

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL**



**EVALUACIÓN NUTRICIONAL DE NOPAL FORRAJERO (*Opuntia spp.*) EN
CAPRINOS**

POR:

SANTOS JUAN SALVADOR HERNANDEZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL

TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Buenavista, Saltillo, Coahuila México

Noviembre 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

Evaluación Nutricional de Nopal forrajero (*Opuntia spp.*) en caprinos

Por:

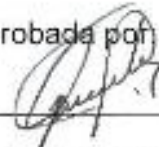
SANTOS JUAN SALVADOR HERNÁNDEZ

TESIS

Que se somete a consideración de H. Jurado Examinador como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:

INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

Aprobada por



Ph. D. Jesús Manuel Fuentes Rodríguez

Asesor Principal



Dr. Fernando Ruiz Zárate

Sinodal



Dra. Ana Verónica Charles Rodríguez

Sinodal



Dr. José Dueñez Alanís

Coordinador de la División de Ciencia Animal

Saltillo, Coahuila, México

Noviembre, 2017

MANIFIESTO DE HONESTIDAD ACADEMICA

El suscrito Santos Juan Salvador Hernández estudiante de la carrera de Ingeniero Agrónomo Zootecnista, con matrícula 126731 y autor de la presente Tesis manifiesto que:

1. Reconozco que el Plagio académico constituye un delito que está penado en nuestro país.
2. Las ideas, opiniones, datos e información publicadas por otros autores y utilizadas en la presente Tesis han sido debidamente citadas reconociendo la autoría de la fuente original.
3. Toda la información consultada ha sido analizada e interpretada por el suscrito y redactada según su criterio y apreciación, de tal manera que no se ha incurrido en el "copiado y pegado" de dicha información.
4. Reconozco la responsabilidad sobre los derechos de autor de los materiales bibliográficos consultados por cualquier vía y manifiesto no haber hecho mal uso de ninguno de ellos.
5. Entiendo que la función y alcance de mi Comité de Asesoría, está circunscrito a la orientación y guía respecto a la metodología de la investigación realizada para la presente Tesis, así como del análisis e interpretación de los resultados obtenidos, y por lo tanto eximo de toda responsabilidad relacionado al plagio académico a mi Comité de Asesoría y acepto que cualquier responsabilidad al respecto es únicamente por parte mía.

Atentamente



Santos Juan Salvador Hernández

Tesista de Licenciatura UAAAN

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

María Isabel Hernández Hernández

Atanacio Salvador Luciano

Por darme la vida y por el apoyo recibido durante mi carrera, la confianza brindada aun en momentos difíciles y en especial por su cariño por lo cual no existen palabras que expresen lo que ha significado en el transcurso de mis estudios, por esto y mucho más mi más profundo agradecimiento.

A MIS HERMANOS:

Arnulfo Salvador Hernández, Francisca Salvador Hernández, Florencia Salvador Hernández, Juan Salvador Hernández y Mayte Salvador Hernández, Mil gracias por todo el apoyo que me han dado y sobre todo por la confianza que me han transmitido día con día, tan solo por haber creído en mi ¡LOS QUIERO!

A MI NOVIA (XIMENA):

Por la infinita paciencia, amor y apoyo que me has brindado en todo momento para culminar una de mis más grandes metas, por aceptarme tal y como soy y por cada momento que has estado a mi lado sin pedirme nada a cambio. Gracias por haber creído en mí.

† A MI AMIGO GERARDO BUTRÓN SÁNCHEZ:

Aunque ya estas con nosotros, porque estas con Dios, te agradezco por haber compartido hermosos momentos como mejores amigos, donde quiera que te encuentres muchas gracias carnal.

AGRADECIMIENTOS

A nuestro padre:

A **DIOS** por darme la vida, salud y por darme la confianza y las fuerzas para salir adelante en cada paso que daba durante toda mi carrera.

A mi **ALMA MATER**:

Por darme haberme brindado los conocimientos necesarios para convertirme en un profesionalista.

Al **DR. JESÚS M. FUENTES RODRÍGUEZ**.

Por haberme apoyado para poder realizar mi tesis y por la confianza que me brindo en todo momento.

A MIS AMIGOS:

Julio Torres Bustos, Claudio Cruz Fernández, Eric Santos Morales, Montserrat Sánchez Hernández, José Baltazar Hernández Vázquez, Bulmaro Cándido García Couoh, Rosa Guadalupe Vázquez Galindo Erick Hernández Martínez, Yesenia Magali Ruiz Jorge, Kenide Pérez Rodríguez, Antonia Elizabeth Zúñiga Izaguirre, Jorge Ivan Gomes Pacheco y Debany Miroslava Vega Iracheta por su amistad que me brindaron, apoyo y por todos los consejos que me dieron para salir adelante.

ÍNDICE

ÍNDICE.....	vi
INDICE DE TABLAS	viii
INDICE DE GRAFICAS.....	viii
RESUMEN	ix
1. INTRODUCCIÓN	1
Objetivos.....	2
Hipótesis	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
Características del nopal forrajero <i>Opuntia ssp.</i> (Generalidades).....	3
Clasificación Taxonómica del Nopal.....	3
La tabla 1 muestra la clasificación taxonómica del nopal descritas por Briton y Rose (1978).	3
Características taxonómicas.....	4
Características morfológicas	5
Raíz	5
Cladodios.....	6
Aréolas.....	6
Flor.....	6
Fruto	6
Distribución geográfica del nopal en México	7
Distribución del nopal en el norte del país (Coahuila)	7
Valor nutricional	8
Sistemas de cosecha.....	11
Consumo del nopal forrajero	12
Uso Alternativo del Nopal Forrajero	13
Fermentación del nopal	14
Digestibilidad	15
Técnica in vitro.....	15
Trabajos Relacionados con la Digestibilidad <i>in vitro</i>	16

Ganancia de peso en caprinos	18
3. MATERIALES Y MÉTODOS	19
Descripción del Área del Estudio	19
Metodología	19
Técnica <i>In Vitro</i>	20
Preparación de Muestras.....	20
Análisis estadístico	21
4. RESULTADOS Y DISCUSION	23
Análisis Bromatológico	23
Ganancia de peso en caprinos	24
Digestibilidad in vitro de Materia Seca	25
Calculo de las Fracciones.....	27
5. CONCLUSIONES	29
6. LITERATURA CITADA.....	30
7. APENDICE	35

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación Taxonómica del nopal	3
Tabla 2. Contenido de agua entre especies y variedades de nopal forrajero en Saltillo, Coahuila, México.....	9
Tabla 3. Análisis bromatológico de diferentes géneros, especies y variedades de nopal (por ciento en base a materia seca).....	10
Tabla 4. Variación en el contenido de nutrientes digestibles de nopal sin espinas.....	11
Tabla 5. Nutrientes digestibles en pencas de nopal de diferente tipo y edad (%).....	11
Tabla 6. Análisis Bromatológico del nopal (Opuntia spp.)	23
Tabla 7. Ganancia de peso en caprinos (Kg).	24
Tabla 8. Cálculo de las fracciones de degradación del Opuntia spp.	27
Tabla 9. Análisis de varianza de la digestibilidad in vitro de la materia seca de Opuntia spp.	35

INDICE DE GRAFICAS

Grafica 1. Ganancias de peso total y diaria en los 60 días de tratamiento de Opuntia spp.	25
Grafica 2. Digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) de Opuntia spp. a diferentes intervalos de tiempo.	26
Grafica 3. Comparación de los valores observados con los ajustados de la DIVMS de la Opuntia spp.	28

RESUMEN

El nopal es una planta propia del paisaje mexicano y uno de los símbolos más importantes de la nacionalidad Mexicana. El nopal forrajero es útil no sólo porque sobrevive a las sequías, sino también porque es más eficiente que muchas gramíneas o pastos forrajeros. Las zonas áridas y semiáridas en México ocupan más de la mitad del territorio nacional y en estas áreas, las condiciones agroclimáticas dificultan la producción de forraje, por lo que la actividad ganadera enfrenta limitaciones para la alimentación adecuada del ganado. Existen pocos estudios que aporten información acerca del aprovechamiento de los nutrientes contenidos en esta planta, por lo cual se desarrolló este trabajo para evaluar la ganancia de peso de caprinos alimentados con nopal (*Opuntia spp.*) y determinar la digestibilidad *in vitro* del nopal.

El nopal fue colectado en los terrenos aledaños a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Buenavista, Saltillo, Se utilizaron 3 cabras con un peso promedio de 42 kg de la raza Alpina, Toggenburg y Sannen, en condiciones de agostadero. Se hicieron 3 tratamientos de 3 cabras, de las cuales 6 se alimentaron con tratamientos a base de nopal deshidratado y 3 cabras se alimentaron con nopal fresco picado (testigo). El tratamiento I (testigo) contenía 500 gramos de nopal picado fresco. Los tratamientos de nopal deshidratado contenían 250 g en el tratamiento II y 350 g en el tratamiento III. Cada tratamiento de nopal deshidratado estaba adicionado con 20% de melaza y 5% de urea. Los tratamientos se dieron por las tarde después de que se sacaban a pastorear para complementar su alimentación diaria, cada 15 días se pesaron las cabras para evaluar cómo estaba influyendo el nopal en cuanto a la ganancia de peso diario, este proceso se realizó durante 60 días. Se realizó un análisis de la tasa de degradación *in vitro*, a diferentes tiempos de incubación 0, 3, 6, 12, 24, 48, 72 hrs.

La ganancia diaria de peso fue de 0.077, 0.093 y 0.152, para los tratamientos 1, 2 y 3, respectivamente, observándose mayor ($P < 0.05$) ganancia significativa de peso en el tratamiento 3. No se encontró diferencia entre los tratamientos 1 y 2.

La digestibilidad *in vitro* de la materia seca del nopal, presento mayor digestibilidad a las 48 hr de incubación con 90.05%. Con este resultado se concluye que la *Opuntia* tiene una alta digestibilidad.

Los resultados obtenidos de la digestibilidad se ajustaron de acuerdo al modelo exponencial de Orskov y McDonald (1979) y McDonald (1981) con el cual se obtuvo una fracción A (altamente soluble) de 39.69%, la fracción insoluble potencialmente degradable (B) de 46.65% y la fracción C de 0.861, obteniéndose una digestibilidad potencial máxima de 86.34%. En cuanto a la digestibilidad efectiva se encontró una

relación muy estrecha con la tasa de pasaje ya que a mayor tiempo de pasaje la digestibilidad se incrementa esto se debe al tiempo de exposición del alimento a la fermentación microbiana ruminal.

El nopal es una excelente alternativa de alimentación para caprinos.

Palabras clave: Ganancia de peso, Digestibilidad *in vitro*, Nopal, *Opuntia*

1. INTRODUCCIÓN

Los nopales forrajeros presentan un alto grado de diversidad genética, lo cual ha sido ventajosamente utilizado por el hombre desarrollando materiales con características deseables para su explotación comercial bajo condiciones ambientales no muy satisfactorias. Los sistemas de producción de nopal forrajero han cambiado con el tiempo, sobre todo en las nopaleras silvestres, siendo estas las primeras en ser utilizadas y las más abundantemente distribuidas en la República Mexicana, pues se reportan aproximadamente 3, 000,000 de hectáreas, en los estados de Zacatecas, Aguascalientes, San Luís Potosí, Jalisco, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas y Chihuahua (Flores y Aranda 1997). Las nopaleras silvestres se han utilizado no solo para la obtención de forraje en la alimentación del ganado doméstico así como para la fauna silvestre, también se ha dado la recolección de nopalito y tuna para el consumo humano. Otra utilidad indiscutible de las nopaleras silvestres, han sido los aspectos de la conservación de suelos, pues donde se presentan nopaleras, se reduce o impide el movimiento de suelo fértil y por lo tanto se mantienen condiciones más adecuadas para el desarrollo de las plantas.

En los agostaderos del Norte de México se ha proporcionado nopal forrajero al ganado ya sea cuando andan en pastoreo libre o estabulado, el cual constituye un buen forraje que proporciona agua e hidratos de carbono al ganado. Los análisis bromatológicos de muchas especies de nopal indican que el agua es el elemento más abundante, lo cual es muy importante en las zonas áridas y semiáridas donde en ocasiones es el único forraje disponible para alimentar el ganado, convirtiéndose en alimento de subsistencia, siendo consumido en algunas regiones todo el año. Como forraje en las épocas de estío, disminuye en el ganado la necesidad de beber agua, a la vez que satisface su apetito.

En general el nopal es un forraje complementario o de emergencia, especialmente en épocas de intensa sequía o cuando escasean o son antieconómicos otros forrajes, por eso en la producción de leche, representa un recurso importante por su volumen de consumo. Los forrajes como la alfalfa son caros por sus costos de producción, y más cuando se presenta escasez de agua para riego. Además de que el nopal proporciona una fuente de agua en los lugares áridos, también existen casos en que se reporta al nopal como el único alimento por periodos prolongados de tiempo.

Así entonces, sabiendo que el nopal se encuentra distribuido en casi todo el territorio mexicano, y su mayor importancia la tiene en los estados del norte (González, 1964; citado por Burgos, 1983), y que su costo comparado con otros forrajes es menor, se

pretende obtener un alimento propio de la región, de bajo costo y de alto valor nutricional, el cual sea digerido y aprovechado por el ganado.

Por eso es importante conocer la productividad de los caprinos mediante la alimentación con esta planta así como también la digestibilidad del nopal forrajero (*Opuntia spp.*) para su utilización como una fuente de alimentación para el ganado.

Objetivos

Evaluar la ganancia de peso de caprinos alimentados con nopal (*Opuntia spp.*)

Determinar la digestibilidad *in vitro* del nopal.

Hipótesis

La suplementación con nopal en la alimentación de caprinos aumentará la ganancia de peso en caprinos, debido a la digestibilidad del nopal.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

Características del nopal forrajero *Opuntia ssp.* (Generalidades)

Es una cactácea de la clase *Opuntia*, planta originaria de América y 100 de las cerca de 300 especies son endémicas de México. México cuenta con más de 100 especies del género *Opuntia*, y es en las zonas semiáridas donde existe la variación más amplia, por lo que algunos botánicos lo consideran como el centro de origen de los nopales. Su cultivo se desarrolla en zonas semiáridas y una de sus características es que provoca un bajo empobrecimiento del suelo.

Flores y Aranda (1997) reportaron que existían 3 millones de hectáreas donde *Opuntia* crecía de manera dispersa en el Norte de México, mientras que los rancheros habían plantado otras 150,000 con apoyo del gobierno para incrementar la disponibilidad de forraje y proveer refugio a la fauna local y combatir la desertificación.

Clasificación Taxonómica del Nopal

La tabla 1 muestra la clasificación taxonómica del nopal descritas por Briton y Rose (1978).

Tabla 1. Clasificación Taxonómica del nopal

Reino:	Vegetal
Subreino:	<i>Embryophyta</i>
División:	<i>Angiospermeae</i>
Clase:	<i>Dicotiledoneae</i>
Subclase:	<i>Dialipetalas</i>
Orden:	<i>Opuntiales</i>
Familia:	<i>Cactaceae</i>
Tribu:	<i>Opuntiae</i>
Subfamilia:	<i>Opuntioideae</i>
Género :	<i>Opuntia</i>
Subgénero:	<i>Platyopuntia</i>
Especie:	varios nombres

Fuente: Briton y Rose, 1978.

Características taxonómicas

Familia Cactaceae. Esta familia se divide en 112 géneros, en tres tribus: *Pereskieae*, *Opuntieae* y *Cereeae*. Lozano (1958), señala que esta familia comprende unos 100 géneros y 1000 especies o más, casi todas de América y particularmente abundante en México y centro América.

Subfamilia Opuntioideae. Suculentas con tallos usualmente aplanados y articulados, hojas pequeñas y caducas, areolas gloquidias y flores rotiformes; los géneros más conocidos son: *Opuntia*, *Periskiopsis* y *Nopalea*. Solo *Periskiopsis* es laminar y carnoso; tubérculos prominentes, areolas circulares hasta elípticas, con fieltros, pelos, gloquidas y espinas; las espinas son más o menos largas y delgadas, a veces con vaina papirácea. Flores diurnas y vespertinas y sésiles una en cada areola. México está representado por los géneros *Periskiopsis*, *Nopalea* y *Opuntia* (Bravo, 1978)

Genero Opuntia. Se encuentran las especies de valor económico. Son plantas arborescentes, arbustivas o rastreras, simples o cespitosas; tronco bien definido, ramosos desde la base, con ramas erectas, extendidas o postradas; raíces fibrosas por lo general: artículos, cilíndricos o discoides, carnosos, leñosos y con costillas, areolas con espinas, gloquidas usualmente numerosas y pelos; espinas cilíndricas y aplanadas, desnudas o con vainas. El género se divide en dos subgéneros: a) *Cylindropuntia* (cladodios cilíndricos) ramas delgadas, llamadas tasajos, tasajillo y alfilerillo. No tienen importancia económica y se ocupa para setos, y b) *Platyopuntia* (artículos aplanados). Presentan las condiciones sexuales dioica y hermafrodita. Es muy diversificado en México, está presente en toda vegetación de zonas áridas y semiáridas y con frecuencia en zonas tropicales y templadas. Las *Platyopuntia*, representa a los nopales cultivados y también incluye a las especies silvestres con frutos muy bien adaptados por la población regional. Abarca a especies forrajeras de mayor significancia, aunque hay otras de menos importancia para ningún propósito (Bravo, 1978)

Son plantas fanerógamas, angiospermas, dicotiledóneas, xerofitas y perennes; que poseen un sistema radical con raíces secundarias muy superficiales, que se extienden ampliamente en el terreno hasta 15 m alrededor de la planta y penetran de 1.5 a 5 cm (Bravo, 1978). Prefieren los suelos con un pH alcalino y de textura areno-calcáreo, poco profundos y pedregosos; temperaturas entre 18° y 26°C; altitudes que van desde 2 a 2675 msnm (Borrego, 1986)

Los cladodios son gruesos y suculentos, tienen estomas hundidos y cubierta cerosa para disminuir la transpiración. Lozano, (1958), citado por Sampayo, (1971) menciona como las principales características del nopal que lo hacen resistente a la sequía son las siguientes: cambio de polisacáridos en pentosas, que al combinarse con sustancias nitrogenadas forman compuestos con gran poder de imbibición, producción de sales muy higroscópicas a partir de los ácidos orgánicos libres abundantes en el nopal; no presenta superficie foliar, la sabia viscosa cura rápidamente cualquier herida que se produzca y presenta areolas hundidas.

Características morfológicas

Los nopales han desarrollado características que les permiten adaptarse a zonas con poca disponibilidad de agua y temperaturas extremas. Entre otras, la succulencia es su principal característica morfológica, acumula grandes cantidades de agua en períodos cortos de tiempo y la cutícula gruesa que poseen las hace más eficientes para evitar la evapotranspiración. Debido a su metabolismo ácido crasuláceo (MAC), efectúa un proceso fotosintético mediante el cual las estomas están cerrados durante el día y abiertos durante la noche, evitando la pérdida de agua por transpiración.

A continuación se presentan algunas características morfológicas del nopal, referidas a partes específicas de la planta:

Raíz

Las raíces del nopal son superficiales y carnosas, crecen de forma horizontal, su desarrollo depende del tipo de suelo; si las condiciones de éste son buenas, la raíz crece extendida y penetra casi 30 cm. En condiciones de sequía, genera raíces laterales desde la raíz principal que toma agua de niveles bajos. Las plantas fertilizadas con estiércol tienen raíces suculentas y no ramificadas.

Cladodios

Estos órganos tipo tallo son de color verde (aptos para realizar funciones fotosintéticas), poseen una capa protectora que evita la desecación, debido a su forma aplanada consiguen una mayor captación de energía solar. La piel del cladodio es reemplazada por corteza después de un largo periodo de tiempo como parte natural del envejecimiento. Los cladodios del nopal son consumidos como verdura, las pencas maduras pueden emplearse como alimento para el ganado y como abono orgánico para mejorar la calidad del suelo.

Aréolas

Las yemas o brotes tienen forma de aréola ovalada, en el *Opuntia ficus indica* están distribuidas en forma de espiral y desarrollan espinas en lugar de hojas. Las espinas son ásperas y los pelos espinosos son suaves, su función principal es condensar agua del aire y reducir la temperatura del tallo haciendo intercepción de luz.

Flor

Las flores nacen en la base de las aréolas (yemas florales), sentadas y aisladas unas de las otras en la planta, permanecen abiertas sólo de día. El cáliz tiene un tubo ovalado soldado con el ovario y con el limbo, muchos pétalos y estambres que perduran; pistilo grueso y tubuloso digitado en su extremo.

Presentan colores vivos y brillantes. Tienen polinización zoófila (insectos lepidópteros, dípteros, himenópteros, hemípteros, y coleópteros). Después de la aparición de las yemas florales tarda 55 días en abrirse. Permanece abierta durante 24 horas; el momento a partir del cual comienza la vida del fruto, es a los dos días, después de la apertura de la flor.

Fruto

El fruto tiene forma de baya ovoide y cilíndrica, al cual se le denomina "tuna", existen de diversos colores; su cáscara es correosa, con muchos grupos de ahuates (espinas muy finas) y las semillas de color variable. El tamaño y el color del fruto dependen de la especie del nopal.

Distribución geográfica del nopal en México

Marroquín et al., (1964) reconocieron tres grandes regiones cubiertas con *opuntias* en el Norte de México. Un enfoque más amplio, considerando todo el país, fue propuesto por López y Elizondo (1990), quienes reconocieron cuatro regiones ocupadas por nopaleras explotadas para forraje o fruta, o ambas.

- A. Zona centro-sur.** Incluye partes de los estados de Puebla, Querétaro y Oaxaca, se caracteriza por tres tipos de nopaleras cultivadas para cladodios tiernos (nopalitos), fruta (tunas) y forraje. Las especies principales son *O. ficus-indica* (nopal de Castilla), *O. amychlaea* (nopal Alfajayucan), con algunas variedades cultivadas (Barrientos, 1972), *O. megacantha* (tuna amarilla) y *O. tomentosa*.

- B. Zona del altiplano.** Ubicada principalmente en los estados de Zacatecas y San Luis Potosí, pero que también comprende partes de Aguascalientes, Durango, Guanajuato, y Jalisco. Incluye vegetación arbórea de *O. leucotricha* (nopal duraznillo), *O. streptacantha* (nopal cardón) así como plantas arbustivas de *O. robusta* (nopal tapón), *O. cantabrigiensis* (nopal cuijo), *O. rastrera* (nopal rastrero), *O. lindheimeri* (nopal cacanao) y *O. leptocaulis* (nopal tasajillo).

- C. Zona norte.** Ubicada en el desierto Chihuahuense, es la región de mayor tamaño e incluye los estados de Chihuahua, Durango, Zacatecas y Coahuila. Está representada por vegetación arbustiva de *O. cantabrigiensis*, *O. phaeacanta* (nopal rastrero), y *O. rastrera*, *O. lindheimeri* y *O. rastrera*.

- D. Zona costera del Golfo de México.** Cubre parte de los estados de Coahuila, norte de Nuevo León y Tamaulipas. Plantas arbustivas de *O. lindheimeri* asociadas con otras especies forrajeras.

Distribución del nopal en el norte del país (Coahuila)

En el estado de Coahuila se reportan por Elizondo et al., (1987), 25 especies con 12 variedades de las cuales solo 5 especies y sus variedades son consideradas como forrajeras (Rodríguez et al., 1992), siendo su distribución la siguiente:

Oriente: Caracterizado por ser una de las regiones más húmedas con más de 400 mm de precipitación por año, y una altitud menor de los 1000 msnm, en el cual se distribuye *Opuntia lindheimeri* y sus cuatro variedades (*lindheimeri*, *aciculata*, *subarmata* y *tricolor*).

Occidente: Es la región considerada la más desértica con una precipitación menor de los 150 mm por año y una altitud que va de los 500 a los 1700 msnm, por la que se distribuye *Opuntia phaeacantha* y sus cinco variedades (*major*, *phaeacantha*, *discata*, *spinosibaca* y *nigricans*).

Sureste: Tiene una precipitación promedio anual entre los 200 y 400 mm, y altitud entre los 1500 y 2500 msnm, en donde se distribuye *Opuntia catabrigiensis* y *Opuntia engelmannii*.

La disponibilidad de forraje de *Opuntia* en el Norte de México depende principalmente de poblaciones silvestres compuestas de las especies descritas anteriormente, las cuales se distribuyen en 283,000 km². Desafortunadamente estas áreas han sido objeto de uso indiscriminado y escaso manejo (Marroquín et al., 1964). La sequía recurrente asociada con la escasez de otros alimentos animales ha incrementado la demanda de forraje de *Opuntia*. La productividad de dichos agrosistemas es relativamente baja e inestable, fuertemente dependiente del clima y las condiciones de manejo.

Valor nutricional

El uso de *opuntias* como alimento humano, para animales domésticos y silvestres ha sido muy importante en las regiones áridas y semiáridas del Norte de México durante siglos. Aunque ha sido considerado pobre en términos de nutrientes y fibra, constituye la principal fuente de agua en los sistemas de producción tradicionales, particularmente durante la época seca de invierno y primavera. *Opuntia* es un ingrediente clave para suplementar la dieta de los animales domésticos debido a lo siguiente:

Contenido de agua. *Opuntia* es una de las principales fuentes de agua para los animales en el norte semiárido. Sin embargo, la cantidad total de agua almacenada depende de la especie y la variedad (Cuadro 2). El contenido de agua es fuertemente influenciado por las condiciones ambientales.

Contenido de materia seca (MS). Varios factores afectan significativamente el contenido de MS, endógenos (especie, genotipo y variedad) y ambientales, tales como el suelo, el clima y al estación del año (Cuadro 3).

Análisis bromatológico. Hay diferencias significativas entre los datos informados de los análisis de tejidos, asociados con la variación entre especies, factores fisiológicos, fertilidad del suelo, clima, etc. (Cuadro 3).

Tabla 2. Contenido de agua entre especies y variedades de nopal forrajero en Saltillo, Coahuila, México.

Variedad	Contenido de Agua	
	Máxima	Mínima
<i>O. ficus –indica</i>	93	88
<i>O. cantabrigiensis</i>	84	68
<i>O. lindheimeri</i> var. Tricolor	86	72
<i>O. lindheimeri</i> var. subarmata	87	76
<i>O. imbricata</i>	84	70

Fuente: Flores y Aguirre, 1992.

Minerales. Existen pocos informes de estudios sobre contenido mineral de Opuntia en México. De acuerdo con Bravo (1978), los principales componentes minerales de las cenizas de Opuntia son calcio, potasio, magnesio y sodio, usualmente encontrados como sales y silicio. Hierro y aluminio son encontrados en trazas.

Digestibilidad. La tasa de consumo del animal es afectada por la especie, la variedad y la estación del año (Cuadro 4), la edad del cladodio (Cuadro 5) y sus interacciones correspondientes (Revuelta, 1963; Flores y Aguirre, 1992).

Morrison, (1956) reportó valores de digestibilidad como fibra, 40 por ciento; grasa cruda 72 por ciento; proteína 44 por ciento y extracto libre de nitrógeno (ELN) 78 por ciento, mientras Murillo *et al.*, (1994) en un estudio de la influencia de la adición de levaduras suplementadas con dos fuentes de nitrógeno encontró que con la adición de levadura la digestibilidad fue de 61.6 por ciento; si se combinaba sulfato de amonio con levadura, la digestibilidad aumento a 93.9. La adición de levadura y urea se asoció con una digestibilidad de 76.8 por ciento.

Tabla 3. Análisis bromatológico de diferentes géneros, especies y variedades de nopal (por ciento en base a materia seca).

Especie	M S	M O	P C	G C	Fibra	Ceniza	ELN	Autor
<i>Nopalea spp.</i>	10.69	73.79	8.92	1.51	17.21	26.21	50.7	Griffiths y Hare, 1906
<i>O. chrysacantha</i>	15.52	73.45	3.54	1.11	4.32	26.55	64.33	Palomo, 1963
<i>O. tenuispina</i>	12.45	70.21	4.42	1.04	5.14	29.80	59.52	"
<i>O. megacantha</i>	10.12	74.51	7.71	1.38	3.75	25.44	68.87	"
<i>O. rastera</i>	14.41	59.89	2.78	0.76	6.18	40.11	43.23	"
<i>O. azurea</i>	12.55	68.88	4.54	1.35	3.98	30.12	59.84	"
<i>O. cantabrigiensis</i>	11.86	68.46	4.79	1.09	3.71	31.54	58.87	"
<i>O. engelmannii</i>	15.07	68.41	3.32	1.19	3.58	31.59	60.32	"
<i>O. lucens</i>	17.45	69.59	3.67	0.57	2.58	30.43	62.75	"
<i>O. lindehimeri</i>	11.57	74.51	4.15	1.03	3.02	25.50	66.25	"
<i>O. robusta</i>	10.38	81.41	4.43	1.73	17.63	18.59	57.61	"
<i>O. streptacantha</i>	16.01	79.38	3.17	1.99	18.88	20.62	55.34	Griffiths y Hare, 1906
<i>O. leucotricha</i>	14.01	74.01	7.56	2.66	14.01	26.00	49.78	"
<i>O. imbricata</i>	17.71	84.25	7.11	1.75	11.51	15.75	63.86	"
<i>O. cacanapo</i>	16.95	72.51	5.19	2.06	11.21	27.49	54.04	"
<i>O. stenopetala</i>	13.24	77.87	8.84	1.74	9.14	22.13	58.16	"
<i>O. duranguensi</i>	10.34	82.94	4.51	1.29	8.23	17.06	68.91	Bauer y Flores, 1969
<i>O. ficus - indica</i>	11.29	86.93	3.81	1.38	7.62	13.07	74.13	"
<i>O. ficus - indica</i>	13.36	81.55	3.66	1.76	9.18	18.45	69.95	Baurer y Flores, 1969
<i>O. spp.</i>	10.01	-----	5.71	3.01	8.11	12.01	55.01	Lastras y Pérez, 1978
<i>O. ficus-indica</i>	8.01	-----	6.81	1.01	-----	8.88	81.25	" " "
<i>O. ficus-indica</i>	7.96	-----	4.04	1.43	8.94	19.92	65.67	" " "
<i>O. imbricata</i>	10.41	-----	5.01	1.81	7.81	17.30	68.11	" " "

Fuente: Revuelta, 1963; Flores y Aguirre, 1992.

Tabla 4. Variación en el contenido de nutrientes digestibles de nopal sin espinas.

Época	Proteína Cruda	Grasa Cruda	E.L.N.	Celulosa
Invierno y Primavera	0.2 - 0.3	0.08 - 0.12	3.0 - 5.5	0.4 - 1.0
Verano y Otoño	0.3 - 0.4	0.15 - 0.16	6.5 - 11.0	0.8 - 2.0

Fuente: Revuelta, (1963).

Tabla 5. Nutrientes digestibles en pencas de nopal de diferente tipo y edad (%).

Variedad	Proteína Cruda	Grasa Cruda	Fibra	E.L.N.
Espinoso				
Pencas de un año	0.24	0.14	0.43	5.22
Pencas de dos años	0.21	0.17	0.51	4.73
Inerme				
Pencas de un año	0.22	0.17	0.49	4.81
Pencas de dos años	0.18	0.19	0.63	4.39

Fuente: Revuelta, (1963).

Sistemas de cosecha

En los Estados de Coahuila, Nuevo León, Norte de Tamaulipas, Zacatecas y San Luis Potosí, el uso del nopal forrajero está muy arraigado por los ganaderos (vacunos, caprinos y ovinos) y estableros (establos lecheros con bovinos y poco frecuente con caprinos), que usan diferentes métodos de cosecha, de entre los cuales los más comunes son: a).- Sistemas de cosecha por ganadería extensiva. Considerado éste como la cosecha del nopal por los animales (vacunos, caprinos, ovinos y fauna silvestre) en ranchos ganaderos y ejidos, y b).- Sistemas de cosecha intensiva la cual se utiliza por los estableros que compran el forraje por camiones de 8 a 10 toneladas (Maldonado y Zapien, 1977). Esta cosecha es en forma intensiva en predios que les vende el nopal a intermediarios. El nopal se extrae siempre de poblaciones naturales.

Sistemas de cosecha en ganadería extensiva. Cosecha directa por los animales. En los grandes ranchos ganaderos es común la utilización del nopal forrajero *in-situ*

por los bovinos, caprinos, ovinos y la fauna silvestre, que lo consumen con todo y espinas, lo cual les provoca serios daños en el hocico, e incluso la muerte por inanición, al no poder tragar alimentos.

Despunte. Este sistema de cosecha es utilizado por el vaquero y los pastores en el campo. Consiste en despuntar las pencas (corte del ápice, donde se localizan la mayor parte de las espinas) con una cuchilla, facilitándole al animal consumir las pencas con todo y espinas. Esta práctica no es recomendable ya que se desperdicia mucha planta.

Chamuscar en pie. Este sistema de utilización del nopal forrajero *in-situ* por los bovinos, consiste en chamuscar en pie la planta que es cosechada por los animales, llegan a consumirlo al ras del suelo. En el caso de los pastores de ganado caprino y ovino, llevan sus animales a consumir gramíneas y arbustos, y donde localizan plantas de nopal, los chamuscan con un chamuscador de gas o petróleo, para quemarles las espinas, para que puedan ser consumidas por los animales. Estos sistemas de cosecha son destructivos, ya que la planta que queda, generalmente se pudre, lo cual provoca su muerte (Rodríguez, 1990).

Corte y chamusque *in-situ*. Esta práctica consiste en cortar las pencas y chamuscarlas *in-situ*, quemándoles las espinas con leña o con un chamuscador. Se cortan las pencas con machete y se ofrecen en pequeños trozos a los animales.

Las formas de cosechar antes descritas generalmente se utilizan en las épocas de estiaje o de prolongadas sequías, por lo que se les recomienda establecer áreas con propósitos especiales, con especies nativas tales como el nopal (*Opuntia spp.*), maguey (*Agave spp.*), mezquite (*Prosopis spp.*) y costilla de vaca (*Atriplex spp.*) entre otras, que puedan producir en condiciones de extrema sequía.

En el caso de las nopaleras naturales utilizadas para proveer forraje a los establos lecheros su manejo es destructivo, ya que al ser cortadas al ras con un azadón o con un talache generalmente se extrae la planta con todo y raíz. Estas formas de explotación por lo general, propician problemas de deforestación e incrementan el proceso de desertificación, de por sí grave en estas regiones (López y Elizondo, 1988).

Consumo del nopal forrajero

Dependiendo de la forma que el nopal es suministrado a los animales, va a ser la cantidad de nopal consumida. Las formas más comunes dificultan la cosecha (por el número de espinas, tamaño y dureza). Se calcula que un vacuno consume entre 15

y 40 kg de nopal forrajero por día (base real). En ovinos y caprinos se estima que el consumo varía entre tres y nueve kg por día (base real), dependiendo de las condiciones del agostadero, ya que cuando llueve, la dieta es más variada, y el consumo del nopal baja. Cuando es invierno o época de sequía, el consumo de nopal se incrementa.

En el caso de ovinos (Ríos, 1954) reportó que en los estados de Nuevo León y Tamaulipas es común alimentar el ganado con nopal. Ahí se observó que la cantidad de lanolina en la lana aumenta notablemente al consumir una ración diaria de siete kg (base real). En España el uso de nopal en ovinos es frecuente y se asegura que estos conservan su peso vivo y además mejora el rendimiento y la calidad de la lana (Revuelta, 1963).

(De Klerk, 1960) comprobó que ovinos adultos pueden llegar a consumir de nueve a 10 kg (base real) por día de nopal como única ración, y que la planta es insuficiente para llenar los requerimientos del animal. Se considera que el consumo de nopal por ovinos productores de leche ayuda a ser más digerible la leche por las crías, ya que contiene menos grasas, además de que conservan su peso. En ganado estabulado, en bovinos productores de leche, el consumo de nopal varía dependiendo de la ración suministrada, que puede estar compuesta por alfalfa verde achicalada o henificada; por sorgo forrajero o ensilado; por harinolina, cascarilla de algodón, esquilmos de los cultivos de la región como: paja de trigo, avena y cebada; rastrojo de maíz, tazol de frijol y en algunos casos por desechos de las agroindustrias. Las raciones pueden variar de 15 a 95 kg de nopal en verde por día. Estos datos se recabaron en encuestas realizadas a los dueños de ranchos ganaderos y establos lecheros del noreste de México. La calidad nutritiva del nopal forrajero se considera de regular a mala, sin embargo, los altos precios de otros forrajes de mayor calidad, y la disponibilidad de este en épocas de sequía, invierno y escasez, hace que su demanda crezca año con año.

Uso Alternativo del Nopal Forrajero

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. El nopal forrajero es útil no sólo porque sobrevive a las sequías, sino también porque es más eficiente que muchas gramíneas o pastos forrajeros de hoja ancha. La importancia forrajera del nopal *Opuntia spp.* aplica para el ganado, pero también ha sido usado como forraje para cerdos. Aún durante los períodos de sequía en el verano o el invierno, el nopal permanece verde, con buen nivel de

vitamina A. Sin embargo, debe ser combinado con otros alimentos para complementar la dieta diaria, debido a que tiene bajo contenido de proteína, a pesar de ser rico en carbohidratos y calcio.

Las variedades sin espinas son preferidas para la producción de forraje debido a su facilidad de manejo y proceso, ya que con estas especies se evita el chamusque cuando se alimenta al ganado. Las variedades de nopal COPENA F1, Liso Forrajero, Pabellón, etc. sin espinas pueden llegar a producir de 200 a 400 t/ha de peso fresco dependiendo de del manejo del cultivo (Vázquez y Gallegos, 1997), por lo que pueden proveer una reserva considerable de alimento para el ganado.

Sin embargo, los costos de establecimiento y manejo de este tipo de variedades de nopal sin espinas no necesariamente lleva a generar sistemas de producción rentables por lo que se requiere continuar observando los usos tradicionales del nopal nativo (chamuscado o no chamuscado) de tal manera que esto contribuya a contar con diferentes opciones para el productor agropecuario. Con su aprovechamiento no solo se logra obtener recursos forrajeros de alta calidad, sino que además se realiza un mejoramiento de las praderas que tienen pastos introducidos (como el zacate Buffel).

Fermentación del nopal

La fermentación dirigida de ingredientes de alta digestibilidad como la melaza, pulpa de cítricos, subproductos de frutas etc. ha sido utilizada por muchos años en Cuba (Elías y Lezcano, 1993; Elías, 2007) y recientemente en México (Aranda, 2006). Hasta ahora, la tecnología que ha sido propuesta para su aplicación por investigadores brasileños y mexicanos (Aranda, 2006) involucra una tecnología laboriosa y de alto costo ya que se requiere deshidratar y moler el nopal previo a la fermentación, situación que compromete su aplicación para aquellos pequeños y medianos productores.

Existen ingredientes similares en calidad al nopal como la melaza, subproductos de manzana, cítricos etc. que pueden ser mejorados sustancialmente a través de los procesos de fermentación dirigida. Gutiérrez et al., (2007) han estado utilizando este tipo de procesos para producir un fermentado del bagazo de manzana teniendo como objetivo el obtener un producto de mayor calidad debido al aumento en el nivel y calidad de las proteínas. Lo anterior se logra a través de las levaduras y los carbohidratos que posee el bagazo, elementos fundamentales para llevar a cabo el proceso de fermentación aerobia. El proceso es sencillo y económico, ya que solo se necesita del bagazo, una superficie plana forrada de concreto, urea adicionada en

una proporción del 1.5 %, sulfato de amonio en 0.4 % y sales minerales en 0.5 % (Becerra y Díaz, 2006). La fermentación del nopal podría contribuir a mejorar la cantidad y la calidad de la proteína para los animales.

Digestibilidad

La digestibilidad de un alimento es la propiedad que posee de ser utilizado en mayor o menor grado por los organismos. Se puede definir como la porción del alimento que no es excretado en las heces, cual se supone ha sido absorbido; puede expresarse como el coeficiente de digestibilidad de la materia seca, en porcentaje (McDonald, 1975).

El valor nutritivo de los forrajes, expresados como consumo de nutrientes, está compuesto por tres variables que se incluyen en la siguiente formula:

Consumo de Nutriente, Consumo de Forraje, Digestibilidad Forraje Aprovechamiento

De los tres componentes que determinan el consumo de nutrientes, la digestibilidad es el más importante, debido a que la influencia que tiene esta sobre el consumo y la eficiencia de utilización de los nutrientes del forraje (Raymond, 1975; citado por Flores, 1977)

La digestibilidad es un concepto que indica la cantidad o por ciento que de un alimento el animal aprovecha (De Alba, 1971). Conocer la digestibilidad de un forraje es importante, porque no es proporcional al contenido de nutrientes, y por lo tanto, no se puede predecir con el análisis químico (Flores, 1977).

Las pruebas de digestibilidad in vivo además de costosas son muy tardadas, y requieren de grandes cantidades de alimento, debido a esto se han desarrollado métodos que estiman la digestibilidad en forma in directa o in vitro (De Alba, 1980).

Técnica in vitro

La serie de los procedimientos de la técnica de digestibilidad in vitro, es una fermentación anaerobia de un sustrato de la muestra, con licor ruminal filtrado y mezclado con una solución amortiguadora que simula la saliva del rumiante. A diferencia del rumen, en los sistemas in vitro no hay un suministro continuo de saliva que podría proporcionar el nitrógeno; por eso es importante suministrar todos los nutrientes necesarios, particularmente amoniaco que podría llegar a ser limitado en

los forrajes de pobre calidad; hay poca oportunidad para los nutrientes digeribles escapar a la fermentación (Van Soest, 1994)

Trabajos Relacionados con la Digestibilidad *in vitro*

Gopar (2001) en su trabajo de investigación relacionado con la tasa de degradación *in vitro* de algunas especies del género *Opuntia*, cosechadas en primavera, utilizó las especies *O. imbricata*, *O. ficus-indica*, *O. cantabrigiensis*, *O. lindheimeri* variedad *tricolor* y *O. lindheimeri* variedad *subarmata* a las cuales se cortaron las pencas cada mes durante la estación de primavera. El análisis bromatológico se hizo mediante un modelo completamente al azar con cinco tratamientos y tres repeticiones, para la determinación de la cinética de la digestión de la fibra utilizó la técnica *in vitro* descrita por Tilley y Terry (1963), con la modificación de Goering y Van Soest (1970) en la cual se interrumpió a diferentes tiempos de incubación (4, 8, 12, 24, 36, 48, 60, 72, 84 y 96 horas), el cual fue analizado mediante el modelo de regresión lineal simple, donde para el análisis bromatológico obtuvo una diferencia significativa ($P < 0.05$) para los contenidos de materia seca total (MST), cenizas (C), extracto etéreo (EE), proteína curda (PC), extracto libre de nitrógeno (ELN) y materia orgánica (MO), para la digestibilidad *in vitro* de materia seca (DIVMS) y materia orgánica (DIVMO) no obtuvo una diferencia significativa para cada una de las especies, pero la *O. ficus indica* tuvo la mayor DIVMS de 58.8% y una DIVMO de 63.49%.

Sánchez (2001) al estudiar la tasa de degradación de algunas especies del género *Opuntia* *in vitro*, cortadas en otoño, utilizando las especies *O. imbricata*, *O. ficus-indica*, *O. cantabrigiensis*, *O. lindheimeri* variedad *tricolor* y *O. lindheimeri* variedad *subarmata*. Donde el análisis bromatológico fue analizado mediante un modelo estadístico completamente al azar con cinco tratamientos y tres repeticiones y la digestibilidad *in vitro* fue mediante un modelo de regresión lineal simple, de los cuales los resultados obtenidos fueron para el análisis bromatológico donde no hubo diferencia ($P > 0.05$) para la materia seca total, materia orgánica, cenizas, proteína cruda, extracto etéreo, y extracto libre de nitrógeno. Para la digestibilidad *in vitro* de materia seca (DIVMS) no obtuvo diferencias significativas ($P > 0.05$), sin embargo la *O. ficus-indica* fue la que mostro mayor digestibilidad de 63.99% con relación a las demás especies.

Montes, (2003) al estudiar la tasa de degradación *in vitro* de algunas especies de nopal del género *Opuntia* cortadas en invierno. Utilizando las especies *O. imbricata*, *O. ficus-indica*, *O. cantabrigiensis*, *O. lindheimeri* variedad *tricolor* y *O. lindheimeri*

variedad *subarmata*. Donde el análisis bromatológico fue analizado mediante un modelo estadístico completamente al azar con cinco tratamientos y tres repeticiones y la digestibilidad in vitro fue mediante un modelo de regresión lineal simple, de los cuales los resultados obtenidos fueron para el análisis bromatológico donde no hubo diferencia ($P>0.05$) para la materia seca total, materia orgánica, cenizas, proteína cruda, extracto etéreo, y extracto libre de nitrógeno entre las especies. Para la digestibilidad in vitro de materia seca (DIVMS) no obtuvo diferencias significativas ($P>0.05$), in embargo la *O. lindheimeri* variedad *subarmata* fue la que mostro mayor digestibilidad de 92.54% con relación a las demás especies.

Abrego, (2009) en su trabajo de investigación de la evaluación bromatológica y digestibilidad in vitro de nopal (*Opuntia ficus-indica*) adicionado con subproductos de cervecería. Donde el nopal fue evaluado en dos factores. El primer factor en estudio fue el material vegetativo en dos procesos: la biomasa ensilada e *in natura*. El segundo factor corresponde al nopal (*Opuntia ficus-indica*), tratado con subproductos de cervecería; levadura (*Sacharomices cerevisiae*) y masilla, en diferentes niveles, arreglados de la siguiente manera; t₁: 100 % Nopal (testigo), t₂: 80 % Nopal + levadura 10 %, t₃: 70 % Nopal + granos húmedos de cervecería (GHC) 20 %, t₄: 60 % Nopal + levadura 10 % + GHC 20 %, (excepto al testigo, los tratamientos restantes fueron adicionados con 10 % de melaza). Para analizar el contenido bromatológico, FDN y FDA, lo hizo mediante un diseño experimental en bloques completamente al azar con un arreglo factorial de 2 x 4 por tres repeticiones. Factor **A.**- Biomasa ensilada e *in natura*. Factor **B.**- Los cuatro niveles en los que se evaluó al nopal adicionado con sub productos de cervecería. Para analizar la cinética de digestión ruminal, se empleó un diseño completamente al azar, con un arreglo factorial 2x4x6. Obteniendo los resultados, para el análisis bromatológico no encontró diferencia significativa, para la digestibilidad sí encontró significancia en el nopal adicionado con subproductos de cervecería y melaza donde el t₂ tuvo el mayor porcentaje de digestibilidad de 77.95% a las 72 hrs.

Velásquez, (2007) al estudiar la degradabilidad ruminal del grano de maíz procesado por extrusión y rolado al vapor, donde utilizo tres tratamientos que fuero grano de maíz normal molido, rolado y extruido y el tiempo de incubación de fue de 1, 3, 6, 12, 24, y 36 hr. Para la degradación de la materia seca utilizo un diseño completamente al azar con arreglo factorial y para evaluar la tasa de desaparición de la materia seca lo hizo mediante la ecuación descrita por Orskov y McDonald (1979). Sus resultados indicaron que si hubo diferencia significativa para las primeras 6 hr de degradación sin el maíz rolado y extruido que tuvieron mayor degradación de 67% y 79%

respectivamente, en cuanto a la tasa de degradación y degradación efectiva fue más alta para el extruido y seguido del maíz rolado y el maíz normal molido.

Ganancia de peso en caprinos

El peso al nacer, al destete y las ganancias diarias de peso son características de importancia económica, relacionadas con el crecimiento de los caprinos. El peso al nacimiento de los cabritos es variable según la raza, edad de la cabra, sexo, tipo de parto y época de nacimiento.

El conocimiento de las fuentes de variación que influyen en las distintas características de importancia económica y en el rendimiento de las cabras, permite precisar mejor la selección de los animales e iniciar programas de mejoramiento genético en los rebaños comerciales (Meza et al., 1988).

El crecimiento y la ganancia de peso son frecuentemente descritos como un incremento en el tejido estructural (huesos, músculos y el tejido conectivo asociado con músculos) y depende de la multiplicación de las células (hiperplasia) y del incremento del tamaño de las células (hipertrofia) (Boggs y Merkel, 1993). En un estudio con cabras criollas se demostró que la ganancia diaria promedio de de 10 a 30 días de edad varía de 95 g para cabritos simples a menos de 70 g para cabritos múltiples y de 92 g para machos y 86 g para hembras (Alexandre et al., 1999).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del Área del Estudio

El material que se utilizó en este trabajo fue colectado en los terrenos aledaños a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Se utilizaron 9 cabras, el análisis bromatológico se llevó a cabo en el laboratorio de Producción Animal de la misma Universidad ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, la cual se encuentra en las coordenadas, 25° 22' latitud norte y 101° 00' latitud oeste. Con una altitud de 1742 msnm. Se tiene una temperatura media anual de 19.8°C y una precipitación total media anual de 298.5 mm, cuenta un tipo de clima designado BWhw (x') (e); clima muy seco, semicálido, con invierno fresco y extremoso con lluvias de verano y precipitación invernal superior de 10% del total anual, con humedad relativa que alcanza el 80% en los meses lluviosos y el 30% en los periodos secos, como promedio (Mendoza, 1983).

Metodología

Aplicación de tratamientos de nopal (deshidratado y fresco)

En la unidad caprina de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro se seleccionaron al azar 9 cabras, recién paridas, de las cuales 6 eran de la raza Alpina, 2 de la raza Toggenburg y 1 de la raza Sannen, con un peso promedio de 42 Kg. Se hicieron 3 tratamientos de 3 cabras, de las cuales 6 se alimentaron con tratamientos a base de nopal deshidratado y 3 cabras se alimentaron con nopal fresco picado (testigo). El tratamiento I (testigo) contenía 500 gramos de nopal picado fresco. Cada tratamiento de nopal deshidratado estaba acompañado de 20% de melaza y 5% de urea. Los tratamientos con nopal deshidratado contenían distinta cantidad de nopal, el tratamiento II contenía 250 gramos, y el III, 350 gramos. Los tratamientos se dieron por las tardes después de que se sacaban a pastorear para complementar su alimentación diaria, cada 15 días se pesaron las cabras para evaluar cómo estaba influyendo el nopal en cuanto a la ganancia de peso diario, este proceso se realizó durante 60 días.

Técnica *In Vitro*

La degradación *in vitro* se determinó según Tilley y Terry (1963), con las modificaciones de Goering y Van Soest (1970) la cual se interrumpió en los siguientes tiempos de incubación (0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 hrs.) con los ajustes de ANKOM DAISY^{II} (1998).

El principio de funcionamiento del Daisy^{II}® consiste en establecer condiciones de incubación semejante a las condiciones *in vivo*, de tal manera que el procedimiento incluye soluciones compuestas por minerales, fuentes de nitrógeno y agentes reductores que ayudan a la anaerobiosis necesaria en el proceso. (Giraldo et al., 2007).

Las muestras de 5 g aproximadamente, se introdujeron en bolsas de nylon, cada tratamiento se corrió por triplicado, para cada tiempo, posteriormente fueron depositadas en recipientes de vidrio con capacidad de 4 lts, en los que se añadieron 1600 ml de la mezcla de las soluciones B y A (1:5) y 450 ml de líquido ruminal de bovino de carne estabulado descrito por (Goering y Van Soest, 1970) y 21 muestras, con un blanco por frasco. Los frascos se introdujeron en el incubador DAISY^{II} durante (72, 48, 24, 12, 6, 3 y 0 hrs.), bajo una rotación lenta y temperatura constante de 39.5°C. Al término de cada tiempo las bolsas fueron lavadas cuidadosamente, puestas a secado (50°C) durante 24 hrs. y pesadas nuevamente.

Preparación de la Solución Buffer

Las soluciones que se prepararon fueron dos, una solución buffer A y una B las cuales sirvieron como un amortiguador ya que tienen la función semejante a la saliva del animal en el rumen. Las soluciones contenían lo siguiente: solución buffer A fosfato de potasio (KH_2PO_4), sulfato de magnesio ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), cloruro de sodio (NaCl), cloruro de calcio ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) y urea; solución buffer B bicarbonato de sodio (Na_2CO_3) y sulfuro de sodio ($\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$). Las cuales se mezclaron en una proporción de 1:5, mezclando así una parte de solución buffer B 266.7 ml y 5 partes de solución buffer A 1330 ml teniendo aproximadamente 1600 ml de la mezcla final la que posteriormente se le añadió 450 ml de líquido ruminal.

Preparación de Muestras

Se lavaron las bolsas de nylon, luego se dejó escurrir en una charola para luego secarlas en la estufa a 40°C durante 24 hrs para después pesar las bolsas vacías, luego se le puso a cada una 5 gr de nopal previamente molido para nuevamente volver a pesar, se utilizaron 21 muestras y 2 blancos (testigos).

Análisis estadístico

Los resultados del análisis bromatológico y ganancias diarias de peso fueron analizados mediante un diseño completamente al azar con igual número de repeticiones, teniendo 7 tratamientos y tres repeticiones de cada uno lo mismo que se utilizaron en la alimentación de caprinos. Los resultados de la digestibilidad *in vitro* de materia seca (DIVMS) fueron analizados mediante un diseño completamente al azar sin arreglo factorial con igual número de repeticiones, teniendo tres tratamientos y tres repeticiones de cada uno.

Para evaluar la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) de cada tratamiento se ajustó mediante la ecuación descrita por Orskov y McDonald (1979), correspondiente al siguiente modelo exponencial.

$$Y = A + B(1 - e^{-c \cdot t})$$

Donde:

Y= Degradación o desaparición potencial a tiempo t
A= Fracción soluble a tiempo 0. B= Fracción insoluble degradable.

e= Exponencial. c= Tasa fraccional de degradación de la fracción insoluble B.

t= Tiempos de degradación (incubación en horas)

A+B, representa la degradación máxima potencial

100 - (A+B), la fracción no degradable en el rumen.

Degradabilidad Ruminal Efectiva

$$DE = A + \frac{BC}{C+K} \cdot e^{-((C+K) \cdot T)} \quad \text{McDonald, (1981)}$$

Donde:

DE = Degradabilidad ruminal efectiva

A, B y C = Valores determinados en la ecuación anterior

K = Tasa fraccional de pasaje desde el rumen

T = Fase de retardo en la fermentación (lag time).

e= Exponencial

La degradación efectiva correspondiente a la degradación potencial máxima (A+B) ajustada por efecto de la tasa fraccional de pasaje desde el rumen (K), se calculó a través de la relación:

$$A+B \cdot C / (C+K)$$

Para el cálculo de la curva de degradación se utilizó el software NEWAY PROGRAM (Rowett Research Institute, 1981)

Modelo basado en McDonald (1981).

4. RESULTADOS Y DISCUSION

Análisis Bromatológico

En la tabla 6 muestra los resultados bromatológicos del *Opuntia spp.* Estos resultados son similares a los encontrados por Aguilar donde utilizo *O. rastrera* (2015) en relación a Materia Seca (MS) y Cenizas (CZ), pero difieren con los resultados reportados por Aparicio (2016) en Proteína Cruda (PC), Fibra Cruda (FC), Fibra Acido Detergente (FAD) y Fibra Acido Detergente Neutro (FDN), donde utilizo de igual manera *O. rastrera*.

Gopar (2001), obtuvo diferencias significativas ($P < 0.05$) para los contenidos de MS, Cz, EE, PC, ELN y MO, sin embargo para la FC no encontró diferencia estadística significativa ($P > 0.05$); Por otro lado, Sánchez (2001) y Montes (2003), no encontraron diferencia significativa en ningún componente del Análisis Bromatológico. Tal vez esta diferencia se deba a la época del año (invierno), edad de la penca, tipo de suelo donde se desarrolla la planta o a las condiciones en que el material fue recolectado y estudiado.

Tabla 6. Análisis Bromatológico del nopal (*Opuntia spp.*)

COMPONENTE	%
Materia seca (MS)	11.79
Proteína Cruda (PC)	7.68
Extracto Etéreo (E.E.)	1.58
Cenizas (Cz)	22.69
Fibra Cruda (FC)	11.52
Fibra Ácido Detergente (FAD)	13.48
Fibra Neutro Detergente (FND)	39.57

Ganancia de peso en caprinos

En la tabla 7 muestra los resultados que se obtuvieron en los 60 días de tratamiento, cabe mencionar que cada tratamiento tenía 3 repeticiones y de esas 3 repeticiones se sacó el promedio. Para los tratamientos 1 y 2 se obtuvieron ganancias diarias de peso de 0.077 y 0.093 kg, que no fueron diferentes entre ellos ($P>0.05$) pero el tratamiento 3 si mostró diferencias ($P<0.05$) con los tratamiento 1 y 2, al encontrar ganancias diarias de peso de 0.152 kg. La diferencia tal vez se deba a que los animales del tratamiento 3 recibían una mayor cantidad de nopal adicionado con melaza y urea en su dieta o también por efecto genético, debido a que en el tratamiento 3 se encontraban las cabras de la raza Saanen y como se sabe esta son más pesadas que la Alpina y la Toggenburg . En efecto se tenía que aumentar la cantidad de nopal en los tratamientos 1 y 2 para obtener mayores ganancias de peso.

Tabla 7. Ganancia de peso en caprinos (Kg).

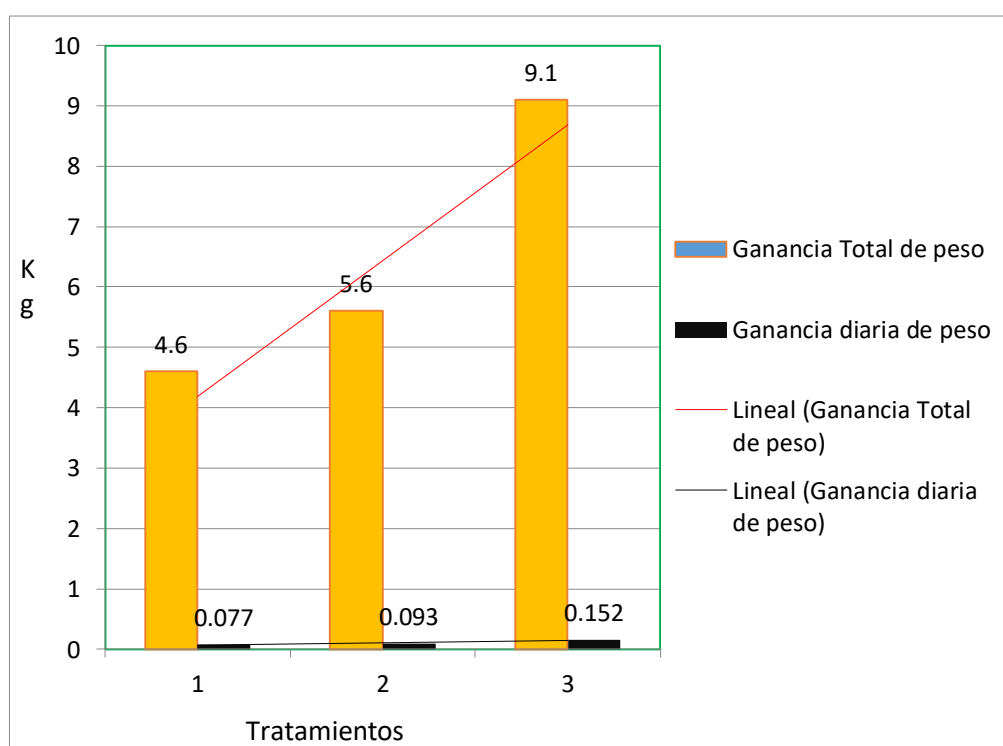
Tratamiento Y Raza	Peso 0 días	Peso 15 días	Peso 30 días	Peso 45 días	Peso 60 días	Ganancia Total de peso	Ganancia diaria de peso
I (Alpina)	40.00 kg.	42.20 Kg.	42.78 Kg.	39.91 Kg.	44.62 Kg.	4.62 Kg.	0.077 Grs. ^b
II (Toggenburg)	53.00 Kg.	56.00 Kg.	55.80 Kg.	56.10 Kg.	56.55 Kg.	3.55 Kg.	0.093 Grs. ^b
III (Saanen)	48.00 Kg.	47.81 Kg.	50.00 Kg.	53.20 Kg.	57.11 Kg.	9.11 Kg.	0.152 Grs. ^a

En la gráfica 1 se puede observar la ganancia de peso cada 15 días y que a medida que se incrementa el nivel de nopal se obtiene mejores ganancias de peso total. Resultados similares a los del tratamiento 1 fueron reportados por Trujillo (1995), sin embargo los resultados de los tratamientos 2 y 3 fueron superiores a los de Trujillo (1995), debido probablemente a la adición de melaza y urea en dichos tratamientos.

Comparando características de crecimiento y canal de cabritos de raza Española y cruzados de ésta con $\frac{1}{4}$ de Boer y $\frac{1}{2}$ Boer durante 66 días de alimentación, se encontró que la ganancia diaria aumentaba de acuerdo al porcentaje de sangre Boer. Los cabritos Españoles ganaron 113 g/c/d, los $\frac{1}{4}$ de Boer 150 g/c/d y los $\frac{1}{2}$ Boer 222

g/c/d. La eficiencia fue de 8.2, 8.3 y 10.8 libras de alimento por libra de ganancia, los cabritos con sangre Boer fueron 29% más eficientes, los $\frac{1}{2}$ sangre Boer produjeron canales más pesados con áreas del ojo de lomo más grande. Sin embargo cuando se compararon en base a peso de canal no hubo diferencias entre los tres grupos (Machen et al, 1996).

El desarrollo y engorda bajo condiciones de pastoreo en praderas introducidas es similar a la que presentan los cabritos bajo estabulación total con la consecuente disminución en el costo de la alimentación ya que tanto la cruce Alpino Francés $\frac{3}{4}$ con Boer $\frac{1}{4}$ como los cabritos Alpinos Francés se comporta de manera similar en pradera y en rendimiento en canal (Trujillo, 1995).

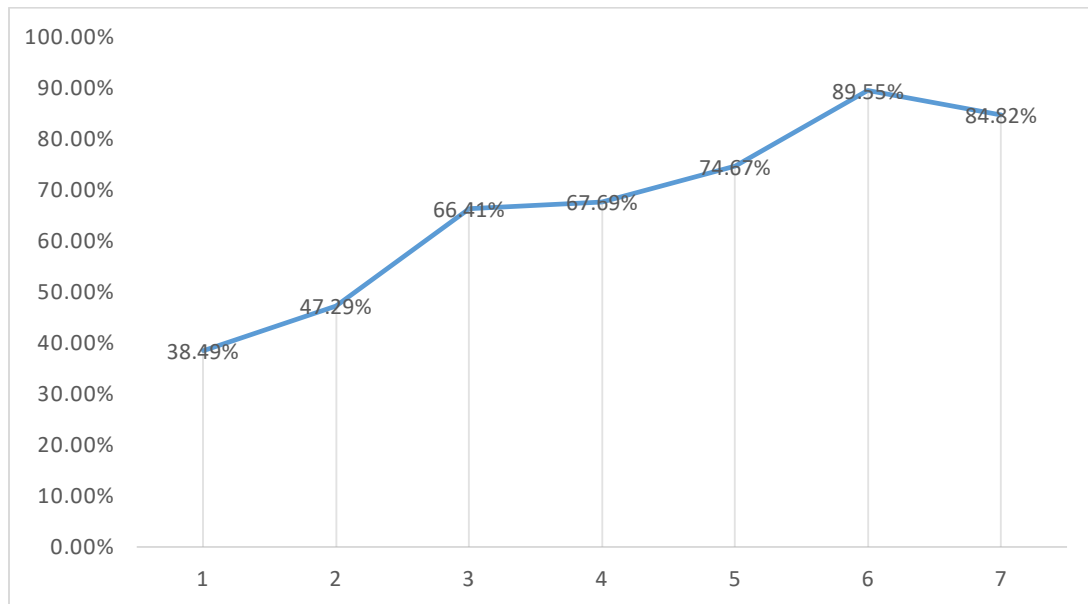


Gráfica 1. Ganancias de peso total y diaria en los 60 días de tratamiento de *Opuntia ssp.*

Digestibilidad *in vitro* de Materia Seca

En la gráfica 2 muestra los resultados que se obtuvieron de la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) de los 7 tratamientos a diferentes intervalos de tiempo; tratamiento 1 (0 hrs), tratamiento 2 (3 hrs), tratamiento 3 (6 hrs) tratamiento 4 (12 hrs), tratamiento 5 (24 hrs), tratamiento 6 (48 hrs) y tratamiento 7 (72 hrs), en los

que se encontró diferencia significativa ($P < 0.05$). Los valores encontrados muestran un constante incremento de la DIVMS hasta las 48 hrs, seguido por una disminución a las 72 hrs, esto se debe probablemente a la pérdida de sustrato por el movimiento que sufrió cada tratamiento para seguir con la digestibilidad.



Grafica 2. Digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) de *Opuntia* spp. a diferentes intervalos de tiempo.

Estos resultados son similares a lo obtenido por Abrego (2009), donde se observó DIVMS a las 72 hrs de 80.31% de nopal in natura sin ningún subproducto de cervecería y de 77.95% con nopal al 80% + 10% de melaza y 10% de subproductos de cervecería y a las 24 hrs una digestibilidad de 71.79% con nopal al 70% + 10% de melaza y 20% de subproductos de cervecería. Este mismo autor registró digestibilidad de nopal ensilado adicionado con subproductos de cervecería en el cual obtuvo digestibilidad de 76.28% a las 72 hrs con nopal al 70% + 10% de melaza y 20% de subproducto de cervecería, 75.18% con nopal al 60% + 10% de melaza y 30% de subproducto de cervecería a las 24 hrs y el nopal sin ningún subproducto de cervecería y sin melaza tuvo la mayor digestibilidad de 61.32% hasta las 96 hrs.

Cherney *et al.* (1993) reportan valores altos para la alfalfa (75.1%), ensilado de maíz (73.2%) y avena (83.7%) de DIVMS que son semejantes con los resultados obtenidos en el tratamiento 5 (24 hrs) y tratamiento 7 (72 hrs). Valdés y Jones (1987), obtuvieron una DIVMS en 30 zacates de 63.3% en promedio y 25 leguminosas de 58.5% en promedio, lo que indica que la *Opuntia* spp es más digestible que los zacates y leguminosas.

Fisher *et al.* (1989) mencionan que la extensión de la digestibilidad in vitro de la materia seca a las 48 hrs generalmente se correlaciona bien con los coeficientes de digestión in vivo. Sin embargo no todos los forrajes tienen su máxima extensión de desaparición a las 48 hrs. Esto también pudo ser afectado por otros factores como genéticos variedad, estado de madurez, edad de la planta, estación del año, frecuencia de corte entre otras, factores físicos y químicos del suelo (De Alba, 1971, Espinoza, 1987, Flores, 1977, Belasco, 1958).

Calculo de las Fracciones

Durante la fase inicial, en un lapso de tiempo hay degradación menor debido a que hay una adaptación de las bacterias del rumen con el alimento, a esto se le llama fracción A, ya que hay una adaptación de las bacterias se da un incremento en la degradación, esto es la fracción B, pero la degradación llega a un pico donde se mantiene por cierto tiempo y luego esa degradación desciende debido a que ya no hay más sustrato para seguir la degradación del alimento.

En la tabla 8 se muestran los resultados obtenidos donde la fracción soluble a tiempo 0 (A) fue de 39.69%, la fracción insoluble potencialmente degradable (B) fue de 46.65%, la tasa fraccional de degradación de la fracción B que se representa como C fue de 0.0861%, la degradación residual (RSD) fue de 5.27% y la degradación máxima potencial (A+B) fue de 86.34%.

La fracción soluble fue baja, apreciándose con ello una lenta desaparición de la fracción potencialmente degradable, lo que manifestaría la necesidad de un tiempo de incubación más prolongado. Los alimentos que tienen fracción "B" alta y cuya degradabilidad es intermedia serán más afectados por aumentos en la tasa de pasaje debido a una mayor dependencia del tiempo de permanencia en el rumen para ser degradados.

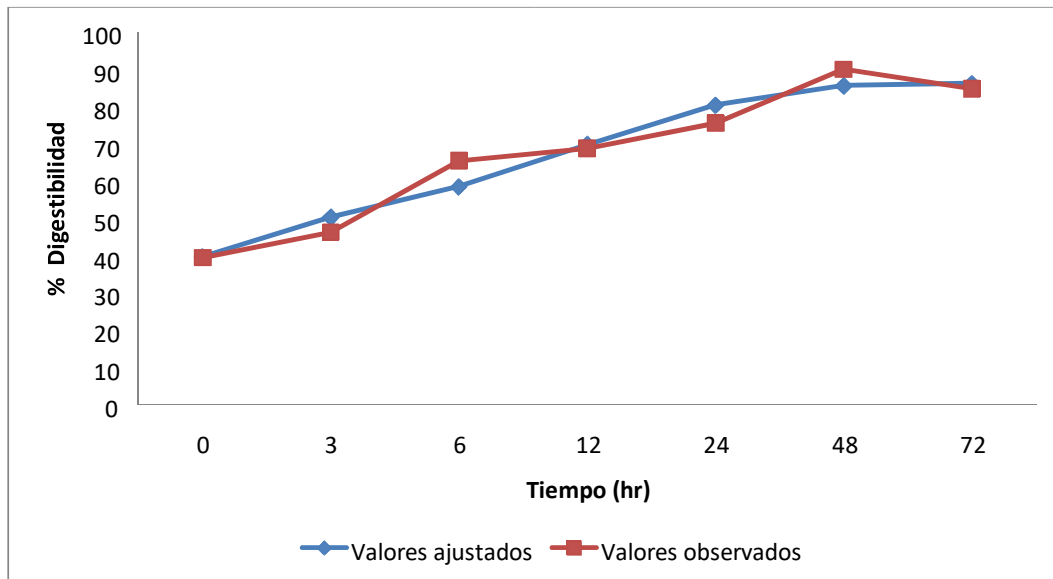
Tabla 8. Cálculo de las fracciones de degradación del *Opuntia* spp.

A= 39.69		B= 46.65		C= .0861		RSD= 5.27	
tiempo	0	3	6	12	24	48	72
Mediciones (%)	39.51	46.32	65.48	68.78	75.57	90.05	84.82

Valores ajustados (%)	39.68	50.31	58.52	69.74	80.43	85.59	86.24
------------------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

A= fracción soluble, B= fracción insoluble, C= tasa fraccional de degradación de la fracción B, RSD= degradación residual.

La grafica 3 muestra como la degradación ya con los valores ajustados por efecto de la tasa fraccional de pasaje va aumentando de una manera más uniforme teniendo así su máxima degradación a las 72 hrs y comparándolo con los valores observados ocurre hasta las 48 hrs y luego desciende, esto se debe a la perdida de sustrato para continuar con la digestibilidad. En un lapso de tiempo hay degradación menor debido a que hay una adaptación de las bacteria del rumen con el alimento, posteriormente se da un incremento de degradación, pero esta degradación llega a un cierto punto donde se mantiene por determinado tiempo y luego esa degradación desciende debido a que ya hay la misma cantidad de sustrato para seguir con la degradación del alimento.



Grafica 3. Comparación de los valores observados con los ajustados de la DIVMS de la Opuntia spp.

5. CONCLUSIONES

Conforme a los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

La suplementación con nopal adicionado con melaza y urea a caprinos en pastoreo mejora la ganancia de peso.

El nopal deshidratado con melaza y urea es más digestible que el fresco como suplemento, lo cual puede representar incrementos en la productividad de animales en pastoreo, especialmente en temporadas críticas en donde el forraje para pastorear es muy escasa.

En cuanto al tiempo de digestibilidad *in vitro*, el mayor resultado de digestibilidad se alcanzó a las 48 hrs. Lo cual indica que el nopal tiene una buena degradación en relación a otras plantas como los zacates y leguminosas

6. LITERATURA CITADA

Abrego, G. A. 2009. Evaluación bromatológica y digestibilidad in vitro de nopal (*Opuntia ficus-indica*) adicionado con subproductos de cervecería. Tesis Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila, Mexico.

Alexandre, G., Aumont, G., Mainaud, J.C. Fleury, J. and Naves, M. 1999. Productive performances of Guadeloupean Creole gotas during the suckling period. *Small Ruminant Research*. 34: 155 -160.

Ankom Technology. 1998. In vitro true digestibility using the Daisy II incubator. Frequently Asked Questions. Ankom Technology, Fairport, NY. http://www.ankom.com/10_faqs/faqs.shtm. Consultado el 18 de Diciembre de 2015.

Araujo, F. O. y Vergara. L. J. 2007. Propiedades físicas y químicas del rumen. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* Vol. 15 Maracaibo, Zu, Venezuela. http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/49rumen.pdf. Consultado el 15 de febrero de 2016.

Becerra, B. A. 2006. Aprovechamiento de subproductos de manzana mediante la producción de proteína microbiana con fermentación en estado sólido para la alimentación animal. Tesis Doctorado. Facultad de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, Chih. Mex.

Belasco, I. J., M. F. Gribbins and D. W. Kolterman. 1958. The response of rumen microorganisms to pasture grass and prickly pear cactus following foliar application of urea. *J. Anim. Sci.* 17(1):209 – 217.

Boggs, D.L. and Merkel, R.A. 1993. Live animal carcass evaluation and selection manual Kendall-Hunt Publishing. Dubuque, Iowa. 234 pp.

Bravo, H. H. 1978. Las cactáceas de México. Tomo I. Universidad Nacional Autónoma De México. Ciudad Universitaria. México, D. F. pp67-71, 147, 334.

Borrego, E., F. y N. Burgos. 1986. El nopal. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. pp. 1 – 33.

Burgos, V., S. N. 1983. El nopal (opuntia spp). Monografía. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.

Carranza, S. J. A. 2001. Caracterización morfológica del cladodios de Opuntia spp. Del campo experimental de la URUZA. U. A. Ch. Tesis Licenciatura. Chapingo. Mex. pp. 82.

Cherney, D. J. R.; J. H. Cherney and R. F. Lucey. 1993. In vitro digestion kinetics and quality of perennial grasses as influenced by forage maturity. J. Dairy Sci 76: 790 – 797.

De Alba, J. 1971. Alimentación del ganado en América latina. Segunda edición. La Prensa Medica Mexicana. México. pp. 475.

De Alba, J. 1980. Alimentación del ganado en América latina. Segunda edición. Cuarta reimpresión. Ed. La prensa mexicana. México.

Elías, A. y Lezcano, O. 1993. Efecto de la fuente de N y algunos factores de crecimiento en la población de levaduras que se establece en la Producción de Saccharina. Rev. Cubana de Cienc. Agric. 27:227.

Elías, A. 2007. Estrategia para la producción de alimentos para animales a través de procesos biotecnológicos sencillos que protejan el medio ambiente. II Congreso Internacional de Producción Animal Tropical. La Habana, Cuba.

Elizondo, E., J. L.; J. J. López. G.; J. Dueñez A. 1987. El género opuntia (Tournefort) Miller y su distribución en el estado de Coahuila. 2° reunión nacional sobre el conocimiento y aprovechamiento del nopal. Jardín botánico del instituto de biología. U.N.A.M. México, D.F.

Espinoza, A., J. 1987. Caracterización morfológica y bromatológica del nopal forrajero en diferentes ambientes de la sierra de paila, Coahuila. Tesis Maestría. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.

Fisher, D. S.; J. C. Burns and K. R. Pond. 1989. Kinetics of in vitro cell wall disappearance and in vivo digestion. Published. In Agron. J. 81: 25-33.

Flores, V., C. A.; y J. R. Aguirre R. 1992. El nopal como forraje. Segunda edición. Dirección del Patronato Universitario, Dirección de Difusión Cultural. UACH. Chapingo, Texcoco, México.

Flores, V. C. 1977. El nopal como forraje. Tesis Licenciatura. E.N.A. Chapingo.

Giraldo, L. A., A Gutiérrez L. y C. Rúa. 2007. Comparación de dos técnicas: in vitro e in situ para estimar la digestibilidad verdadera en varios forrajes tropicales. Rev Col Cienc Pec. 20: 269-279.

Goering, H. K. and P. J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis. USDA. Handb. No. 379. U. S. Government Printing Office. Washington, D.C.

Gopar, E. E. A. 2001. Tasa de degradación in vitro de la fibra de algunas especies del Genero Opuntia, cosechadas en primavera. Tesis Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.

Granda, N. J. 2004. Composición química y digestibilidad in vitro de cinco especies de nopal (Opuntia spp). Tesis Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Gutiérrez, A. R. 1994. Incremento de proteína y digestibilidades in vitro de 2 genotipos de nopal (Opuntia ficus-indica) bajo condiciones de laboratorio. Tesis Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.

Gutiérrez, O. E., A, Elías., H. Bernal., H. Morales. 2007. Usos alternativos del nopal forrajero. Revista salud pública y nutrición. 6° Simposium taller producción y aprovechamiento del nopal en el noroeste de México. Mariny, N.L., Mexico.

Llamas, L. G y I. Tejada H. 1990. Técnicas para el análisis de forrajes para rumiantes. En: Castellanos R. A., G. I. Llamas, A. S. Shimada. Manual de técnicas de investigación en rumiología. Sistemas de educación continua en producción animal. A. C. México.

López, G. J. J. y J. L. Elizondo E. 1990. Conocimiento y aprovechamiento del nopal en México. En: 3° reunión nacional y 1° i nternacional. El nopal, su conocimiento y aprovechamiento. Eds. Juan José López González y Myrna Julieta Ayala Ortega. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

López, G. J. J.; Rodríguez G. A.; L. Pérez. R. y J. M. Fuentes. R. 1996. Usos del nopal forrajero en el norte de México. Journals of the Professional Association for Cactus Development. 1:10 – 14.

Lozano, G. M. 1958. Contribución al estudio e industrialización del nopal. Tesis licenciatura. Universidad de Coahuila. Escuela de Agricultura. Saltillo, Coahuila, México.

Machen, R. V., E.R. Hollan, L. W. Thigpen, Jr., and K. G. White. 1996. Growth and Carcass Characteristic of Spanish 2/4 Boer, and 1/2 Boer wethers, after 66 Days n feed. P 13-18. In res. Rep. Sheep and goat, wool and mohair, Tex. Agri. Exp. Sta., Tex. A and M. Univ.

McDonald, I. M. 1981. A revised model for the estimation of protein degradability in rumen. J. of Agric. Sci. 96: 251 – 252.

McDonald, P., R. A. Edwards, J. F. D. Greehalgh. 1975. Nutrición Animal. 2da. Ed. Editorial Acribia. Zaragoza España.

Marroquín, J. S. 1964. Estudio ecológico y dasonómico de las zonas áridas del Norte de México. INIF. Publicación Especial. México, D. F. pp. 166.

Meza, H., C.A., Sánchez, F. y Torres H. G. 1988. Componentes de varianza para peso al nacimiento en cinco razas caprinas. Memorias de Congreso Interamericano de Producción Caprina. Torreón, Coahuila, México. A41 – A43p.

Montes, I. C. E. 2003. Tasa de degradación in vitro de la fibra de algunas especies del Genero Opuntia, cortadas en invierno. Tesis Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.

Murillo, S. M. J. M. Fuentes, R. M. Torres, H, F. Borrego, E. y R. Gutiérrez, A. 1994. In vitro protein digestibility of two Opuntia genotypes after the eddition of yeas, ammonia and urea. 5th annual Texas prickly pear council convention. Kingsville, Texas.

Orskov, E.R., y McDonald. 1979. The estimate of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate passage. J. Agric. Sci 92:499-503.

Ramírez L. R. G. Alanis F. y Ma, A. Núñez G. 2000. Dinámica estacional de la digestibilidad ruminal de la materia seca del nopal. Revista Ciencia UANL. Vol. III, No. 3: 267 – 273. Monterrey, N.L. México.

Sampayo, R. O. 1971. Efectos de la suplementación dietética con nopal (*Opuntia chrysacantha* berg) en la producción de la leche de vacas holstein. Tesis Licenciatura. I. T. E. S. M. Monterrey, N.L. México.

Tilley, J. M. y Terry, R. A. 1963. A two-stage technique for in vitro digestion of forages crops. J. Br. Grassl. Soc. 18:104-111.

Trujillo G.A. 1995. Introducción de Cabras Boer para producción de carne en México. V Congreso Nacional de Estudiantes de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Facultad De Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México.

Van Soest, P. J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. Second edition, Comstock, cornel university press. Ithaca, New York, 475 pp.

Velásquez, R. Y. L. 2007. Degradabilidad ruminal del grano de maíz procesado por extrusión y rolado al vapor. Valdivia, Chile. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/fav434d/doc/fav434d.pdf>. Consultado 25 de julio de 2016.

7. APENDICE

Tabla 9. Análisis de varianza de la digestibilidad in vitro de la materia seca de Opuntia spp.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	7	6443.165563	1048.626944	4015.8345	0.000
Error	14	3.599698	0.262885		
Total	21	7338.893749			

Coefficiente de variación= 0.76%