminución en la síntesis láctea .

Nefzaoui (2003) demostró al suministrar *Opuntia ficus-indica* y paja de trigo *ad libitum* que la proporción ácido acético/ácido propiónico en el líquido ruminal se redujo, cuando se incrementó el nivel de nopal en la dieta. Situación que pudiera reducir la síntesis y transformación de glucosa, haciéndola menos disponible para la síntesis láctea. Por otro lado, la adición de nopal en cantidades mayores al 50 o 60% del consumo de materia seca en la dieta de los bovinos, implica el aumento de la velocidad de paso del tracto digestivo, lo que ocasiona un efecto laxante y en consecuencia que la digestión sea pobre. Dicho efecto, se debe a que el nopal en cualquier estado de su crecimiento, posee grandes cantidades (13%) de oxalatos unidos a calcio, los cuales son poco solubles y estos al ser consumidos en grandes cantidades por las vacas, provocan toxicidad, deficiencias de minerales y en algunos casos urolitiasis (Nefzaoui y Ben Salen, 2003). No obstante, Arelovich (2008) establece que la población bacteriana que degrada oxalatos de Ca, se vuelve tolerante y en consecuencia los microorganismos ruminales pueden degradar hasta un 50% de Ca unido a oxalatos.

En relación al aumento de PL en vacas que recibieron dietas con niveles de inclusión menor a 30 kg d<sup>-1</sup> de nopal (10 y 20 kg d<sup>-1</sup> de nopal), posiblemente se debió al aumento de las concentraciones totales de AGV, puesto que se ha demostrado que el nopal aporta altas cantidades de carbohidratos, material celulolítico y hemicelulítico mismos que mejoran tanto la fermentación vía ruminal y el proceso de glicolisis; cuyo producto final es el incremento de AGV y de

adenosina trifosfato (ATP), productos estos que afectan positivamente la PL (Nefzaoul, 2003; Relling y Matioli, 2003).

En cuanto al efecto de la interacción tratamiento\*semana, se encontró que el tratamiento 20 kg d<sup>-1</sup> de *Opuntia ficus-indica* incrementó la PL de leche de forma ascendente durante trascurso de las semanas de complementación, para culminar en 13.762 kg de leche/día; ello en comparación con la inclusión de 10 kg d<sup>-1</sup> de nopal en la dieta, el cual presentó una producción láctea relativamente estable durante los 21 días de monitoreo, pero inferior al tratamiento con una inclusión de 20 kg d<sup>-1</sup> de nopal a la dieta (Figura 2).

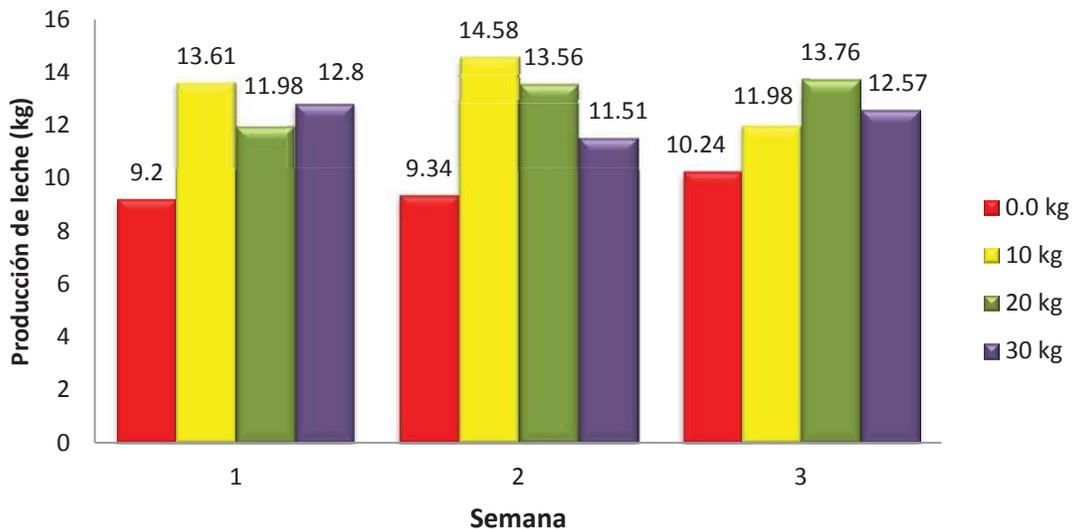


Figura 2. Producción promedio/día de leche de acuerdo a la inclusión de nopal (*Opuntia ficus-indica*) a la dieta y a la semana.

De acuerdo con la Figura 2, se puede sugerir que la inclusión de 10 a 20 kg d<sup>-1</sup> de nopal en MF, como complemento de la dieta durante la época de estiaje, las vacas Holstein incrementan la producción de leche, ello en comparación con la inclusión de 0.0 y 30 kg d<sup>-1</sup> de *Opuntia ficus-indica*. Por lo que el incluir entre 10 y 20 kg d<sup>-1</sup> de nopal en las dieta de ganado bovino productor de leche permitiría a los productores de las zonas rurales con estiaje prolongado mantener la productividad de sus hatos más allá de la época de lluvias, donde existe una mayor disponibilidad de forraje. Puesto que el nopal -como fuente de energía- al aporta azúcares solubles y combinarse con el conjunto de los nutrientes del resto de los insumos de la dieta, mejora la fermentación ruminal, lo que pudiera originar a una mayor proporción de ácidos grasos volátiles (AGV) y energía para la síntesis de la leche (Ramírez *et al.*, 2007).

## 8. CONCLUSIONES

Los niveles de inclusión de 10 y 20 kg d<sup>-1</sup> de nopal (*Opuntia ficus-indica*) en la dieta logran incrementar la producción de leche en vacas Holstein hasta en 3.6 kg de leche/día/vaca en comparación con niveles de inclusión de 0.0 kg d<sup>-1</sup> de nopal. No obstante, la inclusión de 30 kg d<sup>-1</sup> de nopal (*Opuntia ficus-indica*) a la dieta de vacas Holstein provoca una disminución de 0.900 kg de leche/día en comparación con los niveles de inclusión de 10 y 20 kg d<sup>-1</sup> de nopal. Por lo tanto, la inclusión de 10 kg d<sup>-1</sup> de *Opuntia ficus-indica* a la dieta de vacas Holstein explotadas en zonas rurales con estiaje prolongado es la mejor opción para productores con limitación de recursos económicos, debido a que pueden mantener la productividad de sus hatos más allá de la época de lluvias donde existe una mayor disponibilidad de forraje.

## 9. Bibliografía.

- Arelovich, H.M. 2008. Elementos minerales. Su impacto en la fermentación ruminal. Revista Argentina de producción Animal 28 (03): 235-253.
- Azocar, P. 2003. El nopal (*Opuntia* spp.) Como Forraje. Estudio FAO producción y protección vegetal. Pp. 169 [En línea] <http://www.fao.org/docrep/007/y2808s/y2808s0a.htm#TopOfPage> [consulta 21/05/2012]
- Bach, A. 2005. Trastornos ruminales en el vacuno lechero: un enfoque práctico. XVIII Curso de Especialización FEDNA. Barcelona, España. pp. 119-139.
- Bezerra, A.D., Andrade F.M., Chaves V. A., Lima W.W., Evandro S.L., Ramos F.deC., Souza A.K., Samay de M.W. 2002. Digestibilidade e bsorção Aparentes em Vacas da Raça Holandesa Alimentadas com Palma Forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) em Substituição à Silagem de Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). R. Bras. Zootec., 31:5 2088-2097
- Bravo, H. H. 1978. Las cactáceas de México. Tomo i. Universidad Nacional. Autónoma de México. Ciudad Universitaria. México, DF. Pp 67-71, 147, 334.
- CANILEC. 2012. Producción de leche. [En línea] [http://www.canilec.org.mx/prod\\_leche.html](http://www.canilec.org.mx/prod_leche.html) [consulta 06/08/2012].
- Carranza, S. J. A. 2001. Caracterización morfológica de cladodios de opuntia spp. Del campo experimental de la Uruza. U. A. CH. Tesis profesional. Chapingo. México. Pp 82.
- Da Silva, B. 1998. Associacao genética fenotípica e de ambiente entre medidas de eficiencia reproductiva e producao de leite n arac a Holstein. Rev. Soc. Bras. Zoot.. Vol. 27, pp. 1115-1122. Brasil.
- Espinosa, J.G.A., Wiggins, S., González O.A.T., Aguilar B.U. 2004. Sustentabilidad económica a nivel de empresa: aplicación a unidades familiares de producción de leche en México. Tec. Pecu. Mex. 42:55-70.
- Espinosa, O.V., López, D.C., García, B.G., Gómez, G.L., Velásquez, P.P. y Rivera, H.G. 2002. Márgenes de comercialización de la leche cruda producida en sistema familiar. Revista científica 12 (suplemento 2). Octubre: 650-654.
- Espinosa, V., Rivera, G., y García, L. 2007. Utilidades económicas generadas por la lechería familiar. Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente. Vol. 7. No. 14 p. 19-41.
- Flores, O. M. y Reveles, H. M. 2010. Producción de nopal forrajero de diferentes variedades y densidades de plantación. RESPYN Revista Salud Pública y Nutrición, Edición Especial No. 5 (ISSN 1870-0160). [En línea] [www.respyn.uanl.mx/especiales/2010/ee-05-2010/.../17.pdf](http://www.respyn.uanl.mx/especiales/2010/ee-05-2010/.../17.pdf)(consulta 1/05/2012)
- Flores, V.C.A. 2004. Los nopales y la lucha contra la desertificación. En Esparza-Frausto, G., Valdez-Cepeda y Méndez-Gallegos, S. (Editores). El nopal: tópicos de actualidad. pp.167-182.

- 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. Kinsville, Tx.
- FUPROCAM. 2009. Conservación de forraje como estrategia de alimentación de bovinos productores de leche en el estado de Campeche. [En línea] [www.cofupro.org.mx/cofupro/archivo/fondo\\_sectorial/Campeche/2campeche.pdf](http://www.cofupro.org.mx/cofupro/archivo/fondo_sectorial/Campeche/2campeche.pdf) (consulta 11/05/2012).
- Gallardo, M. 2006. Alimentación y composición química de la leche [En línea] [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar) [consulta 25/07/2012].
- 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.
- Gasque, R. 2008. Enciclopedia bovina. UNAM-FMVZ. Primera edición. ISBN 978-970-32-4359-4.
- González, C.F. G., Llamas I. y Bonilla, J. A. 1998. Utilización del nopal como sustituto parcial de alfalfa en dietas para vacas lecheras. Tec. Pecuaria en México.
- Gutiérrez, E., Elías, A., Berna, I. H. y Morales H. 2008. Usos alternativos del nopal forrajero. Revista de salud pública veterinaria. VI simposium taller, producción y aprovechamiento del nopal en el noroeste de México. No. 14.
- HAZARD, T. S. 1990. Sabe Ud. como alimentar sus vacas lecheras. Investigación y Progreso Agrícola. INIA Carillanca. [En línea] <http://www.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR31866.pdf> (consulta 12/05/2012)
- Jiménez, R.A., Alonso Pesado F., García Hernández L.A., Dávalos Flores G.L., Espinosa Ortiz y Ducoing Watty A. 2008. Persistencia de la lechería familiar en el municipio de Marabatio, Michoacán. Volumen 20, article #153. Retrived October 15, 2008. [En línea] From <http://www.lrrd.org/lrrd20110/jime/20.htm> (consulta 20/08/2012).
- Kock, G. 2003. El uso del nopal como forraje en las zonas áridas de Sudáfrica. Estudio de la FAO. [En línea] [www.fao.org/docrep/007/y2808s/y2808s0e.htm#TopOfPage](http://www.fao.org/docrep/007/y2808s/y2808s0e.htm#TopOfPage) [consulta 21/05/2012]
- Lactodata. 2011. Información sobre el sector lechero. Comité nacional del sistema bovinos leche. [En línea] [www.lechemexico.org.mx](http://www.lechemexico.org.mx) (consulta 12/05/2012)
- López, G. J. 2010. Uso Y Manejo Del Nopal Forrajero En El Noreste De México. IX Simposium-Taller Nacional y II Internacional "Producción y Aprovechamiento del Nopal y Maguey" Campus de Ciencias Agropecuarias, UANL. Escobedo, Nuevo León, México.
- López, J.J., Fuentes, J.M. y Rodríguez A. (2007). Producción y uso de *Opuntia* como forraje en el centro-norte de México. Estudio de la FAO. [En línea] <http://www.fao.org/docrep/007/y2808s/y2808s08.htm#TopOfPage> [Consulta 10/08/2012]

- Luna, V., J y J. Urrutia M. 2008. Nopal para forraje en el Altiplano Potosino. Folleto para productores No 49. INIFAP-CIRNE- Campo Experimental San Luis San Luis Potosí, S.L.P. México 31p.
- Magalhães, M. C. dos S. Vêras, A. S. C. Ferreira, M. de A. Carvalho, F. F. R. de Cecon, P. R. Melo, J. N. de Melo, W. S. de y Pereira, J. T. 2004. Inclusão de cama de frango em dietas à base de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) para vacas mestiças em lactação. Revista Brasileira de Zootecnia. 33 (6): 1897-1908.
- Manterola, B. H. 2012. Manejo nutricional y composición de la leche. [En línea] [www.agronomia.uchile.cl/u/download.jsp?document../pdf](http://www.agronomia.uchile.cl/u/download.jsp?document../pdf) [consulta 25/07/2012]
- Mazuca, N. R. M., Romero-Paredes, R. J., Cano, R. P. 1995. Utilización del nopal (*Opuntia* spp) en dietas para las cabras lactantes. I. Digestibilidad, producción de leche. Congreso internacional en producción caprina. X Reunión nacional sobre caprinocultura. Zacatecas, México.
- 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, Brasília. 41:7. 1173-1177.
- Mella, C. 2012. Suplementación de vacas lecheras de alta producción a pastoreo [En línea] [www.produccionpecuaria.uchile.cl/downloads/.../capitulo\\_4.pdf](http://www.produccionpecuaria.uchile.cl/downloads/.../capitulo_4.pdf) [consulta 07/08/2012]
- 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.
- NCR. 1984. Nutrient requirements of beef cattle. Washington DC. National Academy Press.
- Nefzaoui, A. y Ben Salem, H. 2003 forraje estratégico y herramienta eficiente para combatir la desertificación en la región wana. Estudio de la FAO. [En línea] <http://www.fao.org/docrep/007/y2808s/y2808s0c.htm#TopOfPage> [consulta 21/05/2012]
- Ortega, P.R., Murillo, A.B., Espinoza, V.J.L., Palacios, E.A., Carreón, P.L., Palacios, M.E., and Plascencia, J.A. 2010. Chemical composition and proportion of precursors of rumenic and vaccenic acids in alternative forages for the feeding of ruminants in arid ecosystems. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 12: 33 – 45. Universidad Autónoma de Yucatán. México.
- Ortiz, R.R., Pérez, S. R.E., García, S. P.A., Gómez, R. B. y Valdez A. J.J (2010) Producción y calidad microbiológica de la leche cruda y del queso fresco provenientes de vacas Holstein bajo una dieta complementada con nopal (*Opuntia ficus-indica*). [En línea]. <http://www.engormix.com/MA-ganaderia-leche/nutricion/articulos/produccion-leche-provenientes-vacas-t3072/141-p0.htm> (consulta 15/05/2012)
- Ortiz, R. R., Valdez, A. J. J., Gómez, R. B., López, M. J., Chávez, M. M. P., García, S. P. A y Pérez, S. R. E. 2012. Yield and microbiological quality of raw milk and fresh cheese obtained from holstein cows receiving a diet

- supplemented with nopal (*Opuntia ficus-indica*). African Journal of Microbiology Research Vol. 6 pp. 3409-3414.
- Pérez, G.A. y Gómez, M.G. 2005. Factores genéticos y ambientales que afectan el comportamiento productivo de un rebaño pardo Suizo en el trópico.1. Producción de leche. Revista científica universidad de Zulia. Vol. XV, no. 002, pp 141-147
- Ramírez T., H. M.; J. A. Reyes A., J.M. Pinos R. y J. R. Aguirre R. 2007. Efecto de la especie y madurez sobre el contenido de nutrientes en cladodios de nopal. Agrociencia. 41(6):619-626.
- Relling, A. y Mattioli G. 2003. Fisiología Digestiva Y Metabólica De Los Rumiantes. Cátedra de Fisiología. Facultad de Ciencias Veterinarias U.N.L.P.
- Reveles, H.M., Flores, O. M., Blanco, M. F. y Valdez, C. R. 2010. El Manejo Del Nopal Forrajero En La Producción Del Ganado Bovino. VIII Simposium-Taller Nacional y 1er Internacional "Producción y Aprovechamiento del Nopal". RESPYN Revista Salud Pública y Nutrición. Edición Especial No. 5. ISSN 1870-0160.
- Romero, P.R.J.I., Ramírez, L.R.G., Mazuca, N.R.M., y Cano, R.P. 2005. Utilización del nopal (*Opuntia megacantha*) en sustitución de alfalfa en dieta para cabras lactantes. Consumo y rumia. XVII Semana Internacional de Agronomía. Universidad de Juárez del Estado de Durango. Venecia Durango, México. pp. 342-346.
- SAGARPA (secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación).2004. Situación actual y perspectivas de la producción de leche de ganado bovino en México. 1900-2000 [En línea] [www.sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx) (consulta 15/08/2012).
- SAGARPA.2000. Situación actual y perspectivas de la producción de leche de ganado bovino en México. 1900-2000. Dirección general de ganadería. [En línea] [www.sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx) (consulta 15/08/2012)
- 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.
- Santos, M.V.F. dos, Lira, M. de A., Farias, I., et al. 1990. Estudo do comportamento das cultivares de palma forrageira gigante, redonda (*Opuntia ficus-indica*) e miúda (*Nopalea cochenillifera*) na produção de leite. Rev. Soc. Bras. Zoot., 19(6): 504-511.
- SAS/TAT. 2000. Guide for personal computers version 6. SAS Institute INC. Cary, NC. USA.
- Servicio meteorológico nacional. 2000. SEMARNAT. CONAGUA. [En línea] <http://smn.conagua.gob.mx/> (consulta 10/10/2012).
- Shimada, M. A. (2003) Nutrición Animal. Ed. Trillas. México D. F.
- Vacaro, L. 1995. Factores genéticos y no genéticos que afectan la producción de bovinos doble propósito. Seminario internacional. Estrategia de mejoramiento genético en la producción bovina tropical. Medellín, Colombia.
- Vásquez, A., R.E., R.D. Valdez C., E. Gutiérrez O. y F. Blanco M. 2007. Caracterización e identificación del nopal forrajero en el norte de México. Memorias del VI simposium taller producción y aprovechamiento del nopal

- en el noroeste de México. 7 y 8 de Diciembre del 2007. Marin, N.L. México.
- Villamar A. L. y Olivera C. E., 2005 SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVA DE LA PRODUCCIÓN DE LECHE DE BOVINO EN MÉXICO, Coordinación General de Ganadería SAGARPA. México 2005, Pág.4. [En línea]. [http://w4.siap.gob.mx/sispro/portales/pecuarios/lechebovino/situacion/desc\\_ripcion.pdf](http://w4.siap.gob.mx/sispro/portales/pecuarios/lechebovino/situacion/desc_ripcion.pdf) (consulta 12/05/2012)
- Wanderley, W. L. 2001. Palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) na ração de vacas holandesas em lactação. Recife: UFRPE. Tese Mestrado. 41 p.
- WingChing, R., Pérez, R., Salazar, E. 2008. Condiciones ambientales y producción de leche de un hato de ganado Jersey en el trópico húmedo: el caso del módulo lechero-sda/ucr1. *Agronomía Costarricense* 32(1): 87-94. ISSN:0377-9424.
- Zavala, J.M. 2005. Aspectos nutricionales y tecnológicos de la leche. Dirección general de promoción agraria. [En línea] [http://vaca.agro.uncor.edu/~pleche/material/Material%20II/A%20archivos%20internet/Biologia%20y%20fisiologia%20de%20la%20lactacion/agroin\\_doc2.pdf](http://vaca.agro.uncor.edu/~pleche/material/Material%20II/A%20archivos%20internet/Biologia%20y%20fisiologia%20de%20la%20lactacion/agroin_doc2.pdf) (consulta 20/08/2012).